



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

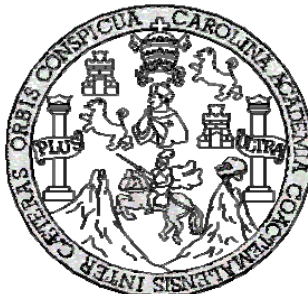
**DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO,
LOTIFICACIÓN SANTO TOMÁS I,
RÍO BRAVO, SUCHITEPÉQUEZ**

DÁMARIS NOEMÍ LÓPEZ PÉREZ

Asesorada por Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, junio de 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO,
LOTIFICACIÓN SANTO TOMÁS I,
RÍO BRAVO, SUCHITEPÉQUEZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

DÁMARIS NOEMÍ LÓPEZ PÉREZ

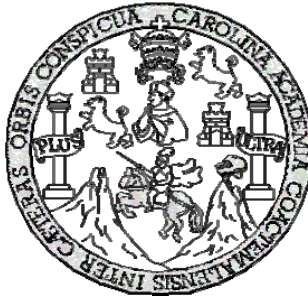
ASESORADO POR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA CIVIL

GUATEMALA, JUNIO DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympos 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 Véliz
EXAMINADOR	Ing. Christa Classon de Pinto
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Gordillo García
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE COMITÉ 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,
LOTIFICACIÓN SANTO TOMÁS I,
RÍO BRAVO, SUCHITEPÉQUEZ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 10 de septiembre de 2003.

Dámaris Noemí López Pérez.

DEDICATORIA DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

A mis padres, Francisco y Consuelo, por el apoyo, cariño y esfuerzo que me han brindado durante toda mi vida.

A mis hermanos, Zimri, Gabriela y Merary, por haberme apoyado siempre que los he necesitado.

DEDICATORIA DEL ACTO DE GRADUACIÓN

A toda mi familia, porque siempre estamos unidos, dándonos apoyo unos con otros.

AGRADECIMIENTO ESPECIAL

A todos mis amigos y compañeros, por el cariño y esfuerzo que siempre profesamos para salir adelante en nuestras carreras.

Al Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta, por su ardua colaboración, comprensión y esfuerzo que ha dedicado en mi práctica del ejercicio profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IV
LISTA DE SÍMBOLOS	VI
GLOSARIO	VIII
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XIV
INTRODUCCIÓN	XV

1. ASPECTOS GENERALES DE LA LOTIFICACIÓN SANTO TOMÁS I

1.1 Monografía del lugar	1
1.1.1 Ubicación	1
1.1.2 Vías de acceso	2
1.1.3 Aspectos demográficos	3
1.1.4 Aspectos climatológicos	5
1.1.5 Actividades productivas	6
1.1.6 Saneamiento ambiental	6
1.1.7 Aspectos socio-culturales	7
1.1.8 Tipología de la vivienda	7

2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1 Trabajos preliminares	9
2.1.1 Levantamiento topográfico	9
2.1.1.1 Planimetría	9
2.1.1.2 Altimetría	10

2.1.2	Criterios de diseño	10
2.1.2.1	Parámetros de diseño	10
2.1.2.1.1	Tipos de alcantarillado	11
2.1.2.1.2	Período de diseño	12
2.1.2.1.3	Población de diseño	12
2.1.2.1.4	Método geométrico	12
2.1.2.1.5	Dotación	13
2.1.2.1.6	Caudal sanitario	13
2.1.2.1.7	Velocidad mínima	18
2.1.2.1.8	Ecuación de Manning	18
2.1.2.1.9	Fuerza de tracción	20
2.1.2.1.10	Capacidad hidráulica de la tubería PVC a utilizar	21
2.1.2.2	Consideraciones generales	27
2.1.2.2.1	Información general	27
2.1.2.2.2	Limpia, chapeo y desmonte	28
2.1.2.2.3	Zanjeo	29
2.1.2.2.4	Colocación de tubería	30
2.1.2.2.5	Juntas	32
2.1.2.2.6	Relleno	33
2.1.2.2.7	Pozo de visita	34
2.1.2.2.8	Conexiones domiciliarias	35
2.1.2.3	Cálculos hidráulicos del proyecto	36
2.1.2.4	Fosa séptica	52
2.1.2.5	Pozo de absorción	55

3.	PRESUPUESTO	
3.1	Aspectos generales	57
3.1.1	Materiales	57
3.1.2	Mano de obra	59
3.1.3	Integración del presupuesto	60
3.1.4	Cronograma	61
4.	DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN	
4.1	Medidas de mitigación durante la ejecución	63
4.1.1	Agresiones directas hacia la fauna silvestre	63
4.1.2	Alteración de la calidad visual del paisaje	64
4.1.3	Deterioro de suelos agrícolas	65
4.1.4	Disposición inadecuada de desechos	65
4.1.5	Riesgos de salud de los trabajadores	66
	CONCLUSIONES	69
	RECOMENDACIONES	70
	BIBLIOGRAFÍA	71
	ANEXOS	73

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Localización del departamento de Suchitepéquez.....	2
2. Localización del municipio de Río Bravo, Suchitepéquez.....	3
3. Cronograma alcantarillado sanitario, lotificación Santo Tomás I.....	61
4. Planta conjunto.....	74
5. Planta perfil.....	75
6. Planta perfil.....	76
7. Planta perfil.....	77
8. Planta perfil.....	78
9. Detalles de pozos de visita.....	79
10. Detalle de conexiones ilícitas.....	80
11. Pozo de absorción, fosa séptica y detalles.....	81
12. Fotografía de Primera Avenida, lotificación Santo Tomás I.....	83
13. Fotografía de reposo de aguas jabonosas.....	83
14. Fotografía de letrina de pozo ciego.....	84
15. Fotografía con vista adentro de letrina de pozo ciego.....	84
16. Fotografía en donde convergen aguas jabonosas.....	85
17. Fotografía de Segunda Avenida, lotificación Santo Tomás I....	85

TABLAS

I. Caudales medios de agua residual de origen comercial.....	14
II. Caudales medios de agua residual de origen institucional.....	15
III. Caudales medios de agua residual per cápita originados en aparatos convencionales domésticos.....	15
IV. Caudales medios de agua residual originados en actividades recreativas	16
V. Valores de n para la fórmula de Manning	19
VI. Elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección Transversal	23
VII. Elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección Transversal	24
VIII. Elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección Transversal	25
IX. Elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección Transversal	26
X. Cálculos hidráulicos	44
XI. Parámetros para las dimensiones de un tanque séptico.....	54
XII. Presupuesto general	57

LISTA DE SÍMBOLOS

A.A.S.H.T.O.	American Association of State Highway and Transportation Officials
ASTM	American Society of Testing and Materials
Cl_i	Cota Invert inicial
Cl_f	Cota Invert final
Cm	Centímetros
D.H.	Distancia horizontal
EXC.	Excavación
INE	Instituto Nacional de Estadística
kg/m^2	Kilogramo sobre metro cuadrado
Lts/seg	Litros sobre segundo
L/Hab/d	Litros/Habitante/Día
m	Metro

m^2	Metro cuadrado
m^3	Metro cúbico
m/m	Metro sobre metro
m/s	Metro sobre segundo.
PP _I	Profundidad pozo inicial
PP _F	Profundidad pozo final
Pulg	Pulgadas
PVC	Policloruro de vinilo

GLOSARIO

Acometida	Es la conexión de una edificación determinada a un sistema o servicio de agua establecido.
Aeróbico	Condición en la cual hay presencia de aire u oxígeno libre.
Aguas negras	El agua que se desecha después de haber servido para un fin, pueden ser doméstica, comercial o industrial.
Aguas servidas	Sinónimo de aguas negras.
Altimetría	Parte de la topografía que sirve para medir las alturas.
Ambiente	En este trabajo se tendrá como sinónimo de cloaca o de dependencia.
Anaeróbico	Condición en la cual hay ausencia de aire u oxígeno libre.

Candela	Receptáculo donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que conduce al sistema de drenaje.
Cloaca	Conducto destinado al desagüe de aguas servidas, de aguas negras y/o de aguas de lluvia provenientes de una edificación.
Colector	Conjunto de tuberías, canales, pozos de visita y obras accesorias que sirven para el desalojo de aguas negras o pluviales.
Conexión domiciliar	Tubería que conduce las aguas negras desde el interior de la vivienda hasta donde se encuentra la candela.
Cota invert	Cota o altura de la parte inferior interior del tubo ya instalado.
Curvas de nivel	Línea que une los puntos de una misma elevación, sin pasar sobre otra.
Densidad de vivienda	Relación existente entre el número de viviendas por unidad de área.
Descarga	Lugar a donde se vierten las aguas negras provenientes de un colector; pueden estar crudas o tratadas.

Descarga superficial	Cuando la rata de percolación del terreno sobrepasa un tiempo de sesenta minutos, si la topografía lo permite y existe la posibilidad, el afluyente será tratado en la superficie del suelo o en un cuerpo de agua sin peligro para la salud pública.
Desfogar	Salida del agua de desecho en un punto determinado.
Dotación	Estimación de la cantidad de agua que, en promedio, consume cada habitante.
Ducto	Espacio hueco de sección rectangular o circular, generalmente limitado por paredes y que sirve para alojar tuberías o para canalizar el aire en sistemas de ventilación, permitiendo su inspección, reparación y/o mantenimiento.
Instalación sanitaria	Es el conjunto de sistemas, equipos y artefactos necesarios para mantener una edificación en condiciones sanitarias, tales como: el sistema de abastecimiento y distribución de agua potable; el desagüe de las aguas servidas y de lluvia; el de recolección y almacenamiento de residuos sólidos, etc.
Niple	Es un trozo de tubería, generalmente de reducida longitud, que sirve como unión para accesorios de tubería.

Planimetría	Parte de la topografía que sirve para medir las proyecciones horizontales de una superficie.
Pozo de visita	Estructura subterránea que sirve para cambiar de dirección, pendiente, diámetro, unión de tubería y para iniciar un tramo de drenaje.
Red pública	Cloaca de uso público destinada a recibir y a conducir las descargas de las cloacas del empotramiento de las edificaciones por ellas servidas.
Sumidero	Es una excavación practicada en el terreno, debidamente protegida para la disposición del afluente de un tanque séptico por absorción en el subsuelo.
Tirante	Altura de las aguas negras dentro de la alcantarilla.
Tubería de desagüe	Es cualquier tubería que forma parte del sistema de desagüe de aguas servidas o de aguas de lluvia de una edificación.

Tanque séptico

Es un receptáculo que recibe la descarga de aguas servidas de una edificación, proyectado y construido de manera que permita separar los sólidos, de líquidos durante el período de retención correspondiente a digerir la materia orgánica y permitir la salida del líquido clarificado para ser dispuesto en los diferentes métodos de disposición del afluente del séptico.

RESUMEN

La lotificación Santo Tomás I se encuentra ubicada en el municipio de Río Bravo, departamento de Suchitepéquez. En la investigación realizada se pudo observar que la comunidad vive en condiciones inadecuadas de salubridad, pues las aguas negras y pluviales recorren sobre las calles, provocando así encharcamientos de aguas negras, jabonosas y pluviales.

Dado lo anterior, se propuso construir un sistema de alcantarillado sanitario en el lugar, mismo que llevó a tomar en cuenta diversas consideraciones para su diseño, siendo los más importantes el período de diseño, población de diseño, dotación, caudal sanitario, velocidad mínima y máxima, ecuación de Manning y otros. Todo esto a partir del levantamiento topográfico y cálculo de la libreta topográfica.

El diseño propuesto cuenta con un período de vida comprendido entre los 20 y 30 años, esto debido a que con ello se reduce el error en la estimación de población futura, reajuste del flujo, etc. Sin embargo, el beneficio más importante es el de poder mejorar el sistema en un futuro ya que se espera que para este tiempo la población ya tenga un mejor nivel económico-social.

Una vez concluido el diseño de cálculo hidráulico, se procedió con el dibujo del juego de planos, posteriormente, con ésto logramos calcular los materiales y mano de obra necesarios para la ejecución del proyecto.

OBJETIVOS

Generales:

1. Evitar enfermedades provocadas por los encharcamientos de aguas negras y jabonosas, como parasitismo intestinal, diarrea, cólera, fiebres, neumonía, etc.
2. Mejorar las condiciones de vida de los habitantes de la lotificación Santo Tomás I.
3. Incentivar en los habitantes de la lotificación Santo Tomás I, a que mejoren sus hábitos higiénicos, para así reducir las condiciones de insalubridad a las que se enfrentan.

Específicos:

1. Ayudar en las labores de diseño de los diversos proyectos de acuerdo a las necesidades que se tienen en la población.
2. Obtener experiencia de campo para poder poner en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera.
3. Saber el procedimiento para la formulación correcta del expediente que contiene la planificación y documentos del proyecto en mención.

INTRODUCCIÓN

El problema de la disposición adecuada de las aguas servidas es de constante preocupación en la sociedad, ya que éste se torna especialmente grave en zonas rurales, en donde la pobreza y la falta de higiene, así como de educación, es constante en estas áreas.

Los desechos humanos tienen gran repercusión no sólo en el ambiente que se vive sino que también en la salud, puesto que éstos están directamente relacionados con la transmisión de enfermedades infecciosas, entéricas como son la fiebre, tifoidea, disentería bacilar, etc., afectando así directamente a la población pero en especial a niños y ancianos, quienes son los más propensos a este tipo de transmisiones.

El alcantarillado sanitario, que se ha diseñado para la lotificación Santo Tomás I, viene a suponer un alivio a la población del lugar, puesto que con éste se pretende aliviar una parte de las necesidades y problema de la población.

Es así que el presente trabajo contiene los criterios de diseño, cálculo y detalles de construcción de un alcantarillado, así como una breve descripción de algunos conceptos que son necesarios para el diseño del proyecto.

1. ASPECTOS GENERALES DE LA LOTIFICACIÓN SANTO TOMÁS I

1.1 Monografía del lugar

El lugar en donde se realizó el diseño de alcantarillado sanitario fue la lotificación Santo Tomás I, que pertenece al municipio de Río Bravo, departamento de Suchitepéquez. Para mayor cobertura del tema se presentan los siguientes conceptos como lo son la economía, historia, geografía, educación, y folklor del municipio de Río Bravo.

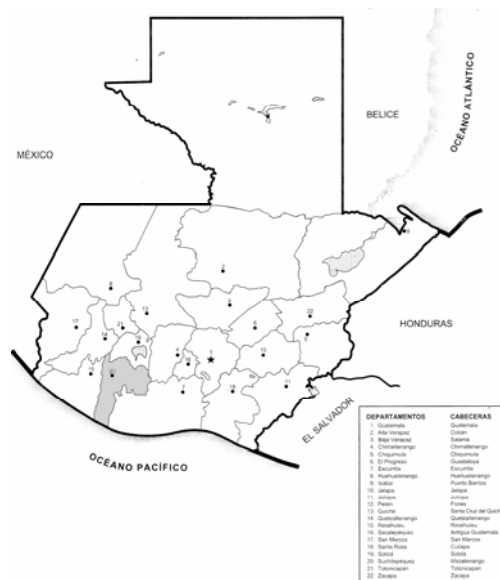
1.1.1 Ubicación

La lotificación Santo Tomás I, pertenece a la cabecera municipal de Río Bravo, del departamento de Suchitepéquez. El municipio de Río Bravo cuenta con una extensión territorial de 22 kilómetros cuadrados. Su jurisdicción municipal está formada por una población denominada San Francisco Río Bravo, que es la Cabecera Municipal, cuenta con 37 fincas de regulares dimensiones, además tiene 3 aldeas que son: aldea Morazán, aldea San Antonio las Flores y aldea la Esperanza. También esta integrada por 3 caseríos que son: Santa Elena, la Colonia y la Sololoteca, 7 haciendas, 3 colonias, 2 labor, 2 parcelamientos, 1 micro-parcelamiento y 2 lotificaciones.

1.1.2 Vías de acceso

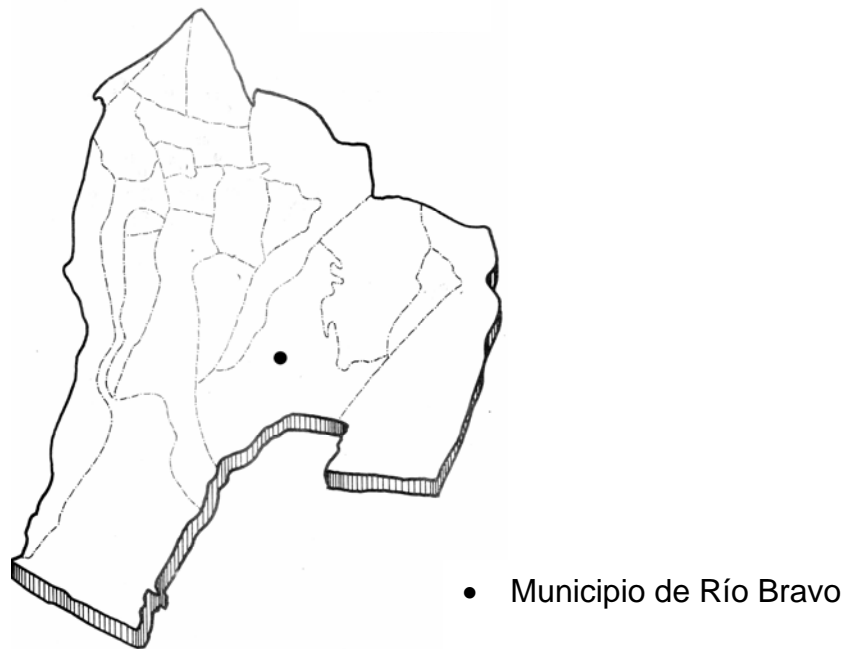
El municipio de Río Bravo se encuentra ubicado en la parte sur-oriental del departamento de Suchitepéquez, con una altitud que oscila entre 380 pies hasta 1000 pies sobre el nivel del mar, la cabecera municipal registra una altitud de 505 pies sobre el nivel del mar. Dista de la ciudad capital aproximadamente a 126 kilómetros de carretera asfaltada por la vía CA-2, se encuentra situado dentro de las colindancias siguientes: al norte con el municipio de Chicacao y Santa Bárbara, Suchitepéquez, al sur con el municipio de Tiquisate, Escuintla, y poniente con el municipio de Chicacao, Suchitepéquez. A continuación se presenta un mapa, con la ubicación del departamento de Suchitepéquez y el municipio de Río Bravo.

Figura 1: Mapa de Guatemala, con la localización del departamento de Suchitepéquez en color gris.



Fuente: Luz, Natareno. **Datos Monográficos del Departamento de Suchitepéquez.** Pág. 9.

Figura 2: Ubicación del municipio de Río Bravo en el departamento de Suchitepéquez.



Fuente: Luz, Natareno. **Datos Monográficos del Departamento de Suchitepéquez.** Pág. 13.

1.1.3 Aspectos demográficos

Según el censo de 1994 del Instituto Nacional de Estadística (INE), su población es de 14,140 habitantes, 4,618 son del área urbana y 9,492 del área rural, la tasa de crecimiento para la localidad corresponde a un 3% anual, teniendo de esta manera los siguientes datos:

Río Bravo – Suchitepéquez
 Censo total de cabecera municipal
 Año 1994

SEXO	CANTIDAD
Hombres	2,203
Mujeres	2,415
GRUPO ÉTNICO	-----
Indígena	964
No indígena	3,654
ALFABETISMO	-----
Alfabeto	1,770
No alfabeto	784

Instalaciones básicas - hogares
 Existentes en la cabecera

Instalación	Cantidad
Drenaje	864
Electricidad	404
Agua Potable	729

Se realizó un censo de vivienda en la lotificación Santo Tomás I, como resultado se reporta que en la actualidad (septiembre de 2003), hay 766 personas, y 138 viviendas, lo cual da un promedio de 6 personas por vivienda.

Censo de lotificación Santo Tomás
No cuentan con agua potable ni drenaje

CATEGORÍA	CANTIDAD
Hombres	203
Mujeres	205
Niños	358
TOTAL	766

Actualmente, la población, en su mayoría, se abastece de agua de pozo. En esta lotificación hay 1 iglesia cristiana, 2 caballerías, una mini-cancha de fútbol y diversas tiendas, además se cuenta con el beneficio de la luz eléctrica.

Aproximadamente 130 viviendas de la lotificación no cuentan con servicio sanitario, entre otros beneficios.

1.1.4 Aspectos climatológicos

Río Bravo pertenece a la zona tropical seca, con un promedio anual de temperatura entre 27° y 35° centígrados, su punto máximo de temperatura suele ocurrir entre 12:30 PM y 2:00 PM. En invierno la zona es azotada por aluviones, lo que ocasiona que los ríos aumenten considerablemente su caudal, además, en esta época la lluvia es de alta intensidad y suele llover en el periodo de 2:30 PM, extendiéndose en la tarde y noche, en algunas ocasiones hasta parte de la madrugada.

1.1.5 Actividades productivas

Su principal ocupación es la agricultura, su cultivo principal es la caña de azúcar, existiendo también producciones de hule, cardamomo, macadamia, etc., debido a que la tecnología utilizada es la tradicional, la producción es utilizada para la subsistencia de los pobladores, por lo que se concluye que existe una pobreza generalizada. Además de la agricultura, se puede destacar la ganadería como otra ocupación primordial.

1.1.6 Saneamiento ambiental

En cuanto al saneamiento ambiental de la lotificación Santo Tomás I, puede observarse con facilidad el deterioro del mismo, puesto que las aguas negras circundan el lugar muy a menudo, sin embargo, el problema ambiental se vuelve crítico cuando lleva la temporada del invierno, puesto que en la zona llueve con mucha frecuencia y en el momento que ésta se junta con las aguas negras, provoca el mal olor, los encharcamientos, concentración de mosquitos, y desde luego el peligro a los habitantes del lugar, sobre todo en los niños. El lugar cuenta con un 35% de fauna verde, ya que en la lotificación algunas personas cuentan con árboles y vegetación, pero gran parte del área verde que se puede observar es de los lotes que aún no se han vendido, dando como especulación que muy pronto esta lotificación quedará con un mínimo de fauna verde.

1.1.7 Aspectos socio-culturales

En esta población se celebra con solemnidad la fiesta titular del Santo Patrono San Francisco. Además se celebra otra fiesta el 2 de febrero. Las fiestas patrias se celebran con gran entusiasmo. En la cabecera municipal existe una escuela nacional urbana mixta de educación primaria, una escuela para párvulos y un instituto de educación básica. Actualmente la cabecera cuenta con un centro de salud, dos cementerios generales, un mercado municipal, rastro de ganado mayor y menor, correos y telecomunicaciones, etc.

1.1.8 Tipología de la vivienda

El tipo de construcción para vivienda que predomina en la lotificación está fabricada de madera, pero se pueden ver varias casas construidas con concreto, lo que nos da indicios de personas con capacidad económicas no muy bajas.

2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1 Trabajos preliminares

Los trabajos preliminares son aquellos que se hacen antes del diseño de un sistema de alcantarillado sanitario; a continuación se presentan los siguientes:

2.1.1 Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se realizó en toda la zona, durante 3 días. Éste consistió en tomar medidas métricas para saber la longitud del terreno, así como medidas con teodolito y estadal para saber cuales eran las lecturas de hilos. Su terreno es mayoritariamente plano y sus tierras son fértiles y cultivables en todo el municipio. Entre los ríos que riegan su suelo se mencionan San Francisco, Río Bravo, Río Seco, Río Siguacán y Río Mocá.

2.1.1.1 Planimetría

Para poder realizar la planimetría, es necesario medir ángulos y longitudes del terreno, para así poder proyectar el terreno sobre un plano horizontal imaginario.

2.1.1.2 Altimetría

Para la realización de la altimetría del terreno, fue necesario hacer uso del estadal, el cual nos proporcionó datos de las diferencias de nivel existentes entre los puntos del terreno.

2.1.2 Criterios de diseño

El diseño adecuado de los sistemas de evacuación de aguas de desecho, demandan de un buen conocimiento de los volúmenes y flujos implicados, así como su relación con la población y el tiempo.

Los sistemas tradicionales de alcantarillados se construyen de un tamaño suficientemente grande para satisfacer las necesidades de la comunidad durante un lapso razonable (30 a 50 años) en el tiempo futuro, pero con períodos del orden de 20 años considerando la construcción por etapas, el efecto de errores en la estimación del crecimiento de la población y los valores de flujo pueden ser minimizados y reajustados a lo largo del tiempo. También puede esperarse una mejora de las condiciones económicas de la comunidad, haciendo más fáciles las inversiones adicionales.

2.1.2.1 Parámetros de diseño

En el caso particular del sector en estudio, se presentan los siguientes parámetros de diseño, que por su importancia deben ser considerados:

2.1.2.1.1 Tipos de alcantarillas

Una alcantarilla es un conducto por el cual corren aguas negras, agua pluvial u otros desechos. El alcantarillado es un sistema de alcantarillas sanitarias, pluviales o una combinación de ambas. En general incluye todas las alcantarillas situadas entre los extremos de sistemas de drenajes de edificios y plantas de tratamiento de aguas negras u otros puntos de eliminación.

Las alcantarillas sanitarias llevan principalmente aguas negras de uso doméstico, comercial, y también reciben en algunos casos desechos industriales, pero no están diseñadas para aguas pluviales ni aguas subterráneas. Este es el tipo de alcantarilla que se uso en el diseño del proyecto.

Las alcantarillas pluviales se diseñan de manera específica para transportar el agua pluvial, el lavado de las calles y otras aguas superficiales hasta los puntos de eliminación.

Las alcantarillas combinadas se diseñan tanto para aguas negras como para aguas pluviales. Cuestan menos que las alcantarillas sanitarias y pluviales separadas, pero la eliminación de flujo puede crear condiciones perjudiciales o peligrosas, o implicar un tratamiento costoso. Un gran flujo de agua pluvial puede hacer imposible un adecuado tratamiento, o aumentar el costo en forma considerable.

2.1.2.1.2 Período de diseño

Según la norma de diseño, el período de vida útil del sistema será de 20 años, tiempo en el cual se estima que cada parte del mismo prestará adecuadamente el servicio. Sin embargo, se consideró contemplar 2 años más de gestión y construcción del proyecto, por lo que el período de vida útil se estima que tendrá inicio a finales del año 2004.

2.1.2.1.3 Población de diseño

El número de personas actuales se obtuvo por medio de un censo directo efectuado en todas las viviendas de la lotificación Santo Tomás I, de esta manera se estimó una población total de 766 personas pero para el año 2026, según los cálculos por medio del método geométrico, se ha estimado una población de 1468 habitantes, tomando como base la población registrada por la cuadrilla de topografía, adoptándose un crecimiento poblacional del 3%, y utilizando el método geométrico para el cálculo de población futura.

2.1.2.1.4 Método geométrico

Antes de formular un proyecto de alcantarillado sanitario, ha de calcularse la población futura de la localidad según su período de vida. Aunque es muy difícil estimar la población en algún año futuro, para este proyecto se ha utilizado el método geométrico, el cual es uno de los más exactos, ya que este consiste en calcular la población futura en forma exponencial. A continuación se presenta la fórmula del método geométrico, para cálculo de población futura:

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

Donde:

P_f = Población futura.

P_o = Población del último año censado. (Tablas del INE)

r = Tasa de incremento de la población.

n = Diferencia de años entre el último censo y el final del período de diseño.

2.1.2.1.5 Dotación

Por ser una población de importancia en el municipio de Río Bravo, se adoptó una dotación para aporte de aguas residuales de 200 L / hab / día.

2.1.2.1.6 Caudal sanitario

El caudal sanitario es aquel que calcula las aguas residuales que emana una casa, comercio, industria, etc., para la obtención de los caudales domésticos, comerciales, industriales, etc., es necesario obtenerlos mediante las siguientes tablas:

TABLA I: Caudales medios de agua residual de origen comercial.

Actividad	Unidad	Caudal, L/unidad·d	
		Intervalo	Valor típico
Aeropuerto	Pasajero	8-15	10
Estación de servicio	Vehículo servido	30-50	40
Bar	Empleado	35-60	50
	Cliente	5-20	8
Hotel	Empleado	40-60	50
	Huésped	150-220	190
	Empleado	30-50	40
Edificios industriales (excluyendo industria y cafetería)	Empleado	30-65	55
Lavandería	Máquina	1800-2600	2200
	Lavado	180-200	190
Motel	Persona	90-150	120
Motel con cocina	Persona	190-220	200
Oficina	Empleado	30-65	55
Restaurante	Comida	8-15	10
Pensión	Residente	90-190	150
Grandes almacenes	Lavabo	1600-2400	2000
	Empleado	30-50	40
Centro comercial	Plaza aparca.	2-8	4
	Empleado	30-50	40
	Empleado	30-50	40

Fuente: Loftin Ricketts Merritt. **Manual del Ingeniero Civil.** Sección 21.19

TABLA II: Caudales medios de agua residual de origen institucional.

Institución	Unidad	Caudal, L/unidad·d	
		Intervalo	Valor típico
Hospital	Cama	500-950	650
	Empleado	20-60	40
Hospital psiquiátrico	Cama	300-550	400
	Empleado	20-60	40
Cárcel	Presidiario	300-600	450
	Empleado	20-60	40
Casa de reposo	Residente	200-450	350
	Empleado	20-60	40
Colegio, por día	con cafetería, gimnasio y duchas	Estudiante	60-115
	con cafetería, pero sin gimnasio ni duchas	Estudiante	40-80
	sin cafetería, gimnasio ni duchas	Estudiante	20-65
Internado	Estudiante	200-400	280

Fuente: Loftin Ricketts Merritt. **Manual del Ingeniero Civil.** Sección 21.19

TABLA III: Caudales medios de agua residual per cápita originados en aparatos convencionales domésticos.

Aparato	Caudal de agua residual	
	L/hab·d	Porcentaje
Grifo de la bañera	30,3	12
Lavadora	34,1	14
Grifo de fregadero	26,5	11
Grifo del aseo	11,4	5
Ducha	45,4	19
Lavabo	94,6	39
Total	242,3	100

Fuente: Loftin Ricketts Merritt. **Manual del Ingeniero Civil.** Sección 21.19

TABLA IV: Caudales medios de agua residual originadas en actividades recreativas.

Origen	Unidad	Caudal, L/unidad·d	
		Intervalo	Valor típico
Apartamento de temporada	Persona	200-280	220
Refugio de temporada	Persona	130-190	160
Cafetería	Cliente	4-10	6
	Empleado	30-50	40
Camping	Persona	80-150	120
Bar	Asiento	50-100	75
Cafetería	Cliente	15-30	20
	Empleado	30-50	40
Club de campo	Socio actual	250-500	400
	Empleado	40-60	50
Campamento de día (sin comidas)	Persona	40-60	50
Comedor	Comida servida	15-40	30
Dormitorio, barracón	Persona	75-175	150
Hotel de temporada	Persona	150-240	200
Lavandería	Máquina	1800-2600	2200
Almacén de temporada	Cliente	5-20	10
	Empleado	30-50	40
Piscina	Cliente	20-50	40
	Empleado	30-50	40
Teatro	Asiento	10-15	10
Centro de visita	Visitante	15-30	20

Fuente: Loftin Ricketts Merritt. **Manual del Ingeniero Civil.** Sección 21.19

Para el cálculo del caudal sanitario se debe de seguir los siguientes pasos:

$$Q_{San} = \sum (Q_{Dom} + Q_{Com} + Q_{Ind} + Q_{Cl} + Q_{Inf})$$

$$Q_{Dom} = \frac{No. \text{ Habitan tes} \times \text{Dotación} \times F.R.}{86400}$$

$$Q_{Com} = \frac{No. \text{ Comercios} \times \text{Dotación Comercial}}{86400}$$

$$Q_{CI} = \left(\frac{C \times I \times A}{0.360} \right) \times \% \text{ Vivienda}$$

$$Q_{Inf} = \frac{F_{Inf} \times (\text{Longitud de la tubería} + (\text{No. Casas} \times 6))}{1000}$$

Donde:

Q_{San} = Caudal sanitario.

Q_{Dom} = Caudal domiciliar.

Q_{Ind} = Caudal industrial.

Q_{Com} = Caudal comercial.

Q_{CI} = Caudal de conexiones ilícitas.

Q_{Inf} = Caudal de infiltración.

FR = Factor de retorno, puede variar de 0.7-0.9, es adimensional.

C = Coeficiente de escorrentía, adimensional.

I = Intensidad de lluvia, en milímetros por hora.

A = Área a drenar, en hectáreas.

% Vivienda = 0.5% - 2.5% del total de las viviendas.

2.1.2.1.7 Velocidad mínima

En los sistemas convencionales, las alcantarillas para aguas residuales se proyectan con pendientes que aseguran una velocidad mínima de 0.4 metros por segundo con sección llena o semi-llena.

2.1.2.1.8 Ecuación de Manning

En términos generales, las alcantarillas se proyectan esperando que fluyan llenas solamente en condiciones de flujo máximo. Por tanto, debe destacarse que la condición normal de flujo en alcantarillas es la de un canal con una superficie de agua libre en contacto con el aire.

Basándose en el trabajo realizado por Robert Manning, quien dio a conocer su famosa fórmula para flujo en canales, a continuación se presenta la fórmula para el cálculo de velocidad de un flujo a sección llena:

$$V = \frac{0.0342}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

Donde:

V = Velocidad en (m/s)

R = Radio Hidráulico (pulg)

S = Pendiente hidráulica (m/m)

n = Coeficiente de rugosidad (dependerá del tipo de material y es adimensional)

A continuación se presenta la siguiente tabla con algunos valores de coeficiente de rugosidad:

TABLA V: Valores de n para la fórmula de Manning.

Superficie	Optimo	Bueno	Mediano	Malo
Tubo de fundición sin recubrir	0,012	0,013	0,014	0,015
Tubo de fundición recubierto	0,011	0,012 ^a	0,013 ^a	-
Tubo de hierro forjado comercial, negro	0,012	0,013	0,014	0,015
Tubo de hierro forjado comercial, galvanizado	0,013	0,014	0,015	0,017
Tubos de vidrio y latón, lisos	0,009	0,010	0,011	0,013
Tubos soldados y de barra, lisos	0,010	0,011 ^a	0,013 ^a	
Tubo de acero en espiral y roblonado	0,013	0,015 ^a	0,017 ^a	
Tubo vitrificado para alcantarillas	{0,010} {0,011}	0,013 ^a	0,015	0,017
Tubo de drenaje de gres común con juntas abiertas	0,011	0,012 ^a	0,014 ^a	0,017
Mampostería de ladrillo vitrificado	0,011	0,012	0,013 ^a	0,015
Ladrillo con mortero de cemento, alcantarillas de ladrillo	0,012	0,013	0,015 ^a	0,017
Superficies de cemento sin arena	0,010	0,011	0,012	0,013
Superficies de mortero de cemento	0,011	0,012	0,013 ^a	0,015
Tubo de hormigón	0,012	0,013	0,015 ^a	0,016
Tubo de duelas de madera	0,010	0,011	0,012	0,013
Canalones de tablonés:				
Acepillados	0,010	0,012 ^a	0,013	0,014
Sin acepillar	0,011	0,013 ^a	0,014	0,015
Con listones	0,012	0,015 ^a	0,016	
Canales revestidos de hormigón	0,012	0,014 ^a	0,016 ^a	0,018
Superficie de cascote cemento	0,017	0,020	0,025	0,030
Superficie de cascote	0,025	0,030	0,033	0,035
Superficie de piedra labrada	0,013	0,014	0,015	0,017
Canalón semicircular de metal, liso	0,011	0,012	0,013	0,015
Canalones semicirculares de metal, ondulados	0,0225	0,025	0,0275	0,030
Acequias y regueras:				
Tierra, en línea recta y uniforme	0,017	0,020	0,0225 ^a	0,025
Excavadas en roca, liso y uniforme	0,025	0,030	0,033 ^a	0,035
Excavadas en roca, mellado o irregular	0,035	0,040	0,045	
Acequias moderadamente serpenteantes	0,0225	0,025 ^a	0,0275	0,030
Canales dragados en la tierra	0,025	0,0275 ^a	0,030	0,033
Canales de lecho pedregoso áspero, con maleza en los bancos de tierra	0,025	0,030	0,035 ^a	0,040
Fondo de tierra, márgenes de cascote	0,028	0,030 ^a	0,033 ^a	0,035

Fuente: Loftin Ricketts Merritt.. **Manual del Ingeniero Civil.** Sección 21.19

2.1.2.1.9 Fuerza de tracción

Ingenieros hidráulicos dedicados a proyectos de canales, han adoptado la fuerza de tracción como buen criterio de diseño.

La fuerza de tracción es un método más seguro y más económico, su aplicación hace posible controlar simultáneamente la erosión, la sedimentación y presencia de sulfuros.

La fuerza de tracción promedio puede ser calculada por la expresión:

$$F = 1000 \times R \times S$$

Donde:

F = Fuerza de tracción (kg/m^2)

R = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente (m/m)

El valor de la fuerza de tracción debe ser por lo menos 0.10 kg/m^2 , siendo 0.12 un valor más aceptable.

2.1.2.1.10 Capacidad hidráulica de la tubería P.V.C.

El análisis y la investigación del flujo hidráulico, han establecido que las condiciones del flujo y las pendientes hidráulicas de los sistemas sanitarios de PVC, puede ser diseñados conservadoramente utilizando la ecuación de Manning.

La relativamente pequeña concentración de sólidos (600 p.p.m.) usualmente encontrada en las aguas negras y de tormenta no es suficiente para hacer que su comportamiento sea diferente al del agua. Por esta razón se acepta que las aguas negras tengan las mismas características que el agua, siempre que se mantengan velocidades mínimas de auto limpieza. Al igual que el agua, las aguas negras buscarán el nivel bajo cuando son introducidas en una tubería con pendiente. El intento de las aguas negras de buscar su nivel induce un movimiento conocido como flujo por gravedad.

Para simplificar el diseño de sistema de tubería sanitarias, es necesario asumir condiciones constantes de flujo, a pesar de que la mayoría de sistemas de drenaje funcionan con caudales sumamente variables.

Puesto que las tuberías de PVC son flexibles, pueden ser deflectadas considerablemente sin que se fracturen. Su respuesta a la carga de tierra no depende de la resistencia del tubo en sí, sino más bien de la interacción suelo-tubo.

Se ha establecido para tuberías de alcantarillado fabricadas según norma ASTM D 3034 que la última deflexión permisible tendrá un valor del 30%, esto es, aquella deformación en el diámetro sobre la cual puede ocurrir que el tubo se colapse o doble. Aunque han de aceptarse deflexiones de hasta un 10% máximo, ya que provee un amplio margen de seguridad y confianza.

Otra capacidad hidráulica de la tubería PVC, es la de los elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular, la cual consiste en una serie de tablas que permitirán obtener coeficientes adimensionales a partir de una de las relaciones entre: velocidad a sección llena y velocidad real, el diámetro de la tubería y el tirante, el caudal a sección llena y el caudal de diseño o el área de la tubería y el área mojada, para ello se presentan las siguientes tablas:

TABLA VI: Elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular.

ELEMENTOS HIDRAULICOS DE UNA ALCANTARILLA DE SECCION TRANSVERSAL CIRCULAR
(SIN CORRECCION POR VARIACIONES EN ASPEREZA CON LA PROFUNDIDAD)

d/D	s/A	v/V	Q/Q	d/D	s/A	v/V	Q/Q	d/D	s/A	v/V	Q/Q
0.001	0.000054	0.019224	0.000001	0.076	0.034746	0.336751	0.011701	0.151	0.094971	0.518904	0.049281
0.002	0.000152	0.020507	0.000005	0.077	0.035423	0.339587	0.012029	0.152	0.095884	0.521011	0.049956
0.003	0.000279	0.039963	0.000011	0.078	0.036104	0.342408	0.012362	0.153	0.096799	0.523112	0.050637
0.004	0.000429	0.048396	0.000021	0.079	0.036789	0.345215	0.012700	0.154	0.097717	0.525206	0.051322
0.005	0.000599	0.056141	0.000034	0.08	0.037478	0.348007	0.013043	0.155	0.098637	0.527293	0.052011
0.006	0.000788	0.063377	0.000050	0.081	0.038171	0.350786	0.013390	0.156	0.099560	0.529374	0.052705
0.007	0.000992	0.070215	0.000070	0.082	0.038868	0.353551	0.013742	0.157	0.100485	0.531449	0.053403
0.008	0.001212	0.076728	0.000093	0.083	0.039568	0.356320	0.014098	0.158	0.101413	0.533517	0.054106
0.009	0.001446	0.082970	0.000120	0.084	0.040273	0.359039	0.014459	0.159	0.102343	0.535578	0.054813
0.011	0.001693	0.088980	0.000151	0.085	0.040981	0.361764	0.014825	0.16	0.103275	0.537633	0.055524
0.012	0.001952	0.094787	0.000185	0.086	0.041693	0.364475	0.015196	0.161	0.104210	0.539682	0.056240
0.012	0.002224	0.100417	0.000223	0.087	0.042409	0.367173	0.015571	0.162	0.105147	0.541725	0.056961
0.013	0.002506	0.105887	0.000265	0.088	0.043128	0.369859	0.015951	0.163	0.106087	0.543761	0.057686
0.014	0.002800	0.111215	0.000311	0.089	0.043851	0.372532	0.016336	0.164	0.107028	0.545792	0.058415
0.015	0.003105	0.116413	0.000361	0.09	0.044578	0.375193	0.016726	0.165	0.107972	0.547816	0.059149
0.016	0.003419	0.121493	0.000415	0.091	0.045309	0.377842	0.017120	0.166	0.108919	0.549834	0.059887
0.017	0.003744	0.126464	0.000473	0.092	0.046043	0.380479	0.017518	0.167	0.109867	0.551845	0.060630
0.018	0.004078	0.131335	0.000536	0.093	0.046781	0.383103	0.017922	0.168	0.110818	0.553851	0.061377
0.019	0.004421	0.136112	0.000602	0.094	0.047522	0.385717	0.018330	0.169	0.111772	0.555851	0.062128
0.02	0.004773	0.140803	0.000672	0.095	0.048267	0.388318	0.018743	0.17	0.112727	0.557845	0.062884
0.021	0.005134	0.145412	0.000746	0.096	0.049016	0.390908	0.019161	0.171	0.113685	0.559833	0.063644
0.022	0.005503	0.149945	0.000825	0.097	0.049768	0.393487	0.019583	0.172	0.114645	0.561815	0.064409
0.023	0.005881	0.154406	0.000908	0.098	0.050523	0.396055	0.020010	0.173	0.115607	0.563791	0.065178
0.024	0.006266	0.158800	0.000995	0.099	0.051282	0.398611	0.020441	0.174	0.116571	0.565762	0.065951
0.025	0.006660	0.163129	0.001086	0.1	0.052044	0.401157	0.020878	0.175	0.117537	0.567726	0.066729
0.026	0.007061	0.167398	0.001182	0.101	0.052810	0.403692	0.021319	0.176	0.118506	0.569685	0.067511
0.027	0.007470	0.171609	0.001282	0.102	0.053579	0.406216	0.021765	0.177	0.119477	0.571638	0.068298
0.028	0.007887	0.175765	0.001386	0.103	0.054351	0.408730	0.022215	0.178	0.120450	0.573586	0.069088
0.029	0.008311	0.179868	0.001495	0.104	0.055127	0.411234	0.022670	0.179	0.121425	0.575528	0.069883
0.03	0.008741	0.183921	0.001608	0.105	0.055906	0.413727	0.023130	0.18	0.122402	0.577464	0.070683
0.031	0.009179	0.187926	0.001725	0.106	0.056688	0.416210	0.023594	0.181	0.123382	0.579395	0.071487
0.032	0.009624	0.191885	0.001847	0.107	0.057473	0.418683	0.024063	0.182	0.124367	0.581320	0.072295
0.033	0.010076	0.195800	0.001973	0.108	0.058262	0.421146	0.024537	0.183	0.125347	0.583240	0.073107
0.034	0.010534	0.199672	0.002103	0.109	0.059054	0.423599	0.025015	0.184	0.126332	0.585154	0.073924
0.035	0.010999	0.203503	0.002238	0.11	0.059849	0.426042	0.025498	0.185	0.127320	0.587063	0.074745
0.036	0.011470	0.207295	0.002378	0.111	0.060648	0.428476	0.025986	0.186	0.128310	0.588966	0.075570
0.037	0.011947	0.211049	0.002521	0.112	0.061449	0.430901	0.026479	0.187	0.129302	0.590864	0.076400
0.038	0.012431	0.214766	0.002670	0.113	0.062254	0.433316	0.026976	0.188	0.130296	0.592756	0.077234
0.039	0.012921	0.218448	0.002823	0.114	0.063062	0.435721	0.027477	0.189	0.131292	0.594644	0.078072
0.04	0.013417	0.222095	0.002980	0.115	0.063873	0.438117	0.027984	0.19	0.132290	0.596526	0.078914
0.041	0.013919	0.225709	0.003142	0.116	0.064686	0.440505	0.028495	0.191	0.133290	0.598402	0.079761
0.042	0.014427	0.229291	0.003308	0.117	0.065503	0.442883	0.029010	0.192	0.134292	0.600274	0.080612
0.043	0.014941	0.232842	0.003479	0.118	0.066323	0.445252	0.029531	0.193	0.135296	0.602140	0.081467
0.044	0.015460	0.236362	0.003654	0.119	0.067146	0.447612	0.030056	0.194	0.136302	0.604001	0.082326
0.045	0.015985	0.239853	0.003834	0.12	0.067972	0.449964	0.030585	0.195	0.137310	0.605857	0.083190
0.046	0.016516	0.243315	0.004019	0.121	0.068801	0.452307	0.031119	0.196	0.138320	0.607708	0.084058
0.047	0.017052	0.246749	0.004208	0.122	0.069633	0.454641	0.031658	0.197	0.139331	0.609553	0.084930
0.048	0.017594	0.250157	0.004401	0.123	0.070468	0.456967	0.032202	0.198	0.140345	0.611394	0.085806
0.049	0.018141	0.253537	0.004599	0.124	0.071306	0.459284	0.032750	0.199	0.141361	0.613230	0.086687
0.05	0.018693	0.256893	0.004802	0.125	0.072147	0.461593	0.033302	0.2	0.142378	0.615060	0.087571
0.051	0.019251	0.260223	0.005009	0.126	0.072990	0.463893	0.033860	0.201	0.143398	0.616886	0.088460
0.052	0.019813	0.263528	0.005221	0.127	0.073837	0.466185	0.034422	0.202	0.144419	0.618706	0.089353
0.053	0.020381	0.266810	0.005438	0.128	0.074686	0.468470	0.034988	0.203	0.145443	0.620522	0.090250
0.054	0.020954	0.270068	0.005659	0.129	0.075538	0.470746	0.035559	0.204	0.146468	0.622332	0.091152
0.055	0.021532	0.273304	0.005885	0.13	0.076393	0.473014	0.036135	0.205	0.147495	0.624138	0.092057
0.056	0.022116	0.276517	0.006115	0.131	0.077251	0.475274	0.036715	0.206	0.148524	0.625939	0.092967
0.057	0.022703	0.279709	0.006350	0.132	0.078112	0.477526	0.037300	0.207	0.149555	0.627735	0.093881
0.058	0.023296	0.282879	0.006590	0.133	0.078975	0.479770	0.037890	0.208	0.150587	0.629526	0.094799
0.059	0.023894	0.286029	0.006834	0.134	0.079841	0.482007	0.038484	0.209	0.151622	0.631312	0.095721
0.06	0.024496	0.289158	0.007083	0.135	0.080710	0.484236	0.039083	0.21	0.152658	0.633094	0.096647
0.061	0.025103	0.292267	0.007337	0.136	0.081582	0.486457	0.039686	0.211	0.153696	0.634871	0.097577
0.062	0.025715	0.295356	0.007595	0.137	0.082456	0.488671	0.040294	0.212	0.154736	0.636643	0.098512
0.063	0.026332	0.298427	0.007858	0.138	0.083333	0.490877	0.040906	0.213	0.155778	0.638410	0.099450
0.064	0.026953	0.301478	0.008126	0.139	0.084212	0.493076	0.041523	0.214	0.156821	0.640173	0.100393
0.065	0.027578	0.304512	0.008398	0.14	0.085095	0.495268	0.042145	0.215	0.157864	0.641931	0.101340
0.066	0.028208	0.307527	0.008675	0.141	0.085980	0.497452	0.042771	0.216	0.158914	0.643684	0.102290
0.067	0.028843	0.310524	0.008956	0.142	0.086867	0.499629	0.043401	0.217	0.159963	0.645433	0.103245
0.068	0.029481	0.313504	0.009243	0.143	0.087757	0.501799	0.044036	0.218	0.161013	0.647177	0.104204
0.069	0.030125	0.316466	0.009533	0.144	0.088650	0.503961	0.044676	0.219	0.162065	0.648917	0.105167
0.07	0.030772	0.319412	0.009829	0.145	0.089545	0.506117	0.045320	0.22	0.163119	0.650652	0.106134
0.071	0.031424	0.322342	0.010129	0.146	0.090443	0.508265	0.045969	0.221	0.164175	0.652382	0.107105
0.072	0.032080	0.325255	0.010434	0.147	0.091344	0.510407	0.046622	0.222	0.165233	0.654108	0.108080
0.073	0.032741	0.328152	0.010744	0.148	0.092247	0.512541	0.047280	0.223	0.166292	0.655830	0.109052
0.074	0.033405	0.331034	0.011058	0.149	0.093152	0.514669	0.047943	0.224	0.167353	0.657546	0.110042
0.075	0.034074	0.333900	0.011377	0.15	0.094060	0.516790	0.048609	0.225	0.168415	0.659259	0.111029

Fuente: Normas y Reglamento de Drenajes para la Ciudad de Guatemala. Sección 306.

TABLA VII: Elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular.

ELEMENTOS HIDRAULICOS DE UNA ALCANTARILLA DE SECCION TRANSVERSAL CIRCULAR (SIN CORRECCION POR VARIACIONES EN ASPEREZA CON LA PROFUNDIDAD)											
d/D	s/A	v/V	q/Q	d/D	s/A	v/V	q/Q	d/D	s/A	v/V	q/Q
0.226	0.169479	0.660967	0.112020	0.301	0.253483	0.777553	0.197097	0.376	0.343752	0.874664	0.300667
0.227	0.170545	0.662670	0.113015	0.302	0.254652	0.778967	0.198365	0.377	0.344986	0.875843	0.302153
0.228	0.171613	0.664370	0.114014	0.303	0.255822	0.780377	0.199637	0.378	0.346220	0.877019	0.303642
0.229	0.172682	0.666064	0.115017	0.304	0.256992	0.781784	0.200913	0.379	0.347455	0.878192	0.305132
0.23	0.173753	0.667755	0.116024	0.305	0.258164	0.783188	0.202191	0.38	0.348691	0.879362	0.306626
0.231	0.174825	0.669441	0.117035	0.306	0.259337	0.784588	0.203473	0.381	0.349927	0.880530	0.308121
0.232	0.175899	0.671122	0.118050	0.307	0.260511	0.785985	0.204758	0.382	0.351164	0.881694	0.309620
0.233	0.176975	0.672800	0.119069	0.308	0.261686	0.787379	0.206046	0.383	0.352402	0.882856	0.311120
0.234	0.178052	0.674473	0.120091	0.309	0.262862	0.788769	0.207338	0.384	0.353640	0.884015	0.312623
0.235	0.179131	0.676142	0.121118	0.31	0.264040	0.790156	0.208633	0.385	0.354879	0.885171	0.314128
0.236	0.180212	0.677806	0.122149	0.311	0.265218	0.791539	0.209930	0.386	0.356118	0.886324	0.315636
0.237	0.181294	0.679466	0.123183	0.312	0.266397	0.792920	0.211232	0.387	0.357358	0.887474	0.317146
0.238	0.182377	0.681122	0.124221	0.313	0.267578	0.794297	0.212536	0.388	0.358599	0.888622	0.318659
0.239	0.183463	0.682774	0.125263	0.314	0.268759	0.795670	0.213843	0.389	0.359840	0.889766	0.320174
0.24	0.184549	0.684422	0.126310	0.315	0.269941	0.797040	0.215154	0.39	0.361082	0.890908	0.321691
0.241	0.185638	0.686065	0.127360	0.316	0.271125	0.798407	0.216468	0.391	0.362324	0.892047	0.323210
0.242	0.186728	0.687704	0.128413	0.317	0.272309	0.799771	0.217785	0.392	0.363567	0.893183	0.324732
0.243	0.187819	0.689339	0.129471	0.318	0.273494	0.801131	0.219105	0.393	0.364810	0.894316	0.326256
0.244	0.188912	0.690970	0.130533	0.319	0.274681	0.802488	0.220428	0.394	0.366055	0.895447	0.327782
0.245	0.190006	0.692597	0.131598	0.32	0.275868	0.803842	0.221755	0.395	0.367299	0.896574	0.329311
0.246	0.191102	0.694220	0.132667	0.321	0.277057	0.805193	0.223084	0.396	0.368544	0.897699	0.330842
0.247	0.192200	0.695853	0.133740	0.322	0.278246	0.806540	0.224416	0.397	0.369790	0.898821	0.332375
0.248	0.193299	0.697483	0.134817	0.323	0.279436	0.807884	0.225752	0.398	0.371036	0.899940	0.333910
0.249	0.194399	0.699064	0.135897	0.324	0.280628	0.809225	0.227091	0.399	0.372283	0.901057	0.335448
0.25	0.195501	0.700670	0.136982	0.325	0.281820	0.810563	0.228433	0.4	0.373530	0.902170	0.336988
0.251	0.196605	0.702273	0.138070	0.326	0.283013	0.811897	0.229777	0.401	0.374778	0.903281	0.338530
0.252	0.197709	0.703871	0.139162	0.327	0.284207	0.813228	0.231125	0.402	0.376026	0.904389	0.340074
0.253	0.198816	0.705466	0.140258	0.328	0.285402	0.814556	0.232476	0.403	0.377275	0.905495	0.341620
0.254	0.199923	0.707056	0.141357	0.329	0.286598	0.815881	0.233830	0.404	0.378524	0.906597	0.343169
0.255	0.201033	0.708642	0.142460	0.33	0.287795	0.817203	0.235187	0.405	0.379774	0.907697	0.344720
0.256	0.202143	0.710225	0.143567	0.331	0.288993	0.818521	0.236547	0.406	0.381024	0.908794	0.346272
0.257	0.203255	0.711804	0.144678	0.332	0.290192	0.819836	0.237910	0.407	0.382275	0.909888	0.347827
0.258	0.204369	0.713378	0.145792	0.333	0.291391	0.821148	0.239275	0.408	0.383526	0.910979	0.349385
0.259	0.205484	0.714949	0.146910	0.334	0.292592	0.822457	0.240644	0.409	0.384778	0.912068	0.350944
0.26	0.206600	0.716516	0.148032	0.335	0.293793	0.823763	0.242016	0.41	0.386030	0.913154	0.352505
0.261	0.207718	0.718079	0.149158	0.336	0.294996	0.825065	0.243391	0.411	0.387283	0.914237	0.354068
0.262	0.208837	0.719638	0.150287	0.337	0.296199	0.826365	0.244768	0.412	0.388536	0.915317	0.355634
0.263	0.209957	0.721193	0.151420	0.338	0.297403	0.827661	0.246149	0.413	0.389790	0.916395	0.357201
0.264	0.211079	0.722745	0.152556	0.339	0.298608	0.828954	0.247532	0.414	0.391044	0.917470	0.358771
0.265	0.212202	0.724292	0.153696	0.34	0.299814	0.830244	0.248919	0.415	0.392298	0.918542	0.360342
0.266	0.213327	0.725836	0.154840	0.341	0.301021	0.831531	0.250308	0.416	0.393553	0.919611	0.361916
0.267	0.214452	0.727376	0.155988	0.342	0.302228	0.832815	0.251700	0.417	0.394808	0.920678	0.363492
0.268	0.215580	0.728912	0.157139	0.343	0.303437	0.834096	0.253095	0.418	0.396064	0.921742	0.365069
0.269	0.216708	0.730444	0.158293	0.344	0.304646	0.835374	0.254493	0.419	0.397320	0.922803	0.366649
0.27	0.217838	0.731973	0.159452	0.345	0.305856	0.836648	0.255894	0.42	0.398577	0.923862	0.368230
0.271	0.218969	0.733498	0.160613	0.346	0.307067	0.837920	0.257297	0.421	0.399834	0.924918	0.369814
0.272	0.220102	0.735019	0.161779	0.347	0.308279	0.839188	0.258704	0.422	0.401092	0.925971	0.371399
0.273	0.221236	0.736536	0.162948	0.348	0.309491	0.840454	0.260113	0.423	0.402349	0.927021	0.372986
0.274	0.222371	0.738050	0.164121	0.349	0.310705	0.841716	0.261525	0.424	0.403608	0.928069	0.374576
0.275	0.223507	0.739560	0.165297	0.35	0.311919	0.842975	0.262940	0.425	0.404866	0.929114	0.376167
0.276	0.224645	0.741066	0.166477	0.351	0.313134	0.844231	0.264357	0.426	0.406125	0.930156	0.377760
0.277	0.225784	0.742568	0.167660	0.352	0.314350	0.845485	0.265778	0.427	0.407385	0.931196	0.379355
0.278	0.226924	0.744067	0.168847	0.353	0.315566	0.846735	0.267201	0.428	0.408645	0.932233	0.380952
0.279	0.228065	0.745563	0.170037	0.354	0.316784	0.847982	0.268627	0.429	0.409905	0.933267	0.382551
0.28	0.229208	0.747054	0.171231	0.355	0.318002	0.849226	0.270055	0.43	0.411165	0.934299	0.384151
0.281	0.230352	0.748542	0.172428	0.356	0.319221	0.850467	0.271487	0.431	0.412426	0.935327	0.385753
0.282	0.231497	0.750026	0.173629	0.357	0.320440	0.851705	0.272921	0.432	0.413687	0.936354	0.387358
0.283	0.232644	0.751507	0.174833	0.358	0.321661	0.852940	0.274357	0.433	0.414949	0.937377	0.388964
0.284	0.233792	0.752984	0.176041	0.359	0.322882	0.854172	0.275797	0.434	0.416211	0.938398	0.390571
0.285	0.234940	0.754458	0.177253	0.36	0.324104	0.855401	0.277239	0.435	0.417473	0.939416	0.392181
0.286	0.236091	0.755927	0.178467	0.361	0.325327	0.856627	0.278684	0.436	0.418734	0.940432	0.393792
0.287	0.237242	0.757394	0.179686	0.362	0.326550	0.857850	0.280131	0.437	0.419999	0.941445	0.395405
0.288	0.238394	0.758856	0.180907	0.363	0.327774	0.859070	0.281581	0.438	0.421262	0.942455	0.397020
0.289	0.239548	0.760316	0.182132	0.364	0.328999	0.860288	0.283034	0.439	0.422525	0.943462	0.398637
0.29	0.240703	0.761771	0.183361	0.365	0.330225	0.861502	0.284489	0.44	0.423789	0.944467	0.400255
0.291	0.241859	0.763223	0.184593	0.366	0.331451	0.862713	0.285947	0.441	0.425054	0.945469	0.401875
0.292	0.243016	0.764672	0.185828	0.367	0.332678	0.863921	0.287407	0.442	0.426318	0.946469	0.403497
0.293	0.244175	0.766117	0.187066	0.368	0.333906	0.865127	0.288871	0.443	0.427583	0.947466	0.405120
0.294	0.245334	0.767559	0.188309	0.369	0.335134	0.866329	0.290336	0.444	0.428848	0.948460	0.406745
0.295	0.246495	0.768997	0.189554	0.37	0.336363	0.867528	0.291805	0.445	0.430113	0.949452	0.408372
0.296	0.247657	0.770431	0.190803	0.371	0.337593	0.868725	0.293275	0.446	0.431379	0.950441	0.410000
0.297	0.248820	0.771863	0.192055	0.372	0.338823	0.869918	0.294749	0.447	0.432645	0.951427	0.411630
0.298	0.249984	0.773290	0.193310	0.373	0.340055	0.871109	0.296225	0.448	0.433911	0.952411	0.413262
0.299	0.251149	0.774715	0.194569	0.374	0.341286	0.872297	0.297703	0.449	0.435178	0.953392	0.414895
0.3	0.252316	0.776135	0.195831	0.375	0.342519	0.873482	0.299184	0.45	0.436444	0.954371	0.416530

Fuente: Normas y Reglamento de Drenajes para la Ciudad de Guatemala. Sección 306.

Tabla VIII: Elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular.

(SIN CORRECCION POR VARIACIONES EN ASPEREZA CON LA PROFUNDIDAD)

d/D	a/A	v/V	o/O	d/D	a/A	v/V	o/O	d/D	a/A	v/V	o/O
0.451	0.437711	0.955346	0.418166	0.526	0.533089	1.021221	0.544402	0.601	0.627717	1.073021	0.673554
0.452	0.438979	0.956320	0.419804	0.527	0.534361	1.022003	0.546118	0.602	0.628964	1.073617	0.675267
0.453	0.440246	0.957290	0.421443	0.528	0.535632	1.022783	0.547836	0.603	0.630210	1.074211	0.676979
0.454	0.441514	0.958258	0.423084	0.529	0.536903	1.023561	0.549553	0.604	0.631456	1.074803	0.678691
0.455	0.442782	0.959224	0.424727	0.53	0.538174	1.024336	0.551271	0.605	0.632701	1.075392	0.680401
0.456	0.444050	0.960187	0.426371	0.531	0.539445	1.025108	0.552990	0.606	0.633945	1.075978	0.682112
0.457	0.445318	0.961147	0.428016	0.532	0.540716	1.025878	0.554709	0.607	0.635190	1.076562	0.683821
0.458	0.446587	0.962104	0.429663	0.533	0.541986	1.026646	0.556428	0.608	0.636433	1.077144	0.685530
0.459	0.447856	0.963059	0.431312	0.534	0.543257	1.027411	0.558148	0.609	0.637676	1.077723	0.687238
0.46	0.449125	0.964012	0.432962	0.535	0.544527	1.028173	0.559868	0.61	0.638918	1.078300	0.688945
0.461	0.450394	0.964962	0.434613	0.536	0.545797	1.028933	0.561589	0.611	0.640160	1.078874	0.690652
0.462	0.451664	0.965909	0.436266	0.537	0.547067	1.029691	0.563310	0.612	0.641401	1.079445	0.692357
0.463	0.452933	0.966853	0.437920	0.538	0.548336	1.030446	0.565031	0.613	0.642642	1.080014	0.694062
0.464	0.454203	0.967795	0.439576	0.539	0.549606	1.031198	0.566753	0.614	0.643882	1.080581	0.695766
0.465	0.455473	0.968735	0.441233	0.54	0.550875	1.031949	0.568475	0.615	0.645121	1.081145	0.697469
0.466	0.456743	0.969672	0.442891	0.541	0.552144	1.032696	0.570197	0.616	0.646360	1.081706	0.699172
0.467	0.458014	0.970606	0.444551	0.542	0.553413	1.033441	0.571920	0.617	0.647598	1.082266	0.700873
0.468	0.459284	0.971538	0.446212	0.543	0.554682	1.034184	0.573643	0.618	0.648836	1.082822	0.702574
0.469	0.460555	0.972467	0.447874	0.544	0.555950	1.034924	0.575366	0.619	0.650073	1.083376	0.704273
0.47	0.461826	0.973393	0.449538	0.545	0.557218	1.035662	0.577090	0.62	0.651309	1.083927	0.705972
0.471	0.463097	0.974317	0.451203	0.546	0.558486	1.036397	0.578814	0.621	0.652545	1.084476	0.707669
0.472	0.464368	0.975238	0.452869	0.547	0.559754	1.037130	0.580538	0.622	0.653780	1.085023	0.709366
0.473	0.465639	0.976157	0.454537	0.548	0.561021	1.037866	0.582262	0.623	0.655014	1.085567	0.711062
0.474	0.466911	0.977074	0.456206	0.549	0.562289	1.038598	0.583986	0.624	0.656248	1.086108	0.712757
0.475	0.468182	0.977987	0.457876	0.55	0.563556	1.039333	0.585711	0.625	0.657481	1.086647	0.714450
0.476	0.469454	0.978898	0.459548	0.551	0.564822	1.040066	0.587436	0.626	0.658714	1.087184	0.716143
0.477	0.470726	0.979807	0.461220	0.552	0.566089	1.040756	0.589161	0.627	0.659945	1.087718	0.717834
0.478	0.471998	0.980713	0.462894	0.553	0.567355	1.041474	0.590886	0.628	0.661177	1.088249	0.719525
0.479	0.473270	0.981616	0.464569	0.554	0.568621	1.042190	0.592611	0.629	0.662407	1.088778	0.721214
0.48	0.474542	0.982517	0.466246	0.555	0.569887	1.042903	0.594336	0.63	0.663637	1.089305	0.722903
0.481	0.475814	0.983415	0.467923	0.556	0.571152	1.043613	0.596062	0.631	0.664866	1.089829	0.724590
0.482	0.477087	0.984311	0.469602	0.557	0.572417	1.044321	0.597787	0.632	0.666094	1.090350	0.726276
0.483	0.478359	0.985204	0.471281	0.558	0.573682	1.045027	0.599513	0.633	0.667322	1.090869	0.727961
0.484	0.479632	0.986095	0.472962	0.559	0.574946	1.045730	0.601239	0.634	0.668549	1.091385	0.729645
0.485	0.480904	0.986983	0.474644	0.56	0.576211	1.046430	0.602964	0.635	0.669775	1.091899	0.731327
0.486	0.482177	0.987869	0.476327	0.561	0.577475	1.047128	0.604690	0.636	0.671001	1.092410	0.733008
0.487	0.483450	0.988752	0.478012	0.562	0.578738	1.047824	0.606416	0.637	0.672226	1.092919	0.734688
0.488	0.484723	0.989632	0.479697	0.563	0.580001	1.048517	0.608141	0.638	0.673450	1.093425	0.736367
0.489	0.485995	0.990510	0.481383	0.564	0.581264	1.049208	0.609867	0.639	0.674673	1.093929	0.738045
0.49	0.487268	0.991385	0.483071	0.565	0.582527	1.049896	0.611593	0.64	0.675896	1.094430	0.739721
0.491	0.488541	0.992258	0.484759	0.566	0.583789	1.050582	0.613318	0.641	0.677118	1.094928	0.741396
0.492	0.489815	0.993129	0.486449	0.567	0.585051	1.051265	0.615044	0.642	0.678339	1.095424	0.743069
0.493	0.491088	0.993996	0.488139	0.568	0.586313	1.051946	0.616769	0.643	0.679560	1.095918	0.744742
0.494	0.492361	0.994862	0.489831	0.569	0.587574	1.052624	0.618494	0.644	0.680779	1.096409	0.746413
0.495	0.493634	0.995724	0.491523	0.57	0.588835	1.053303	0.620219	0.645	0.681998	1.096897	0.748082
0.496	0.494907	0.996585	0.493217	0.571	0.590095	1.053977	0.621944	0.646	0.683216	1.097383	0.749750
0.497	0.496180	0.997442	0.494911	0.572	0.591355	1.054644	0.623669	0.647	0.684434	1.097866	0.751417
0.498	0.497454	0.998297	0.496607	0.573	0.592615	1.055312	0.625394	0.648	0.685650	1.098347	0.753082
0.499	0.498727	0.999150	0.498303	0.574	0.593875	1.055978	0.627119	0.649	0.686866	1.098825	0.754746
0.5	0.500000	1.000000	0.500000	0.575	0.595134	1.056642	0.628843	0.65	0.688081	1.099301	0.756408
0.501	0.501273	1.000848	0.501698	0.576	0.596392	1.057302	0.630567	0.651	0.689295	1.099774	0.758069
0.502	0.502546	1.001693	0.503397	0.577	0.597651	1.057961	0.632291	0.652	0.690509	1.100245	0.759729
0.503	0.503820	1.002535	0.505097	0.578	0.598908	1.058617	0.634015	0.653	0.691721	1.100713	0.761387
0.504	0.505093	1.003375	0.506798	0.579	0.600166	1.059271	0.635738	0.654	0.692933	1.101178	0.763043
0.505	0.506366	1.004213	0.508499	0.58	0.601423	1.059922	0.637461	0.655	0.694144	1.101641	0.764698
0.506	0.507639	1.005058	0.510202	0.581	0.602680	1.060570	0.639184	0.656	0.695354	1.102101	0.766351
0.507	0.508912	1.005880	0.511905	0.582	0.603936	1.061216	0.640906	0.657	0.696563	1.102559	0.768002
0.508	0.510185	1.006710	0.513609	0.583	0.605192	1.061860	0.642629	0.658	0.697772	1.103014	0.769652
0.509	0.511459	1.007537	0.515314	0.584	0.606447	1.062501	0.644350	0.659	0.698979	1.103467	0.771301
0.51	0.512732	1.008362	0.517019	0.585	0.607702	1.063140	0.646072	0.66	0.700186	1.103917	0.772947
0.511	0.514005	1.009185	0.518726	0.586	0.608956	1.063776	0.647793	0.661	0.701392	1.104364	0.774592
0.512	0.515277	1.010005	0.520433	0.587	0.610210	1.064410	0.649514	0.662	0.702597	1.104809	0.776236
0.513	0.516550	1.010822	0.522140	0.588	0.611464	1.065041	0.651234	0.663	0.703801	1.105251	0.777877
0.514	0.517823	1.011637	0.523849	0.589	0.612717	1.065670	0.652954	0.664	0.705004	1.105691	0.779517
0.515	0.519096	1.012449	0.525558	0.59	0.613970	1.066296	0.654673	0.665	0.706207	1.106128	0.781155
0.516	0.520368	1.013259	0.527268	0.591	0.615222	1.066920	0.656392	0.666	0.707408	1.106563	0.782791
0.517	0.521641	1.014067	0.528979	0.592	0.616474	1.067541	0.658111	0.667	0.708609	1.106995	0.784426
0.518	0.522913	1.014872	0.530690	0.593	0.617725	1.068160	0.659829	0.668	0.709808	1.107424	0.786059
0.519	0.524186	1.015674	0.532402	0.594	0.618976	1.068776	0.661546	0.669	0.711007	1.107851	0.787690
0.52	0.525458	1.016474	0.534114	0.595	0.620226	1.069390	0.663263	0.67	0.712205	1.108275	0.789319
0.521	0.526730	1.017271	0.535828	0.596	0.621476	1.070001	0.664980	0.671	0.713402	1.108696	0.790944
0.522	0.528002	1.018066	0.537541	0.597	0.622725	1.070610	0.666696	0.672	0.714598	1.109115	0.792571
0.523	0.529274	1.018859	0.539256	0.598	0.623974	1.071217	0.668411	0.673	0.715793	1.109532	0.794195
0.524	0.530546	1.019649	0.540970	0.599	0.625222	1.071821	0.670126	0.674	0.716987	1.109945	0.795816
0.525	0.531818	1.020436	0.542686	0.6	0.626470	1.072422	0.671840	0.675	0.718180	1.110356	0.797436

Fuente: Normas y Reglamento de Drenajes para la Ciudad de Guatemala. Sección 306.

TABLA IX: Elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular.

(SIN CORRECCION POR VARIACIONES EN ASPEREZA CON LA PROFUNDIDAD)

d/D	α/A	v/V	q/Q	d/D	α/A	v/V	q/Q	d/D	α/A	v/V	q/Q
0.676	0.719372	1.110765	0.799054	0.751	0.805601	1.133674	0.913289	0.826	0.883429	1.139713	1.006856
0.677	0.720564	1.111171	0.800669	0.752	0.806701	1.133872	0.914696	0.827	0.884393	1.139663	1.007910
0.678	0.721754	1.111574	0.802283	0.753	0.807800	1.134067	0.916100	0.828	0.885355	1.139609	1.008959
0.679	0.722943	1.111974	0.803895	0.754	0.808898	1.134259	0.917500	0.829	0.886315	1.139551	1.010002
0.68	0.724132	1.112372	0.805504	0.755	0.809994	1.134448	0.918896	0.83	0.887273	1.139489	1.011038
0.681	0.725319	1.112768	0.807112	0.756	0.811088	1.134634	0.920288	0.831	0.888228	1.139424	1.012069
0.682	0.726506	1.113160	0.808717	0.757	0.812181	1.134817	0.921677	0.832	0.889182	1.139355	1.013093
0.683	0.727691	1.113550	0.810321	0.758	0.813272	1.134998	0.923062	0.833	0.890133	1.139282	1.014112
0.684	0.728875	1.113938	0.811922	0.759	0.814362	1.135175	0.924443	0.834	0.891081	1.139204	1.015124
0.685	0.730059	1.114323	0.813521	0.76	0.815451	1.135349	0.925821	0.835	0.892028	1.139124	1.016130
0.686	0.731241	1.114705	0.815118	0.761	0.816537	1.135520	0.927194	0.836	0.892972	1.139039	1.017129
0.687	0.732422	1.115084	0.816713	0.762	0.817623	1.135688	0.928564	0.837	0.893913	1.138950	1.018122
0.688	0.733603	1.115461	0.818305	0.763	0.818706	1.135853	0.929930	0.838	0.894853	1.138857	1.019109
0.689	0.734782	1.115835	0.819896	0.764	0.819788	1.136015	0.931292	0.839	0.895790	1.138760	1.020090
0.69	0.735960	1.116207	0.821484	0.765	0.820869	1.136174	0.932650	0.84	0.896725	1.138659	1.021064
0.691	0.737138	1.116575	0.823070	0.766	0.821948	1.136329	0.934003	0.841	0.897657	1.138555	1.022031
0.692	0.738314	1.116942	0.824653	0.767	0.823025	1.136482	0.935353	0.842	0.898587	1.138446	1.022992
0.693	0.739489	1.117305	0.826235	0.768	0.824101	1.136632	0.936699	0.843	0.899515	1.138333	1.023947
0.694	0.740663	1.117666	0.827814	0.769	0.825175	1.136778	0.938041	0.844	0.900440	1.138216	1.024895
0.695	0.741836	1.118024	0.829390	0.77	0.826247	1.136922	0.939379	0.845	0.901361	1.138095	1.025836
0.696	0.743008	1.118380	0.830964	0.771	0.827318	1.137062	0.940712	0.846	0.902283	1.137970	1.026770
0.697	0.744178	1.118732	0.832536	0.772	0.828387	1.137199	0.942042	0.847	0.903201	1.137840	1.027698
0.698	0.745348	1.119082	0.834106	0.773	0.829455	1.137334	0.943367	0.848	0.904116	1.137707	1.028619
0.699	0.746517	1.119430	0.835673	0.774	0.830521	1.137465	0.944688	0.849	0.905029	1.137569	1.029533
0.7	0.747684	1.119774	0.837238	0.775	0.831585	1.137592	0.946005	0.85	0.905940	1.137427	1.030440
0.701	0.748851	1.120116	0.838800	0.776	0.832647	1.137717	0.947317	0.851	0.906848	1.137281	1.031341
0.702	0.750016	1.120456	0.840360	0.777	0.833708	1.137839	0.948626	0.852	0.907753	1.137130	1.032234
0.703	0.751180	1.120792	0.841917	0.778	0.834767	1.137957	0.949930	0.853	0.908656	1.136976	1.033120
0.704	0.752343	1.121126	0.843471	0.779	0.835825	1.138072	0.951229	0.854	0.909557	1.136817	1.033999
0.705	0.753505	1.121457	0.845024	0.78	0.836881	1.138184	0.952524	0.855	0.910455	1.136653	1.034871
0.706	0.754666	1.121786	0.846573	0.781	0.837935	1.138293	0.953815	0.856	0.911350	1.136486	1.035736
0.707	0.755825	1.122111	0.848120	0.782	0.838987	1.138399	0.955102	0.857	0.912243	1.136313	1.036594
0.708	0.756984	1.122434	0.849664	0.783	0.840037	1.138501	0.956384	0.858	0.913133	1.136137	1.037444
0.709	0.758141	1.122755	0.851206	0.784	0.841086	1.138601	0.957661	0.859	0.914020	1.135956	1.038287
0.71	0.759297	1.123072	0.852745	0.785	0.842133	1.138697	0.958934	0.86	0.914905	1.135770	1.039122
0.711	0.760452	1.123387	0.854282	0.786	0.843179	1.138789	0.960203	0.861	0.915788	1.135580	1.039951
0.712	0.761606	1.123699	0.855815	0.787	0.844222	1.138879	0.961466	0.862	0.916667	1.135386	1.040771
0.713	0.762758	1.124008	0.857346	0.788	0.845264	1.138965	0.962726	0.863	0.917544	1.135187	1.041584
0.714	0.763909	1.124315	0.858875	0.789	0.846304	1.139048	0.963980	0.864	0.918418	1.134983	1.042390
0.715	0.765060	1.124618	0.860400	0.79	0.847342	1.139128	0.965230	0.865	0.919290	1.134775	1.043187
0.716	0.766208	1.124919	0.861923	0.791	0.848378	1.139204	0.966476	0.866	0.920159	1.134562	1.043978
0.717	0.767356	1.125218	0.863443	0.792	0.849413	1.139277	0.967716	0.867	0.921025	1.134345	1.044760
0.718	0.768503	1.125513	0.864960	0.793	0.850445	1.139347	0.968952	0.868	0.921888	1.134123	1.045534
0.719	0.769648	1.125806	0.866474	0.794	0.851476	1.139413	0.970183	0.869	0.922749	1.133896	1.046301
0.72	0.770792	1.126096	0.867985	0.795	0.852505	1.139476	0.971409	0.87	0.923607	1.133664	1.047060
0.721	0.771935	1.126383	0.869494	0.796	0.853532	1.139536	0.972631	0.871	0.924462	1.133427	1.047810
0.722	0.773076	1.126667	0.870999	0.797	0.854557	1.139593	0.973847	0.872	0.925314	1.133186	1.048553
0.723	0.774216	1.126948	0.872502	0.798	0.855581	1.139646	0.975059	0.873	0.926163	1.132940	1.049287
0.724	0.775355	1.127227	0.874002	0.799	0.856602	1.139695	0.976265	0.874	0.927010	1.132689	1.050013
0.725	0.776493	1.127503	0.875498	0.8	0.857622	1.139742	0.977467	0.875	0.927853	1.132433	1.050731
0.726	0.777629	1.127776	0.876992	0.801	0.858639	1.139784	0.978664	0.876	0.928694	1.132172	1.051441
0.727	0.778764	1.128046	0.878482	0.802	0.859655	1.139824	0.979855	0.877	0.929532	1.131906	1.052142
0.728	0.779898	1.128314	0.879970	0.803	0.860669	1.139860	0.981042	0.878	0.930367	1.131635	1.052835
0.729	0.781031	1.128579	0.881455	0.804	0.861680	1.139893	0.982223	0.879	0.931199	1.131359	1.053520
0.73	0.782162	1.128840	0.882936	0.805	0.862690	1.139922	0.983399	0.88	0.932028	1.131077	1.054195
0.731	0.783292	1.129099	0.884414	0.806	0.863698	1.139947	0.984571	0.881	0.932854	1.130791	1.054863
0.732	0.784420	1.129355	0.885889	0.807	0.864704	1.139970	0.985737	0.882	0.933677	1.130499	1.055521
0.733	0.785548	1.129609	0.887361	0.808	0.865708	1.139988	0.986897	0.883	0.934497	1.130203	1.056171
0.734	0.786673	1.129859	0.888830	0.809	0.866710	1.140004	0.988053	0.884	0.935314	1.129901	1.056811
0.735	0.787798	1.130107	0.890296	0.81	0.867710	1.140015	0.989203	0.885	0.936127	1.129593	1.057443
0.736	0.788921	1.130351	0.891758	0.811	0.868708	1.140023	0.990348	0.886	0.936938	1.129280	1.058066
0.737	0.790043	1.130593	0.893217	0.812	0.869704	1.140028	0.991487	0.887	0.937746	1.128962	1.058680
0.738	0.791163	1.130832	0.894673	0.813	0.870698	1.140029	0.992621	0.888	0.938551	1.128638	1.059284
0.739	0.792282	1.131068	0.896125	0.814	0.871690	1.140027	0.993750	0.889	0.939352	1.128309	1.059880
0.74	0.793400	1.131301	0.897575	0.815	0.872680	1.140021	0.994873	0.89	0.940151	1.127975	1.060466
0.741	0.794516	1.131532	0.899020	0.816	0.873668	1.140011	0.995991	0.891	0.940946	1.127634	1.061043
0.742	0.795631	1.131759	0.900463	0.817	0.874653	1.139998	0.997103	0.892	0.941738	1.127288	1.061610
0.743	0.796745	1.131983	0.901902	0.818	0.875637	1.139981	0.998209	0.893	0.942527	1.126937	1.062168
0.744	0.797857	1.132205	0.903337	0.819	0.876618	1.139960	0.999310	0.894	0.943312	1.126579	1.062716
0.745	0.798967	1.132424	0.904770	0.82	0.877598	1.139936	1.000405	0.895	0.944094	1.126216	1.063254
0.746	0.800077	1.132639	0.906198	0.821	0.878575	1.139908	1.001495	0.896	0.944873	1.125847	1.063783
0.747	0.801184	1.132852	0.907623	0.822	0.879550	1.139877	1.002579	0.897	0.945649	1.125472	1.064301
0.748	0.802291	1.133062	0.909045	0.823	0.880523	1.139841	1.003657	0.898	0.946421	1.125091	1.064810
0.749	0.803395	1.133269	0.910463	0.824	0.881494	1.139802	1.004729	0.899	0.947190	1.124704	1.065309
0.75	0.804499	1.133473	0.911878	0.825	0.882463	1.139760	1.005795	0.9	0.947956	1.124311	1.065797

FUENTE: Normas y Reglamento de Drenajes para la Ciudad de Guatemala. Sección 306.

2.1.2.2 Consideraciones generales

La finalidad del establecimiento de requisitos para los procedimientos constructivos es garantizar que todas las obras se ejecuten en forma adecuada, para obtener resultados satisfactorios en su desarrollo.

2.1.2.2.1 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, electricidad, etc., serán reparados a la brevedad posible por cuenta del contratista y sin recibir por ello compensación adicional.

2.1.2.2 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 metro a cada lado del eje de instalación de la tubería.
- El supervisor 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 ó deberá ser incinerado.

2.1.2.2.3 Zanjeo

- El fondo de la zanja deberá ser de tal forma que provea un apoyo firme y uniforme a lo largo de toda la tubería. Se deben preparar aberturas al final de cada tramo para permitir un acople correcto.
- Cuando a la sub-base de la zanja se encuentren condiciones inestables que impidieran proporcionar a la tubería un apoyo firme y constante, deberá realizarse una sobre-excavación y rellenar ésta con un material adecuado como arena bien compactada u otro material selecto.
- Cuando en el fondo de la zanja se presenten condiciones muy severas, como napa freática alta, suelo inestable o muy rocoso, deberán usarse materiales especiales en capas de grava, arena o material selecto. La capa sobre la que se coloque la tubería será como mínimo de 10 cm de espesor y compactada adecuadamente.
- El ancho de la zanja para la tubería de PVC será como mínimo de 0.50 metros para tubería de 4 y 6 pulgadas y de 0.8 metros para diámetros de 8 pulgadas, para mayor detalle ver los planos del proyecto.
- La tubería tendrá un recubrimiento mínimo de 0.8 metros, para conexiones domiciliarias.
- La profundidad máxima de el zanjeo será de 8 metros.
- Cuando se encuentre roca, ya sea en estratos o en forma suelta, deberá ser removida debajo de la línea de pendiente y repuesta con material adecuado, de manera que se provea un colchón de tierra compactada

que tenga un espesor debajo de la tubería no menor de 2.5 cms. ó 1 pulgada por cada metro de alto de relleno a partir de la parte superior de la tubería, con un espesor mínimo permisible de 20 cms.

2.1.2.2.4 Colocación de Tubería

Para la colocación de la tubería de drenaje sanitario norma ASTM D 3034, existen dos métodos viables.

- Primero: colocar la tubería principal de todo el proyecto con sus accesorios protegidos con tapones y luego regresar a colocar las conexiones domiciliarias.
- Segundo: colocar la tubería principal entre dos pozos de visita o de inspección con sus accesorios y luego regresar a colocar los domiciliarios. Este segundo método permite un avance ordenado del proyecto, evita mayores molestias al usuario y reduce los costos del proyecto.
- 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 PVC norma 3034 que en una forma ordenada ha sido puesta en la orilla de la zanja, con el

fin de no bajar aquellas unidades que presente algún desperfecto, 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 la circunferencia del tubo esté apoyada en el lecho firme de la zanja, cuyo fondo debe terminarse a mano para darle la concavidad deseada, de manera que $1/3$ del tubo esté en tierra firme o en 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, éstas 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.

2.1.2.2.5 Juntas

- Para realizar las juntas de la tubería de PVC, la campana deberá limpiarse bien antes de colocar el empaque, a fin de facilitar el acomodo del empaque dentro de la campana. Es deseable que ello sean sumergidos en agua limpia, justo antes de colocarlos. El hecho de que el empaque esté húmedo permite una colocación más sencilla debido a su deslizamiento suave.
- Para el tipo de junta macho-hembra se hará lo mismo indicado en el punto anterior, solo que exteriormente se le pondrá un anillo del mismo mortero, cuyas dimensiones dependen del diámetro del tubo.
- Antes que la siguiente sección de tubería sea colocada, las porciones inferiores de las campanas o ranuras de cada tubo deben llenarse de mortero suficiente para permitir que la superficie interior de las tuberías quede al ras en forma pareja. Después que el tubo ha sido colocado, el resto de la junta debe ser sólidamente llenado con mortero y se usará mortero adicional para formar un anillo exterior alrededor de la junta, en los tubos sin campana se procederá como se indica en punto 2 anterior.
- Se debe limpiar y alisar el interior de la junta. Después del fraguado inicial, el mortero de los anillos exteriores en las juntas deberá ser protegido del aire y del sol con una cubierta de tierra saturada de agua o un brin completamente mojado.
- La tubería que no se encuentre en su verdadera alineación, o que muestre asentamiento excesivo después de colocada, se deberá quitar y se volverá a colocar correctamente sin ninguna compensación extra.

2.1.2.2.6 Relleno

- El relleno alrededor y debajo de la tubería debe ser hecho de materiales aprobados, libre de fragmentos grandes de roca, en capas de 15 cm. de material suelto apisonada a mano hasta llegar a 60 cm., o arriba del coronamiento del tubo, de este punto para arriba se podrá hacer el relleno en capas de 20 cm. de grueso y ya se puede permitir el apisonado mecánico.
- En capas de 90 cm. de coronamiento del tubo se permite, a criterio del supervisor, la colocación de piedras de regular tamaño dentro del relleno, siempre que estas sean puestas en la zanja cuidadosamente para no dañar las estructuras, pero con suficiente tierra para llenar los vacíos.
- Cuando se ha tenido que entibar durante la excavación, al rellenar deben sacarse cuidadosamente los parales y tabiques de madera y compactar en la mejor forma los espacios dejados. También los pozos de visita, tragantes y otras estructuras, deberán compactarse los espacios dejados por la formaleta o entibado, con capas no mayores de 20 cm. con un conveniente contenido de humedad.
- La compactación debe ser 95% de su densidad máxima y como lo determina el método T 99-49, de la A.A.S.H.T.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.

2.1.2.2.7 Pozos de visita

Un registro de inspección o pozo de visita es un recinto construido de concreto o mampostería para dar acceso a las alcantarillas. La parte inferior en general es cilíndrica, con un diámetro interior no menor de 4 ft., para dejar espacio suficiente para los trabajadores. La parte superior, por lo general, adopta una forma cónica hasta llegar a la abertura de la calle. Esta abertura, de unos 2 ft., de diámetro, se tapa con una pesada reja de hierro colado, que se asienta en un marco, también de hierro colado. Los pozos de visita se colocarán en los siguientes puntos:

- En el inicio de cualquier ramal.
- En intersecciones de dos o más tuberías.
- Donde exista cambio de diámetro.
- En distancias no mayores de 100 m.
- En las curvas no mayores de 30 m.
- Alivio o cambio de pendientes.

Además se tomarán en cuenta las siguientes consideraciones para la realización del proyecto.

- Se localizarán tal como se indica en los planos y en el replanteo del 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 adjuntarse 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.
- Se deberán efectuar todas las conexiones 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.
- Las caídas en los pozos de visitas son necesarias cuando la diferencia entre cotas invert de entrada y salida sea superior a 1.00 metros; para tal caso, consultar el juego de planos correspondientes. Los accesorios usados en las caídas de pozos llevarán empaques de hule en todas sus juntas para dar flexibilidad al sistema.

2.1.2.2.8 Conexiones domiciliarias

- Éstas deberán ser construidas de acuerdo con los planos del proyecto, las cuales generalmente constan de dos partes: candela domiciliar y tubería de empotramiento.
- Candela domiciliar: se puede utilizar tubería de cemento de 15 pulgadas de diámetro con tapadera y brocal de concreto y refuerzo de la calidad requerida en estas especificaciones.

- Tubería de empotramiento: deberá tener un diámetro mínimo de 6 pulgadas con tubería PVC norma ASTM 3034. Para realizar la conexión, debe utilizarse accesorios PVC a un ángulo de 45 grados o 90 grados respecto la vertical según sea el caso y puede utilizarse una ye sanitaria o una te o una silleta sanitaria para hacer la conexión al tubo directamente. Todos los accesorios utilizados deberán llevar empaques de hule en todas sus juntas para dar flexibilidad al sistema.
- Debe tenerse el cuidado necesario en la colocación de la caja de registro, dándoles a estas profundidad requerida para permitir hasta donde sea posible la conexión domiciliar interior por gravedad.

2.1.2.3 Cálculos hidráulicos del proyecto

A continuación se presentan los siguientes cálculos hidráulicos del proyecto lotificación Santo Tomás I.

Población futura

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

$$P_f = 766(1 + 0.03)^{22}$$

$$P_f = 1467.74 = \underline{1468 \text{ personas}}$$

Promedio de habitantes por casa:

$$\text{Pr om. Hab} = \frac{\text{Población Actual}}{\text{No. De Casas Actual}}$$

$$\text{Pr om. Hab} = \frac{766}{138} = 5.55 = 6 \text{ personas por casa}$$

Cálculo de un tramo del proyecto. Ejemplo:

De P.V. 4 a P.V. 5

No. de casa (local) = 10 (ver plano).

No. de casa (acumulado) = 25

Habitantes a servir (actual) = 60

Habitantes a servir (futuro) = $60 (1 + 0.03)^{22} = 114.966 = 115$ habitantes

Factor de Harmon

Actual:

$$F. H. = \frac{18 + \sqrt{P/1000}}{4 + \sqrt{P/1000}} = \frac{18 + \sqrt{60/1000}}{4 + \sqrt{60/1000}} = 4.298 = 4.3$$

Futuro:

$$F. H. = \frac{18 + \sqrt{P/1000}}{4 + \sqrt{P/1000}} = \frac{18 + \sqrt{115/1000}}{4 + \sqrt{115/1000}} = 4.226 = 4.23$$

Caudal de diseño

$$Q_{Dis} = \text{No. De Habitantes} * \text{Factor de Caudal Medio} * \text{Factor de Harmon}$$

$$Q_{Dis} = \text{No. Hab} * f_{qm} * FH$$

ACTUAL

$$f_{qm} = \frac{Q_{San}}{\text{No. De Habitantes}}$$

$$Q_{San} = \Sigma(Q_{Dom} + Q_{Com} + Q_{Ind} + Q_{CI} + Q_{Inf})$$

$$Q_{Dom} = \frac{\text{No. Habitantes} \times \text{Dotación} \times F.R.}{86400} \quad FR = 0.9$$

$$Q_{Dom} = \frac{60 \times 200 \times 0.90}{86400} = 0.125 \text{ Lts/seg}$$

$$Q_{CI} = \left(\frac{C \times I \times A}{0.360} \right) \times \% \text{ Vivienda}$$

$$Q_{CI} = \left(\frac{0.8 \times 84 \times 6.5E-3}{0.360} \right) \times 0.005(10) = 0.060667 \text{ Lts/seg}$$

Q_{Ind} = Aquí es igual a cero porque no existen industrias en el área.

Q_{Com} = En este tramo es igual a cero, porque no existen comerciales.

Q_{Inf} = Aquí el caudal de infiltración es cero, porque el factor de infiltración en PVC es igual a cero.

$$Q_{San} = 0.185666 \text{ Lts/seg.}$$

$$fqm = \frac{0.185666}{60} = 0.00309$$

$$Q_{Dis} = 60 * 0.003 * 4.30 = 0.774 = \underline{0.77 \text{ Lts/seg}}$$

FUTURO

$$Q_{Dom} = \frac{115 \times 200 \times 0.90}{86400} = 0.23958 \text{ Lts/seg}$$

$$Q_{Cl} = \left(\frac{0.8 \times 84 \times 6.5E-3}{0.360} \right) \times 0.005(20) = 0.121333 \text{ Lts/seg}$$

Q_{Ind} = Aquí es igual a cero porque no existen industrias en el área.

Q_{Com} = En este tramo es igual a cero, porque no existen comerciales.

Q_{Inf} = Aquí el caudal de infiltración es cero, porque el factor de infiltración en PVC es igual a cero.

$$Q_{San} = 0.360 \text{ Lts/seg.}$$

$$fqm = \frac{0.360}{115} = 0.003138$$

$$Q_{Dis} = 115 * 0.003 * 4.23 = 1.459 = \underline{1.46 \text{ Lts/seg.}}$$

Velocidad a sección llena

$$V = \frac{0.0342}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$n = 0.010$$

$$CT_{\text{inicio}} = 999.989 \text{ m.}$$

$$CT_{\text{final}} = 999.321 \text{ m.}$$

$$DH = 88.97 \text{ m.}$$

$$S = 0.50 \%$$

$$R = \text{Diámetro} = 8''$$

$$V = \frac{0.0342}{0.010} \times (8)^{2/3} \times (0.005)^{1/2} = 0.97 \text{ m/s}$$

Caudal a sección llena

$$Q = V * A$$

$$V = 0.97 \text{ m/s}$$

$$A = \pi \times \left(\frac{D^2}{4} \right)$$

$$A = \pi \times \left(\frac{(0.2032)^2}{4} \right) = 0.0323 \text{ m}^2$$

$$Q = 0.97 * 0.0323 = 0.031331 \text{ m}^3/\text{s} = \underline{\underline{31.33 \text{ Lts/seg}}}$$

* Se cumple la norma de: caudal de diseño < caudal a sección llena (0.77 Lts/seg < 31.33 Lts/seg).

Velocidad actual

Por medio de la relación entre caudal de diseño actual y caudal a sección llena, obtenemos un valor; posteriormente, buscamos en la tabla VI de elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular, la columna q/Q , luego buscamos el valor obtenido, en esa fila obtendremos los valores de las relaciones v/V , d/D y a/A .

$$\frac{q}{Q} = \frac{0.77}{31.33} = 0.024577$$

$v/V = 0.421146$, como se tiene velocidad a sección llena, se procede a despejar velocidad actual:

$$v = V * 0.421146$$

$$v = 0.97 * 0.421146 = 0.4085 = \underline{0.41 \text{ m/s.}} \quad (\text{si cumple con la velocidad mínima, } 0.4 \text{ m/s})$$

Velocidad futura

Por medio de la relación entre caudal de diseño futuro y caudal a sección llena, obtenemos un valor; posteriormente, buscamos en la tabla VI de elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular, la columna q/Q , luego buscamos el valor obtenido, en esa fila obtendremos los valores de las relaciones v/V , d/D y a/A .

$$\frac{q}{Q} = \frac{1.46}{31.33} = 0.04660$$

$v/V = 0.510407$, como se tiene velocidad a sección llena, se procede a despejar velocidad futura:

$$v = V * 0.510407$$

$$v = 0.97 * 0.510407 = 0.495 = \underline{0.50 \text{ m/s}} \quad (\text{si cumple con la velocidad mínima, } 0.4 \text{ m/s})$$

Fuerza de tracción

$$F = 1000 \times R \times S$$

$$F = 1000 \times 0.108 \times 0.005 = 0.10973$$

$$F = \underline{0.11 \text{ kg/m}^2}.$$

* Para el sistema se utilizará la fuerza tractiva = 0.11 kg/m^2

Cotas Invert (PV 4 a PV 5)

Cota Invert inicial = Cota de terreno inicial – profundidad de pozo inicial

Profundidad de pozo inicial = Profundidad de pozo final anterior + 0.03

$$P.P._i = 2.47 + 0.03 \quad (\text{Ver cálculo hidráulico para P.P._F anterior})$$

$$P.P._i = 2.50 \text{ m.}$$

$$C.I._i = 999.989 - 2.5 = 997.489$$

$$C.I._i = \underline{997.49 \text{ m}}$$

Cota Invert final = Cota Invert de inicio – ((Pendiente de tubo/100) * DH)

C.I._F = 997.49 – ((0.5/100) * 88.97)

C.I._F = 997.04 m

Profundidad de pozo final = Cota de terreno final – Cota Invert final

P.P._F = 999.321 – 997.04

P.P._F = 2.28 m

Excavación

Exc. = Ancho de zanja * D.H. * Promedio de profundidad de pozo inicial y final.

Exc. = 0.8 * 88.97 * ((2.50 + 2.28) / 2)

Exc. = 170.10 m³.

TABLA X: Cálculos hidráulicos

DE PV	A PV	No. CASAS		HAB.SERV		FAC.HARM.		Qdis (Lts/ s)		DIAM. Plg.	SECCIÓN LLENA		V (m/s)	
		LOC.	ACUM.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.		Vel(m/s)	Q(Lts. /seg)	ACT.	FUT.
1	2	1	1	6	11	4.43	4.41	0.08	0.15	8	0.97	31.33	0.166	0.17
2	3	0	1	0	0	4.50	4.50	0.00	0.00	8	0.97	31.33	0.156	0.22
3	4	14	15	84	161	4.26	4.18	1.07	2.02	8	0.97	31.33	0.47	0.63
4	5	10	25	60	115	4.30	4.23	0.77	1.46	8	0.97	31.33	0.47	0.63
5	6	5	30	30	57	4.35	4.30	0.39	0.74	8	1.06	34.32	0.47	0.63
6	7	5	35	30	57	4.35	4.30	0.39	0.74	8	1.06	34.32	0.47	0.63
7	8	10	45	60	115	4.30	4.23	0.77	1.46	8	1.15	37.07	0.47	0.63
8	9	10	55	60	115	4.30	4.23	0.77	1.46	8	1.37	44.31	0.47	0.63
9	10	12	67	72	138	4.28	4.20	0.92	1.74	8	2.38	76.74	0.47	0.63
10	11	9	76	54	103	4.31	4.24	0.70	1.32	8	1.68	54.26	0.47	0.63
11	12	5	81	30	57	4.35	4.30	0.39	0.74	8	1.94	62.66	0.387	0.47
12	13	3	84	18	34	4.39	4.34	0.24	0.45	8	1.37	44.31	0.12	0.21
13	14	6	90	36	69	4.34	4.28	0.47	0.89	8	0.97	31.33	0.23	0.25
14	15	4	94	24	46	4.37	4.32	0.31	0.60	8	1.37	44.31	0.23	0.25
15	16	10	104	60	115	4.30	4.23	0.77	1.46	8	1.37	44.31	0.23	0.25
16	17	7	111	42	80	4.33	4.27	0.55	1.03	8	1.94	62.66	0.23	0.25
17	18	2	113	12	23	4.41	4.37	0.16	0.30	8	1.68	54.26	0.23	0.25
18	19	4	117	24	46	4.37	4.32	0.31	0.60	8	0.97	31.33	0.23	0.25
20	3	2	119	12	23	4.41	4.37	0.16	0.30	8	1.37	44.31	0.25	0.27
23	22	4	123	24	46	4.37	4.32	0.31	0.60	8	1.94	62.66	0.25	0.27

DE PV	A PV	No. CASAS		HAB. SERV.		FAC. HARM.		Qdis (Lts/ s)		DIAM. Plg.	SECCIÓN LLENA		V (m/s)	
		LOC.	ACUM.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.		Vel(m/s)	Q(Lts. /seg)	ACT.	FUT.
22	4	3	122	18	34	4.39	4.34	0.24	0.45	8	1.06	34.32	0.25	0.27
22	24	8	130	48	92	4.32	4.25	0.62	1.17	8	1.37	44.31	0.25	0.27
24	26	10	140	60	115	4.30	4.23	0.77	1.46	8	1.37	44.31	0.25	0.27
25	26	4	144	24	46	4.37	4.32	0.31	0.60	8	1.37	44.31	0.23	0.25
26	7	3	147	18	34	4.39	4.34	0.24	0.45	8	1.37	44.31	0.23	0.25
26	27	8	155	48	92	4.32	4.25	0.62	1.17	8	1.94	62.66	0.38	0.47
27	28	8	163	48	92	4.32	4.25	0.62	1.17	8	1.37	44.31	0.34	0.42
28	9	4	167	24	46	4.37	4.32	0.31	0.60	8	0.61	19.81	0.478	0.63
28	29	10	177	60	115	4.30	4.23	0.77	1.46	8	1.50	48.54	0.47	0.63
29	30	9	186	54	103	4.31	4.24	0.70	1.32	8	1.37	44.31	0.43	0.57
30	12	8	194	48	92	4.32	4.25	0.62	1.17	8	1.37	44.31	0.43	0.57
31	13	2	196	12	23	4.41	4.37	0.16	0.30	8	1.68	54.26	0.38	0.48
3	32	2	198	12	23	4.41	4.37	0.16	0.30	8	1.37	44.31	0.6	0.96
32	33	5	203	30	57	4.35	4.30	0.39	0.74	8	1.23	39.63	0.72	0.86
33	34	5	208	30	57	4.35	4.30	0.39	0.74	8	1.23	39.63	0.82	0.98
34	35	8	216	48	92	4.32	4.25	0.62	1.17	8	1.23	39.63	0.56	0.66
35	35A	8	224	48	92	4.32	4.25	0.62	1.17	8	1.23	39.63	0.56	0.66
35	37	4	220	24	46	4.37	4.32	0.31	0.60	8	0.97	31.33	0.25	0.27
37	39	9	229	54	103	4.31	4.24	0.70	1.32	8	0.97	31.33	0.66	0.72
39	41	9	203	54	103	4.31	4.24	0.70	1.32	8	1.94	62.66	0.96	1.02

DE PV	A PV	No. CASAS		HAB. SERV.		FAC. HARM.		Qdis (Lts/ s)		DIAM. Plg.	SECCIÓN LLENA		V (m/s)	
		LOC.	ACUM.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.		Vel(m/s)	Q(Lts. /seg)	ACT.	FUT.
41	42	8	211	48	92	4.32	4.25	0.62	1.17	8	1.94	62.66	0.23	0.25
42	43	9	220	54	103	4.31	4.24	0.70	1.32	8	1.37	44.31	0.23	0.25
43	44	5	225	30	57	4.35	4.30	0.39	0.74	8	1.37	44.31	0.38	0.47
44	45	5	234	30	57	4.35	4.30	0.39	0.74	8	1.37	44.31	0.38	0.47
45	46	6	240	36	69	4.34	4.28	0.47	0.89	8	1.37	44.31	0.38	0.47
47	48	8	248	48	92	4.32	4.25	0.62	1.17	8	1.37	44.31	0.38	0.47
48	19	9	257	54	103	4.31	4.24	0.70	1.32	8	1.37	44.31	0.38	0.47
36	37	3	260	18	34	4.39	4.34	0.24	0.45	8	1.37	44.31	0.38	0.47
36	38	4	264	24	46	4.37	4.32	0.31	0.60	8	1.94	62.66	0.38	0.47
38	40	4	268	24	46	4.37	4.32	0.31	0.60	8	1.94	62.66	0.38	0.47
40	41	3	271	18	34	4.39	4.34	0.24	0.45	8	0.97	31.33	0.38	0.47
4	34	3	274	18	34	4.39	4.34	0.24	0.45	8	1.37	44.31	0.38	0.47
7	37	3	277	18	34	4.39	4.34	0.24	0.45	8	1.37	44.31	0.38	0.47
9	41	4	281	24	46	4.37	4.32	0.31	0.60	8	0.97	31.33	0.38	0.47
11	43	4	285	24	46	4.37	4.32	0.31	0.60	8	0.75	24.27	0.38	0.47
15	48	3	288	18	34	4.39	4.34	0.24	0.45	8	1.37	44.31	0.38	0.47
48	45	5	293	30	57	4.35	4.30	0.39	0.74	8	0.43	14.01	0.38	0.47
48	49	4	297	24	46	4.37	4.32	0.31	0.60	8	1.37	44.31	0.38	0.47

DE PV	A PV	No. CASAS		HAB. SERV.		FAC. HARM.		Qdis (Lts/s)		DIAM Plg.	SECCIÓN LLENA		V (m/s)	
		LOC.	ACUM.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.		Vel(m/s)	Q(Lts. /seg)	ACT.	FUT.
49	50	5	302	30	57	4.35	4.30	0.39	0.74	8	1.94	62.66	0.38	0.47
50	18	4	306	24	46	4.37	4.32	0.31	0.60	8	1.94	62.66	0.38	0.47

DE PV	A PV	COTAS TERRENO		DH (Mts.)	S % TERRENO	S % TUBO	COTAS INVERT		FROF. POZO		ANCHO (Mts)	EXC. (M^3)
		INICIO	FINAL				INICIO	FINAL	INICIO	FINAL		
1	2	1000.00	999.940	79.00	0.08	0.50	998.80	998.41	1.20	1.54	0.8	86.43
2	3	999.94	999.639	67.80	0.444	0.50	998.38	998.04	1.57	1.60	0.8	96.66
3	4	999.639	999.989	97.60	-0.36	0.50	998.01	997.52	1.63	2.47	0.8	160.22
4	5	999.989	999.321	88.97	0.75	0.50	997.49	997.04	2.50	2.28	0.8	170.07
5	6	999.321	999.030	54.50	0.53	0.60	997.01	996.69	2.31	2.34	0.8	101.41
6	7	999.03	998.736	54.50	0.54	0.60	996.66	996.33	2.37	2.41	0.8	104.22
7	8	998.736	997.640	73.28	1.50	0.70	996.30	995.79	2.44	1.85	0.8	125.77
8	9	997.640	996.528	73.28	1.52	1.00	995.76	995.02	1.88	1.50	0.8	99.32
9	10	996.5278	995.175	94.47	1.43	3.00	994.99	992.16	1.53	3.02	0.8	171.94
10	11	995.175	993.820	94.47	1.43	1.50	992.13	990.71	3.05	3.11	0.8	232.53
11	12	993.8198	993.294	64.98	0.81	2.00	991.66	990.36	2.16	2.93	0.8	132.39
12	13	993.2939	993.428	26.59	-0.50	1.00	990.33	990.06	2.96	3.36	0.8	67.30
13	14	993.4279	992.664	79.18	0.96	0.50	990.03	989.64	3.39	3.03	0.8	203.30
14	15	992.6639	992.300	40.40	0.90	1.00	989.61	989.20	3.06	3.10	0.8	99.40
15	16	992.2999	991.410	70.00	1.27	1.00	989.17	988.47	3.13	2.94	0.8	169.71
16	17	991.4099	990.530	49.00	1.80	2.00	988.44	987.46	2.97	3.07	0.8	118.21
17	18	990.5299	990.045	49.00	0.99	1.50	987.43	986.70	3.10	3.35	0.8	126.24
18	19	990.0449	990.070	62.00	-0.04	0.50	986.67	986.36	3.38	3.71	0.8	175.73
20	3	1000.235	999.639	78.20	0.76	1.00	999.04	998.25	1.20	1.39	0.8	81.02
23	22	999.9763	999.609	30.19	1.22	2.00	998.78	998.17	1.20	1.44	0.8	31.88

DE PV	A PV	COTAS TERRENO		DH (Mts.)	S % TERRENO	S % TUBO	COTAS INVERT		FROF. POZO		ANCHO (Mts)	EXC. (M^3)
		INICIO	FINAL				INICIO	FINAL	INICIO	FINAL		
22	4	999.6093	999.989	56.18	-0.68	0.60	998.14	997.80	1.47	2.19	0.8	82.18
22	24	999.6093	999.300	100.02	0.31	1.00	998.17	997.17	1.44	2.13	0.8	142.86
24	26	999.300	998.986	100.02	0.31	1.00	997.14	996.14	2.16	2.85	0.8	200.37
25	26	999.2087	998.976	47.99	0.48	1.00	998.01	997.53	1.20	1.45	0.8	50.82
26	7	998.9763	998.736	56.58	0.42	1.00	997.50	996.93	1.48	1.80	0.8	74.24
26	27	998.9763	996.265	73.21	3.70	2.00	996.10	994.63	2.88	1.63	0.8	132.16
27	28	996.265	995.554	73.21	0.97	1.00	994.60	993.87	1.66	1.68	0.8	98.01
28	9	995.554	996.528	67.38	-1.45	0.20	993.84	993.71	1.71	2.82	0.8	122.27
28	29	995.554	994.420	75.00	1.51	1.20	993.86	992.96	1.69	1.46	0.8	94.38
29	30	994.420	994.120	75.00	0.40	1.00	992.93	992.18	1.49	1.94	0.8	102.66
30	12	994.120	993.428	60.97	1.14	1.00	992.15	991.54	1.97	1.88	0.8	93.88
31	13	993.98	993.428	52.73	1.05	1.50	992.58	991.79	1.40	1.64	0.8	64.09
3	32	999.639	999.138	55.81	0.90	1.00	998.01	997.45	1.63	1.69	0.8	74.04
32	33	999.138	999.640	50.00	-1.00	0.80	997.42	997.02	1.72	2.62	0.8	86.72
33	34	999.640	999.138	48.77	1.03	0.80	996.99	996.60	2.65	2.54	0.8	101.17
34	35	999.138	999.040	75.00	0.13	0.80	996.57	995.97	2.57	3.07	0.8	169.09
35	35A	999.040	999.000	75.00	0.05	0.80	995.94	995.34	3.10	3.66	1.8	456.19
35	37	999.000	998.940	46.75	0.13	0.50	995.31	995.08	3.69	3.86	0.8	141.23
37	39	998.940	997.540	75.96	1.84	0.50	995.05	994.67	3.89	2.87	0.8	205.56
39	41	997.540	996.140	75.96	1.84	2.00	994.64	993.12	2.90	3.02	0.8	180.00

DE PV	A PV	COTAS TERRENO		DH (Mts.)	S % TERRENO	S % TUBO	COTAS INVERT		FROF. POZO		ANCHO (Mts)	EXC. (M^3)
		INICIO	FINAL				INICIO	FINAL	INICIO	FINAL		
41	42	996.140	995.380	80.00	0.95	2.00	993.09	991.49	3.05	3.89	0.8	222.20
42	43	995.380	994.622	76.95	0.99	1.00	991.46	990.69	3.92	3.93	0.8	241.77
43	44	994.6216	993.740	64.69	1.36	1.00	990.66	990.01	3.96	3.73	0.8	199.02
44	45	993.740	992.850	64.69	1.38	1	990.01	989.36	3.76	2.16	0.8	153.19
45	46	992.850	992.847	60.40	0.00	1	990.66	990.06	2.19	2.79	0.8	120.35
47	48	992.8473	991.987	90.37	0.95	1	990.03	989.12	2.82	2.87	0.8	205.56
48	19	991.9873	990.070	85.00	2.26	1	989.09	988.24	2.90	3.71	0.8	224.57
36	37	998.2574	998.940	54.00	-1.26	1	996.86	996.32	1.40	2.62	0.8	86.89
36	38	998.2574	996.940	74.34	1.77	2	996.86	995.37	1.40	1.57	0.8	88.30
38	40	996.940	995.610	74.34	1.79	2	995.34	993.85	1.60	1.76	0.8	99.78
40	41	995.610	996.140	55.98	-0.95	0.5	993.82	993.54	1.79	2.60	0.8	98.13
4	34	999.989	999.138	59.98	1.42	1	998.59	997.99	1.40	1.15	0.8	61.15
7	37	998.736	998.940	57.78	-0.35	1	997.34	996.76	1.40	2.18	0.8	82.79
9	41	996.5278	996.140	56.58	0.69	0.5	995.13	994.84	1.40	1.30	0.8	61.00

DE PV	A PV	COTAS TERRENO		DH (Mts.)	S %		COTAS INVERT		PROF. POZO		ANCHO (Mts)	EXC. (M^3)
		INICIO	FINAL		TERRENO	TUBO	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL		
11	43	993.8198	994.622	64.33	-1.25	0.3	992.42	992.23	1.40	2.39	0.8	97.65
15	48	992.2999	991.987	51.20	0.61	1	990.90	990.39	1.40	1.60	0.8	61.43
48	45	991.9873	992.850	84.80	-1.02	0.1	990.36	990.27	1.63	2.58	0.8	142.68
48	49	991.9873	990.820	56.90	2.05	1	990.36	989.79	1.63	1.03	0.8	60.57
49	50	990.820	990.480	51.64	0.66	2	989.76	988.73	1.06	1.75	0.8	58.16
50	18	990.480	990.040	51.64	0.85	2	988.70	987.66	1.78	2.38	0.8	85.95

2.1.2.4 Fosa séptica

La fosa séptica es un medio de tratamiento de aguas negras que generalmente se usa en el área rural, esto debido al costo y mantenimiento de la misma, puesto que es más económica y más fácil de mantener. Las fosas sépticas permiten tanto la sedimentación como la digestión del lodo, pero, no tienen compartimientos separados para estos procesos. Mientras ocurre la descomposición anaerobia, el lodo sedimentado está en inmediato contacto con las aguas de desecho que fluyen a través del tanque.

Existen 3 diferentes tipos de tratamientos para aguas residuales, el tratamiento de la fosa séptica entre en el tratamiento primario, el cual constituye primero, y a veces el único tratamiento de los desechos. Este proceso elimina los sólidos flotantes y los sólidos en suspensión, tanto finos como gruesos. Si la planta provee solamente un tratamiento primario, se considera que las aguas negras sólo han sido parcialmente tratadas. Mientras que en el tratamiento secundario se aplican métodos biológicos a las aguas de tratamiento primario, la materia orgánica todavía presente se estabiliza con procesos aerobios. Sin embargo, es en el tratamiento terciario o completo, donde se elimina un alto porcentaje de materias en suspensión, coloidales y orgánicas. El agua de desecho también puede quedar desinfectada.

La fosa séptica es el elemento básico de depuración, formado por una cámara a la que afluyen las aguas residuales y fecales del área, y en donde se produce un primer grado de depuración. Las aguas desembocan en la cámara mediante un tubo sumergido en forma de codo, a fin de que accedan con la mínima velocidad, esta reducción de movimiento provoca la sedimentación de gran parte de las materias sólidas que se depositan en el fondo. Con la parte restante, sobre los líquidos, entran en acción las bacterias anaerobias (que se

reproducen y se manifiestan en ambientes sin oxígeno), produciéndose un primer proceso de mineralización de la materia orgánica. En esta fase de la depuración se origina en la superficie una capa de espuma que actúa como barrera entre el oxígeno de la atmósfera y el interior del líquido, donde se produce la reacción. Durante el proceso, la mayor parte de las sustancias en suspensión se transforman, por una parte, en gases que se escapan al exterior por las tuberías de ventilación, y por otra, fluyen junto al agua que sale de la fosa por la parte alta, pasando directamente, o por medio de un tanque sifónico, a la tubería que lo conducirá al pozo de absorción o a otro tratamiento final de depuración.

Los residuos depositados en el fondo deben ser extraídos con cierta periodicidad para evitar el llenado de la cámara, por lo que se tiene que interrumpir la evacuación durante un cierto tiempo. En la actualidad existen empresas especializadas que mediante unos camiones cisterna y con un tubo aspirador, limpian las fosas con un mínimo de molestias. Según la importancia de la fosa, se conecta a ella y a cierta distancia de la zona habitada, una cámara de cienos en donde se depositarán los materiales extraídos de la fosa séptica.

La fosa séptica que se ha diseñado es de 6 x 4 x 3, tiene capacidad aproximada para un día de flujo, más la capacidad de almacenaje del lodo y su volumen será de 75 m³. El diseño de los tanque residenciales se base generalmente en 125 litros de agua de desecho por persona por día. Las fosas sépticas municipales e institucionales se diseñan para retener el flujo de 12 a 24 hrs., más el lodo almacenado. Para la obtención de las dimensiones del tanque séptico o fosa séptica, es necesario hacer uso de la siguiente tabla:

Para la elaboración de la siguiente tabla se tomó en cuenta los siguientes factores:

Servicio doméstico: 150 Lts/persona/día

Período de retención: 24 horas.

TABLA XI: Parámetros para las dimensiones de un Tanque Séptico.

Personas servidas	Capacidad del tanque en (Lts)	L	A	H1	H2	H3	H	E
Hasta 10	1,500	1.90	0.70	1.10	1.20	0.45	1.68	0.30
11 a 15	2,250	2.00	0.90	1.20	1.30	0.50	1.78	0.30
16 a 20	3,000	2.30	1.00	1.30	1.40	0.55	1.88	0.30
21 a 30	4,500	2.50	1.20	1.40	1.60	0.60	2.08	0.30
31 a 40	6,000	2.90	1.30	1.50	1.70	0.65	2.18	0.30
41 a 50	7,500	3.40	1.40	1.50	1.70	0.65	2.18	0.30
51 a 60	9,000	3.60	1.50	1.60	1.80	0.70	2.28	0.30
61 a 80	12,000	3.90	1.70	1.70	1.90	0.70	2.38	0.30
81 a 100	15,000	4.40	1.80	1.80	2.00	0.75	2.48	0.30

Fuente: **Biblioteca ATRIUM de la Construcción**. Tomo II. Pág. 37

Donde:

L = Largo interior del tanque.

A = Ancho interior del tanque.

H1 = Tirante menor.

H2 = Tirante mayor.

H3 = Nivel de lecho bajo con respecto a la parte de mayor profundidad del tanque.

H = profundidad máxima

E = espesor de muros.

Las fosas sépticas tienen un uso limitado en los tratamientos municipales. Sus aguas negras tienen olor fuerte, con alta demanda bioquímica de oxígeno y son peligrosas debido al posible contenido de organismos patógenos. Sin embargo, las fosas sépticas se usan mucho en el tratamiento de aguas de desecho procedentes de residencias individuales. Estas fosas también se usan en escuelas e instituciones aisladas, así como en comunidades no muy grandes y para tratar las aguas de desechos sanitarias en pequeñas plantas industriales. Para mayor detalle, ver plano 8.

2.1.2.5 Pozo de absorción

Los pozos de absorción son excavados en el terreno, recibiendo las aguas ya depuradas procedentes de las fosas sépticas y almacenándose en el pozo para que, a través de orificios en la periferia o gravas en el fondo, se filtre en el terreno circundante.

Constructivamente, se confeccionan dejando juntas entre los ladrillos o bien colocando tochana de canto con los agujeros perpendiculares al terreno, en la parte superior, se amortera todo el conjunto para evitar que las aguas afluyan a la superficie.

Su dimensión será tal que no exista una gran diferencia entre su base y la profundidad. Es una solución que no representa un gran desembolso económico y no requiere un vaciado tan continuo como los pozos ciegos, pero su aplicación queda limitada a terrenos absorbentes, ya que en terrenos impermeables o semi-impermeables da resultados negativos.

Se puede combinar la utilización de varios pozos de absorción conectados a una fosa séptica de grandes dimensiones y que, entre todos, procedan a absorber los residuos globales. Según la naturaleza del terreno y las unidades de depuración, se determinarán las dimensiones del pozo.

Este procedimiento tiene el inconveniente de contaminara las aguas subterráneas, por lo que su utilización no es compatible con la presencia de manantiales de agua potable en las inmediaciones. Para observar el diseño del pozo de absorción, ver plano 8.

3. PRESUPUESTO LOTIFICACIÓN SANTO TOMÁS I

TABLA XII: Presupuesto general.

3.1 Consideraciones generales

1. Nivelación

No.	Trazo + estaqueado	Diámetro de zanjón
1	3984.44 M	0.8
2	1320 (conexión domiciliar)	0.8

3.1.1 Materiales

1. Colector principal o pozo de visita (62 unidades)

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P/U	TOTAL
1	Estaqueado	ML	5304.55	5.00	26,522.75
2	Zanjeado	M ³	7676.47	40.00	307,058.80
3	Piedrín ½ "	M ³	60.00	150.00	9,000.00
4	Piedra	M ³	10.00	150.00	1,500.00
5	18 Tablas de 1" x 12" x 9'	Pie - tabla	5000.00	3.00	15,000.00
6	12 paralelos de 3" x 3" x 9'	Pie - tabla	3000.00	3.00	9,000.00
7	Ladrillo tayuyo 0.11 x 0.23 x 0.65 m	U	410,500.00	2.00	821,000.00
8	Cemento gris	U	3,000.00	45.00	135,000.00
9	Cal hidratada	BOLSA	2,500.00	35.00	87,500.00
10	Arena amarilla	M ³	500.00	150.00	75,000.00
11	Arena de río	M ³	210.00	150.00	31,500.00
12	Piedrín de 1 1/2"	M ³	288.00	150.00	43,200.00
13	Hierro liso 1/4"	Varilla	432.00	13.00	5,616.00
14	Hierro corrugado 1/2"	Varilla	860.00	44.00	37,840.00
15	Hierro corrugado 5/8"	Varilla	432.00	85.00	36,720.00
16	Alambre de amarre	Libra	1,050.00	5.00	5,250.00
17	Tabla de 1" x 12" x 10'	DOCENA	51.00	300.00	15,300.00
18	Clavo de 3"	Libra	150.00	5.00	750.00
			TOTAL		1,662,757.55

2. Línea de conducción

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	P/U	TOTAL
1	Tubería PVC de 8"	Tubo	684	571.89	391,172.76
2	Tubería PVC de 4" 100 PSI	Tubo	220	220.18	48,439.60
3	Tee reductora de 8" a 4"	U	110	140.07	15,407.70
4	Codos de 90° de 4"	U	110	59.67	6,563.70
			TOTAL		461,583.76

3. Fosa séptica (ubicada a 250 mts. de PV19) y pozo de absorción

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT.	P/U	TOTAL
1	Arena	M ³	4	150.00	600.00
2	Piedrín	M ³	4	175.00	700.00
3	Piedra Bola	M ³	8	150.00	1,200.00
4	Block lleno 0.20 x 0.40 x 0.60 m	U	800	2.00	1,600.00
5	24 Tablas de 1" x 12" x 12'	Pie Tabla	400	3.00	1,200.00
6	Codo PVC 4" x 90° de drenaje 125PSI	U	2	25.64	51.28
7	Codo PVC 4" x 90° para respiradero	U	2	25.64	51.28
8	Sifón a seguir de 4" de drenaje	U	1	394.63	394.63
9	Cemento	Saco	30	245.00	7,350.00
10	Eternocrete	Galón	2	80.00	160.00
11	Hierro de 3/8" x 20'	Varilla	30	11.50	345.00
12	Hierro de 1/2" x 20'	Varilla	10	20.00	200.00
13	Hierro de 1/4" x 20'	Varilla	18	4.50	81.00
14	Pintura anticorrosiva	Galón	3	225.00	675.00
15	Sifón a seguir de 2" de drenaje	U	1	20.53	20.53
16	Pichacha de bronce de 3"	U	1	250.00	250.00
17	Válvula de compuerta de bronce de 3"	U	1	210.00	210.00
18	Tubería PVC de 2" de drenaje	Tubo	2	41.41	82.82
19	Tubería PVC de 3" para respiradero	Tubo	1	91.40	91.40
			TOTAL		15,262.94

4. Cajas de conexión domiciliarias (110 cajas)

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P/U	TOTAL
1	Arena	M ³	15.0	150.00	2,250.00
2	Piedrín	M ³	27.0	175.00	4,725.00
3	Alambre de amarre calibre 18	Libra	60.0	5.00	300.00
4	Cemento	Saco	800	45.00	36,000.00
5	Hierro de 1/4"	Varilla	100	13.00	1,300.00
			TOTAL		44,575.00

3.1.2 Mano de obra

1. Colector principal

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Mano de obra	U	62	3,000.00	186,000.00
			TOTAL		186,000.00

2. Línea de conducción

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P/U	TOTAL
1	Mano de obra	ML	2520	30.00	75,600.00
			TOTAL		75,600.00

3. Fosa séptica y pozo de absorción

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Mano de obra	U	1	10,000.00	10,000.00
			TOTAL		10,000.00

4. Cajas de conexión

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Mano de obra	U	110	200.00	22,000.00
			TOTAL		22,000.00

4.1.3 Integración del presupuesto

No.	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	Mano/Obra	TOTAL
1	Colector principal o pozo de visita	1,662,757.55	186,000.00	1,848,757.55
2	Línea de conducción principal	461,583.76	75,600.00	537,183.76
3	Cajas de conexiones domiciliarias	44,575.00	22,000.00	66,575.00
4	Fosa séptica y pozo de absorción	15,262.94	10,000.00	25,262.94
5	8% de transporte de materiales	-----		174,734.34
6	12% de Administración	-----		318,301.63
7	10% de Supervisión	-----		265,251.36
		TOTAL		3,236,066.58

El monto total de proyecto asciende a la cantidad de: tres millones doscientos treinta y seis mil con sesenta y seis quetzales y cincuenta y ocho centavos (Q. 3,236,066.58). En dólares trescientos noventa y cuatro mil seiscientos cuarenta y dos con treinta centavos (\$ 394,142.30).

Figura 3: Cronograma alcantarillado sanitario lotificación Santo Tomás I



4. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN

4.1 Medidas de mitigación durante la ejecución

Las medidas de mitigación a los impactos negativos que se presentarán durante la construcción del sistema de alcantarillado sanitario son las siguientes:

4.1.1 Agresiones directas hacia la fauna silvestre

En la zona existen pájaros, ardillas, ratones, gavilanes, serpientes, tacuazines, loros, pericas, lagartijas y otras especies, los cuales deberán de cuidarse y prohibir su caza o muerte por parte del personal de la empresa ejecutora y vecinos de la comunidad.

Aunque este impacto negativo es directo y reversible, es poco significativo ya que el ecosistema se encuentra altamente intervenido, pero se requiere que durante la construcción del sistema se tomen las medidas pertinentes para evitar en lo posible dañar los nidos o cuevas de la fauna existente; además, se debe garantizar que la empresa constructora tome las medidas necesarias para evitar que los empleados de la misma pongan en peligro la fauna de la región. También se deberá promover con los vecinos de la comunidad la protección y vigilancia para la conservación de la misma.

4.1.2 Alteración de la calidad visual del paisaje

Durante la construcción del sistema de agua, el paisaje del lugar se verá afectado por las siguientes actividades:

- Acumulación de tierra a la orilla de las calles, como consecuencia de la apertura de las zanjas para la colocación de la tubería.
- Construcción de las obras de arte del sistema, tales como pozos de visita y fosa séptica.

La primera intervención tiene un impacto negativo directo reversible y muy significativo, porque se verán afectadas todas las calles de la comunidad, pero este desaparecerá cuando se coloque la tubería y las zanjas sean rellenadas y compactadas adecuadamente.

En cambio, las otras dos acciones tienen impacto negativo, son irreversibles y significativos ya que las estructuras son de carácter permanente y necesarias para que el sistema opere adecuadamente.

Las principales medidas de mitigación pueden ser las siguientes:

- Las zanjas deberán permanecer el menor tiempo expuestas para evitar los deslaves de tierras y accidentes.
- Señalizar adecuadamente las áreas de zanjeo para prevenir accidentes, las señales deberán ser visibles durante la noche.
- Se recomienda la siembra de árboles o plantas ornamentales en los predios donde se construirán las obras de arte para contrarrestar la alteración del paisaje.

4.1.3 Deterioro de suelos agrícolas

El zanjeado para la colocación de la tubería afectará algunos terrenos cultivables y es posible que se tenga la necesidad de destruir parte de los cultivos existentes, por lo cual es necesario que se coordine con los dueños de los predios y delimitar los más detalladamente la sección a afectar y establecer un acuerdo por el pago de los daños o los cultivos. Esta responsabilidad deberá recaer en el comité responsable.

4.1.4 Disposición Inadecuada de desechos

Para evitar accidentes o poner en riesgo la salud de la población a beneficiar y trabajadores, se recomienda que el material sobrante de la construcción sea trasladado a predios donde no causen ningún daño. Para la disposición sanitaria de los desechos sólidos generados por los trabajadores, se recomienda la construcción de pequeñas composteras para enterrarlos y de esta forma evitar la proliferación de vectores. La empresa ejecutora deberá implementar un programa de recolección, transporte y disposición sanitaria de los desechos sólidos generados por sus trabajadores. Para la disposición sanitaria de excretas se recomienda la habilitación de letrinas sanitarias móviles y la dotación de agua y material desinfectante para la higiene del personal.

4.1.5 Riesgos de salud de los trabajadores

Durante la construcción del sistema se pueden presentar los siguientes riesgos que pondrían en peligro la salud de los trabajadores:

- Derrumbe de zanjas.
- Accidentes de personas que caigan en zanjas por falta de señalización.
- Enfermedades respiratorias por inhalación de polvo y solventes para limpieza de tuberías PVC.
- Mordedura a personas causadas por serpientes o perros.
- Padecimiento de enfermedades de origen hídrico por consumo de agua no apta para consumo humano, deficiente saneamiento básico y malas prácticas laborales.

Para prevenir estos riesgos, se deberán implementar las siguientes medidas de mitigación por parte de la empresa ejecutora:

- Dotación de agua apta para consumo humano a los trabajadores en cantidad, calidad y continuidad.
- Habilitación de un botiquín que contenga medicamento para dar tratamiento a las personas accidentadas o enfermas.
- Garantizar la estabilidad de las zanjas y la señalización correspondientes para prevenir accidentes.
- Dotación de mascarillas al personal comunitario cuando esté realizando el zanjeo, y equipo de protección al personal cuando se esté instalando la tubería PVC.
- La empresa constructora deberá pagar IGSS o seguro médico a sus trabajadores para tratar casos complicados.

- Proporcionar equipo de protección al trabajador en los diferentes componentes de la obra.
- Garantizar que los trabajadores y comunitarios conozcan el riesgo que existe en el traslado y almacenaje de los materiales de construcción, herramientas y equipo, así como establecer las normas de seguridad correspondientes.

CONCLUSIONES

1. El sistema propuesto representa una alternativa de salubridad pública para la lotificación Santo Tomás I, ya que con el sistema de alcantarillado sanitario se pretende que la comunidad cuente con un sistema básico de urbanización, y además evite el contagio de enfermedades infecto-infecciosas que tanto circundan en el lugar, en especial a niños y ancianos.
2. En la construcción de este sistema se necesitará la participación de la comunidad, pues ésta tendrá la responsabilidad de velar por la buena operación del mismo, aquí deberá evitarse las descargas de sólidos de tamaños relativamente grandes o descargas de químicos inadecuados, que puedan poner en peligro la tubería de P.V.C.
3. Aún cuando el principal problema sea el alcantarillado sanitario, resulta difícil dejar atrás el progreso de esta lotificación, pues debido al crecimiento poblacional, es indispensable la construcción de los demás recursos básicos de todo nuevo centro urbanístico, no sólo del lugar en mención sino que también de la cabecera municipal en general.

RECOMENDACIONES

1. Que el año siguiente de su ejecución, se revise el sistema alcantarillado, y se haga una supervisión del adecuado funcionamiento y mantenimiento si éste ya está terminado. Además, supervisar el número de conexiones domiciliarias ilícitas que pueden haber, ya que en la lotificación Santo Tomás I existen zonas aledañas que no tienen un sistema de alcantarillado, razón por la cual puede incrementarse este número considerable.
2. Que los funcionarios y empleados de las instituciones encargadas de velar por el bien de la población implementen más soluciones como este caso, ya que la población actual cuenta con muchas carencias de infraestructura básica.

BIBLIOGRAFÍA

1. Biblioteca ATRIUM de la Construcción, Tomo II y III, Océano / Centrum, España 2000.
2. LOFTIN RICKETTS MERRITT. Manual del Ingeniero Civil, Tomo II, 3ª ed. México 2002.
3. LUZ PILAR NATARENO. Datos Monográficos del Departamento de Suchitepéquez. 7ª ed. Guatemala 2003.
4. MELINI GUILLERMO. Notas sobre el curso de Ingeniería Sanitaria I. Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala 2003.
5. Normas y Reglamento de Drenajes para la Ciudad de Guatemala, Guatemala 1988.
6. RIGOBERTO CRUZ MONGE. Alcantarillado Sanitario Poco Profundo y de Pequeño Diámetro, Guatemala 1990.

ANEXOS

Figura 4: Planta conjunto.

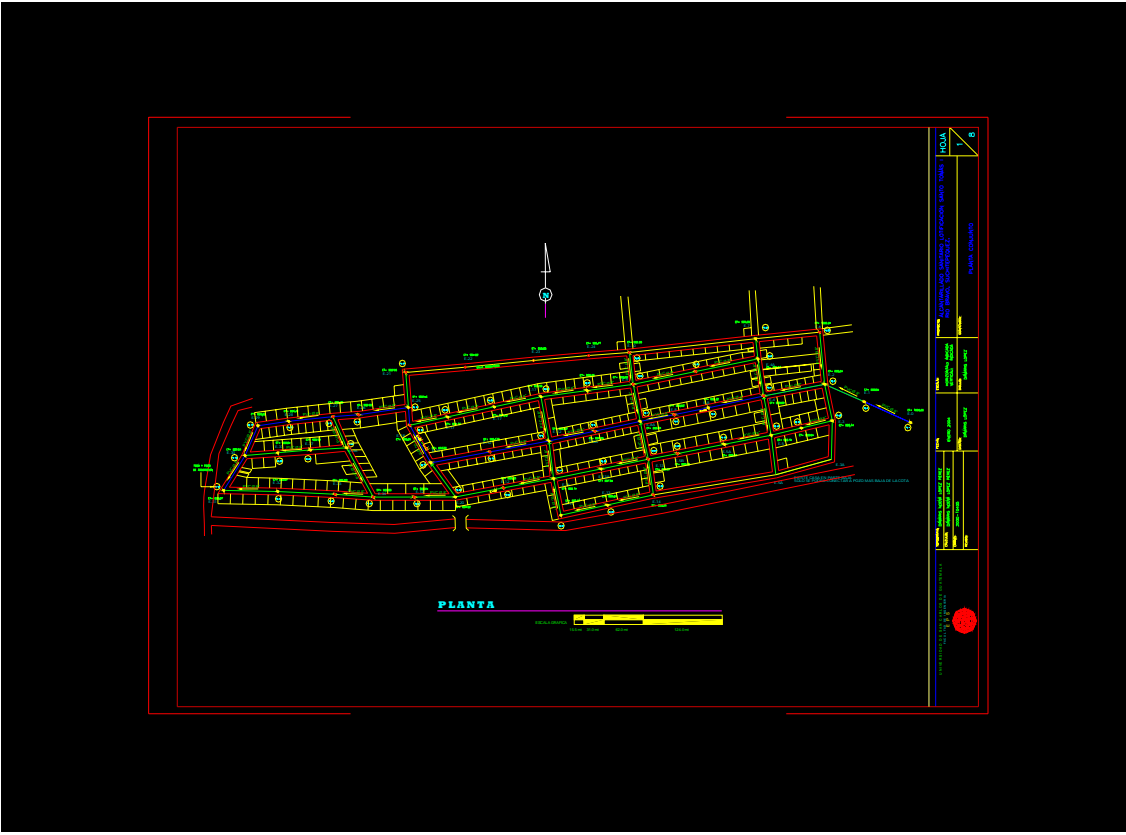


Figura 4: Planta perfil.

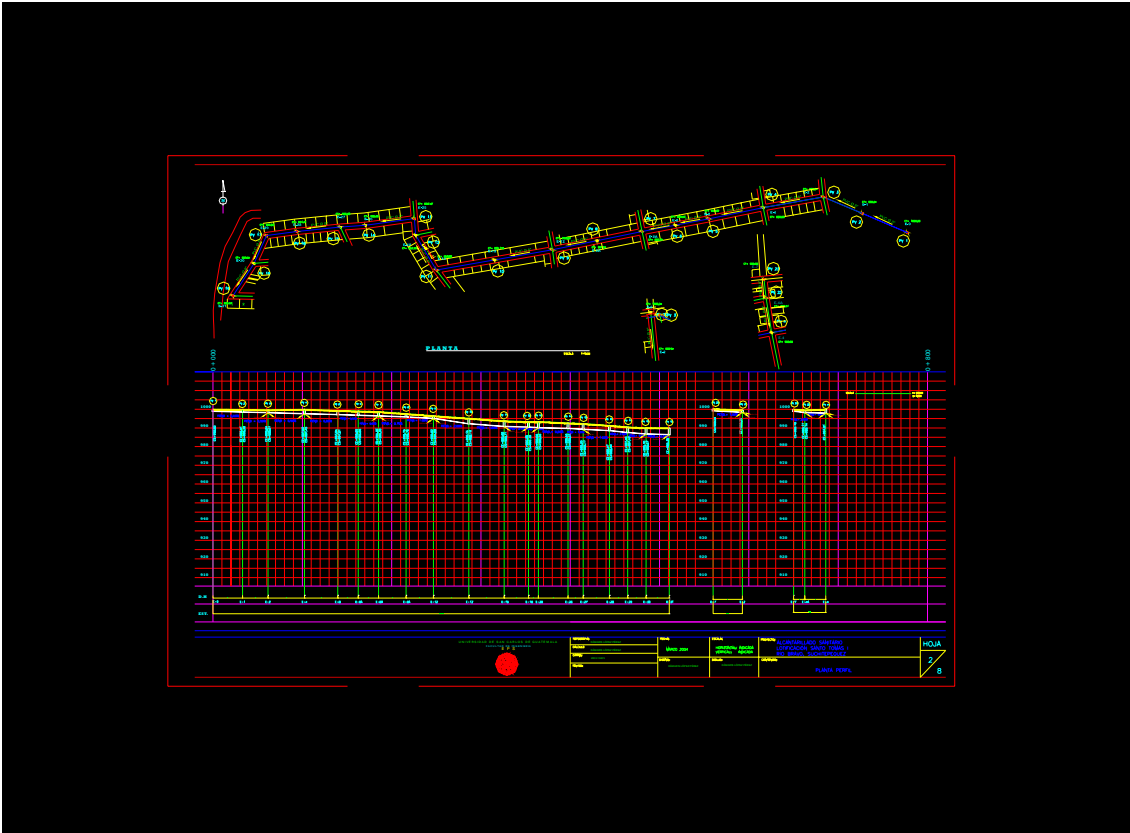


Figura 5: Planta perfil.

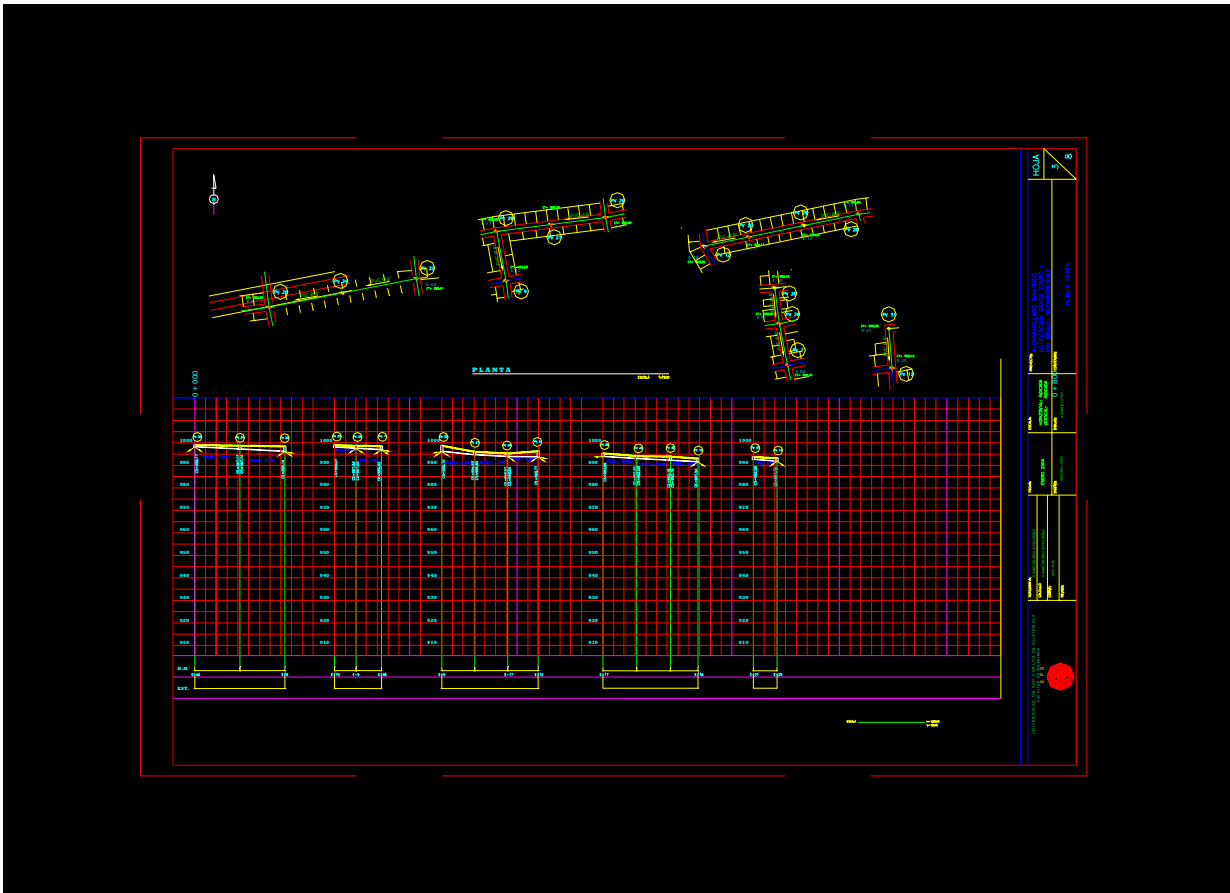


Figura 6: Planta perfil.

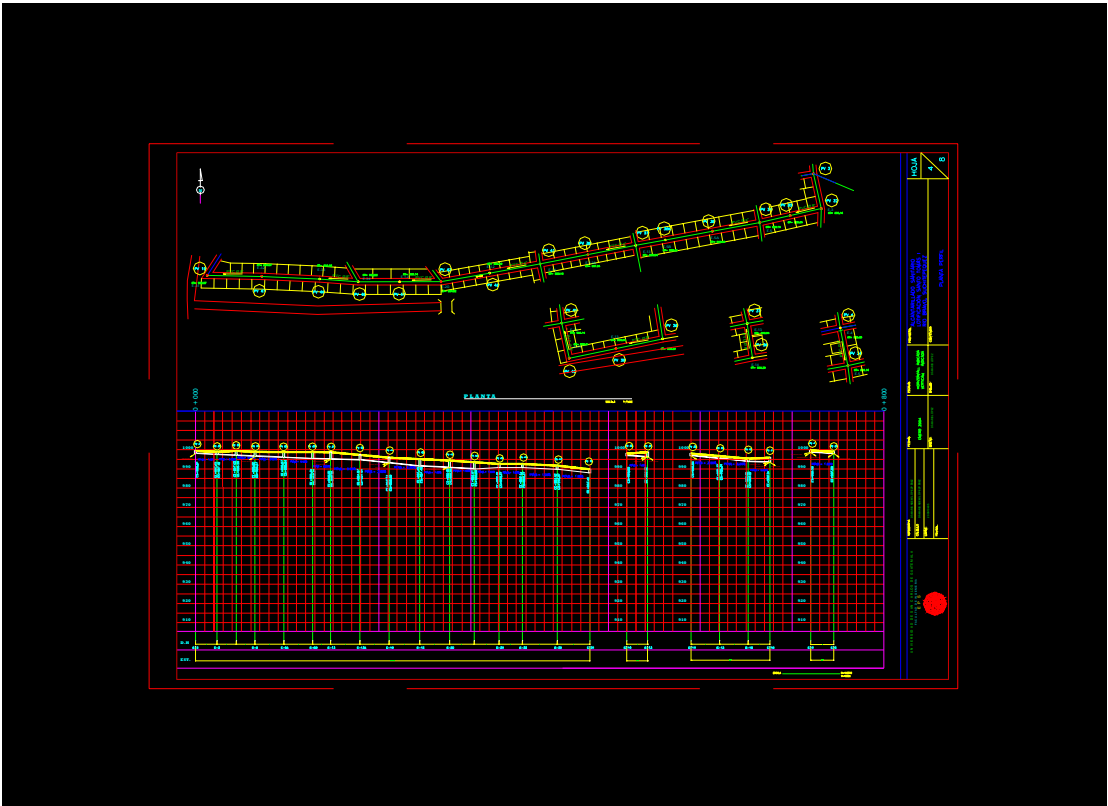


Figura 7: Planta perfil.

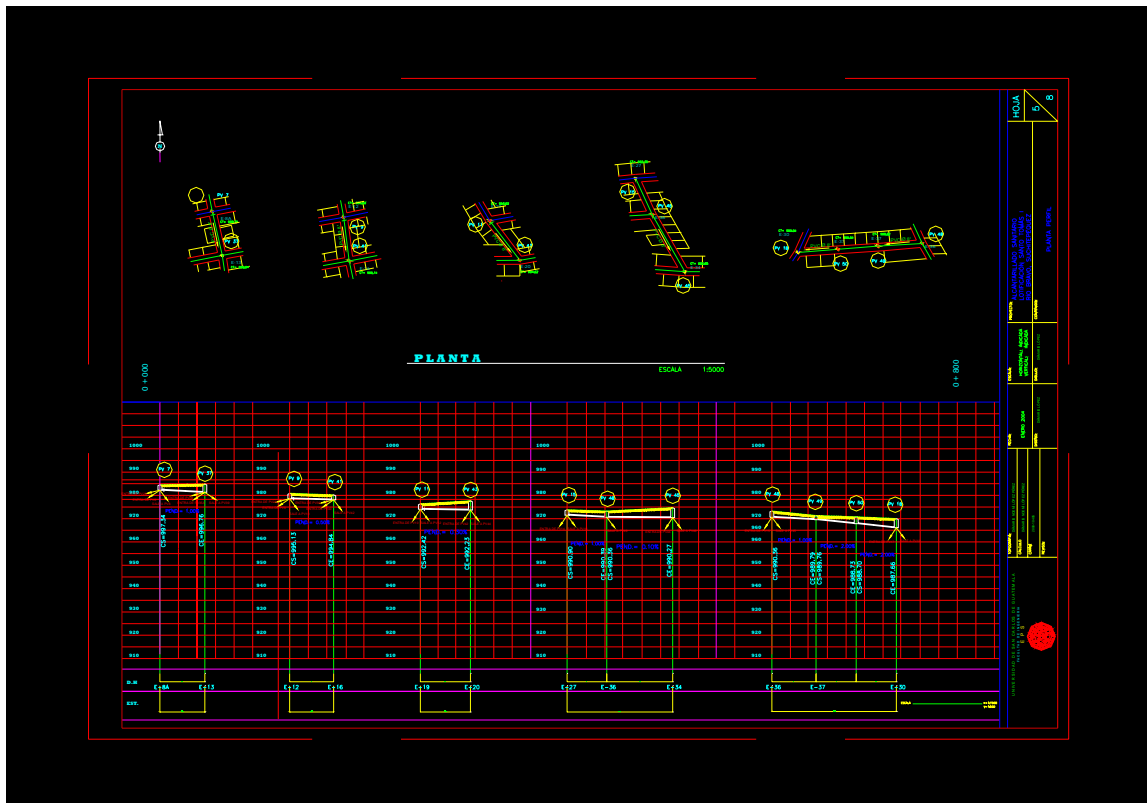


Figura 8: Detalle de pozos de visita.

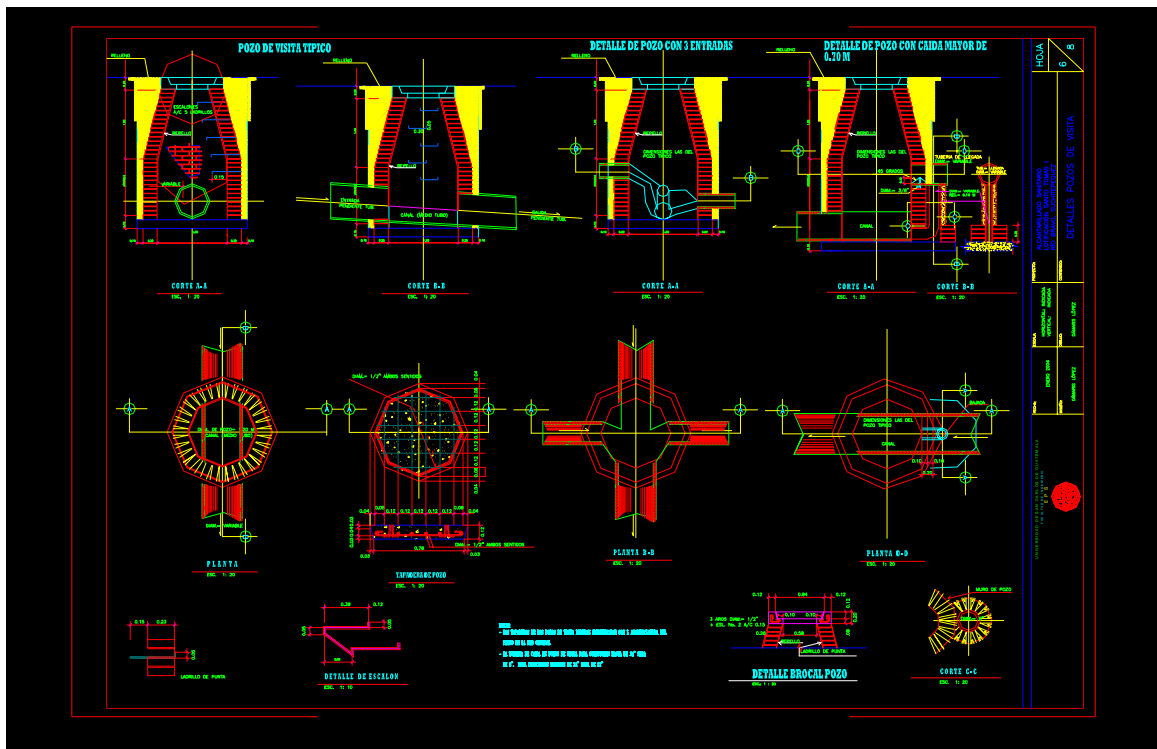


Figura 9: Detalle de conexiones domiciliarias.

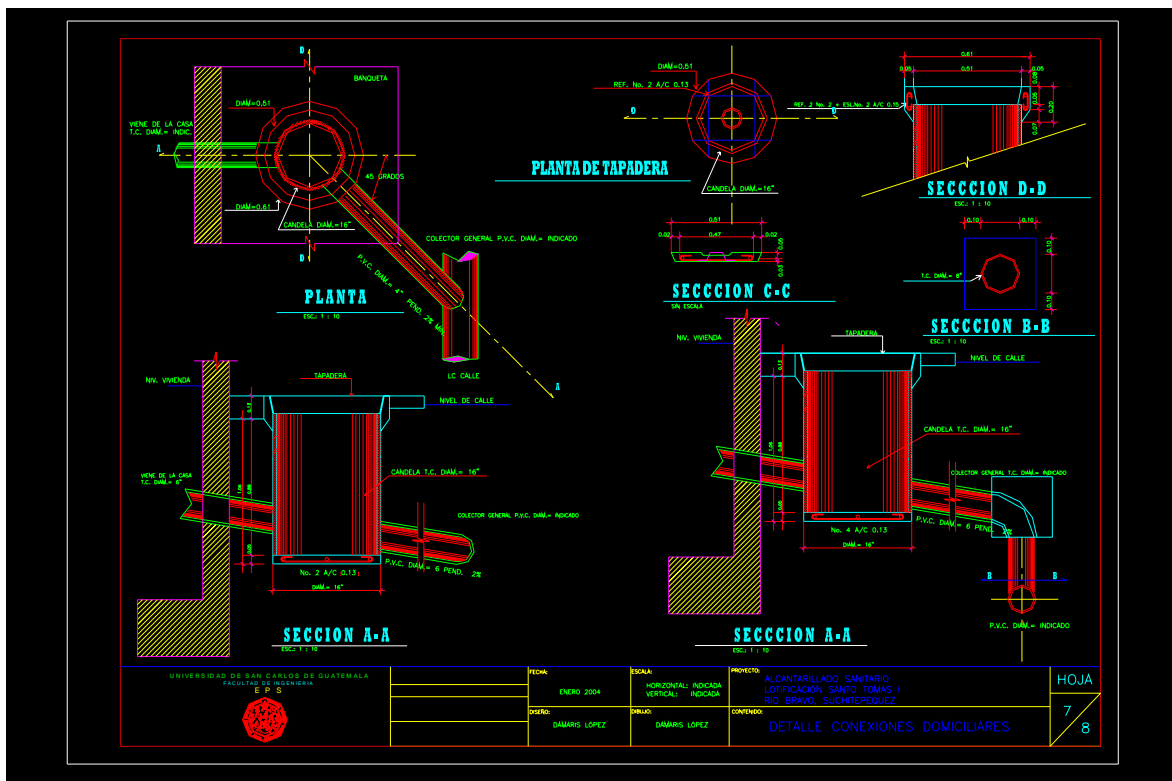


Figura 10: Detalle de pozo de absorción y fosa séptica.

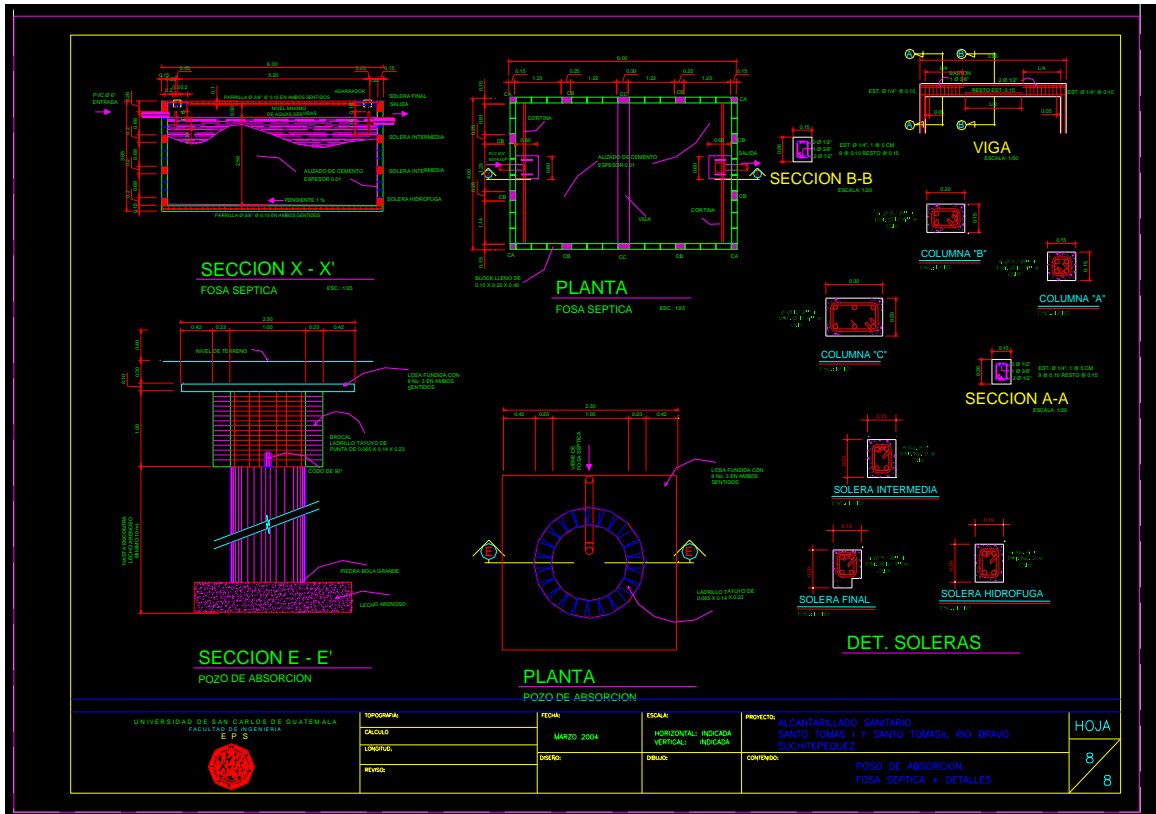


FOTO1: Vista de las aguas jabonosas de la lotificación Santo Tomás 1, Primera Avenida



FOTO 2: Aquí se puede observar como se reposan las aguas jabonosas a un lado de la calle, mostrando así la necesidad de un sistema de alcantarillado sanitario.



FOTO 3: Letrina de pozo ciego, utilizada muy comúnmente en la lotificación Santo Tomás, vista desde afuera.



FOTO 4: Letrina de pozo ciego, vista desde adentro.



FOTO 5: Reposadero de aguas jabonosas provenientes de varias casas vecinas.



FOTO 6: Vista de la 2da. Avenida, afluyente de aguas jabonosas proveniente de diversas casas.

