



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

**DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO  
CASERÍO EL TERRERO, MUNICIPIO DE JALAPA, JALAPA**

**Ricardo Augusto Reyes Arana**

Asesorado por Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, octubre de 2004

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO CASERÍO EL  
TERRERO, MUNICIPIO DE JALAPA, JALAPA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**RICARDO AUGUSTO REYES ARANA**

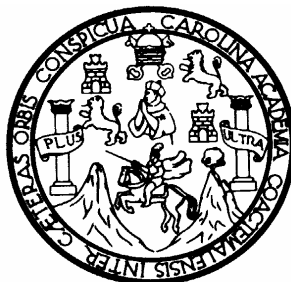
ASESORADO POR ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

**GUATEMALA, OCTUBRE 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 Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sanchez 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. Alfredo Enrique Beber Aceituno
EXAMINADOR	Ing. Carlos Alfredo Fernández Erazo
EXAMINADOR	Ing. Edgar Enrique Gramajo Barrios
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

### **DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO CASERÍO EL TERRERO, MUNICIPIO DE JALAPA, JALAPA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 29 de enero de 2004.

Ricardo Augusto Reyes Arana

## **AGRADECIMIENTOS**

Dios  
Por darme la vida, iluminarme y guiarme hasta el día de hoy.

Universidad de San Carlos de Guatemala y Facultad de Ingeniería  
Por darme la oportunidad de tener una formación profesional.

Mis padres  
Ricardo A. Reyes L.  
Odilia E. Arana M.  
Por su apoyo y esfuerzo al ayudarme a alcanzar esta meta.

Ing. Juan Merck Cos  
Por su desinteresada colaboración como asesor de este trabajo.

Agradecimiento especial a todos los que de una manera u otra, hicieron posible la realización de este trabajo.

## DEDICATORIA

Especialmente a  
mi hermano

Eliot Renato Reyes Arana (Q.D.E.P)  
Como un homenaje a su memoria

Mis padres

Ricardo A. Reyes Lima.  
Odilia E. Arana Marroquín.  
Por creer en mí y brindarme su  
apoyo en cada día de mi vida

Hermanos

Gerson Alexander, Christopher José  
e Iveth María.  
Con mucho cariño.

Sobrina

Melany Elizabet Reyes Vásquez.

Abuelos

Ricardo Reyes (+)  
Edelmira Lima (+)  
Abel Arana L  
Delfina Marroquín (+)

Tíos y primos

Con mucho aprecio.

Mi familia en general

Mis amigos

La memoria de

Los seres queridos que están  
descansando.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	<b>V</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	<b>VII</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>XI</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XII</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>XIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XIV</b>

## **1 FASE DE INVESTIGACIÓN**

1.1 Monografía del caserío El terrero	1
1.1.1 Aspectos físicos	1
1.1.2 Demografía	3
1.1.2.1 Datos de la población	3
1.1.3 Condición socio cultural	5
1.2 Investigación diagnóstica sobre las necesidades, servicios básicos e infraestructura del caserío El Terrero	6
1.2.1 Descripción de las necesidades	6

## **2 SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

2.1 Diseño del sistema del alcantarillado sanitario	9
2.1.1 Descripción del proyecto	9
2.1.2 Levantamiento topográfico	9
2.1.2.1 Planimetría	9
2.1.2.2 Altimetría	10
2.2 Diseño del sistema	10
2.2.1 Periodo de diseño	10
2.2.2 Población de diseño	10

2.2.2.1	Cálculo de la población	10
2.2.3	Características del sub-suelo	11
2.2.4	Determinación del caudal de las aguas servidas	12
2.2.5	Dotación	12
2.2.6	Factor de retorno	12
2.2.7	Factor de flujo instantáneo	12
2.2.8	Relación de diámetros y caudales	14
2.3	Caudal sanitario	14
2.3.1	Caudal domiciliar	14
2.3.2	Caudal de infiltración	15
2.3.3	Caudal de conexiones ilícitas	16
2.3.3.1	Método racional	16
2.3.3.2	Reglamento para diseño de drenaje sanitario (Municipalidad de Guatemala)	17
2.3.3.3	Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria	18
2.3.3.4	Instituto de Fomento Municipal (INFOM)	18
2.3.4	Caudal comercial	19
2.3.5	Caudal industrial	19
2.3.6	Factor de caudal medio	19
2.3.7	Caudal de diseño	21
2.3.8	Secciones y pendientes	23
2.3.9	Velocidades máximas y mínimas	24
2.3.10	Cotas Invert	24
2.3.11	Diámetro de la tubería	25
2.3.12	Profundidad de la tubería	25
2.3.13	Pozos de visita	27
2.3.13.1	Elementos de un alcantarillado sanitario	28
2.3.14	Conexiones domiciliarias	29
2.4	Tratamiento de aguas servidas	30



2.4.1	Importancia del tratamiento de las aguas negras	31
2.4.2	Proceso de tratamiento	31
2.4.2.1	Tratamiento preliminar	32
2.4.2.2	Tratamiento primario	32
2.4.2.3	Tratamiento secundario	34
2.4.2.4	Tratamiento terciario	35
2.4.3	Características del agua residual	36
2.4.3.1	Aguas negras frescas	36
2.4.3.2	Aguas negras sépticas	36
2.4.3.3	Aguas negras estabilizadas	37
2.4.4	Selección del tipo de tratamiento	37
2.4.5	Propuesta de las unidades de tratamiento	38
2.4.5.1	Fosa séptica	39
2.4.5.2	Funciones de la fosa séptica	39
2.4.5.3	Diseño de la fosa séptica	41
2.5	Ejemplo del diseño hidráulico del sistema	55
2.6	Presupuesto del proyecto	71

### **3 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

3.1	Mantenimiento del alcantarillado sanitario	77
3.1.1	Guía I línea central	78
3.1.2	Guía II pozos de visita	80
3.1.3	Guía III conexiones domiciliarias	81
3.2	Conexiones intradomiciliarias	81
3.3	Letrinas, pozos ciegos	81
3.4	Fosa séptica	82

CONCLUSIONES	87
RECOMENDACIONES	88
BIBLIOGRAFÍA	89
APÉNDICE	90

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Diseño estructural de la fosa séptica	43
2	Distribución de bandas en sentido largo y corto	44
3	Diagrama de cargas	45
4	Aplicación de las fuerzas en la banda vertical	46
5	Calculo del momento en B	47
6	Reacción en B	48
7	Banda en la losa	49
8	Distribución de momentos	50
9	Determinación de las reacciones reales en la banda vertical	51
10	Reacción en B	52
11	Planta general del sistema de alcantarillado sanitario	96
12	Plano de densidad de población del caserío El Terrero	97
13	Plano de localización de los pozos de visita	98
14	Planta perfil de los pozos de visita, sector 1	99
15	Planta perfil de los pozos de visita, sector 2	100
16	Planta perfil de los pozos de visita, sector 3	101
17	Planta perfil de los pozos de visita, sector 4	102
18	Detalle de la fosa séptica	103
19	Detalle de las conexiones domiciliarias y pozos de visita	104

### TABLAS

I.	Datos de la población	4
II.	Tipología de la vivienda	4
III.	Datos sobre el uso del agua	4

IV.	Forma de evacuación de las aguas servidas	5
V.	Coefficiente de escorrentía	17
VI.	Profundidades mínimas según el diámetro de la tubería	26
VII.	Profundidades de la tubería y ancho de la zanja	27
VIII.	Cálculo del momento de diseño	51
IX.	Diseño de la red de alcantarillado sanitario sector 1	63
X.	Diseño de la red de alcantarillado sanitario sector 2	65
XI.	Diseño de la red de alcantarillado sanitario sector 3	67
XII.	Diseño de la red de alcantarillado sanitario sector 4	69
XIII.	Presupuesto de materiales del alcantarillado sanitario	71
XIV.	Presupuesto de herramientas	73
XV.	Resumen total del presupuesto de materiales	73
XVI.	Mano de obra del alcantarillado sanitario	74
XVII.	Presupuesto general del sistema	76
XVIII.	Resumen de costos	76
XIX.	Guía para el mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario	78
XIX.	Libreta de campo (planimetría)	91
XX.	Libreta de campo (altimetría)	93

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>PV</b>	Punto de Vuelta (en topografía)
<b>VI</b>	Vista Intermedia
<b>HI</b>	Altura de instrumento
<b>PO</b>	Punto Observado
<b>Est.</b>	Estación
<b>DH</b>	Distancia Horizontal
<b>VA</b>	Vista Atrás
<b>r</b>	Tasa de crecimiento de la población
<b>v</b>	Velocidad de flujo en la alcantarilla
<b>V</b>	Velocidad de flujo a sección llena
<b>a</b>	Área que ocupa el tirante de agua en la alcantarilla
<b>d</b>	Altura del tirante de agua
<b>D</b>	Diámetro de la tubería
<b>q</b>	Caudal a sección llena en la tubería
<b>Q</b>	Caudal de diseño.
<b>v/V</b>	Relación de velocidades.
<b>d/D</b>	Relación de diámetros.
<b>q/Q</b>	Relación de caudales.
<b>Qinf.</b>	Caudal de infiltración.
<b>Qcon. Clic.</b>	Caudal de conexiones ilícitas.
<b>Qcom.</b>	Caudal comercial.
<b>I</b>	Intensidad de lluvia.
<b>C</b>	Coefficiente de escorrentía de una superficie.
<b>A</b>	Área.
<b>mm/hora</b>	Milímetros por hora.

<b>P</b>	Población.
<b>S</b>	Pendiente.
<b>R</b>	Radio.
<b>F.H.</b>	Factor de Harmond.
<b>Lts/hab/día</b>	Litros por habitante por día.
<b>Hab.</b>	Habitantes.
<b>S%</b>	Pendiente en porcentaje.
<b>M<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado.
<b>M<sup>3</sup></b>	Metro cúbico.
<b>Pv</b>	Pozo de visita.

## GLOSARIO

<b>Aguas negras</b>	Es el agua que se desecha después de haber servido para un fin.
<b>Aguas negras domiciliarias</b>	Son las que provienen de la higiene personal, limpieza de cocinas, lavanderías etc.
<b>Altimetría</b>	Parte de la topografía que enseña a medir las alturas.
<b>Banco de marca</b>	Es el lugar que tiene un punto fijo cuya elevación se toma como referencia para determinar la altura de otros puntos.
<b>Caja de registro</b>	Recipientes colocados en la acera para recibir y conectar, interna y externamente, el sistema de tubería de drenaje.
<b>Candela</b>	Receptáculo donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que conduce al sistema de drenaje.
<b>Caudal de infiltración</b>	Es el caudal de agua subterránea que se infiltra en las tuberías.
<b>Caudal doméstico</b>	Es el caudal de aguas negras que se desechan de las viviendas.

<b>Caudal comercial</b>	Volumen de aguas negras que se desechan de los comercios.
<b>Colector</b>	Conjunto de tuberías, canales, pozos de visita y obras accesorias que sirven para el desalojo de aguas negras o de lluvia.
<b>Contaminación</b>	Efecto nocivo sobre el medio ambiente que afecta a todos los seres vivos.
<b>Conexión domiciliar</b>	Tubería que conduce las aguas negras desde la candela hasta el colector principal.
<b>Cota Invert</b>	Cota o altura de la parte inferior e interior del tubo ya instalado.
<b>Cuerpo receptor</b>	Lugar en donde se vierten las aguas negras provenientes de un colector, las que pueden estar crudas o tratadas.
<b>Densidad de vivienda</b>	Relación existente entre el número de viviendas por unidad de área.
<b>Dotación</b>	Estimulación de la cantidad de agua que en promedio consume cada habitante por día.
<b>Factor de caudal medio</b>	Relación entre la suma de los caudales y los habitantes a servir.
<b>Factor de Harmond</b>	Factor de seguridad para las horas pico, esta en relación con la población.



<b>Factor de rugosidad</b>	Factor que expresa que tan lisa es una superficie.
<b>Fórmula de Manning</b>	Utilizada para determinar la velocidad de un flujo a cielo abierto, relaciona la rugosidad de la superficie, la pendiente y el radió hidráulico de la sección.
<b>INFOM</b>	Instituto de fomento municipal
<b>Periodo de diseño</b>	Tiempo durante el cual la obra diseñada proporcionara un servicio satisfactorio.
<b>Pozo de visita</b>	Es una parte del sistema de alcantarillado que permite el acceso al colector, y cuya finalidad es facilitar el mantenimiento del sistema para que funcione eficientemente.
<b>Ramal o tramo inicial</b>	Es el primer tramo en un sistema de drenaje.
<b>Red de alcantarillado</b>	También denominado sistema de drenaje; es el conjunto de tuberías, canales, pozos de visita y obras accesorias que sirven para drenar o desalojar las aguas negras.
<b>Tirante</b>	En hidráulica, se le llama así a la medida que define la altura de un líquido en una tubería.
<b>Topografía</b>	Ciencia que determina posiciones relativas de puntos situados encima de la superficie terrestre, sobre dicha superficie y debajo de la misma.

## **RESUMEN**

El proyecto del alcantarillado sanitario para el caserío El Terrero, consiste en la introducción de este servicio a lo largo de 4,410.52 metros, distribuidos en las calles principales, las cuales contarán con sus respectivas conexiones domiciliarias, así como pozos de visita a lo largo de todo el colector principal.

Se realizará de forma bipartita entre la Municipalidad de Jalapa (10%), el gobierno central a través del Fondo de Solidaridad (90%). Es producto de la demanda de la población que se ha visto afectada por la falta del servicio, el cual es básico para preservar la salud, ya que puede observarse como las aguas grises corren a flor de tierra siendo un foco de contaminación de enfermedades gastrointestinales.

De forma directa beneficiará a los habitantes que residen en este caserío, que consta de 280 casas, con un promedio de 5 personas por vivienda, lo cual da como resultado una población de 1400 personas.

El sistema de alcantarillado sanitario está conformado por 4410.52mts de tubería, 95 pozos de visita y un número aproximado de 280 conexiones domiciliarias, se utilizará tubería PVC de diámetro 6", el diseño se realizó con los parámetros de diseño del reglamento del INFOM, para un periodo de diseño de 20 años, por la topografía del lugar el diseño se realizó en 4 sectores contando cada uno con su propio desfogue, el cual consiste en un tratamiento primario por medio de una fosa séptica, luego se descargan las aguas residuales al cuerpo receptor que para este caso es una quebrada.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar el sistema de drenaje sanitario para El Caserío El Terrero, municipio de Jalapa.

### **Específicos**

1. Desarrollar una investigación de tipo monográfica y un diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura del lugar objeto de este estudio.
2. Capacitar a los miembros del caserío El Terrero sobre la operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación es el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, realizado en la municipalidad de Jalapa departamento de Jalapa. Consiste en el diseño del sistema de alcantarillado sanitario del caserío El Terrero, ya que este lugar no cuenta con este servicio básico para evacuar las aguas residuales lo que ocasiona malos olores, aguas negras a flor de tierra por las calles, focos de enfermedades de tipo gastrointestinal, respiratorias, así como el mal ornato del caserío.

El sistema de alcantarillado sanitario se define como el conjunto de conductos y estructuras destinadas a recibir, evacuar, conducir y disponer de las aguas servidas o aquellas que por una u otra razón representan un peligro para la localidad.

La ingeniería sanitaria ha ensayado varios métodos para llevar a cabo la eliminación de desechos por medio de líneas de alcantarillado que deben ser de varios tipos de material, así también ha creado cuerpos que se encargan del tratamiento de las aguas negras para que puedan llegar a un cuerpo receptor con menos grado de contaminación.

Los resultados de este estudio permiten la búsqueda de recursos y con ello lograr los beneficios para los habitantes del caserío El Terrero, para lo cual se aplicó la metodología participativa, donde la municipalidad jugó un papel importante por su participación. Este trabajo está conformado por los siguientes capítulos.

Capítulo 1: se presenta la monografía del lugar, en la que se describe la ubicación, clima, extensión territorial, idioma, educación, salud, topografía, y datos de la población, y un diagnóstico sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura, priorizando esta información de grado de importancia.

Capítulo 2: se describe el diseño del sistema de alcantarillado sanitario del caserío El Terrero, con la información necesaria para su realización así como el presupuesto del proyecto.

Capítulo 3: contiene un programa de mantenimiento y operación. En los anexos se tienen los resultados de la encuesta sanitaria, tablas topográficas y planos.

# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1 Monografía del caserío El Terrero**

### **1.1.1 Aspectos físicos**

#### **Ubicación**

El caserío el Terrero pertenece al municipio de Jalapa, del departamento de Jalapa, el cual se encuentra en las afueras del casco urbano de la ciudad.

#### **Extensión territorial, altitud, latitud, longitud**

Tiene una extensión territorial de aproximadamente  $3 \text{ km}^2$ , se encuentra a una altura de 1,362 metros sobre el nivel del mar y su ubicación es latitud  $14^{\circ}38'02''$  y longitud  $89^{\circ}58'52''$ .

#### **Límites y colindancias**

Al norte: con el municipio de Sanarate departamento de El Progreso.

Al sur: con la cabecera departamental.

Al este: con la aldea Los Achotes.

Al oeste: con la aldea El Cuaje.

## **Clima**

El clima es variado, alternando de templado a cálido, para efectos del año 2003 se registró una temperatura máxima promedio de 25.6° C y la más baja con un promedio de 14.5° C, con una precipitación de 100 mm/h, datos obtenidos en el Instituto Nacional de Sismología Vulcanología Meteorología e Hidrografía.

## **Topografía**

La topografía de la región en su mayoría es muy quebrada, con algunos sectores un poco planos.

## **Suelo**

El suelo es duro, está formado por una capa vegetal, luego arena y por último talpetate.

## **Vías de acceso, comunicación y transporte**

De la cabecera hacia el caserío el acceso es por una carretera asfaltada que pasa por un costado y conduce a la ciudad capital, las calles principales del caserío son de terracería. Por el estado actual en el que se encuentra el asfalto de la carretera la hace transitable en toda época del año. Las facilidades de transporte en este sector son grandes, debido a que el caserío se encuentra en las afueras de la cabecera. Actualmente se cuenta con transporte directo hacia la ciudad de Jalapa cada 15 minutos durante todos los días del año.

## **Idioma**

El idioma que se habla es el Español.

## **Servicios públicos**

Se cuenta con los siguientes servicios

- Abastecimiento de agua potable.
- Energía eléctrica y alumbrado público.
- Algunas líneas telefónicas.
- Escuela primaria y pre-primaria.
- Transporte colectivo a la cabecera departamental.

## **Actividad económica**

El caserío tiene una población indígena de 80 habitantes, los cuales dependen básicamente de la producción agrícola de maíz y frijol. La población ladina es de 1320 los cuales en su mayoría se dedican a diferentes actividades laborales en la cabecera departamental.

### **1.1.2 Demografía**

#### **1.1.2.1 Datos de la población**

De acuerdo a la encuesta sanitaria y socioeconómica realizada en el 2003, con el propósito de obtener información sobre las condiciones sanitarias en que viven los habitantes se tiene la siguiente información.



**Tabla I. Datos de la población**

Edad	Total hab.
Menores de 15	686
Mayores de 15	714
Total	1400
Sexo	Total hab.
Masculino	658
Femenino	742
Total	1400

Alfabetismo	Total hab.
Leen y escriben	980
No leen ni escriben	420
Total	1400

**Tabla II. Tipología de la vivienda**

Tipo de casa	Número de casas
Casa formal	278
Apartamento	0
Palomar	0
Rancho	2
Casa improvisada	0
Otro tipo	0
Total	280

**Tabla III. Datos sobre el uso del agua**

Forma	Porcentaje
Tiene pila	96.48
Tiene baño (ducha)	43.87
Tiene letrina	64.56

**Tabla IV. Evacuación de las aguas servidas**

Forma	Porcentaje
Pozo ciego	36.87
A la calle	34.56
Al terreno	28.57

### **1.1.3 Condición socio-cultural**

#### **Educación**

El nivel de escolaridad en el caserío está muy marcado en el nivel primario, ya que sólo cuenta con una escuela oficial rural mixta, la cual atiende a 250 niños desde primero hasta sexto primaria, también cuenta con otra escuela de párvulos a la cual asisten 50 niños, para el nivel básico y diversificado es necesario trasladarse a los distintos centros educativos de la cabecera departamental.

#### **Salud**

Carece de un puesto de salud, por lo cual los habitantes tienen que acudir a centros de salud existentes en la cabecera departamental.

#### **Organización comunitaria**

Hay organizados varios comités, que tienen como principal función buscar el desarrollo de la población.

Estos comités solicitan la ejecución de proyectos de infraestructura en la municipalidad e instituciones del estado y en algunos casos ONG's con el fin de traer el desarrollo al caserío.

## **1.2 Investigación diagnóstica sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura del caserío El Terrero**

### **1.2.1 Descripción de las necesidades**

La mayoría de comunidades rurales son afectadas por una serie de problemas relacionados con la carencia de servicios básicos, lo cual no les permite mejorar sus condiciones de vida.

De acuerdo a los resultados obtenidos en las encuestas y la investigación de campo, se determinó el orden prioritario de los diferentes servicios que en el caserío El Terrero son necesarios

- Drenaje sanitario
- Puesto de salud
- Pavimentación de las calles
- Salón de usos múltiples

### **Drenaje sanitario**

El caserío actualmente presenta el gran problema y que es común en muchas de las comunidades del país, como es la evacuación de las aguas residuales.

Algunas de las viviendas tienen fosas sépticas, en tanto que el resto evacúan las aguas residuales a la calle, las que corren a flor de tierra y son conducidas a una quebrada que se encuentra en medio del caserío. Estas aguas son depositadas sin ningún tratamiento, lo que produce focos de enfermedades debido al mal olor.

Por las causas anteriormente descritas se pretende plantear una solución a este problema, mediante el diseño del sistema de alcantarillado sanitario y de esta forma contribuir a mejorar las condiciones de vida de las personas de este caserío.

### **Centro de salud**

Actualmente el caserío carece de un centro de salud, lo que obliga a los habitantes a tener que trasladarse a la cabecera departamental para poder recibir ayuda médica.

La solución a este problema es la construcción de un centro de salud, para que los habitantes sean atendidos en el caserío y no tengan que trasladarse a lugares distantes.

### **Pavimentación de calles**

Ninguna de las calles están pavimentadas, todas son de terracería y en mal estado, esto dificulta el tránsito especialmente en época de invierno, obligando a los habitantes a conducirse a sus casas a pie.

Con la pavimentación de las calles se contribuirá al desarrollo del caserío, ya que al contar con pavimentación, todo tipo de vehículo podrá transitar por las calles en cualquier época del año, siendo beneficiados los habitantes.

### **Salón de usos múltiples**

No se cuenta con este tipo de infraestructura, por lo que no se realizan actividades de tipo cultural y educativo. Con la construcción de un salón de usos múltiples se contribuirá al desarrollo cultural y educativo del caserío.

## **2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1 Diseño del sistema del alcantarillado sanitario**

#### **2.1.1 Descripción del proyecto**

El proyecto consistirá en realizar el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario para el caserío El Terrero, el cual tiene una población de 1400 habitantes.

Actualmente en el caserío una parte de la población cuentan con letrinas, y las aguas de pila y cocina son expulsadas a las calles. Se diseñará la tubería principal y secundaria la cual será de PVC, así como 95 pozos de visita, las candelas serán de tubo de cemento de 12". Se propondrá un sistema de tratamiento primario que consistirá en una fosa séptica con un período de retención máximo de 72 horas, luego del tratamiento las aguas residuales serán depositadas a un cuerpo receptor que para este caso es una quebrada. Se propondrá un programa de mantenimiento y reparación de la misma, debido a la topografía del lugar la red de alcantarillado se dividió en cuatro sectores, cada sector cuenta con su propio desfogue.

#### **2.1.2 Levantamiento topográfico**

##### **2.1.2.1 Planimetría**

Este trabajo se realizó para obtener una representación gráfica del terreno, localizar la línea central, secciones transversales y ubicación de los pozos de visita. El método de conservación del azimut fue utilizado para el levantamiento planimétrico. El equipo que se utilizó fue un teodolito *Wild T-1*, plomadas y una cinta métrica.

### **2.1.2.2 Altimetría**

La altimetría sirve para representar el perfil del terreno en el cual se diseñarán los drenajes.

Las elevaciones se midieron en cada estación y principalmente en puntos críticos, donde existe cambio brusco de pendiente.

La nivelación permite conocer el plano vertical del terreno, la determinación del perfil de la línea principal y conocer las pendientes naturales del terreno. Se aplicó el método de doble nivelación utilizando un nivel *Wild* y una estadía.

## **2.2 Diseño del sistema**

### **2.2.1 Período de diseño**

Es el tiempo en que el sistema servirá a la comunidad, antes de que deba ampliarse por resultar ya inadecuado. Es necesario estimar la población futura, así como las áreas probables de anexión a la comunidad.

El período de diseño que se adoptó para este caso es de 20 años.

### **2.2.2 Población de diseño**

#### **2.2.2.1 Cálculo de la población futura**

Para calcular la cantidad de habitantes que utilizarán el servicio al final del período de diseño se aplicó el método de incremento geométrico, por ser el método que más se adapta al crecimiento real de la población en el medio.

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

En donde:

Pf = Población buscada o futura.

Po = Población del último censo o actual: 1400 habitantes

r = Tasa de incremento: 2.65 % (INE)

n = Periodo de diseño: 20 años

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

$$Pf = 1400 (1+0.0265)^{20} = 2363 \text{ habitantes}$$

### **2.2.3 Características del sub-suelo**

Las características del subsuelo son determinadas por medio de excavaciones en las que se establece el nivel de agua subterránea, cuando sea necesario. De estas excavaciones se presentan secciones que describen la constitución del terreno hasta la profundidad necesaria para la colocación de la tubería.

El tipo de suelo del caserío El Terrero está conformado primero por una capa vegetal la cual tiene 30 cms de espesor, luego por una capa de barro que tiene 1.30 cms de espesor luego una capa de arena que tiene 1.50 cms de espesor y por último una capa de talpetate.



#### **2.2.4 Determinación del caudal de las aguas servidas**

En el sistema de alcantarillado sanitario el caudal de diseño será determinado tomando en consideración varios parámetros siendo estos los siguientes.

#### **2.2.5 Dotación**

Es la cantidad de agua asignada en un día a cada usuario. Se expresa en litros por habitante por día (Lts/hab/día).

Los factores que se consideran en la dotación son los siguientes: nivel de vida, abastecimiento, servicios públicos o comunales, clima, facilidad de drenaje, calidad de agua, administración del sistema.

La dotación para el caserío El Terrero es de 100 lts/hab/día, información obtenida en la Municipalidad de Jalapa.

#### **2.2.6 Factor de retorno**

El factor de retorno es el porcentaje de agua que después de ser usada vuelve al drenaje. Se encuentra en un intervalo del 75% al 90%, en este caso se asume un F.R de 0.80, debido a que el consumo de agua en las viviendas es en su mayoría para usos domésticos y limpieza personal.

#### **2.2.7 Factor de flujo instantáneo**

El factor Harmond o factor de flujo instantáneo, es un factor de seguridad que involucra al número de habitantes a servir en un tramo determinado.

Este factor actúa principalmente en horas pico, es decir en las horas en las que el sistema de drenaje es utilizado. Se debe de calcular para cada tramo de la red. La fórmula es la siguiente:

$$FH = \frac{18 + P^{(1/2)}}{4 + P^{(1/2)}}$$

Donde:

P = Número de habitantes a servir expresado en miles.

El valor de Harmond o flujo instantáneo se encuentra entre 1.5 y 4.5, de acuerdo al tamaño de la población.

FH sector 1

P = 320

$$FH = \frac{18 + (0.32)^{(1/2)}}{4 + (0.32)^{(1/2)}} = 4.07$$

FH sector 2

P = 280

$$FH = \frac{18 + (0.28)^{(1/2)}}{4 + (0.28)^{(1/2)}} = 4.09$$

FH sector 3

P = 385

$$FH = \frac{18 + (0.38)^{(1/2)}}{4 + (0.38)^{(1/2)}} = 4.03$$

FH sector 4

P = 415

$$FH = \frac{18 + (0.41)^{(1/2)}}{4 + (0.41)^{(1/2)}} = 4.01$$

### **2.2.8 Relación de diámetros y caudales**

La relación  $q/Q$  deberá de ser menor o igual a 0.75, esto para que funcione como canal abierto, para que el agua circule por acción de la gravedad y sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera.

Existen excepciones, puede suceder que el canal esté cerrado, como en el caso de los conductos que sirven de alcantarillado sanitario para que circule el agua de desecho, y que eventualmente se produzca alguna presión debido a la formación de gases, la relación  $d/D$  debe de ser mayor o igual a 0.10 y menor o igual a 0.75 para alcantarillado sanitario.

## **2.3 Caudal sanitario**

### **2.3.1 Caudal domiciliar (Q dom.)**

Es el caudal que ha sido utilizado para la limpieza o producción de alimentos, es desechado y conducido a la red de alcantarillado; el agua de desecho doméstico está relacionada con la dotación y suministro de agua potable.

Como se indicó anteriormente una parte de ésta no será llevada al alcantarillado como la de los jardines y lavado de vehículos, de tal manera que el valor del caudal domiciliar está afectado por un factor que varía entre 0.70 a 0.80, el cual queda integrado de la siguiente manera:

$$Q \text{ dom.} = \frac{\text{Dot} * \text{hab.} * \text{factor de retorno}}{86400}$$

Dot. = Dotación (lts/hab/día).

Hab. = Número de habitantes.

Q dom. = Caudal domiciliar.

$$Q \text{ dom.} = \frac{100 * 320 * 0.80}{86400} = 0.2962 \text{ lts/seg. (sector 1)}$$

$$Q \text{ dom.} = \frac{100 * 280 * 0.80}{86400} = 0.2592 \text{ lts/seg (sector 2)}$$

$$Q \text{ dom.} = \frac{100 * 385 * 0.80}{86400} = 0.3564 \text{ lts/seg. (sector 3)}$$

$$Q \text{ dom.} = \frac{100 * 415 * 0.80}{86400} = 0.3842 \text{ lts/seg. (sector 4)}$$

### **2.3.2 Caudal de infiltración (Q inf.)**

Es el que se infiltra en el alcantarillado, el cual depende de la profundidad del nivel freático del agua, de la profundidad de la tubería y de la permeabilidad del terreno, el tipo de juntas y la calidad de la mano de obra utilizada y supervisión técnica.

Se calcula en litros por kilómetro de tubería en la que se incluye la tubería de las conexiones domiciliarias, equivalente a 6.00 metros por servicio; la dotación de infiltración varia entre 12,000 y 18,000 lts/km./día.

$$Q \text{ inf.} = \frac{\text{Dot} * (\text{mts. de tubo} + \# \text{ de casas} * 6 \text{ metros})}{86400}$$

En este caso no se calcula el caudal de infiltración por utilizar tubería PVC.

### **2.3.3 Caudal de conexiones ilícitas (Qconex.Ilic.)**

En el caso de sistemas de alcantarillado sanitario, este caudal es el agua pluvial que llega a las tuberías del drenaje. Es perjudicial para el sistema y debe evitarse para no causar daños y posible destrucción del drenaje.

Para su estimación se recomienda calcularlo como un porcentaje del total de conexiones, como una función del área de techos y patios, y de su permeabilidad, así como de la intensidad de lluvia. Se estima un porcentaje de viviendas que deben realizar conexiones ilícitas que varía de 0.5 a 2.5 por ciento.

Existen varios métodos para poder determinar el caudal de conexiones ilícitas

- Método racional.
- Reglamento para el diseño de drenaje sanitario (Municipalidad de Guatemala).
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria.
- Instituto de Fomento Municipal (INFOM).

#### **2.3.3.1 Método racional**

Este método es el más recomendado para determinar el caudal de conexiones ilícitas, siempre y cuando se tenga la información necesaria para poder calcular el caudal.

Se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{conex.Ilic.}} = (C) \cdot (I) \cdot (A) \cdot (1,000) \cdot (\%) / 360$$

Donde:

Q = Caudal de conexión ilícita (m<sup>3</sup>/s).

C = Coeficiente de escorrentía, depende del tipo de superficie.

A = Área en hectáreas.

I = Intensidad de lluvia en el área (mm/h).

% = Porcentaje de población con conexiones ilícitas.

La intensidad de lluvia es la cantidad de lluvia que cae en un área por unidad de tiempo, se expresa en milímetros por hora.

El porcentaje de escorrentía es la cantidad de lluvia que escurre en una superficie y depende de su permeabilidad. Algunos valores de coeficientes de escorrentía son:

**Tabla V. Coeficiente de escorrentía**

Coeficiente de escorrentía	Descripción
0.70 - 0.95	Concreto
0.85 - 0.90	Asfalto
0.40 - 0.85	Piedra o ladrillo
0.10 - 0.30	Terrenos desocupados

**Fuente:** Edgar, barrillas Ramírez, **Diseño de la red de alcantarillado sanitario de las aldeas: La Majada, del municipio de Zacapa y Antobrán, del municipio de Zacapa.** Pág. 21

### **2.3.3.2 Reglamento para diseño de drenaje sanitario (Municipalidad de Guatemala)**

La municipalidad de Guatemala asume un caudal de 100 lts/hab/día debido a posibles conexiones ilícitas, la desventaja es que este caudal es específicamente para el área urbana de la ciudad capital.

### 2.3.3.3 Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria

La Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, indica que se puede asumir un caudal de 50lts/hab/día.

### 2.3.3.4 Instituto de Fomento Municipal (INFOM)

El INFOM asume que el 10% del caudal domiciliar, es el caudal producido por las conexiones ilícitas.

En el diseño de la red de alcantarillado de este proyecto se tomó el método de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria el cual es:

$$\text{Sector 1} \quad Q_{\text{conex. Ilíc.}} = \frac{50 \text{ lts/hab/día} \times 320}{86,400} = 0.1851 \text{ lts/seg.}$$

$$\text{Sector 2} \quad Q_{\text{conex. Ilíc.}} = \frac{50 \text{ lts/hab/día} \times 280}{86,400} = 0.1620 \text{ lts/seg.}$$

$$\text{Sector 3} \quad Q_{\text{conex. Ilíc.}} = \frac{50 \text{ lts/hab/día} \times 385}{86,400} = 0.2228 \text{ lts/seg.}$$

$$\text{Sector 4} \quad Q_{\text{conex. Ilíc.}} = \frac{50 \text{ lts/hab/día} \times 415}{86,400} = 0.2401 \text{ lts/seg.}$$

#### **2.3.4 Caudal comercial (Q Com.)**

Es el agua que se desecha de los comercios, restaurantes, hoteles. La dotación comercial varía según el establecimiento a considerar y puede estimarse entre 600 a 3,000 litros/comercio/día.

Para este proyecto el caudal es nulo, ya que los comercios son pequeños, y no cuentan con dotación especial, sino que usan la misma del domicilio que alberga el comercio, y que sirve de vivienda a sus propietarios.

#### **2.3.5 Caudal industrial (Q Ind.)**

Es el agua servida proveniente de las industrias, como fábricas de textiles y licores. Si no se cuenta con un dato de dotación de agua suministrada se puede estimar entre 1,000 y 1,800 litros/industria/día, el cual dependerá del tipo de industria. En este caso no se estima caudal industrial por no existir industrias en el caserío.

#### **2.3.6 Factor de caudal medio**

Es un caudal que expresa el volumen de aguas servidas que en promedio escurre por la alcantarilla.

Este factor se determina por medio de la sumatoria de los caudales que contribuyen al sistema dividido por el tiempo total en un día, y se expresa en litros/habitante/segundo; los cuales son:

- Caudal domiciliar
- Caudal comercial
- Caudal industrial



- Caudal de infiltración
- Caudal de conexiones ilícitas

Al realizar el cálculo de cada uno de los caudales anteriormente descritos se procede a obtener el valor del caudal medio que está dado de la siguiente expresión

$$Q \text{ med.} = Q \text{ dom.} + Q \text{ com.} + Q \text{ ind.} + Q \text{ inf.} + Q \text{ con.ilic.}$$

Sector 1	$Q \text{ med.} = 0.2962 \text{ lts/seg.} + 0 + 0 + 0 + 0.1851 \text{ lts/seg.} = 0.4813 \text{ lts/seg.}$
Sector 2	$Q \text{ med.} = 0.2592 \text{ lts/seg.} + 0 + 0 + 0 + 0.1620 \text{ lts/seg.} = 0.4212 \text{ lts/seg.}$
Sector 3	$Q \text{ med.} = 0.3564 \text{ lts/seg.} + 0 + 0 + 0 + 0.2228 \text{ lts/seg.} = 0.5792 \text{ lts/seg.}$
Sector 4	$Q \text{ med.} = 0.3842 \text{ lts/seg.} + 0 + 0 + 0 + 0.2401 \text{ lts/seg.} = 0.6243 \text{ lts/seg.}$

Para facilitar la obtención del factor de caudal medio, las instituciones que se dedican al diseño de sistemas de alcantarillado sanitario han establecido valores de este factor. El factor de caudal medio se calcula para tener una mayor exactitud y precisión de caudales.

$$F_{qm} = \frac{Q \text{ med.}}{\# \text{ De hab.}}$$

$Q \text{ med.} =$  Caudal medio.

$F_{qm} =$  Factor de caudal medio.

$F_{qm.} = 0.0046$  según INFOM

$F_{qm.} = 0.0030$  según Municipalidad de Guatemala

$F_{qm.} = 0.0020 < F_{qm.} < 0.0050$  D.G.O.P

De acuerdo con las normas vigentes este factor debe ser mayor a 0.0020 y menor que 0.0050, si por alguna razón el valor calculado estuviera debajo de 0.0020 se adopta éste; y si por el contrario el valor calculado estuviese arriba de 0.0050 se tomará como valor para diseño 0.0050; considerando que los valores no se alejen de los límites, ya que podría caer en un sobre diseño, o subdiseñar.

Para efectos de este proyecto se calculará el Fqm para cada sector:

$$\text{Sector 1} \quad F_{qm} = \frac{0.4813}{320} = 0.001504$$

0.001504 < 0.0020 entonces se toma como Fqm 0.002

$$\text{Sector 2} \quad F_{qm} = \frac{0.4212}{280} = 0.001504$$

0.001504 < 0.0020 entonces se toma como Fqm 0.002

$$\text{Sector 3} \quad F_{qm} = \frac{0.5792}{385} = 0.001504$$

0.001504 < 0.0020 entonces se toma como Fqm 0.002

$$\text{Sector 4} \quad F_{qm} = \frac{0.6243}{415} = 0.001504$$

0.001504 < 0.0020 entonces se toma como Fqm 0.002

### **2.3.7 Caudal de diseño**

Es el caudal para el cual se diseña un tramo del sistema de alcantarillado, cumpliendo con los requerimientos de velocidad y tirante hidráulico. Este caudal puede ser integrado de dos formas:

$$a) Q.\text{dis.} = FH * (Q \text{ dom} + Q \text{ otros})$$

$$b) Q.\text{dis.} = \#hab. * Fqm * FH$$

Donde:

FH = Factor de Harmond

Q.dom. = Caudal doméstico (lts/seg.)

Q.otros = Suma de otros caudales (conexiones ilícitas, comercial, industrial, etc.)

# Hab. = Número de habitantes

Fqm = Factor de caudal medio (lts/seg/hab)

Q. dis = Caudal de diseño

Para este diseño se tomó la segunda opción

$$Q. \text{ dis.} = 320 \times 4.07 \times 0.0020 = 2.60 \text{ lts/seg. Sector 1}$$

$$Q. \text{ dis.} = 280 \times 4.09 \times 0.0020 = 2.29 \text{ lts/seg. Sector 2}$$

$$Q. \text{ dis.} = 385 \times 4.03 \times 0.0020 = 3.10 \text{ lts/seg. Sector 3}$$

$$Q. \text{ dis.} = 415 \times 4.01 \times 0.0020 = 3.32 \text{ lts/seg. Sector 4}$$

La diferencia entre las expresiones a y b puede notarse cuando las poblaciones son muy grandes, aunque la primera expresión es mejor por integrar todos los caudales reales que se producen en un tramo de tubería, pero puede producir diámetros mayores, haciendo el proyecto más oneroso.

Para el presente estudio se aplicó la expresión b por adecuarse más a las circunstancias, y sabiendo que en poblaciones pequeñas no se marca una diferencia significativa entre una forma de integrar el caudal y la otra.

### 2.3.8 Secciones y pendientes

En general en el diseño se utilizarán, secciones circulares de tubería PVC, estas tuberías funcionan como canales para que el agua circule por acción de la gravedad y sin ninguna presión. Se recomienda que la pendiente utilizada en el diseño sea la misma del terreno, para evitar sobrecostó por excavación excesiva, siempre y cuando cumpla con las relaciones hidráulicas y las velocidades permisibles.

Generalmente dentro de las viviendas se sugiere utilizar una pendiente mínima del 2%, lo que asegura un arrastre de las excretas. En las áreas donde la pendiente del terreno es muy poca, se recomienda, en la medida de lo posible, acumular la mayor cantidad de caudales, para que generen una mayor velocidad.

Las ecuaciones que generalmente se utilizan para el cálculo son:

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

$$V = 0.03429/n * D^{(2/3)} * S^{(1/2)} \quad (\text{sistema métrico})$$

De donde:

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

R= radio hidráulico igual a la sección del tubo entre el perímetro mojado

D= diámetro de la sección circular (metros)

S= pendiente de la gradiente hidráulica (m/m)

n= coeficiente de rugosidad de Manning

Donde n varía de 0.007 y 0.011 esto para tubería de PVC

### **2.3.9 Velocidades máximas y mínimas**

La velocidad mínima tiene como objetivo principal evitar que no ocurra el efecto de sedimentación de los sólidos, pero también es de mucha importancia tomar en cuenta las velocidades altas que producen efectos dañinos, debido a que los sólidos en suspensión provocan un efecto desgastador a la tubería, por lo cual se recomienda una velocidad máxima de 5.00 m/s. (para tubería P.V.C. norma ASTM 3034) y de 0.40 m/s la mínima.

### **2.3.10 Cotas Invert**

Se denomina cota invert a la distancia que existe entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel inferior de la tubería, debe verificarse que la cota Invert sea al menos igual a la que asegure el recubrimiento mínimo necesario de la tubería. Para calcular las cotas Invert se toma como base la pendiente del terreno y la distancia entre pozos.

Las cotas del terreno, al igual que los puntos de entrada y salida de la tubería del alcantarillado, deben calcularse de la siguiente manera:

H min. = Altura mínima que depende del tránsito que circule por las calles

CI = Cota Invert inicial

CTi = Cota del terreno inicial

CTf = Cota del terreno final

CIS = Cota Invert de la tubería de entrada

D = Distancia horizontal

S% = Pendiente del terreno o tubería

CTf = CTi – (Do \* S% terreno)

Ecuaciones para calcular las cotas Invert.

$$S\% = (CT_i - CT_f / D_o) * 100 = (\%)$$

$$ET = (Dia_{T.C.} * 0.30) / 100 = (m)$$

$$CI = CT - (H \text{ mínima} + Et + \text{Diámetro tubo})$$

$$CIE_2 = CI - D_o * S\% \text{ tubo}$$

CIS = Dependerá de las condiciones especificadas.

$$CIE_3 = CIS_2 - DI * S\% \text{ tubo}$$

$$H \text{ pozo} = CT - CIS.$$

### **2.3.11 Diámetro de la tubería**

El diámetro mínimo de la tubería según las normas del Instituto de Fomento Municipal, que se debe utilizar para sistemas de drenaje sanitario es mínimo de 8", cuando se utilice tubería de concreto y de 6" cuando se utilice tubería de PVC; para las conexiones domiciliarias el diámetro mínimo con tubería de concreto es de 6" y de 4" para PVC.

### **2.3.12 Profundidad de la tubería**

La determinación de la profundidad de la tubería, se hace mediante el cálculo de las cotas Invert, en todo caso se debe verificar que la tubería tenga un recubrimiento adecuado, para no dañarse con el paso de vehículos y peatones o que se quiebre por la caída o golpe de algún objeto pesado.

El recubrimiento mínimo es 1.20 metros para áreas de circulación de vehículos, en algunos casos, puede utilizarse un menor recubrimiento menor, pero se debe de estar seguro sobre el tipo de circulación que habrá en el futuro en esa área. A continuación se establecen las profundidades mínimas según el diámetro de la tubería y el tipo de tráfico.

**Tabla VI. Profundidades mínimas según el diámetro de la tubería**

DIÁMETRO	TRÁFICO NORMAL	TRÁFICO PESADO
8"	122	142
10"	128	148
12"	138	158
16"	141	151
18"	150	170
21"	158	178
24"	166	186
30"	184	204
36"	199	219
42"	214	234

**Fuente:** Edgar, Barrillas Ramírez, **Diseño de la red de alcantarillado sanitario de las aldeas: La Majada, del municipio de Zacapa y Antobrán, del municipio de Zacapa.** Pág. 27

Si en el fondo de la zanja se encuentra agua, se utilizará a manera de filtro una capa de grava (1/2" máximo) de un espesor de 15 centímetros. En el relleno de la zanja se utilizará material que dé una compactación adecuada.

El ancho de la zanja es muy importante para evitar el exceso de excavación y que a la vez permita trabajar dentro de ésta. A continuación se presentan los valores de profundidad de la tubería y ancho de la zanja, la que depende del diámetro y profundidad de la tubería.

**Tabla VII. Profundidad de la tubería y ancho de la zanja**

DIÁMETRO PULGADAS	DE A	0.00 1.30	1.31 1.85	1.86 2.35	2.36 2.85	2.86 3.35	3.36 3.85	3.86 4.35	4.36 4.85	4.86 5.35	5.36 5.85	5.86 6.35
6		60	60	65	65	70	70	75	75	75	80	80
8		60	60	65	65	70	70	75	75	75	80	80
10			70	70	70	70	70	75	75	75	80	80
12			75	75	75	75	75	75	75	75	80	80
15			90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
18			110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
21			110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
24			135	135	135	135	135	135	135	135	135	135
30			135	135	155	155	155	155	155	155	155	155
36				175	175	175	175	175	175	175	175	175
42					190	190	190	190	190	190	190	190
48					210	210	210	210	210	210	210	210
60					245	245	245	245	245	245	245	245
72						280	280	280	280	280	280	280
84						320	320	320	320	320	320	320

**Fuente:** Edgar, Barrillas Ramírez, **Diseño de la red de alcantarillado sanitario de las aldeas: La Majada, del municipio de Zacapa y Antobrán, del municipio de Zacapa.** Pág. 25

### 2.3.13 Pozos de visita

Éstos forman parte del sistema de alcantarillado y proporcionan acceso a éste, para la operación y mantenimiento por gravedad.

Comúnmente los pozos de visita están en las intersecciones de las calles, entre 90 y 100 metros. El intervalo puede ser mayor en materiales como PVC, que disminuyen los problemas de limpieza y mantenimiento, comparado con otros tipos de tubería que tienen pobres características de flujo y son propensos a penetración de raíces y pueden tener algún daño. En este diseño se estimó la longitud máxima de 100 metros.



Los pozos de visita serán construidos para este caso de mampostería de ladrillo. La forma en la cual se construyen está establecida por algunas instituciones que tienen a su cargo las construcciones de sistemas de alcantarillas.

Un pozo de visita está constituido por las siguientes partes

El ingreso es circular, tiene un diámetro entre 0.60 a 0.75 metros, la tapadera descansa sobre un brocal, ambos construidos de concreto reforzado, el cono tiene una altura máxima de 1.20 metros, el cual termina en la parte cilíndrica del pozo con un diámetro de 1.20 metros. La altura del cilindro dependerá de la profundidad en la que se encuentre la alcantarilla, las paredes del pozo están impermeabilizadas con repello más un cernido liso, el fondo está conformado de concreto. Para realizar la limpieza o inspección de los pozos profundos se deben de colocar escalones, los cuales serán de hierro y estarán empotrados en las paredes del pozo de visita.

Para el presente diseño se colocaran pozos de visita 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 metros
- En curvas no más de 30 metros
- Alivio o cambio de pendiente y dirección

#### **2.3.13.1 Elementos de un alcantarillado sanitario**

El diseño de la red de alcantarillado sanitario, debe tomar en cuenta todos los elementos que lo forman, para un buen funcionamiento.

Estos elementos se deben diseñar y construir de acuerdo a las normas establecidas para que puedan proporcionar el servicio que se espera, estos elementos son

- Acometida domiciliar
- Candela
- Colector principal
- Pozos de visita
- Fosas sépticas
- Planta de tratamiento

#### **2.3.14 Conexiones domiciliarias**

Tienen la finalidad de descargar las aguas provenientes de las casas o edificios y llevarlas al alcantarillado central.

Constan de las siguientes partes

Caja o candela: la conexión se realiza por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de concreto colocados verticalmente. El lado menor de la caja será de 45 centímetros, si fuese circular tendrá un diámetro no menor de 12 pulgadas; éstos deben estar impermeabilizados por dentro y tener tapadera para realizar inspecciones.

El fondo tiene que ser fundido de concreto, dejando la respectiva pendiente para que las aguas fluyan por la tubería secundaria y pueda llevarla al alcantarillado central; la altura mínima de la candela será de 1 metro. Para este caso la candela será de concreto con un diámetro de 12”.

Tubería secundaria: la conexión de la candela domiciliar con la tubería central se hará por medio de la tubería secundaria, la cual tiene un diámetro mínimo de 6" pulgadas en tubería de concreto y de 4" pulgadas en tubería de PVC, debe tener una pendiente mínima de 2%, a efecto de evacuar adecuadamente el agua.

La conexión con la alcantarilla central se hará en el medio diámetro superior, a un ángulo de 45 grados aguas abajo. Al realizar el diseño del alcantarillado deben considerarse las alturas en las cuales se encuentran las casas con relación a la alcantarilla central, y con esto no profundizar demasiado la conexión domiciliar, en algunos casos esto resulta imposible por la topografía del terreno. Para este caso se utilizará tubería de PVC con un diámetro de 4".

## **2.4 Tratamiento de aguas servidas**

Las aguas negras son líquidos turbios que contienen sólidos en suspensión, provenientes de las actividades de los seres humanos. Frescas son de color gris y olor a moho, con el tiempo cambian a un color negro y su olor es desagradable. Aun cuando en las aguas negras sanitarias solo el 0.01 % de su peso es de sólidos, requieren tratamiento para evitar cualquier problema.

Las razones para tratar las aguas negras se resumen de la siguiente forma

### Consideraciones higiénicas

Eliminar o reducir al máximo los organismos patógenos de origen entérico, para evitar la contaminación que contribuya a trastornos en la salud de las personas.

### Consideraciones estéticas

Eliminar todas aquellas materias orgánicas o de otro tipo que son ofensivas para el bienestar y salud de las comunidades.

### Consideraciones económicas

Las aguas sin tratamiento diluidas a un río, lago etc. podrían desvalorizar la propiedad, perjudica los servicios de agua para consumo humano, industrial así como el agua para regadillo.

#### **2.4.1 Importancia de las aguas negras**

Dentro de los problemas en general de una región existe un aspecto muy importante el cual es la salud, del que depende el bienestar de su población y que está ligado al tema de la utilización de los sistemas de tratamiento de aguas negras residuales.

Una forma de contribuir al mejoramiento de la salud de una región, que se caracteriza por la alta incidencia de enfermedades, es el tratamiento de las aguas residuales, ya sea para disponerlas a cuerpo receptores o para reutilizarlas.

El objetivo primordial del tratamiento de aguas residuales es que se debe evitar la contaminación de mares, ríos, lagos, que en realidad son las fuentes con que se cuenta para utilizar tan vital elemento como lo es el agua.

#### **2.4.2 Proceso de tratamiento**

Para la disposición final de las aguas residuales, es necesario darle un tratamiento para prevenir la contaminación de los cuerpos receptores.

Para que no puedan interferir con los usos como pesca, agua de abastecimiento público, riego o para cualquier otro uso.

El propósito del tratamiento de las aguas residuales consiste en separar de éstas la materia orgánica soluble y remoción de patógenos antes de ser descargadas a cuerpos receptores. A pesar de que son muchos los métodos usados para el tratamiento de las aguas negras todos pueden incluirse dentro de los siguientes procesos.

#### **2.4.2.1 Tratamiento preliminar**

También llamado pre-tratamiento. Se puede decir que es el conjunto de unidades cuya finalidad es eliminar materiales que perjudiquen el sistema de conducción; es decir proteger el equipo instalado en la planta como las bombas y también son utilizados para facilitar los procesos subsecuentes, los dispositivos que se emplean generalmente son:

- a) Rejas de barras, rejillas y cribas
- b) Desmenuzadores (cortadoras, trituradores y otros)
- c) Desarenadores
- d) Tanques de preaireación

#### **2.4.2.2 Tratamiento primario**

El objetivo de estas unidades es la remoción de sólidos en suspensión, lo que se puede realizar por medio de procesos físicos como la sedimentación (asentamiento), en los que se logra eliminar de un 40% a un 60% de sólidos, al agregar químicos (coagulación y floculación) se eliminan de un 80% a 90% del total de los sólidos. Otro proceso es la filtración.

Las unidades empleadas tratan de disminuir la velocidad de las aguas negras para que se sedimenten los sólidos, los dispositivos más utilizados son

- a) Tanques sépticos
- b) Tanques de doble acción (Inhoff)
- c) Tanques de sedimentación simple con eliminación de lodos manual
- d) Reactores anaerobios de flujo

### Sedimentación

Una vez eliminada la fracción mineral sólida, el agua pasa a un depósito de sedimentación donde se depositan los materiales orgánicos que son retirados para su eliminación. El proceso de sedimentación puede reducir de un 20% a un 40% la DBO5 y de un 40% a un 60% los sólidos en suspensión.

La tasa de sedimentación se incrementa en algunas plantas de tratamiento industrial incorporando procesos llamados coagulación y floculación químicas al tanque de sedimentación. La coagulación es un proceso que consiste en añadir químicos (como el sulfato de aluminio, el cloruro férrico) a las aguas residuales; esto altera las características superficiales de los sólidos en suspensión.

La floculación provoca la aglutinación de los sólidos, ambos procesos eliminan más del 80% de los sólidos.

### Flotación

Una alternativa a la sedimentación utilizada en el tratamiento de algunas aguas residuales, en la que se fuerza la entrada de aire en las mismas a presiones de entre 1.75 y 3.5 kg. /cm<sup>2</sup>.

El agua residual supersaturada de aire se descarga a continuación en un depósito abierto.

La ascensión de las burbujas de aire hace que los sólidos en suspensión suban a la superficie de donde son retiradas. La flotación puede eliminar más de un 75% de los sólidos.

### **2.4.2.3 Tratamiento secundario**

Una vez eliminados los sólidos de un 40% a un 60% y reducida de un 20% a un 40% la DBO5 por medios físicos en el tratamiento primario, el tratamiento secundario reduce la cantidad de materia orgánica en el agua.

Por lo general los procesos microbianos empleados son aeróbicos, es decir los microorganismos actúan en presencia de oxígeno. El tratamiento secundario supone emplear y acelerar los procesos naturales de eliminación de los residuos. En presencia del oxígeno las bacterias aeróbicas convierten la materia orgánica en formas estables como dióxido de carbono, agua, nitratos y fosfatos.

La producción de materia orgánica nueva es un resultado directo de los procesos de tratamiento biológico y debe eliminarse antes de descargar el agua en el cuerpo receptor.

Los dispositivos que se usan en el tratamiento secundario pueden dividirse en:

- Tanques de aireación
- Filtro percolador
- Filtros de arena interminante
- Lechos de contacto
- Lagunas de estabilización

Dependiendo de la forma en que están soportados los microorganismos, las unidades de tratamiento pueden ser:

a) Con microorganismos fijos

- Filtro anaerobio
- Reactor tubular de película fija
- Biodiscos ( filtros rotativos)

b) Con microorganismos suspendidos

- Lagunas aerobias
- Lagunas anaerobias
- Lagunas facultativas
- Lagunas airadas
- Lodos activados
- Zanjas de oxidación

#### **2.4.2.4 Tratamiento terciario**

Si el agua que ha de recibir el vertido requiere un grado de tratamiento mayor que el que puede aportar el proceso secundario, o si el efluente va a reutilizarse es necesario un tratamiento avanzado. A menudo se usa el término tratamiento terciario como sinónimo de tratamiento avanzado, pero no son exactamente los mismos. El tratamiento terciario o de tercera fase suele emplearse para eliminar el fósforo mientras que el tratamiento avanzado podría incluir pasos adicionales para mejorar la calidad del efluente y eliminar los contaminantes recalcitrantes.



Hay procesos que permiten eliminar más de un 99% de los sólidos en suspensión y reducir el DBO5 en similar cantidad. Si se pretende la reutilización del agua residual la desinfección por tratamiento con ozono es el método más fiable.

### **2.4.3 Características del agua residual**

Las aguas residuales contienen diversas sustancias de origen natural y artificial, que pueden ser dañinas para el hombre, animales y el ambiente.

Depende del origen y tratamiento en su escala, aparte de sus propiedades físicas las aguas naturales contienen componentes de sustancias activas e inactivas. Las aguas de lluvia adquieren partículas orgánicas e inorgánicas en su paso por la atmósfera.

#### **2.4.3.1 Aguas negras frescas**

Son las aguas negras en su estado inicial inmediatamente después de que han agregado los sólidos al agua.

Contienen el oxígeno presente en el agua del abastecimiento y permanecen frescas mientras haya oxígeno suficiente para mantener la descomposición aeróbica. Esta agua es turbia, con sólidos en suspensión o flotando, generalmente de color grisáceo y con mal olor.

#### **2.4.3.2 Aguas negras sépticas**

Son aguas en las que se ha agotado completamente el oxígeno, de manera que han entrado en descomposición anaeróbica.

Con la siguiente producción de ácido sulfhídrico y de otros gases, su color es negrusco, su olor es fétido, se caracterizan también por tener sólidos en suspensión de color negro.

#### **2.4.3.3 Aguas negras estabilizadas**

Son las aguas en las cuales los sólidos fueron descompuestos hasta convertirlos en sólidos relativamente inertes, que no están sujetos a descomposiciones posteriores o que son descompuestos lentamente.

El oxígeno disuelto está nuevamente presente por haber sido absorbido de la atmósfera, su olor es ligero o casi nulo y tienen pocos sólidos en suspensión.

#### **2.4.4 Selección del tipo de tratamiento**

El propósito del tratamiento de aguas negras, previo a su eliminación por dilución consiste en separar los sólidos orgánicos e inorgánicos y mejorar la calidad de agua en el efluente. Tomando en cuenta la situación de muchas aldeas, caseríos que tendrán como cuerpo receptor un río, deberán de tomarse en cuenta los siguientes factores para la selección del tipo de tratamiento

- Eficiencia del tipo de tratamiento
- Costo del tipo de tratamiento
- Topografía
- Caudal

### Eficiencia del tipo de tratamiento

Una planta de tratamiento debe diseñarse para anular de las aguas negras la cantidad suficiente de sólidos orgánicos e inorgánicos que permitan la disposición final, es importante que el tipo de tratamiento que se utilice sea eficiente y que tenga un óptimo rendimiento.

### Costo del tipo de tratamiento

El costo del tipo de tratamiento debe de ir relacionado con las posibilidades con que cuente la municipalidad respectiva, el tipo de terreno donde será ubicado el sistema de tratamiento, y el área disponible. No servirá de nada hacer un diseño de una planta de tratamiento de un costo alto, sino es posible su construcción. Además, se le tiene que dar un mantenimiento sencillo y adecuado.

### Topografía

La topografía del terreno en donde se colocará la planta de tratamiento es un factor que se debe de tomar en cuenta para la elección, cuando más se adapta a la topografía del lugar, más económico saldrá el proceso de tratamiento.

#### **2.4.5 Propuesta de las unidades de tratamiento**

La autopurificación es el lineamiento principal para determinar los procesos de tratamiento, el grado de tratamiento dependerá de un lugar a otro, pero existen tres factores que determinan este

- a) Las características y la cantidad de sólidos acarreados por las aguas negras.
- b) Los objetivos que se propongan en el tratamiento.
- c) La capacidad del terreno cuando se dispongan las aguas negras para irrigación.

Un tratamiento adecuado previo a la disposición de las aguas negras es necesario bajo objetivos predeterminados, sin embargo, hay que tener en cuenta factores como espacio disponible para las instalaciones, topografía del terreno, costo de la construcción y mantenimiento requerido para seleccionar las unidades adecuadas a la población.

En esta oportunidad se hizo la recomendación de construir una planta de tratamiento para cada sector, dicho tratamiento consistirá en un tratamiento primario por medio de fosas sépticas.

#### **2.4.5.1 Fosa séptica**

La fosa séptica es uno de los más antiguos dispositivos para la evacuación de excretas y otros residuos. Se puede definir como un estanque cubierto y hermético.

Construido de piedra, ladrillo, concreto armado, es generalmente de forma rectangular, diseñada para que las aguas negras se mantengan a una velocidad muy baja, por un tiempo determinado, que oscila entre 12 y 72 horas. Durante el cual se efectúa un proceso anaerobio de eliminación de sólidos.

#### **2.4.5.2 Funciones de la fosa séptica**

Los desechos líquidos sin ningún tratamiento obstruirán casi todas las formaciones más porosas de grava, la fosa séptica acondiciona las aguas negras para que estén en capacidad de infiltrarse con mayor facilidad en el subsuelo.

Se deduce que la función más importante de una fosa séptica es asegurar la protección para conservar la capacidad de absorción del suelo. Para lograr esta protección deberán cumplirse tres funciones:

- a) Eliminación de sólidos
- b) Proceso biológico de descomposición
- c) Almacenamiento de natas y lodos

Los principales factores que deben de tenerse en cuenta para fijar la capacidad y dimensiones del depósito séptico son:

- Volumen y espacio necesarios para acumulación de fangos, para un período de limpieza de 2 a 3 años.
  
- Relación longitud: ancho longitud: 2 a 3  
Ancho 1 a 1
  
- El período de retención, varía de 1 a 3 días y suele ser de 24 horas.

#### Localización de la fosa séptica

- Tomar en cuenta la limpieza
  
- A 15 metros de edificaciones como mínimo
  
- No debe estar en zonas pantanosas

#### Recomendaciones

- a) Cuando el caudal promedio oscile entre 1,900 y 5,700 lts. /día  
 $1,900 < QP < 5,700$  lts. /día, el volumen útil será igual a  $Vol = 1.5 * Q.P$
- b) Cuando el caudal promedio oscile entre 5,700 y 37,800 lts. /día  
 $5,700 < QP < 37,800$  lts. /día, el volumen útil será igual a  $Vol = 4260 + 0.75 * QP$

- c) Altura mínima 0.75 a 1.50 m.
- d) Volumen mínimo de 1,900 lts/seg

### 2.4.5.3 Diseño de la fosa séptica

Sector 1

320 habitantes

100 lts/hab/día

32,000 lts/día

Como  $5,700 < 32,000 < 37,800$  entonces  $V \text{ útil} = 4260 + 0.75QP$

$QP = 32,000$

Volumen útil =  $4260 + 0.75 * (32,000) = 28260$

Vol. =  $28,260 / 1000 = 28.26 \text{ m}^3$

Vol. =  $h * A$

Donde  $h$  = altura útil

se asume una altura útil de 1.50 m.

$A$  = Área

$28.26 \text{ m}^3 = 1.50 \text{ m} * A$

$A = (28.26 \text{ m}^3) / (1.50 \text{ m}) = 18.84 \text{ m}^2$

$A = L * a$

Donde  $L$  = longitud (m.) =  $2a$

$a$  = ancho (m.)

$A = L * a$

$18.84 \text{ m}^2 = (2*a)*a$      $18.84 \text{ m}^2 = 2 * a^2$

$a = (18.84/2)^{(1/2)}$   $a = 3.06 \text{ m}$

$L = 2 * a$

$L = 2 * 3.06$

$L = 6.12 \text{ m}$ .

Las medidas de la fosa séptica para el sector 1 son:

Alto = 1.50 m.  
Ancho = 3.06 m.  
Largo = 6.12 m.

De la misma manera se calcularan los otros sectores

Sector 2  
280 habitantes  
100 lts/hab/día  
28,000 lts/día

Las medidas de la fosa séptica para el sector 2 son:

Alto = 1.50 m.  
Ancho = 2.90 m.  
Largo = 5.80 m.

Sector 3  
385 habitantes  
100 lts/hab/día  
38,500 lts/día  
Como  $38,500 > 37,800$  entonces 2 fosas sépticas  
 $38,500/2 = 19,250$   
QP = 19,250

Las medidas de la fosa séptica para el sector 3 son:

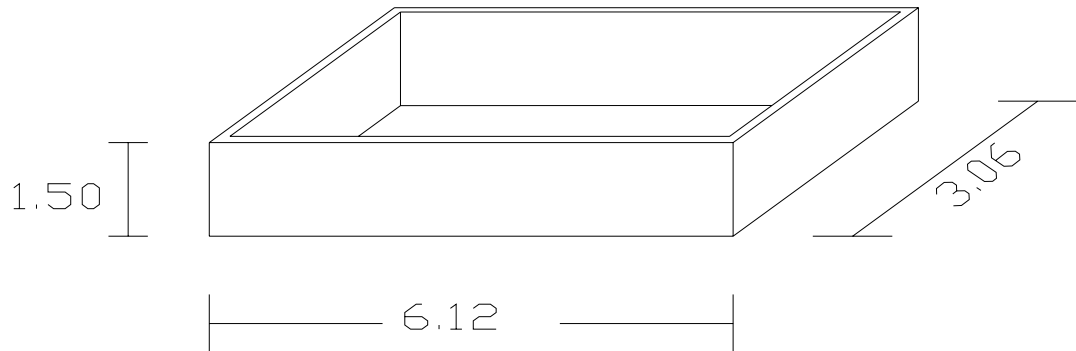
Alto = 1.50 m.  
Ancho = 2.49 m.  
Largo = 4.98 m.

Sector 4  
415 habitantes  
100 lts/hab/día  
41,500 lts/día  
Como  $41,500 > 37,800$  entonces 2 fosas sépticas  
 $41,500/2 = 20,750$   
QP = 20,750

Las medidas de la fosa séptica para el sector 4 son:

Alto = 1.50 m.  
Ancho = 2.49 m.  
Largo = 4.98 m.

**Figura 1. Diseño estructural de la fosa séptica**



Largo de la fosa = 6.12 m

Ancho de la fosa = 3.06 m

Altura = 1.50 m

Espesor de pared  $e = 0.10$  m = tapadera

Espesor losa de piso = 0.10 m

$F_y = 2,800$  kg. /cm<sup>2</sup>

$F'_c = 210$  kg. /cm<sup>2</sup>

$V_s = 15$  ton/m<sup>2</sup>

Peso específico del concreto = 2,400 kg. /m<sup>3</sup>

Peso específico del suelo = 1,600 kg. /m<sup>3</sup>

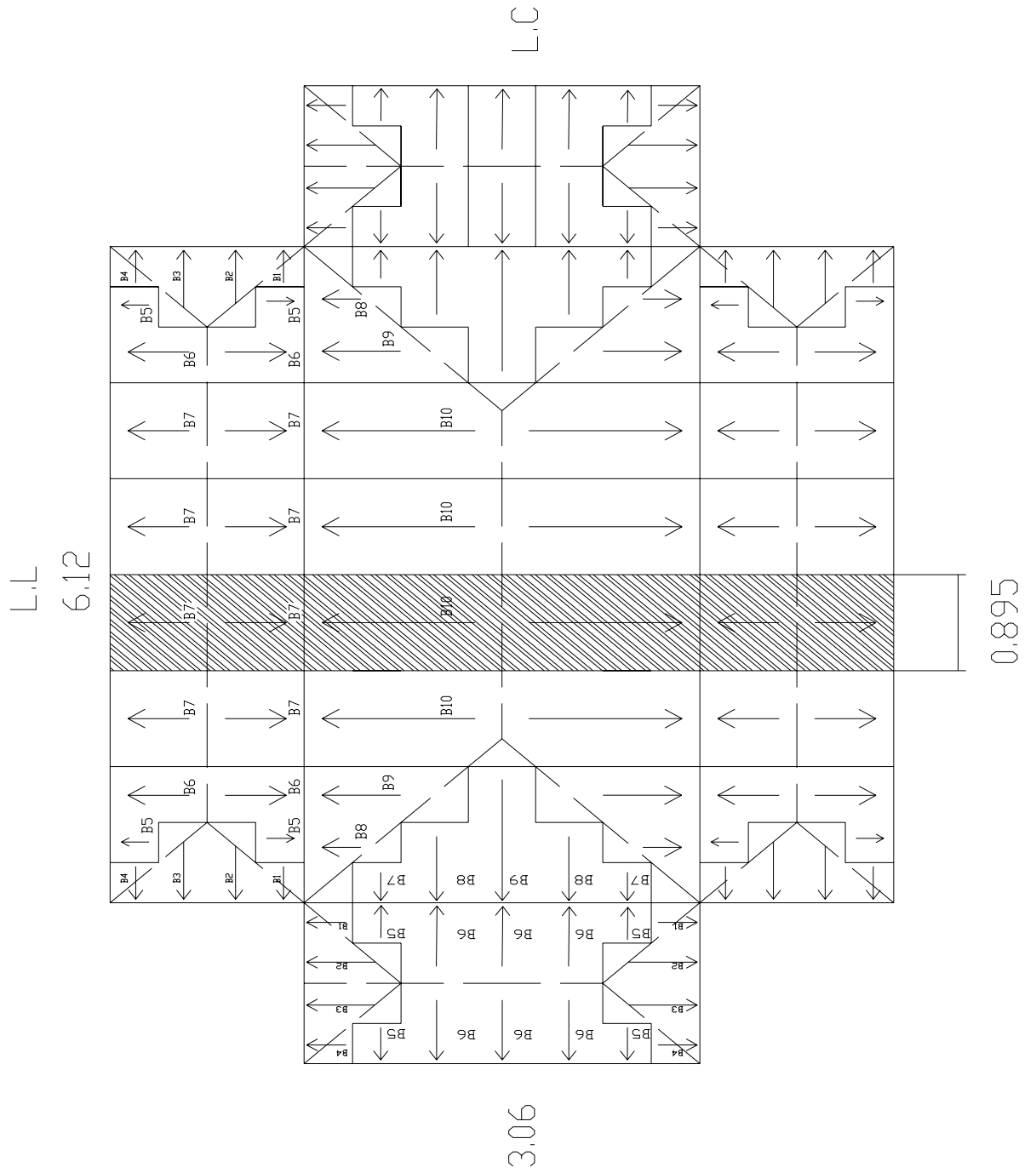
$K_a$  = constante de Ranking = 0.33

CM = Coeficiente de empuje lateral del suelo = 1.40

Peso específico del agua = 1,000 kg. /m<sup>3</sup>



Figura 2. Distribución de bandas



a) Presión sobre el fondo de la fosa

$$P = F / A \quad F = (P \text{ agua} + P \text{ tanque} + P \text{ tapadera})$$

$$P \text{ agua} = (1.50 \times 2.86 \times 5.92) \times 1 \text{ T/m}^3 = 25.40 \text{ Ton}$$

$$P \text{ fosa} = (1.50 \times 3.06 \times 0.10 \times 2) \times 2.4 \text{ T/m}^3 = 2.20 \text{ T}$$

$$+ (1.50 \times 5.92 \times 0.10 \times 2) \times 2.4 \text{ T/m}^3 = 4.26 \text{ T}$$

$$\text{Losas} = (6.12 \times 3.06 \times 0.10) \times 2.4 \text{ T/m}^3 = 4.49 \text{ T}$$

$$\text{Tapadera} = (6.12 \times 3.06 \times 0.10) \times 2.4 \text{ T/m}^3 = 4.49 \text{ T}$$

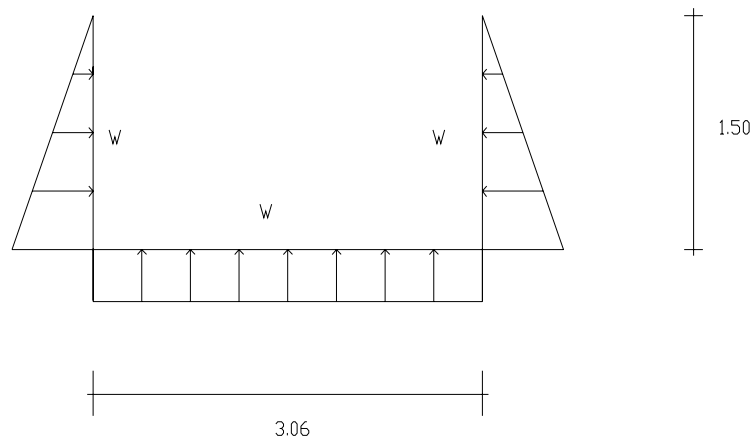
Sumatoria de las presiones = 40.84 T

$$P = \frac{40.84 \text{ Ton}}{6.12 \times 3.06} = 2.18 \text{ T/m}^2 < 15 \text{ T/m}^2$$

b) Analisis de bandas

Caso 1: banda 7 en pared LL con banda 10 losa LC

**Figura 3. Diagrama de cargas**



b) Determinación de las cargas

Bandas verticales

$$W = CM \times Ka \times H \times A \times \text{peso específico del suelo}$$

$$A = \text{Ancho de banda } 0.895 \text{ m}$$

$$W = 1.40 \times 0.33 \times 1.50 \text{ m} \times 0.895 \text{ m} \times 1.60 \text{ T/m}^3$$

$$W = 0.99 \text{ T/m}$$

Banda horizontal en losa

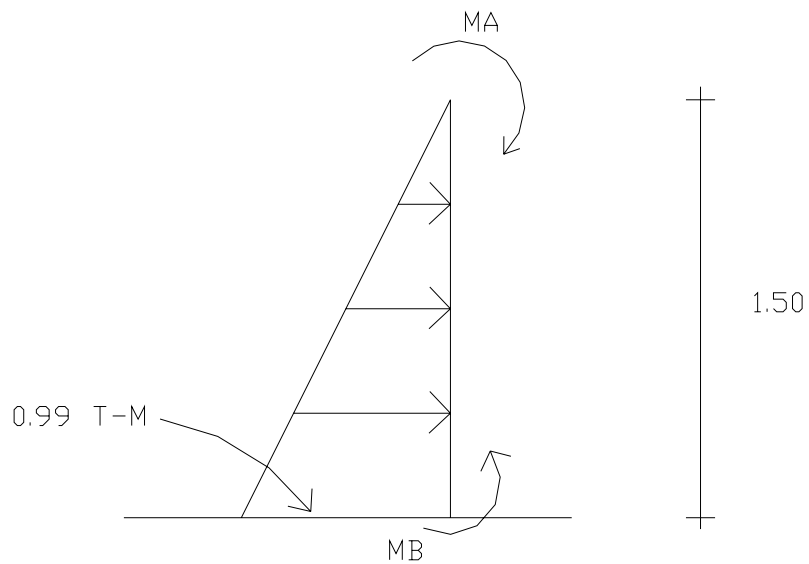
$$W = CM \times \text{peso específico del concreto } \times e \times A$$

$$W = 1.40 \times 2.4 \text{ T/m}^3 \times 0.10 \text{ m} \times 0.895 \text{ m}$$

$$W = 0.30 \text{ T/m}$$

c) Determinación de momentos fijos

**Figura 4. Aplicación de las fuerzas en banda vertical**



$$M_A = (W X^3/L) (2X^2/3L^2 - X/L + 2/3) = 1/8 WL^2(1/10 - 1/2 + 2/3)$$

X en función de L/2  
8/30

$$\frac{3 - 15 + 20}{30} =$$

$$W (L/2)^3/L = \frac{WL^3}{\frac{8/L}{1}} = \frac{WL^3}{8L} = 1/8 WL^2$$

$$\frac{2X^2}{5L^2} = \frac{2(L/2)^2}{5L} = \frac{2L^2}{4 \cdot 5L^2} = \frac{2L^2}{20L^2} = 1/10$$

$$\frac{(L/2)}{L} = \frac{L/2}{L/1} = L/2L = 1/2$$

Entonces  $1/8 WL^2(8/30) = WL^2/30$

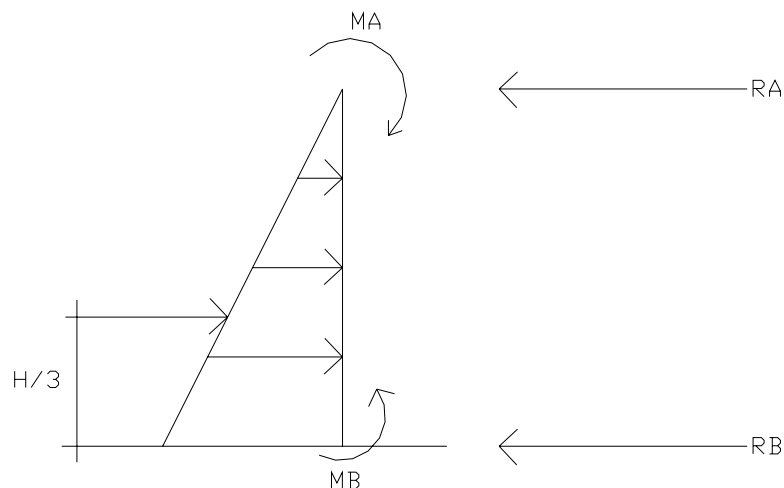
$$M_A = WL^2/30 = 0.99 \text{ T/m} (1.50 \text{ m})^2 / 30 = 0.07 \text{ T} - \text{m}$$

$$R_A = 12 M_A L^2 - 2WX^3 L + 3WX^2 L^2 / 6L^3$$

$$R_A = 12(0.07)(1.50)^2 - 2(0.99)(1.50/2)^3 (1.50) + 3 (0.99)(1.50/2)^2 (1.50)^2 / 6(1.50^3)$$

$$R_A = 0.22 \text{ T}$$

**Figura 5. Cálculo del momento en B**



$$M_B = 0$$

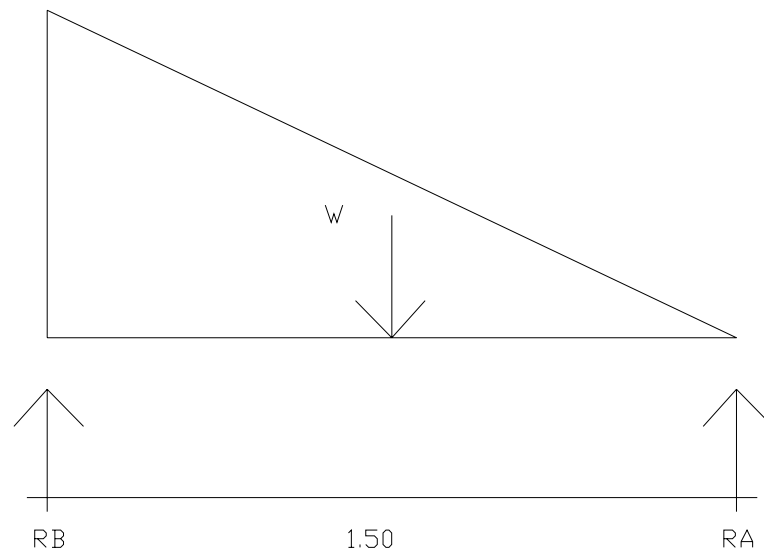
$$M_B + 0.22T (1.50) - 0.07 T - M - \frac{0.99 T/m (1.50)(0.5)}{2}$$

$$M_B + 0.33 - 0.07 - 0.37 = 0$$

$$M_B = 0.07 + 0.37 - 0.33$$

$$M_B = 0.11 T\cdot m$$

**Figura 6. Reacción en B**

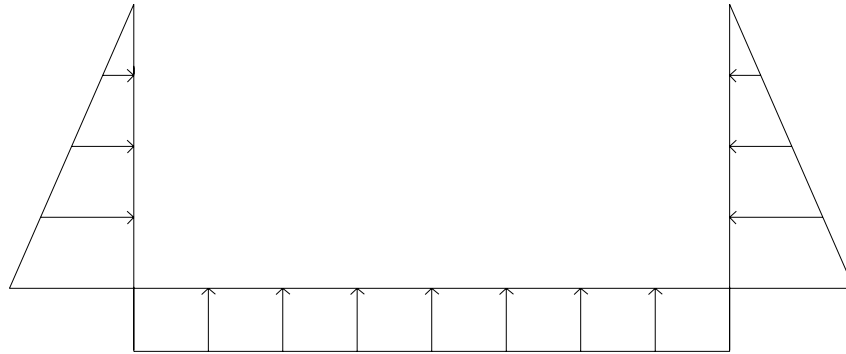


$$R_b - \frac{0.99 T/m (1.50)}{2} + 0.22 = 0$$

$$R_b = -0.22 + 0.74$$

$$R_b = 0.52 T$$

**Figura 7. Banda en la losa**



$$0 \leq X \leq L/2 \text{ parámetro } X = L/2$$

Aplicando fórmula

$$MF = WX^2 (3L - 2X) / 6L \quad \text{pero } X = L/2$$

$$MF = W (L/2)^2 (3L - 2(L/2)) / 6L = \frac{WL^2 (3L - L)}{4 \cdot 6L} =$$

$$\frac{2WL^3}{4 \cdot 6L} = \frac{1/2 WL^3}{6L/1} = WL^3 / 12L = WL^2 / 12$$

Entonces

$$MF = (0.30 \text{ T/M}) (3.06 \text{ m})^2 / 12 = 0.23 \text{ T-m}$$

Momento en centro

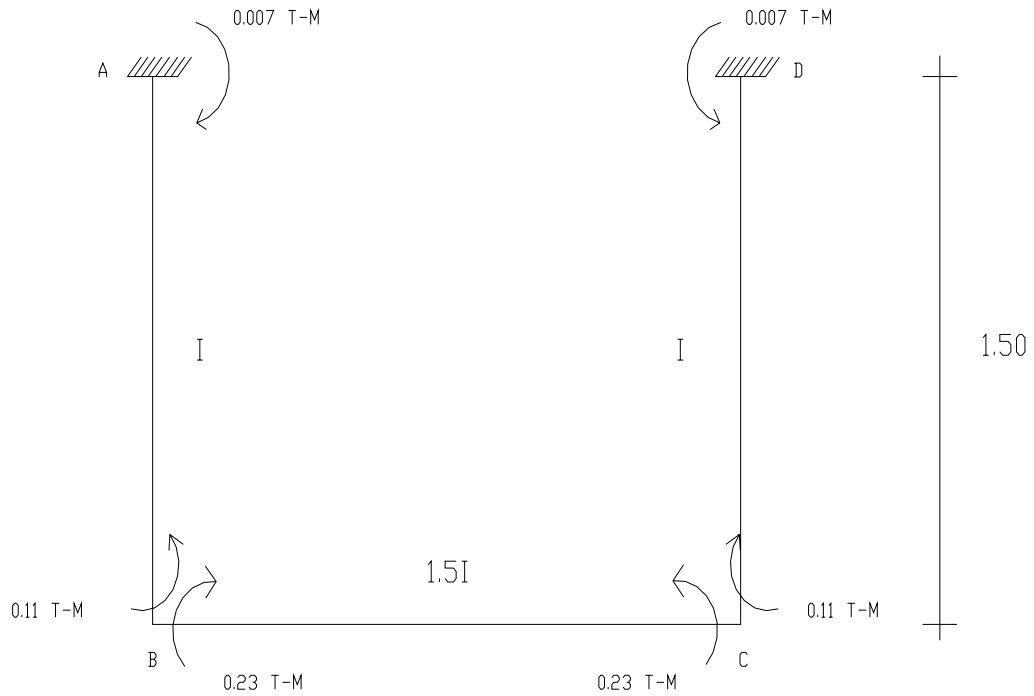
Aplicando la fórmula

$$MC = WX^3 / 3L = W (L/2)^3 / 3L = \frac{WL^3}{8 \cdot 3L} = WL^3 / 24L = WL^2 / 24$$

$$MC = (0.30 \text{ T/m}) (3.06 \text{ m})^2 / 24 = 0.12 \text{ T-m}$$

$$\text{Reacción} = WX \quad Ra = Rb = 0.30(3.06) / 2 = 0.45 \text{ T}$$

**Figura 8. Distribución de momentos**



Factor de distribución

$$\text{Rigidez } AB = 1/1.50 = 0.67 = CD$$

$$BC = 1.50/3.00 = 0.49$$

$$\text{Factor de distribución } AB = \frac{K_{AB}}{K_{AB} + 0} = 0.67/0.67 = 1.00$$

$$\text{Factor de distribución } BA = FD_{CD} = 0.67/(0.67+0.49) = 0.578$$

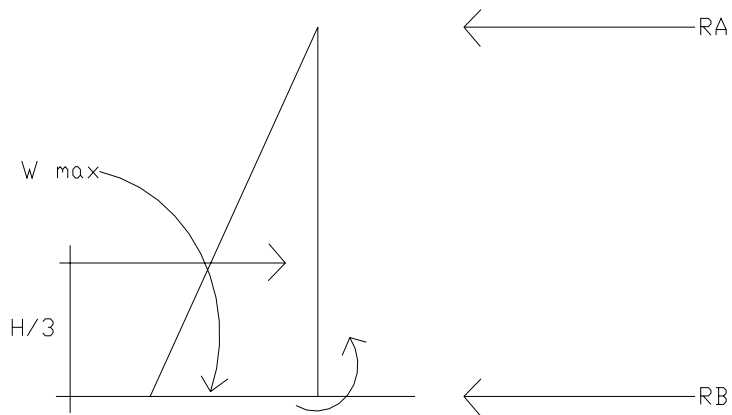
$$\text{Factor de distribución } BC = FD_{CB} = 0.49/(0.67+0.49) = 0.422$$

Se analizará sólo un lado por ser simétrico

**Tabla VIII. Determinación del momento de diseño**

Nodo	A	B		D		C
Miembro	AB	BA	BD	DB	DC	CD
K	0.67	0.49	0.49	0.49	0.49	0.67
FD	1.00	0.578	0.422	0.422	0.578	1.00
ME	-0.07	0.11	-0.23	0.23	-0.11	0.07
	0.07	0.139	0.101	-0.101	-0.139	-0.07
	0.0695	0.035	-0.0505	0.0505	-0.035	-0.0695
	-0.0095	0.009	0.0065	-0.0065	-0.009	0.0695
	0.0045	-0.03475	-0.00325	0.00325	0.03475	-0.0045
	-0.0045	0.02196	0.01604	-0.01604	-0.02196	0.0045
	0.01098	-0.00225	-0.00802	0.00802	0.00225	-0.01098
	-0.01098	0.005936	0.00433	-0.00433	-0.005936	0.01098
		0.283896	0.2839			
		0.2839	0.2839			

**Figura 9. Determinación de las reacciones reales en la banda vertical**



$$M_B = 0$$

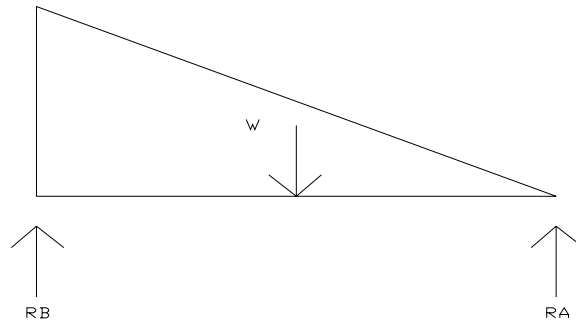
$$0.2839 + R_A (1.50) - \frac{W \times H}{2} \times \frac{H}{3} = 0$$

$$0.2839 + 1.50R_A = \frac{W (H)^2}{6} \quad R_A = \frac{(0.99(1.50)^2)/6 - 0.2839}{1.50} = 0.0582 \text{ T}$$



**Figura 10. Reacción en B**

$$F_Y = 0$$



$$R_B = 0.99(1.50)/2 + R_A = 0$$

$$R_B = 0.99(1.50)/2 + 0.0582$$

$$R_B = 0.7425 - 0.0582$$

$$R_B = 0.6843 \text{ T}$$

Punto de inflexión banda vertical

$$Y = 6R_A H / W$$

$$Y = 6(0.0582)(1.50)/0.99$$

$$Y = 0.73 \text{ m}$$

Punto de inflexión de las bandas horizontales y la losa

$$WY^2 - 2RY + 2M_{\text{real}} (-)$$

$$0.45Y^2 - 2(0.52)Y + 2(0.2839) = 0$$

$$0.45Y^2 - 1.04Y + 0.5678 = 0 \quad \text{Ecuación de 2do grado}$$

$$Y = \frac{-(-1.04) + \sqrt{(1.04)^2 - 4(0.45)(0.5678)}}{2(0.45)} = 1.426 \text{ está al límite}$$

$$Y = \frac{-(-1.04) - \sqrt{(1.04)^2 - 4(0.45)(0.5678)}}{2(0.45)} = 0.88$$

### **Momento positivo máximo en las paredes**

Banda vertical

Determinar  $Z = 2RAH/W$

$$Z = 2(0.0582)(1.50)/0.99$$

$$Z = 0.42 \text{ m}$$

Entonces el momento positivo máximo

$$M = (WZ^3/6H) - RAZ$$

$$M = (0.99(0.429^3)/6(1.50)) - (0.0582)(0.42)$$

$$M = -0.016 \text{ T- m}$$

Momento positivo en la losa

$$M = MF - M + M_{\text{centro}} \text{ (sin corregir)}$$

$$M = 0.35 - 0.2839 + 0.18$$

$$M = 0.2461 \text{ T - m momento último para diseño}$$

### **Esfuerzos de corte**

Cortante que soporta el concreto  $V_{cr} = F_r * b * d (0.2 + 30P) F'_c$

$$P = A_s / b d = 0.71(4) / (89.5 * 8) = 0.004 < 0.01$$

$$V_{cr} = 0.80 (89.5)(8)(0.2 + 30(0.004)) (168) \quad V_{cr} = 2,375.78 \text{ Kg. /cm}^2$$

$V_u$  actuante es de 684.30kg. /cm<sup>2</sup>

$$V_u < V_{cr}$$

El  $V_u$  es definitivamente menor que el esfuerzo que resiste el concreto, por lo que no se necesita refuerzo a corte.

### Áreas de acero

$$f'_c = 210 \text{ kg. /cm}^2$$
$$F_y = 2,800 \text{ kg. /cm}^2$$

$$f_c = 0.80f'_c = 0.80(210 \text{ kg. /cm}^2) = 168 \text{ kg. /cm}^2$$
$$f''_c = 0.85 f_c = 0.85 (168 \text{ kg. /cm}^2) = 142.8 \text{ kg. /cm}^2$$

$$P \text{ balanceada} = \frac{f''_c}{F_y} * 4,800/f_y + 600 = (142.8/2,800)(4,800/2,88 + 6,000) = 0.0278$$

$$P \text{ mínimo} = \frac{0.7 f'_c}{F_y} = 0.70 \times 14.4913/2,800 = 0.00362$$

$$P \text{ máximo} = 0.75 P \text{ balanceada} = 0.75 (0.0278) = 0.02085$$

$$0.00362 \leq P \leq 0.02085$$

Área de acero

a) En paredes

$$M_U = 0.016 \text{ T-m}$$

$$M_U/bd^2 = 1,600/89.5 (8)^2 = 0.2793$$

Se arma con el acero mínimo

$$A_s = Pbd \quad A_s = 0.00362 (89.5) (8) = 2.59 \text{ cm}^2$$

## 2.5 Ejemplo del diseño hidráulico del sistema

Para el sector 1

- Caudal domiciliar:

$$Q_{\text{dom.}} = (\text{dotación} * \text{núm. de habitantes} * \text{factor de retorno})/86,400$$

$$Q_{\text{dom.}} = (100 \text{ lts/hab/día} * 320 * 0.80)/86,400 = 0.2962 \text{ lts/seg}$$

- Caudal de conexiones ilícitas

$$Q_{\text{c. Ilícitas}} = (\text{Dotación.} * \text{número de habitantes})/86,400$$

$$Q_{\text{c. Ilícitas}} = (50 \text{ lts/hab/día} * 320)/86,400 = 0.1851 \text{ lts/seg.}$$

- Factor de caudal medio:

$$0.002 < FQM < 0.005$$

$$FQM = Q_{\text{medio}}/\text{número de habitantes.}$$

$$Q_{\text{medio}} = Q_{\text{doméstico}} + Q_{\text{infiltración}} + Q_{\text{c. Ilícitas}} + Q_{\text{comercial}}$$

$$Q_{\text{medio}} = 0.2962 \text{ lts/seg} + 0 \text{ lts/seg.} + 0.1851 \text{ lts/seg.} + 0 \text{ lts/seg.}$$

$$Q_{\text{medio}} = 0.4813 \text{ lts/seg.}$$

$$FQM = 0.4813/320 = 0.001504$$

$$\text{Como } 0.001504 < 0.002 \quad FQM = 0.002$$

El factor de caudal medio es 0.001504, pero como es menor que 0.002 se toma para efecto de diseño 0.002.

Para el sector 2

- Caudal domiciliar:

$$Q_{\text{dom.}} = (\text{dotación} * \text{núm. de habitantes} * \text{factor de retorno})/86,400$$

$$Q_{\text{dom.}} = (100 \text{ lts/hab/día} * 280 * 0.80)/86,400 = 0.2592 \text{ lts/seg.}$$

- Caudal de conexiones ilícitas :

$$Q_{\text{c. Ilícitas}} = (\text{Dotación.} * \text{número de habitantes})/86,400$$

$$Q_{\text{c. Ilícitas}} = (50 \text{ lts/hab/día} * 280)/86,400 = 0.1620 \text{ lts/seg.}$$

- Factor de caudal medio:

$$0.002 < FQM < 0.005$$

$$FQM = Q_{\text{medio}}/\text{número de habitantes.}$$

$$Q_{\text{medio}} = Q_{\text{doméstico}} + Q_{\text{infiltración}} + Q_{\text{c. Ilícitas}} + Q_{\text{comercial}}$$

$$Q_{\text{medio}} = 0.2592 \text{ lts/seg} + 0 \text{ lts/seg.} + 0.1620 \text{ lts/seg.} + 0 \text{ lts/seg.}$$

$$Q_{\text{medio}} = 0.4212 \text{ lts/seg.}$$

$$FQM = 0.4212/280 = 0.00150429$$

$$\text{Como } 0.00150429 < 0.002 \quad FQM = 0.002$$

El factor de caudal medio es 0.001504, pero como es menor que 0.002 se toma para efecto de diseño 0.002.

Para el sector 3

- Caudal domiciliar:

$$Q_{\text{dom.}} = (\text{dotación} * \text{núm. de habitantes} * \text{factor de retorno})/86,400$$

$$Q_{\text{dom.}} = (100 \text{ lts/hab/día} * 385 * 0.80)/86,400 = 0.3564 \text{ lts/seg.}$$

- Caudal de conexiones ilícitas :

$$Q_{\text{c. Ilícitas}} = (\text{Dotación.} * \text{núm. de habitantes})/86,400$$

$$Q_{\text{c. Ilícitas}} = (50 \text{ lts/hab/día} * 385)/86,400 = 0.2228 \text{ lts/seg.}$$

- Factor de caudal Medio:

$$0.002 < FQM < 0.005$$

$$FQM = Q_{\text{medio}}/\text{número de habitantes.}$$

$$Q_{\text{medio}} = Q_{\text{doméstico}} + Q_{\text{infiltración}} + Q_{\text{c. Ilícitas}} + Q_{\text{comercial}}$$

$$Q_{\text{medio}} = 0.3564 \text{ lts/seg} + 0 \text{ lts/seg.} + 0.2228 \text{ lts/seg.} + 0 \text{ lts/seg.}$$

$$Q_{\text{medio}} = 0.5792 \text{ lts/seg.}$$

$$FQM = 0.5792/385 = 0.00150442$$

$$\text{Como } 0.00150442 < 0.002 \quad FQM = 0.002$$

El factor de caudal medio es 0.001504, pero como es menor que 0.002 se toma para efecto de diseño 0.002.

Para el sector 4

- Caudal Domiciliar:

$$Q_{\text{dom.}} = (\text{Dotación} * \text{núm. de habitantes} * \text{factor de retorno})/86,400$$

$$Q_{\text{dom.}} = (100 \text{ lts/hab/día} * 415 * 0.80)/86,400 = 0.3842 \text{ lts/seg.}$$

- Caudal de Conexiones Ilícitas :

$$Q_{\text{c. Ilícitas}} = (\text{Dotación.} * \text{número de habitantes})/86,400$$

$$Q_c. \text{ Ilícitas} = (50 \text{ lts/hab/día} * 415)/86,400 = 0.2401 \text{ lts/seg.}$$

- Factor de caudal medio:

$$0.002 < FQM < 0.005$$

$$FQM = Q_{\text{medio}}/\text{número de habitantes.}$$

$$Q_{\text{medio}} = Q_{\text{doméstico}} + Q_{\text{infiltración}} + Q_c. \text{ Ilícitas} + Q_{\text{comercial}}$$

$$Q_{\text{medio}} = 0.3842 \text{ lts/seg} + 0 \text{ lts/seg.} + 0.2401 \text{ lts/seg.} + 0 \text{ lts/seg.}$$

$$Q_{\text{medio}} = 0.6243 \text{ lts/seg.}$$

$$FQM = 0.6243/415 = 0.00150434$$

$$\text{Como } 0.00150434 < 0.002 \quad FQM = 0.002$$

El factor de caudal medio es 0.001504, pero como es menor que 0.002 se toma para efecto de diseño 0.002. Con esto se espera obtener un mejor resultado por cuanto se está aplicando la norma de llevar al factor al mínimo, sin embargo, también se corre el peligro de sobrediseñar el sistema.

### **Diseño hidráulico**

Se tomó como ejemplo el diseño del pozo de visita número 1 al pozo de visita número 2.

Datos:

Tramo del pozo de visita 1 al pozo de visita 2.

PV = pozo de visita

Cota de inicio de terreno PV1 = 999.385

Cota final del terreno PV2 = 999.035

Distancia Horizontal = 19.13

Factor de Caudal Medio (FQM) = 0.002

Periodo de diseño = 20

Material a usar = PVC

- Pendiente del terreno

$$((\text{Cota de terreno inicial} - \text{cota final de terreno}) / \text{distancia horizontal}) * 100$$

$$\text{Pendiente} = ((999.385 - 999.035) / 19.13) * 100 = 1.82 \%$$

- Factor de Harmond

$$F.H = (18 + (P/1000)^{1/2}) / (4 + (P/1000)^{1/2})$$

núm. de casas acumuladas del tramo = 2

núm. de habitantes actual = 10 habitantes

núm. de habitantes futuro = 17 habitantes

$$\text{Con poblaron actual FH} = (18 + (10/1000)^{1/2}) / (4 + (10/1000)^{1/2}) = 4.41$$

$$\text{Con poblaron futura FH} = (18 + (17/1000)^{1/2}) / (4 + (10/1000)^{1/2}) = 4.39$$

- Caudal de diseño

$$q = \text{FQM} * \text{número de habitantes} * \text{FH}$$

$$\text{Caudal de diseño actual } q = 0.002 * 10 * 4.41 = 0.09$$

$$\text{Caudal de diseño futuro } q = 0.002 * 17 * 4.39 = 0.15$$

Diámetro de la tubería = 6 pulgadas

Pendiente de la tubería = 1.00

- Velocidad (V)

Utilizando la siguiente fórmula, se calcula la velocidad y caudal a sección llena del tubo:

$$\text{Formula de Chezy } V = C * ((Rh * S)^{1/29})$$

$$\text{Formula de Manning } C = (1/n) * ((Rh)^{1/6})$$

Al sustituirla en la de Chezy, se obtiene la fórmula de Manning.



$$V = 1/n * Rh^{(2/3)} * S^{(1/2)} \quad \text{Donde } Rh = D/4$$

Dándole valores

$$V = 1/n * (D/4)^{2/3} * S^{(1/2)} \quad 1 \text{ pulgada} = 0.0254 \text{ mts.}$$

$$V = 1/0.011 * ((6 * 0.0254)/4)^{2/3} * (0.01)^{1/2}$$

$$V = (0.03429/0.011) * (6^{2/3}) * (0.01)^{1/2}$$

$$V = 1.03 \text{ mts/seg.}$$

- Caudal a sección llena

$$Q = V * A \quad \text{en donde } A = \pi * r^2 \quad r = D/2$$

D = diámetro de la tubería

$$A = \pi (D/2)^2$$

$$A = \pi/4 * D^2 \quad 1 \text{ metro} = 0.0254 \text{ plg.}$$

$$A = 0.01325 \text{ mts}^2$$

$$Q = V * A = 1.03 \text{ mts/seg.} * 0.01325 \text{ mts}^2 = 0.0137475 \text{ mts}^3/\text{seg.}$$

Convirtiendo los metros cúbicos a litros

$$1 \text{ mts}^3 = 1000 \text{ lts.}$$

$$Q = 0.0137475 \text{ mts}^3/\text{seg.} * (1000 \text{ lts}/ 1 \text{ mts}^3)$$

$$Q = 13.7475 \text{ lts/seg.}$$

- Relación de caudales y velocidades

$$\text{Velocidades y caudales actuales } q/Q = 0.09/13.79 = 0.0065265$$

$$\text{De tablas } v/V = 0.129 \quad \text{entonces } d/D = 0.0175$$

$$v = 0.129 * 1.03 = 0.1328 \text{ mts/seg.}$$

$$\text{Velocidades y caudales futuros } = q/Q = 0.15/13.79 = 0.0108774$$

De tablas  $v/V = 0.297$  entonces  $d/D = 0.0625$

$$v = 0.297 * 1.03 = 0.305 \text{ mts/seg.}$$

De acuerdo con los resultados se puede observar que las velocidades no cumplen con lo establecido de velocidades máximas y mínimas ( $0.5 \text{ mts/seg.} < v < 5.0 \text{ mts/seg.}$ ), ya que para este proyecto, en los inicios de ramales no se cumple con las velocidades establecidas.

La razón es porque hay pocas casas en los tramos por lo que se cuenta con poco caudal, para que cumpla se les tiene que aumentar la pendiente, pero para economía en excavación no se les aumentó la pendiente.

Cotas Invert:

La cota invert inicial para los demás tramos es la cota invert final del tramo anterior menos 3 centímetros, esto cuando el tubo de entrada y de salida son del mismo diámetro.

Para inicio de tramo:

Cota Invert inicial = Cota del terreno – altura de pozo

Altura mínima de pozo 1.40 mts.

Para este caso se tiene

$$\text{Cota invert inicial PV1} = 999.385 - 1.45 = 997.935$$

$$\text{Cota invert final PV2} = 997.935 - (1.00/100) * 19.13 = 997.74$$

Alturas de los pozos

La altura de pozo inicial es la diferencia de la cota inicial de terreno y la cota Invert inicial.

La altura del pozo final es la diferencia de la cota final de terreno y la cota Invert final.

$$\text{Altura de PV2} = 999.035 - 997.74 = 1.29 \text{ mts.}$$

$$\text{Altura de PV1} = 1.45 \text{ mts.}$$

Debido a que algunos pozos de visita serán colocados en sectores en donde no recibirán ningún tipo de carga, se trabajará con profundidades mínimas de 70 centímetros porque éstos no serán afectados por el tránsito de vehículos.

Volumen de excavación

$$\text{Volumen de excavación} = \frac{(\text{Ho.} + \text{Hf}) * \text{D.H} * t}{2}$$

Donde

Ho. = Altura inicial del pozo.

Hf. = Altura final del pozo.

D.H = Distancia horizontal.

t = Ancho de la zanja.

El ancho de la zanja se toma dependiendo de las alturas de los pozos de visita para este caso  $t = 0.60$  mts.

$$\text{Volumen de excavación} = \frac{(1.45 + 1.29) * 19.13 * 0.60}{2} = 15.73 \text{ mts}^3.$$

2

El resto de los tramos se diseñaron de la misma forma, a continuación se presenta el cuadro de resumen del diseño hidráulico.

**Tabla IX. Diseño de la red de alcantarillado sanitario sector 1**

de		Cota del terreno		pendiente	núm. de viviendas		Hab. a servir		F.H.		Caudal Diseño		diam.	
p.v	p.v	inicio	final		D.H (M)	terr (%)	loc.	acum.	act.	fut.	act.	fut.	act.	fut.
15	16	1007.4	1003.62	61.32	6.21	4	4	20	34	4.38	4.3	0.18	0.29	6"
16	17	1003.6	1002.81	38.72	2.08	2	6	30	51	4.35	4.3	0.26	0.44	6"
17	18	1002.8	1003.21	25.83	-1.53	2	8	40	67	4.33	4.3	0.35	0.58	6"
18	19	1003.21	1003.80	72.87	-0.81	4	12	60	101	4.30	4.2	0.52	0.86	6"
25	26	1013.85	1010.21	65.72	5.53	2	2	10	17	4.41	4.4	0.09	0.15	6"
26	27	1010.2	1004.07	84.20	7.29	5	7	35	59	4.34	4.3	0.30	0.51	6"
27	19	1004.1	1003.80	20.19	1.34	0	7	35	59	4.34	4.30	0.30	0.51	6"
19	20	1003.80	1001.07	55.58	4.92	3	22	110	186	4.23	4.2	0.93	1.54	6"
20	21	1001.1	996.91	55.58	7.48	2	24	120	202	4.22	4.1	1.01	1.68	6"
21	22	996.91	994.37	66.27	3.83	4	28	140	236	4.20	4.1	1.18	1.95	6"
22	23	994.37	993.77	66.27	0.91	4	32	160	270	4.18	4.10	1.34	2.21	6"
23	24	993.77	993.39	74.18	0.51	3	35	175	295	4.17	4.1	1.46	2.41	6"
1	2	999.39	999.04	19.13	1.83	2	2	10	17	4.41	4.4	0.09	0.15	6"
3	4	1004.1	1002.09	20.75	9.61	4	4	20	34	4.38	4.3	0.18	0.29	6"
4	2	1002.09	999.04	25.56	11.93	0	4	20	34	4.38	4.35	0.18	0.29	6"
2	5	999.04	998.03	14.52	6.94	3	9	45	76	4.32	4.3	0.39	0.65	6"
5	6	998.03	995.38	47.87	5.54	3	12	60	101	4.30	4.2	0.52	0.86	6"
6	7	995.38	993.99	47.88	2.91	2	14	70	118	4.28	4.2	0.60	1.00	6"
7	8	993.99	993.81	25.17	0.71	1	15	75	127	4.28	4.2	0.64	1.07	6"
14	13	1004.2	1003.73	19.42	2.37	1	1	5	8	4.44	4.4	0.04	0.07	6"
13	12	1003.7	1003.43	22.90	1.31	2	3	15	25	4.40	4.4	0.13	0.22	6"
12	11	1003.4	998.87	63.69	7.16	4	7	35	59	4.34	4.3	0.30	0.51	6"
11	10	998.87	994.96	62.25	6.28	3	10	50	84	4.31	4.3	0.43	0.72	6"
10	9	994.96	993.93	62.26	1.66	4	14	70	118	4.28	4.2	0.60	1.00	6"
9	8	993.93	993.81	33.67	0.36	0	14	70	118	4.28	4.22	0.60	1.00	6"
8	23	993.81	993.77	8.61	0.46	0	64	320	540	4.07	3.96	2.60	4.27	6"

Continuación

pend. S% tubo	velocidades			caudal Q	relacion				Cota Invert		Alt. de pozo		vol excav.
	v	v			v/V		q/Q		inicio	final	inicio	final	
		act.	fut.		act.	fut.	act.	fut.					
6.21	2.56	0.59	0.70	46.76	0.230	0.27	0.0037	0.0063	1006.725	1002.917	0.70	0.70	25.81
2.00	1.45	0.47	0.54	26.53	0.320	0.368	0.0098	0.0165	1002.887	1002.113	0.73	0.70	16.65
1.00	1.03	0.39	0.5	18.76	0.381	0.450	0.0185	0.0308	1002.083	1001.824	0.73	1.38	16.34
0.50	0.73	0.35	0.41	13.27	0.479	0.560	0.0389	0.0647	1001.794	1001.430	1.42	2.37	82.82
4.50	2.18	0.44	0.5	39.80	0.203	0.230	0.0022	0.0037	1012.397	1009.440	1.45	0.77	43.80
7.50	2.82	0.77	0.9	51.38	0.273	0.320	0.0059	0.0099	1009.410	1003.095	0.80	0.98	44.98
1.30	1.17	0.42	0.5	21.39	0.355	0.41	0.0142	0.0237	1003.065	1002.802	1.01	1.00	12.13
4.50	2.18	0.90	1.04	39.80	0.414	0.48	0.0234	0.0388	1001.400	998.899	2.40	2.17	76.17
7.00	2.72	1.11	1.26	49.64	0.408	0.46	0.0204	0.0338	998.869	994.978	2.20	1.93	68.93
3.00	1.78	0.84	0.98	32.50	0.473	0.55	0.0362	0.0599	994.948	992.960	1.96	1.41	67.03
0.50	0.73	0.47	0.5	13.27	0.644	0.730	0.1009	0.1668	992.930	992.599	1.44	1.17	51.89
0.50	0.73	0.47	0.6	13.27	0.651	0.76	0.1100	0.1817	990.020	989.649	3.75	3.74	166.70
1.80	1.38	0.32	0.4	25.17	0.230	0.27	0.0035	0.0059	997.935	997.591	1.45	1.44	16.61
8.00	2.91	0.67	0.8	53.07	0.230	0.26	0.0033	0.0055	1002.636	1000.976	1.45	1.12	15.97
9.00	3.08	0.68	0.8	56.29	0.221	0.264	0.0031	0.0052	997.561	995.260	4.53	3.78	63.71
7.00	2.72	0.81	0.9	49.64	0.297	0.348	0.0078	0.0131	995.230	994.214	3.81	3.82	33.23
5.00	2.30	0.78	0.90	41.95	0.341	0.39	0.0123	0.0205	994.184	991.790	3.85	3.59	106.79
3.00	1.78	0.69	0.8	32.50	0.388	0.450	0.0185	0.0307	991.760	990.324	3.62	3.66	104.61
0.70	0.86	0.42	0.5	15.70	0.490	0.57	0.0409	0.0679	990.294	990.118	3.70	3.69	55.80
2.37	1.58	0.28	0.3	28.88	0.174	0.22	0.0015	0.0026	1003.488	1003.03	0.70	0.70	8.16
1.30	1.17	0.32	0.4	21.39	0.273	0.320	0.0062	0.0103	1002.998	1002.700	0.73	0.73	10.05
7.16	2.75	0.75	0.9	50.20	0.273	0.320	0.0061	0.0101	1002.670	998.110	0.76	0.76	28.99
6.28	2.58	0.80	0.9	47.02	0.312	0.36	0.0092	0.0153	998.080	994.171	0.79	0.79	29.46
1.50	1.26	0.54	0.6	22.98	0.426	0.5	0.0261	0.0434	994.141	993.207	0.82	0.72	28.72
0.30	0.56	0.30	0.4	10.28	0.538	0.633	0.0583	0.0971	993.177	993.076	0.75	0.73	15.03
0.40	0.65	0.51	0.6	11.87	0.790	0.913	0.2193	0.3601	990.088	990.053	3.72	3.72	19.21

**Tabla X. Diseño de la red de alcantarillado sanitario sector 2**

de	a	Cota del terreno			pendiente	núm. de viviendas		Hab. a servir		F.H.		Caudal Diseño		diam.
p.v	p.v	inicio	final	D.H (M)	terr (%)	loc.	acum.	act.	fut.	act.	fut.	act.	fut.	pvc
27	28	1004.1	1001.96	73.63	2.87	6	6	30	51	4.35	4.3	0.26	0.44	6"
28	29	1002	1001.67	54.56	0.53	5	11	55	93	4.31	4.3	0.47	0.79	6"
29	30	1001.7	1001.46	27.70	0.76	1	12	60	101	4.30	4.2	0.52	0.86	6"
30	31	1001.46	1001.77	33.18	-0.93	4	16	80	135	4.27	4.2	0.68	1.14	6"
31	32	1001.77	1000.39	63.86	2.16	5	21	105	177	4.24	4.2	0.89	1.48	6"
32	33	1000.39	999.00	82.84	1.68	3	24	120	202	4.22	4.1	1.01	1.68	6"
33	34	999.00	997.56	36.90	3.91	2	26	130	219	4.21	4.13	1.09	1.81	6"
44	34	999.72	997.56	64.96	3.33	3	3	15	25	4.40	4.37	0.13	0.22	6"
34	35	997.56	996.52	48.38	2.16	5	34	170	287	4.17	4.1	1.42	2.34	6"
37	36	997.78	997.26	22.18	2.36	2	2	10	17	4.41	4.4	0.09	0.15	6"
38	36	998.57	997.26	47.13	2.78	4	6	30	51	4.35	4.3	0.26	0.44	6"
36	35	997.26	996.52	39.30	1.88	0	6	30	51	4.35	4.31	0.26	0.44	6"
35	39	996.52	995.03	69.45	2.15	3	43	215	363	4.14	4	1.78	2.93	6"
39	40	995.03	993.60	50.72	2.81	6	49	245	413	4.11	4	2.02	3.32	6"
40	41	993.60	993.94	50.86	-0.67	2	51	255	430	4.11	4	2.09	3.45	6"
41	42	993.94	992.95	47.27	2.10	0	52	260	439	4.10	4.00	2.13	3.51	6"
45	42	994.64	992.95	42.23	4.02	0	52	260	439	4.10	4.00	2.13	3.51	6"
42	43	992.95	991.65	28.72	4.54	5	56	280	472	4.09	4	2.29	3.77	6"

**Continuación**  
2/2

pend. S% tubo	velocidades			caudal Q	relacion				Cota Invert		Alt. de pozo		vol excav.
	v	v			v/V		q/Q		inicio	final	inicio	final	
		act.	fut.		act.	fut.	act.	fut.					
2.87	1.74	0.52	0.62	31.79	0.297	0.36	0.0082	0.0137	1003.370	1001.257	0.70	0.71	31.06
0.50	0.73	0.34	0.40	13.27	0.468	0.548	0.0357	0.0595	1001.227	1000.954	0.73	0.72	23.77
0.80	0.92	0.41	0.5	16.78	0.450	0.522	0.0307	0.0512	1000.924	1000.702	0.75	0.76	12.49
1.00	1.03	0.49	0.56	18.76	0.473	0.55	0.0364	0.0605	1000.672	1000.341	0.79	1.43	22.07
2.50	1.63	0.75	0.8	29.67	0.463	0.517	0.0300	0.0498	1000.311	998.714	1.46	1.68	60.12
1.50	1.26	0.63	0.7	22.98	0.501	0.58	0.0441	0.0731	998.684	997.442	1.71	1.56	81.15
3.50	1.92	0.87	1.02	35.10	0.450	0.53	0.0312	0.0517	997.412	996.120	1.59	1.44	33.49
3.00	1.78	0.43	0.5	32.50	0.239	0.28	0.0041	0.0068	998.273	996.324	1.45	1.24	52.34
2.00	1.45	0.77	0.9	26.53	0.528	0.62	0.0535	0.0884	996.090	995.122	1.47	1.39	41.55
2.00	1.45	0.33	0.4	26.53	0.230	0.27	0.0033	0.0056	996.332	995.888	1.45	1.37	18.76
2.50	1.63	0.50	0.6	29.67	0.305	0.361	0.0088	0.0147	997.118	995.940	1.45	1.32	39.14
1.50	1.26	0.42	0.5	22.98	0.334	0.393	0.0114	0.0190	995.858	995.269	1.40	1.25	31.28
2.50	1.63	0.89	1	29.67	0.548	0.63	0.0600	0.0989	995.092	993.356	1.43	1.67	64.53
2.50	1.63	0.92	1.1	29.67	0.568	0.66	0.0680	0.1119	993.326	992.058	1.70	1.54	49.43
0.60	0.80	0.57	0.7	14.53	0.716	0.817	0.1441	0.2372	992.028	991.723	1.57	2.22	57.86
2.00	1.45	0.88	1	26.53	0.605	0.692	0.0804	0.1324	991.693	990.748	2.25	2.20	63.04
4.00	2.06	1.11	1.28	37.52	0.538	0.624	0.0569	0.0936	993.192	991.503	1.45	1.44	36.65
3.00	1.78	1.03	1.2	32.50	0.577	0.67	0.0705	0.1159	990.718	989.856	2.23	1.79	34.66

**Tabla XI. Diseño de la red de alcantarillado sanitario sector 3**

de		Cota del terreno			pendiente	núm. de viviendas		Hab. a servir		F.H.		Caudal Diseño		diam.
p.v	p.v	inicio	final	D.H (M)	terr (%)	loc.	acum.	act.	fut.	act.	fut.	act.	fut.	pvc
28	46	1001.96	1001.76	42.20	0.48	2	2	10	17	4.41	4.39	0.09	0.15	6"
46	47	1001.76	1001.88	10.76	-1.13	1	3	15	25	4.40	4.37	0.13	0.22	6"
50	49	1003.42	1003.28	23.13	0.60	2	2	10	17	4.41	4.39	0.09	0.15	6"
49	48	1003.28	1002.59	58.11	1.19	2	4	20	34	4.38	4.35	0.18	0.29	6"
48	47	1002.59	1001.88	29.00	2.45	3	7	35	59	4.34	4.3	0.30	0.51	6"
47	51	1001.88	1001.88	15.77	0.00	1	11	55	93	4.31	4.25	0.47	0.79	6"
51	52	1001.88	1001.77	44.30	0.25	2	13	65	110	4.29	4.23	0.56	0.93	6"
52	53	1001.77	1001.11	49.00	1.35	6	19	95	160	4.25	4.18	0.81	1.34	6"
53	54	1001.11	1000.74	46.72	0.79	3	22	110	186	4.23	4.16	0.93	1.54	6"
54	55	1000.74	999.511	45.46	2.70	3	25	125	211	4.22	4.14	1.05	1.75	6"
55	56	999.51	999.215	13.91	2.12	0	25	125	211	4.22	4.14	1.05	1.75	6"
58	57	1016.03	1005.38	53.10	20.06	7	7	35	59	4.34	4.30	0.30	0.51	6"
57	56	1005.38	999.220	28.99	21.25	0	7	35	59	4.34	4.3	0.30	0.51	6"
56	59	999.22	998.330	58.86	1.51	5	37	185	312	4.16	4.07	1.54	2.54	6"
59	60	998.33	998.051	58.86	0.47	6	43	215	363	4.14	4.04	1.78	2.93	6"
60	61	998.05	995.927	85.51	2.48	2	45	225	380	4.13	4.03	1.86	3.06	6"
61	62	995.93	996.093	70.39	-0.23	6	51	255	430	4.11	4.01	2.09	3.45	6"
63	62	997.12	996.09	51.45	2.00	2	53	265	447	4.10	4.00	2.17	3.58	6"
62	64	996.09	995.026	58.25	1.83	7	60	300	506	4.08	3.97	2.45	4.02	6"
64	65	995.03	995.33	60.56	-0.50	4	64	320	540	4.07	3.96	2.60	4.27	6"
65	66	995.33	995.30	17.11	0.18	1	65	325	548	4.06	3.95	2.64	4.34	6"
66	67	995.30	994.97	23.20	1.42	1	66	330	557	4.06	3.95	2.68	4.40	6"
67	68	994.97	989.024	80.00	7.43	0	66	330	557	4.06	3.95	2.68	4.40	6"
75	74	994.63	994.893	31.40	-0.83	7	7	35	59	4.34	4.3	0.30	0.51	6"
74	73	994.89	995.194	31.40	-0.97	0	7	35	59	4.34	4.3	0.30	0.51	6"
73	72	995.19	994.325	53.77	1.61	1	8	40	67	4.33	4.29	0.35	0.58	6"
72	69	994.33	992.545	53.77	3.32	0	8	40	67	4.33	4.29	0.35	0.58	6"
71	70	992.95	992.30	30.00	2.18	1	1	5	8	4.44	4.42	0.04	0.07	6"
70	69	992.30	992.55	39.61	-0.63	1	2	10	17	4.41	4.39	0.09	0.15	6"
69	68	992.55	989.02	54.79	6.44	1	77	385	650	4.03	3.91	3.10	5.08	6"



Continuación

pend. S% tubo	velocidades			caudal Q	relacion				Cota Invert		Alt. de pozo		vol excav.
	v	v			v/V		q/Q		inicio	final	inicio	final	
		act.	fut.		act.	fut.	act.	fut.					
1.00	1.03	0.26	0.3	18.76	0.256	0.3	0.0047	0.0079	1001.390	1000.968	0.57	0.79	17.20
1.00	1.03	0.30	0.3	18.76	0.289	0.33	0.0070	0.0118	1000.938	1000.830	0.82	1.05	6.05
0.20	0.46	0.15	0.2	8.39	0.327	0.381	0.0105	0.0177	1001.830	1001.784	1.45	1.50	20.44
0.50	0.73	0.25	0.3	13.27	0.348	0.41	0.0132	0.0221	1001.754	1001.463	1.53	1.13	46.25
1.50	1.26	0.44	0.5	22.98	0.348	0.41	0.0132	0.0221	1001.433	1000.998	1.16	0.88	17.74
1.00	1.03	0.44	0.5	18.76	0.426	0.5	0.0252	0.0421	1000.800	1000.643	1.08	1.24	10.96
0.50	0.73	0.36	0.42	13.27	0.495	0.58	0.0420	0.0700	1000.613	1000.391	1.27	1.38	35.17
1.00	1.03	0.52	0.59	18.76	0.501	0.58	0.0430	0.0714	1000.361	999.871	1.41	1.24	38.91
1.00	1.03	0.53	0.72	18.76	0.517	0.7	0.0496	0.0823	999.841	999.374	1.27	1.37	36.93
2.50	1.63	0.76	0.87	29.67	0.468	0.54	0.0355	0.0589	999.344	998.208	1.40	1.30	36.82
2.00	1.45	0.70	0.81	26.53	0.484	0.560	0.0397	0.0658	998.178	997.899	1.33	1.32	11.05
20.06	4.60	1.06	1.26	84.03	0.230	0.27	0.0036	0.0060	1014.581	1003.929	1.45	1.45	46.23
20.00	4.60	1.06	1.3	83.91	0.230	0.273	0.0036	0.0061	1003.899	998.1011	1.48	1.12	22.61
1.50	1.26	0.72	0.8	22.98	0.568	0.66	0.0670	0.1106	997.869	996.986	1.35	1.34	47.58
0.50	0.73	0.50	0.6	13.27	0.692	0.804	0.1341	0.2210	996.956	996.662	1.37	1.39	48.78
2.75	1.70	0.93	1.1	31.11	0.548	0.633	0.0597	0.0984	996.632	994.281	1.42	1.65	78.61
0.20	0.46	0.38	0.4	8.39	0.830	0.96	0.2497	0.4109	994.251	994.110	1.68	1.98	77.34
2.00	1.45	1.01	1	26.53	0.696	0.69	0.0819	0.1348	995.670	994.641	1.45	1.45	44.75
2.00	1.45	0.91	1	26.53	0.624	0.72	0.0922	0.1515	994.080	992.9148	2.01	2.11	72.02
0.50	0.73	0.56	0.6	13.27	0.776	0.89	0.1962	0.3221	992.885	992.582	2.15	2.75	88.95
0.50	0.73	0.56	0.6	13.27	0.776	0.891	0.1991	0.3268	992.552	992.4664	2.78	2.83	28.80
1.50	1.26	0.83	1	22.98	0.659	0.78	0.1166	0.1914	992.436	992.0884	2.86	2.88	39.99
5.50	2.4	2.25	1.6	44.00	0.934	0.64	0.0609	0.1000	992.058	987.6584	2.91	1.37	102.65
1.00	1.03	0.39	0.4	18.76	0.375	0.43	0.0162	0.0271	993.182	992.868	1.45	2.03	32.73
1.00	1.03	0.39	0.4	18.76	0.375	0.432	0.0162	0.0271	992.838	992.524	2.05	2.67	44.48
1.50	1.26	0.46	0.5	22.98	0.368	0.426	0.0151	0.0252	992.494	991.6875	2.70	2.64	86.04
1.00	1.03	0.40	0.5	18.76	0.388	0.44	0.0185	0.0308	991.657	991.120	2.67	1.43	66.10
1.00	1.03	0.23	0.2	18.76	0.221	0.24	0.0024	0.0040	991.500	991.200	1.45	1.10	22.91
1.00	1.03	0.26	0.3	18.76	0.256	0.3	0.0047	0.0079	991.170	990.774	1.13	1.78	34.53
6.00	2.5	1.43	1.7	45.96	0.568	0.66	0.0675	0.1106	990.744	987.457	1.81	1.56	55.39

**Tabla XII. Diseño de la red de alcantarillado sanitario sector 4**

de		Cota del terreno			pendiente	núm. de viviendas		Hab. a servir		F.H.		Caudal Diseño		diam.
p.v	p.v	inicio	final	D.H (M)	terr (%)	loc.	acum.	act.	fut.	act.	fut.	act.	fut.	pvc
21	76	996.91	993.52	65.74	5.16	3	3	15	25	4.40	4.4	0.13	0.22	6"
77	76	998.03	993.52	49.40	9.13	3	6	30	51	4.35	4.3	0.26	0.44	6"
76	78	993.52	992.62	50.50	1.77	4	10	50	84	4.31	4.3	0.43	0.72	6"
78	79	992.62	992.52	50.50	0.21	5	15	75	127	4.28	4.2	0.64	1.07	6"
79	80	992.52	993.70	50.50	-2.33	4	19	95	160	4.25	4.2	0.81	1.34	6"
80	81	993.70	994.10	46.32	-0.86	7	26	130	219	4.21	4.1	1.09	1.81	6"
44	81	999.72	994.10	75.08	7.49	3	29	145	245	4.20	4.11	1.22	2.01	6"
81	82	994.10	993.90	62.13	0.32	5	34	170	287	4.17	4.09	1.42	2.34	6"
82	83	993.90	993.66	62.13	0.39	5	39	195	329	4.15	4.06	1.62	2.67	6"
83	84	993.66	993.59	62.13	0.12	5	44	220	371	4.13	4.04	1.82	3.00	6"
84	85	993.59	995.30	62.13	-2.74	5	49	245	413	4.11	4.02	2.02	3.32	6"
86	85	993.86	995.30	31.45	-4.58	3	3	15	25	4.40	4.37	0.13	0.22	6"
85	87	995.30	995.27	43.90	0.08	4	56	280	472	4.09	3.99	2.29	3.77	6"
88	87	995.40	995.27	40.50	0.33	3	3	15	25	4.40	4.37	0.13	0.22	6"
87	89	995.27	994.78	15.85	3.05	2	61	305	515	4.08	3.97	2.49	4.08	6"
45	89	994.64	994.78	42.23	-0.33	0	61	305	515	4.08	3.97	2.49	4.08	6"
89	90	994.78	993.69	39.19	2.78	6	67	335	565	4.06	3.95	2.72	4.46	6"
91	90	994.12	993.69	69.34	0.62	4	71	355	599	4.05	3.93	2.87	4.71	6"
90	92	993.69	993.37	19.28	1.65	3	74	370	624	4.04	3.92	2.99	4.90	6"
92	93	993.37	992.78	33.90	1.74	2	76	380	641	4.03	3.92	3.06	5.02	6"
93	94	992.78	989.71	37.33	8.23	4	80	400	675	4.02	3.90	3.22	5.27	6"
94	95	989.71	984.32	37.33	14.44	3	83	415	700	4.01	3.89	3.33	5.45	6"

pend. S% tubo	velocidades			caudal Q	relacion				Cota Invert		Alt. de pozo		vol excav.
	v	v			v/V		q/Q		inicio	final	inicio	final	
		act.	fut.		act.	fut.	act.	fut.					
4.00	2.1	0.47	0.6	37.52	0.23	0.27	0.0035	0.0059	995.460	992.830	1.45	0.69	42.18
7.50	2.8	0.72	0.9	51.38	0.256	0.31	0.0051	0.0085	996.581	992.876	1.45	0.64	31.02
1.75	1.4	0.52	0.6	24.82	0.381	0.450	0.0174	0.0290	992.800	991.917	0.72	0.71	21.62
0.50	0.7	0.38	0.51	13.27	0.517	0.7	0.0483	0.0804	991.887	991.634	0.73	0.88	24.47
2.50	1.63	0.70	0.8	29.67	0.432	0.51	0.0272	0.0452	991.604	990.342	0.92	3.36	64.74
1.00	1.03	0.55	0.65	18.76	0.538	0.63	0.0583	0.0966	990.312	989.848	3.39	4.25	106.12
7.00	2.72	1.14	1.33	49.64	0.420	0.490	0.0245	0.0406	998.270	993.014	1.45	1.09	57.11
0.40	0.65	0.43	0.50	11.87	0.669	0.78	0.1196	0.1976	989.818	989.570	4.28	4.33	160.49
0.50	0.73	0.49	0.57	13.27	0.676	0.790	0.1221	0.2014	989.540	989.229	4.36	4.43	163.78
0.50	0.73	0.50	0.58	13.27	0.692	0.8	0.1371	0.2259	989.199	988.889	4.46	4.70	170.72
0.50	0.73	0.53	0.60	13.27	0.730	0.830	0.1520	0.2502	988.859	988.548	4.73	6.75	213.95
1.50	1.26	0.33	0.40	22.98	0.264	0.320	0.0057	0.0096	992.410	991.938	1.45	3.36	45.40
0.30	0.56	0.45	0.5	10.28	0.804	0.921	0.2229	0.3666	988.518	988.386	6.78	6.88	179.93
0.50	0.73	0.23	0.53	13.27	0.320	0.730	0.0099	0.0167	993.950	993.748	1.45	1.52	36.07
1.00	1.03	0.71	0.8	18.76	0.692	0.790	0.1325	0.2177	988.356	988.198	6.91	6.59	64.17
1.00	1.03	0.71	0.8	18.76	0.692	0.790	0.1325	0.2177	993.190	992.768	1.45	2.01	43.86
2.50	1.63	1.01	1.2	29.67	0.624	0.72	0.0916	0.1504	988.168	987.188	6.61	6.50	154.17
1.50	1.26	0.85	1	22.98	0.676	0.790	0.1250	0.2050	992.670	991.630	1.45	2.06	73.02
1.50	1.26	0.87	1	22.98	0.692	0.78	0.1300	0.2131	987.158	986.869	6.53	6.50	75.40
1.00	1.03	0.75	0.9	18.76	0.730	0.84	0.1633	0.2677	986.839	986.500	6.53	6.28	130.29
4.00	2.06	1.24	1.5	37.52	0.605	0.716	0.0857	0.1404	986.470	984.977	6.31	4.73	123.66
5.00	2.30	1.61	1.6	41.95	0.699	0.69	0.0794	0.1300	984.947	983.080	4.76	1.24	67.23

## 2.6 Presupuesto del proyecto

Este presupuesto se integró tomando en cuenta las diversas situaciones que económicamente influyen en la realización del proyecto, así también se consideraron los precios de los materiales, salario de mano de obra calificada y no calificada, arrendamiento de equipo, que se manejan en la región.

**Tabla XIII. Presupuesto de materiales del alcantarillado sanitario**

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	TOTAL RENGLÓN
<b>COLECTOR PRINCIPAL</b>	ML	4410.52			
Tubo P.V.C. 6"	U	788.00	Q 399.01	Q 314,419.88	
SUBTOTAL					Q 314,419.88
10% imprevistos					Q 31,441.99
Fletes 5%					Q 15,720.99
<b>TOTAL</b>					<b>Q 361,582.86</b>
<b>CONEXIONES DOMICILIARES</b>	U	280			
Tubo P.V.C. 4"	Tubo	280.00	Q 178.89	Q 50,089.20	
Silleta Tee	U	280.00	Q 86.18	Q 24,130.40	
Codo a 90	U	280.00	Q 70.34	Q 19,695.20	
Cabo reductor 4x3	U	280.00	Q 17.38	Q 4,866.40	
Tubo de concreto de 12"	Tubo	280.00	Q 125.00	Q 35,000.00	
Cemento	Saco	309.00	Q 36.00	Q 11,124.00	
Arena de río	M <sup>3</sup>	22.00	Q 85.00	Q 1,870.00	
Piedrín	M <sup>3</sup>	15.00	Q 115.00	Q 1,725.00	
Hierro 3/8"	qq	22.00	Q 270.00	Q 5,940.00	
Hierro 1/4"	qq	18.00	Q 265.00	Q 4,770.00	
Alambre de amarre	Lbs.	116.00	Q 2.75	Q 319.00	
Formaleta	Pie-Tab.	740.00	Q 4.50	Q 3,330.00	
Clavos	Lbs.	220.00	Q 3.50	Q 770.00	
SUB-TOTAL					Q 163,629.20
10% imprevistos					Q 16,362.92
Fletes					Q 8,181.46
<b>TOTAL</b>					<b>Q 188,173.58</b>
<b>TOTAL MATERIALES</b>					<b>Q 525,212.06</b>

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	TOTAL RENGLÓN
<b>POZOS DE VISITA</b>	U	95.00			
Ladrillo tayuyo (23x11x6.6 cms.)	millar	95.00	Q 850.00	Q 80,750.00	
Cemento	Saco	1520.00	Q 36.00	Q 54,720.00	
Arena de río	M^3	190.00	Q 85.00	Q 16,150.00	
Piedrín	M^3	175.00	Q 115.00	Q 20,125.00	
Hierro de 1/4"	qq	13.00	Q 265.00	Q 3,445.00	
Hierro de 3/8"	qq	14.00	Q 270.00	Q 3,780.00	
Hierro de 3/4"	qq	47.00	Q 310.00	Q 14,570.00	
Alambre de amarre	Lbs.	69.00	Q 2.75	Q 189.75	
Formaleta	Pie-Tabla	855.00	Q 4.50	Q 3,847.50	
Clavo de 3"	Lbs.	90.00	Q 3.50	Q 315.00	
SUB-TOTAL					Q 197,892.25
10% imprevistos					Q 19,789.23
Fletes					Q 9,894.61
<b>TOTAL</b>					<b>Q 227,576.09</b>
<b>FOSA SÉPTICA</b>	U	6.00			
Cemento	Saco	295.00	Q 36.00	Q 10,620.00	
Arena de río	M^3	21.00	Q 85.00	Q 1,785.00	
Piedrín	M^3	30.00	Q 115.00	Q 3,450.00	
Hierro de 1/4"	qq	13.00	Q 265.00	Q 3,445.00	
Hierro de 3/8"	qq	40.00	Q 270.00	Q 10,800.00	
codo de 90° de 6"	U	6.00	Q 147.36	Q 884.16	
tee P.V.C. de 6"	U	12.00	Q 191.79	Q 2,301.48	
Alambre de amarre	Lbs.	250.00	Q 2.75	Q 687.50	
Formaleta	Pie-Tabla	950.00	Q 4.50	Q 4,275.00	
Clavo de 3"	Lbs.	250.00	Q 3.50	Q 875.00	
SUB-TOTAL					Q 39,123.14
10% imprevistos					Q 3,912.31
Fletes					Q 1,956.16
<b>TOTAL</b>					<b>Q 44,991.61</b>
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>					<b>Q 272,567.70</b>

**Tabla XIV. Presupuesto de herramientas**

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	TOTAL RENGLÓN
Palas	U	40.00	Q 37.00	Q 1,480.00	
Piochas	U	30.00	Q 56.00	Q 1,680.00	
Azadon	U	20.00	Q 40.00	Q 800.00	
Cubetas concreteras	U	50.00	Q 10.00	Q 500.00	
Carretilás	U	25.00	Q 190.00	Q 4,750.00	
Martillos	U	10.00	Q 48.00	Q 480.00	
Barretas de 6"	U	12.00	Q 185.00	Q 2,220.00	
Tenaza	U	10.00	Q 35.00	Q 350.00	
Cedazo de 1/4"	Yarda	10.00	Q 4.50	Q 45.00	
Sierra	U	25.00	Q 5.00	Q 125.00	
Machetes	U	12.00	Q 22.00	Q 264.00	
Cinta métrica	U	5.00	Q 28.00	Q 140.00	
SERRUCHO	U	4.00	Q 38.00	Q 152.00	
Cuchara de albañil	U	10.00	Q 38.00	Q 380.00	
Nivel de mano	U	6.00	Q 50.00	Q 300.00	
Tonel	U	12.00	Q 125.00	Q 1,500.00	
Rollo de pita de albañil	U	10.00	Q 15.00	Q 150.00	
SUB-TOTAL					Q 15,316.00
10% imprevistos					Q 1,531.60
Fletes					Q 765.80
<b>TOTAL</b>					<b>Q 17,613.40</b>
<b>TOTAL DE HERRAMIENTAS</b>					<b>Q 17,613.40</b>

**Tabla XV. Resumen total del presupuesto de materiales**

núm.	DESCRIPCIÓN DE MATERIALES	TOTAL RENGLÓN
1	Colector principal	Q 361,582.86
2	Conexión domiciliar	Q 188,173.58
3	Pozos de visita	Q 227,576.09
4	Fosa séptica	Q 44,991.61
5	Herramientas	Q 17,613.40
6	Trabajos preliminares	Q 7,276.50
	<b>TOTAL DE MATERIALES</b>	<b>Q 847,214.04</b>

**Tabla XVI. Mano de obra del alcantarillado sanitario**

núm.	DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	COSTO TOTAL	TOTAL DEL RENGLÓN
<b>1</b>	<b>Trabajos Preliminares</b>					
1.1	Replanteo topográfico	km	Q 1,500.00	4.41	Q 6,615.00	
	Subtotal					Q 6,615.00
	10% imprevistos					Q 661.50
	Prestaciones laborales 87%					
	<b>TOTAL</b>					<b>Q 7,276.50</b>
<b>2</b>	<b>Colector principal</b>					
2.1	Colocación de tubo de P.V.C de 6"	U	Q 30.00	288.00	Q 8,640.00	
2.2	Excavación	m^3	Q 35.00	3280.98	Q 114,834.30	
2.3	Relleno	m^3	Q 20.00	2296.69	Q 45,933.80	
2.4	Limpieza	m^3	Q 12.50	285.00	Q 3,562.50	
	Subtotal					Q 172,970.60
	10% imprevistos					Q 17,297.06
	Prestaciones laborales 87%					Q 150,484.42
	<b>TOTAL</b>					<b>Q 340,752.08</b>
<b>3</b>	<b>Pozos de visita</b>					
3.1	Fundición del fondo	U	Q 20.00	95.00	Q 1,900.00	
3.2	Levantado	m^2	Q 35.00	779	Q 27,265.00	
3.3	Repello	m^2	Q 15.00	779	Q 11,685.00	
3.4	Alisado	m^2	Q 8.50	779	Q 6,621.50	
3.5	Hechura armado brocal	U	Q 25.00	95.00	Q 2,375.00	
3.6	Hechura armado tapadera	U	Q 15.00	95.00	Q 1,425.00	
3.7	Fundido brocal	U	Q 10.00	95.00	Q 950.00	
3.8	Fundición de la tapadera	U	Q 12.00	95.00	Q 1,140.00	
	Subtotal					Q 53,361.50
	10% imprevistos					Q 5,336.15
	Prestaciones laborales 87%					Q 46,424.51
	<b>TOTAL</b>					<b>Q 105,122.16</b>
	<b>SUBTOTAL</b>					<b>Q 445,874.24</b>

núm.	DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	COSTO TOTAL	TOTAL DEL RENGLÓN
<b>4</b>	<b>Conexión domiciliar</b>					
4.1	Instalación de domiciliarios	U	Q 85.00	280.00	Q 23,800.00	
4.2	Armado y fundido de tapadera	U	Q 12.00	280.00	Q 3,360.00	
4.3	Armado y fundido del brocal	U	Q 10.00	280.00	Q 2,800.00	
	Subtotal					Q 29,960.00
	10% imprevistos					Q 2,996.00
	Prestaciones laborales 87%					Q 26,065.20
	<b>TOTAL</b>					<b>Q 59,021.20</b>
<b>5</b>	<b>Fosa séptica</b>					
5.1	Trazo y limpieza	m^2	Q 30.00	136.00	Q 4,080.00	
5.2	Excavación	m^3	Q 15.00	128.00	Q 1,920.00	
5.3	Armado	U	Q 55.00	80.00	Q 4,400.00	
5.4	Encofrado y desencofrado	pie-tabla	Q 1.75	950.00	Q 1,662.50	
5.5	Repello+alisado de cemento	m^2	Q 48.00	145.00	Q 6,960.00	
5.6	Fundición	m^3	Q 120.00	18.00	Q 2,160.00	
	Subtotal					Q 21,182.50
	10% Imprevistos					Q 2,118.25
	Prestaciones laborales 87%					Q 18,428.78
	<b>TOTAL</b>					<b>Q 41,729.53</b>
	SUBTOTAL					Q 100,750.73
	<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>					<b>Q 546,624.96</b>



**Tabla XVII. Presupuesto general del sistema**

DESCRIPCIÓN DE RENGLÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO MATERIALES	PRECIO UNITARIO MANO DE OBRA	COSTO MATERIALES	COSTO MANO DE OBRA
Colector principal	4410.52	Q 81.98	Q 77.25	Q 361,582.86	Q 340,712.67
Conexión domiciliar	280	Q 672.05	Q 210.79	Q 188,173.58	Q 59,021.20
Pozos de visita	95	Q 2,395.54	Q 1,106.55	Q 227,576.09	Q 105,122.16
Fosa séptica	6	Q 12,169.52	Q 6,954.92	Q 44,991.61	Q 41,729.54
Herramientas	1	Q 17,613.40		Q 17,613.40	
Trabajos preliminares	1	Q 7,276.50		Q 7,276.50	
<b>TOTAL</b>				<b>Q 847,214.04</b>	<b>Q 546,585.57</b>

**Tabla XVIII. Resumen de costos**

MATERIALES	Q 847,214.04
MANO DE OBRA	Q 546,585.57
<b>TOTAL DIRECTOS</b>	<b>Q 1,393,799.60</b>
INDIRECTOS 30%	Q 418,139.88
DIRECCIÓN TÉCNICA DE CAMPO 8%	Q 111,503.97
GASTOS LEGALES 15%	Q 209,069.94
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>Q 2,132,513.40</b>

**NOTA:**

Los costos indirectos se componen de (utilidad 25%, gastos de operación 5%)

Los costos legales se componen de ( IVA 12%, ISR 2.5% y otros impuestos 0.5%)

### **3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

#### **3.1 Mantenimiento del alcantarillado sanitario**

Para que el sistema de alcantarillado funcione perfectamente es necesario aplicar mecanismos y técnicas que permitan conservar en buenas condiciones físicas y de funcionamiento el sistema de alcantarillado, con el objeto de alcanzar una duración de acuerdo al periodo para el que se realizó el diseño.

Los responsables del mantenimiento del sistema de alcantarillado serán los miembros del comité del caserío. Este comité contará con una unidad operativa, que estará conformada preferiblemente por personas que participaron en la construcción del sistema.

La unidad operativa tiene que promover y coordinar todas las actividades con las que la comunidad tenga relación con la conservación y mejoramiento del medio ambiente, tiene que supervisar el uso y dar mantenimiento al sistema de alcantarillado sanitario.

La elaboración de esta guía constituye una herramienta para realizar las labores correctas de mantenimiento, presenta los métodos de revisión general del sistema, también los aspectos que tienen relación con el funcionamiento así como los lineamientos de operación que permiten evaluar el funcionamiento del sistema y darle mantenimiento a las diferentes unidades que lo forman.

Para realizar la inspección se presenta la siguiente tabla descriptiva que permita identificar los distintos elementos que componen el alcantarillado sanitario:

**Tabla XIX. Guía para el mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario**

Guía	Elemento	Inspección	Posible problema	Solución
I	Línea central o secundaria	En pozos de visita	Taponamiento parcial Taponamiento total	Prueba de corrimiento de flujo
II	Pozos de visita	En el interior En la tapadera	Acumulación de residuos Estado de escalones	Limpieza de pozos Cambio de tapadera
III	Conexiones domiciliarias	General de la unidad	Mal uso de la candela Estado físico	Cambio de tapadera

La guía a utilizar dependerá de cada sistema a inspeccionar, ya que todas las obras difieren en algunos aspectos. Los distintos incisos que se presentan en las guías tratan los aspectos más comunes que puedan aparecer en un sistema de alcantarillado sanitario. Cualquier otro tipo de anomalía que se detecte y que no esté descrito en este documento deberá de ser estudiado por la persona responsable de la inspección y con base en su criterio proponer una solución la cual tiene que ser la mejor e implementarla.

### **3.1.1 Guía I línea central**

Dentro de las observaciones que deben de hacerse a la línea central para poder determinar algún tipo de anomalía están

Inspección de pozos de visita: se procede a levantar las tapaderas de los registros y observar si fluyen sin ningún problema las aguas servidas.

Si se detecta que algún registro se encuentra inundado y el siguiente que se encuentra aguas abajo está seco, entonces existe un taponamiento total en el tramo comprendido entre los dos registros observados.

Prueba de reflejo: esta consiste en colocar un agente reflector de luz en un registro aguas arriba y en el siguiente registro aguas abajo, se tiene que observar el reflejo producido por el agente reflector; si este no es observado, se tendrá un taponamiento parcial de la línea.

Prueba de corrimiento del flujo: esta prueba consiste en verter un recipiente de 25 galones con agua que se le mezcla un colorante en un registro aguas arriba y luego observar la cantidad de flujo que llega al siguiente registro aguas abajo, si el flujo que llega no es la misma cantidad que se vertió, existe un taponamiento parcial.

Para poder rehabilitar el sistema, se darán las siguientes recomendaciones:

Taponamiento parcial: se vierten 55 galones de agua en el registro aguas arriba, de tal manera que la correntada provoque una limpieza en el tramo, si no se despejara el taponamiento se incrementará el caudal.

Taponamiento total: si no se lograra despejar el taponamiento por medio de agua a presión, será necesario realizar sondeos para limpieza, y se determinará el punto a trabajar mediante una guía, luego de ser ubicado el taponamiento se procede a excavar y descubrir el tubo.

### **3.1.2 Guía II pozos de visita**

Dentro de las verificaciones que deben de realizarse a los pozos de visita para su buen funcionamiento están

Inspección de ingresos: se observará el estado de la tapadera y el brocal de cada pozo de visita del sistema. Las tapaderas deben de estar colocadas en sus respectivos lugares ya que de lo contrario se produce el ingreso de material extraño al sistema, este material extraño puede ser tierra, basura etc. Estos materiales pueden provocar taponamiento en la línea central.

Si las tapaderas se encuentran dañadas, lo preferible es sustituirlas por nuevas para garantizar que el sistema se encuentra protegido.

Inspección interna del pozo: verificar que no se encuentren residuos en los canales de los pozos que impidan el paso libre de las aguas residuales.

Observar el estado de los escalones, esta actividad depende de la altura del pozo.

Si el pozo de visita se encuentra con lodos, se debe de realizar una limpieza, la cual consistirá en extraer toda la basura y lodo acumulado.

### **3.1.3 Guía III conexiones domiciliarias**

Las verificaciones que deben de realizarse a las conexiones domiciliarias para su adecuado funcionamiento son las siguientes

Inspección general de conexiones domiciliarias conectadas al sistema: la razón de la inspección a las conexiones domiciliarias que existen, es la de constatar que no haya conexiones ilícitas o no autorizadas.

Verificación del estado de la candela: constatar que se encuentren en buenas condiciones de servicio. La tapadera de la candela debe de encontrarse en buenas condiciones y en su respectivo lugar, ya que su ausencia o deterioro puede producir introducción de basura y tierra al sistema provocando una obstrucción o taponamiento.

### **3.2 Conexiones intradomiciliares**

Todos los trabajos que se hagan dentro de las viviendas de las familias beneficiadas por el sistema de alcantarillado, correrán por cuenta de los interesados.

Las mejoras dentro del hogar en relación a servicios higiénicos deben de ser supervisadas por la administración. Los lavamanos, pila e inodoros se deben conectar a la candela domiciliar, los artefactos sanitarios deben de tener sifones y cajas de registro, se deberán de construir cajas trampa de grasas, para evitar la acumulación de grasa en la tubería, éstas deberán de ser colocadas cerca de la pila.

### **3.3 Letrinas y pozos ciegos**

Al cambiar de sistema de evacuación de excretas, será necesario eliminar todas las letrinas y pozos ciegos que se encuentren en uso, para eso se recomienda lo siguiente

Sellar el pozo, colocándole un brocal y una tapadera de concreto.

### 3.4 Fosas sépticas

La inspección y limpieza de una fosa séptica requiere de ciertos procedimientos y técnicas, con el fin de que posteriormente funcione en forma adecuada. Por eso se utilizan los siguientes pasos.

- Localizar el lugar en donde se encuentra la fosa séptica, lo que podrá hacerse por medio de los planos.
- Una vez encontrado el lugar, se tiene que excavar, tomando en cuenta que estos dispositivos hidráulicos suelen encontrarse a poca profundidad del nivel del suelo. Luego se descubrirán los lugares en donde estén las tapaderas de registro.
- Descubiertas las tapaderas de registro, primero se levanta la que se encuentra sobre el deflector de salida, tratando de no aspirar los gases que puedan emanar de la fosa séptica, ya que pueden ser tóxicos.
- Levantadas las tapaderas de registro, es conveniente dejar que la fosa se ventile previamente durante cinco minutos, a fin de que escapen los gases tóxicos e inflamables que se puedan generar en su interior, que pueden ser peligrosos.
- Es bueno efectuar una inspección en el tubo de entrada, para lo cual previamente se ha removido la tapadera de registro. Deberá verificarse que no haya natas acumuladas entre la pared de la fosa séptica y el tabique difusor de entrada.

Una vez efectuados los pasos de inspección, se procede a la limpieza, si se determinó su necesidad. Para ello se puede operar de la siguiente forma

- Si se cuenta con equipos como bomba de succión y camión cisterna, se introduce la manguera de la bomba en la superficie en donde están las natas, con el fin de irlas extrayendo y depositando en la cisterna.
- Si no se cuenta con el equipo mencionado, el contenido de la fosa séptica puede extraerse por medio de cubetas de mangos largos, e irlo depositando en carretillas. Al llegar a los lodos, deberá recordarse que se ha de dejar un pequeño residuo de éstos, para propósito de inoculación de bacterias.
- Una vez vaciada la fosa séptica, deberán revisarse las bocas de entrada y salida, verificando que se encuentren completamente libres. Si es necesario introducirse en ella, la persona que lo haga deberá llevar atada una cuerda, con el fin de ser extraído si llegara a desfallecer por la acción de algún gas remanente. En todo caso, se recomienda utilizar mascarilla cuando se realice la limpieza.
- Las fosas sépticas no deben de lavarse ni desinfectarse después de su limpieza.
- Una vez vaciada la fosa séptica, deberán colocarse nuevamente las tapaderas de registro, cuidando de que queden bien puestas, para evitar posibles fugas de olores o gases.

Se procederá a rellenar sobre las tapaderas, y de ser posible se debe colocar una marca sobre éstas, con el fin de facilitar la localización en futuras operaciones.



- El material retirado de una fosa séptica puede enterrarse en lugares deshabitados, en zanjas que tengan un mínimo de 60 centímetros de profundidad. Las natas, líquidos y lodos extraídos de una fosa séptica suelen contener partes sin digerir, que siguen siendo nocivas, pudiendo ser peligrosas para la salud. Por tanto, estos fangos, si se desearan utilizar para fertilizantes no se podrían aprovechar de inmediato, por lo que se deberán mezclar con otros residuos orgánicos (basura, hierba cortada, etc.) El material líquido retirado, no deberá de vaciarse en sistemas de aguas pluviales o en corrientes de agua (ríos), por el evidente peligro de contaminación.

El efectuar la inspección periódica y realizar la limpieza cuando sea necesario en una fosa séptica, implica estarle dando mantenimiento. Sin embargo, éste no es sólo cumplir con las operaciones propuestas anteriormente, sino también tener presente que la fosa séptica es un dispositivo hidráulico-sanitario que requiere cuidado, por el proceso anaeróbico-biológico que en ella se desarrolla.

Por tanto, debe observarse con sumo cuidado el uso de desinfectantes u otras sustancias químicas que se usan en artefactos sanitarios o domésticos, y que posteriormente llegan a ella.

Como regla, no es aconsejable agregar desinfectantes o sustancias químicas a una fosa séptica, ya que ello no mejora en algún modo su funcionamiento. Ciertos productos que aparentemente limpian las fosas sépticas, provocan posteriormente y en plazos muy cortos, el aumento de los lodos con gran incremento de alcalinidad, ya que contienen hidróxido de potasio como agente activo, que altera el proceso digestivo de hongos y bacterias.

Más bien, estos productos son usados para destapar desagües o tuberías obstruidas, por sus altas concentraciones y poder químico. El efluente puede dañar el suelo en forma peligrosa, saturándolo rápidamente, aunque se note un alivio momentáneo una vez que ha sido aplicado el producto.

Si estos productos son colocados en pequeñas dosis delante de la fosa séptica, se puede evitar malos olores, sin producir efectos posteriores.

La aplicación inmoderada de jabones, blanqueadores, detergentes y otros productos afectan tanto el suelo como sus organismos, por lo que debe tenerse cuidado con el uso de ellos.

Existen muchos productos para ser aplicados en fosas sépticas, pero hasta ahora ninguno ha demostrado ser efectivo en pruebas supervisadas. Debe consultarse previamente a organismos o empresas que se dedican a la aplicación de dichas sustancias químicas, que en muchos casos se usan en los artefactos domésticos y sanitarios, con el fin de evitar daños futuros tanto en la red como en la fosa séptica.

## CONCLUSIONES

1. La carencia en el caserío El Terrero de un sistema de alcantarillado sanitario y de otros servicios de saneamiento básicos, ha incidido en que las condiciones de vida no sean las apropiadas para los pobladores, por la presencia de focos de contaminación y ploriferacion de enfermedades. Por lo que la construcción del drenaje sanitario, se constituye en un servicio de vital importancia para la comunidad en mención.
2. Para la construcción del sistema de alcantarillado sanitario, es conveniente que la mano de obra calificada y no calificada y los materiales se obtengan del lugar o de la región, con el propósito de que los costos del proyecto no incrementen, además de que los usuarios del sistema se estarían involucrando en el proceso constructivo.
3. El Ejercicio Profesional Supervisado es una buena experiencia para el estudiante, ya que da la oportunidad de poner en práctica los conocimientos adquiridos y mejorar la formación mediante la investigación y aplicación de los mismos en la solución de problemas reales.
4. Los costos de proyectos de esta naturaleza, por lo regular alcanzan valores altos, sin embargo, este aspecto no debe ser parámetro para rechazarlos, ya que por tratarse de un servicio básico deben de llevarse a la realidad por los beneficios que representan tanto para los beneficiarios como para el medio ambiente.
5. Al sistema de drenaje sanitario del caserío El Terrero se le dará un tratamiento primario por medio de fosas sépticas, debido a las limitantes que existen en el caserío, las cuales son de tipo económico, topografía del terreno y falta de área destinada para dicho tratamiento.

## **RECOMENDACIONES**

A la municipalidad de Jalapa

1. Luego de construir el sistema de alcantarillado sanitario implementar un plan de mantenimiento, ya que con el transcurso del tiempo se irán acumulando sólidos o basura en las tuberías, colectores y pozos de visita.
2. Garantizar la supervisión constante durante la construcción del sistema de alcantarillado sanitario, con el objeto de asegurar la calidad, tanto en los materiales como de la mano de obra.
3. Crear cuanto antes en las comunidades y comités una conciencia sanitaria a fin de reducir los problemas actuales, para que en el futuro se tenga un medio ambiente más agradable.

Al comité de vecinos

1. Que los desechos provenientes de cocinas sean previamente pasados por una caja trampa de grasas, para luego descargarlos en el sistema de alcantarillado.
2. Educar a los usuarios del sistema de alcantarillado, para que no dejen ir ningún tipo de basura a la red de drenaje sanitario, para que su funcionamiento sea el adecuado.

## BIBLIOGRAFIA

1. Barillas Ramírez, Edgar Leonardo. Diseño de la red de alcantarillado sanitario de las aldeas: La Majada, del municipio de Zacapa y Antombrán, del municipio de Huité, Zacapa, Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 2000. 84 pp.
2. Castro Calderón, Israel. Diseño de red de alcantarillado sanitario para la aldea Pino Zapotón y pavimentación de la calle hacia el río Molino de la cabecera municipal de San Carlos Alzatate, Jalapa, Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 2003. 98 pp.
3. García Chex, Herman Dovanet. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Los Jocotes, municipio de San Jerónimo, departamento de Baja Verapaz, Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 2002. 96 pp.
4. Guevara Gonzáles, Elmer Augusto. Diseño de la red de drenaje sanitario para la aldea La Campana, municipio de Monjas, departamento de Jalapa, Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 2001. 105 pp.
5. Medrano Osorio, Edgar Alfredo. Propuesta de mejora al sistema de abastecimiento de agua potable de la cabecera municipal de San José del Golfo, municipio de San José del Golfo, departamento de Guatemala y diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la aldea El Caulote, municipio de San José del Golfo, departamento de Guatemala, Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 2001. 115 pp.
6. Ortiz Salvarro, Luis Eduardo. Planificación y diseño de la red de drenaje sanitario de la cabecera municipal Chuarrancho, Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 1,991. 93 pp.

## APÉNDICE

### ENCUESTA SANITARIA

1. ¿Cuántas personas habitan esta vivienda?
2. ¿Cuántas personas menores de 15 años habitan en esta vivienda?
3. ¿Cuántas personas mayores de 15 años habitan esta vivienda?
4. ¿Cuántas personas estudian en esta vivienda y en que nivel están?

Nivel	Número de personas
Primario	
Secundario	
Diversificado	
Superior	

5. ¿Con qué servicios cuenta en su vivienda?

SERVICIOS	SÍ	NO
Agua potable		
Luz		
Drenaje		
Fosa séptica		
Letrinas		
Otros		

6. Servicios existentes en la comunidad
7. Tipo de material con que está construida su vivienda
8. ¿Con qué servicios cuentan en la comunidad?
9. Tipo de techo con el que está construida su vivienda
10. ¿Qué servicio de los que no tiene quisiera que le construyeran?

**Tabla XX. Libreta de campo (planimetría)**

LIBRETA DE CAMPO				
ESTACION	PUNTO OBSERVADO	AZIMUT	DISTANCIA HORIZONTAL	OBSERVACIONES
E-O	E-1	47°56'20"	19.13	
E-1	E-2	332°53'30"	25.56	Principia el callejón
E-2	E-3	346°55'50"	20.75	Tope del callejón
E-1	E-4	73°10'20"	14.52	
E-4	E-5	105°03'00"	95.75	
E-5	E-6	100°17'20"	25.17	Carretera asfaltada
E-6	E-7	315°30'10"	33.67	Lado izquierdo de la carretera
E-7	E-8	314°42'20"	124.51	
E-8	E-9	313°16'50"	63.69	
E-9	E-10	313°02'50"	22.90	
E-10	E-11	312°26'20"	19.42	Fin del tramo
E-10	E12	46°46'20"	9.70	Lado derecho de la carretera
E12-	E-13	314°21'10"	72.87	
E-13	E-14	321°16'10"	25.83	
E-14	E-15	330°48'50"	38.72	
E-15	E-16	340°01'	61.32	Fin del tramo
E-12	E-17	42°22'10"	20.90	Principio de calle
E-17	E-18	43°16'40"	84.20	Principio del callejón
E-18	E-19	53°18'10"	65.72	Tope del callejón
E-17	E-20	340°17'20"	73.63	
E-20	E-21	37°44'40"	54.56	Principio del callejón
E-21	E-22	42°22'40"	27.70	
E-22	E-23	53°11'30"	33.18	
E-23	E-24	61°54'40"	63.86	
E-24	E-25	73°03'30"	82.84	
E-25	E-26	60°25'10"	36.90	
E-26	E-27	52°03'20"	48.38	Principio del callejón
E-27	E28	140°50'20"	39.30	
E-28	E-29	232°49'10"	22.18	Tope del callejón
E-28	E-30	51°42'00"	47.13	Tope del callejón
E-27	E-31	52°03'20"	69.45	
E-31	E-32	53°14'20"	50.72	
E-32	E-33	66°23'50"	50.86	
E-33	E-34	60°03'20"	47.27	
E-34	E-35	332°13'50"	28.72	Tope del callejón
E-35	E-A	55°42'36"	80.00	Desfogue
E-20	E-36	330°19'00"	42.20	Calle
E-36	E-37	13°36'40"	10.76	
E-37	E-38	323°11'50"	29.00	Principio del callejón
E-38	E-39	334°25'00"	58.11	
E-39	E-40	351°06'50"	23.31	Tope del callejón
E-37	E-41	21°04'20"	15.77	
E-41	E-42	40°07'00"	44.30	

LIBRETA DE CAMPO				
ESTACION	PUNTO OBSERVADO	AZIMUT	DISTANCIA HORIZONTAL	OBSERVACIONES
E-42	E-43	50°11'00"	49.00	
E-43	E-44	46°59'50"	46.72	
E-44	E-45	57°21'10"	45.46	
E-45	E-46	51°36'30"	13.91	
E-46	E-47	315°37'50"	28.99	Principio del callejón
E-47	E-48	05°30'00"	53.10	Tope del callejón
E-46	E-49	47°29'30"	117.72	
E-49	E-50	46°06'30"	85.51	
E-50	E-51	49°22'20"	70.39	
E-51	R-A	317°30'50"	51.45	Callejón
R-A	R-B	24°59'23"	20.00	Tope del callejón
E-51	E-52	51°26'50"	58.25	
E-52	E-53	37°37'00"	60.56	
E-53	E-54	27°19'10"	17.14	
E-54	E-55	12°33'30"	23.20	
E-55	E-55A	73°2'40"	80.00	
E-55A	E-55B	158°10'32"	75.00	Desfogue
E-55A	E-56	73°2'40"	54.79	
E-56	E-57	74°10'10"	39.61	
E-57	R-A	19°31'50"	30.00	Tope de la calle
E-56	E-58	337°38'30"	107.54	
E-58	E-59	62°42'10"	62.81	Tope de la calle
E-12	E-60	133°22'50"	111.17	
E-60	E61	135°31'40"	132.55	
E-61	E-6	219°58'14"	8.61	
E-61	E-62	133°09'50"	74.18	Fin del tramo
E-62	R-A	21°48'54"	15.00	Desfogue
E-60	E-63	43°05'00"	65.74	
E-63	E-64	323°18'20"	49.40	Callejón
E-63	E-65	46°58'10"	151.51	
E-65	E-66	48°32'40"	46.32	
E-66	E-67	349°35'00"	75.08	
E-67	E-26	340°10'05"	64.96	
E-66	E-68	47°18'00"	248.54	
E-68	E-69	148°10'50"	31.45	Callejón
E-68	E-70	46°45'00"	43.90	
E-70	E-71	156°15'20"	40.50	Callejón
E-70	E-72	52°31'00"	15.85	
E-72	E-34	330 24'402	84.46	
E-72	E-73	58°50'40"	39.19	
E-73	E-74	157°45'00"	69.34	Callejón
E-73	E-75	58°50'40"	19.28	
E-75	E76	329°28'50"	33.90	
E-76	E-77	69°51'40"	74.65	Fin del tramo
E-77	R-A	356°49'13"	25.00	Desfogue



**Tabla XXI. Libreta de campo (altimetría)**

	EST.	V.A	H.I	LECTURA	P.V	COTA
	BM 0	1.058	101.058			100
E-0	0+000			1.673		99.385
E-1	0+019.13			2.023		99.035
	PV # 1	3.722	104.494		0.286	100.772
	0+020			3.142		101.352
E-2	0+025.56			2.43		102.091
E-3	0+020.75				0.408	104.086
	E-1	0.232	99.267			99.035
E-4	0+014.52			1.235		98.032
	0+020			2.775		96.492
	0+040			3.507		95.76
	PV # 2	0.02	95.43		3.857	95.41
	0+060			0.613		94.817
	0+080			1.234		94.196
E-5	0+095.75			1.443		93.987
	0+020			1.666		93.764
E-6	0+025.17			1.618		93.812
	PV # 3	3.593	97.640		1.383	94.047
	0+020			3.676		93.964
E-7	0+033.67			3.715		93.925
	0+020			3.463		94.177
	0+040			3.162		94.478
	0+060			2.682		94.958
	0+080			1.581		96.059
	0+100			0.61		97.03
	PV # 4	3.705	101.285		0.060	97.58
	0+120			2.627		98.658
E-8	0+124.71			2.418		98.867
	0+020			0.729		100.556
	PV # 5	3.827	105.112		0.000	101.285
	0+040			2.884		102.228
	0+060			1.822		103.29
E-9	0+063.69			1.673		103.439
	0+020			1.41		103.702
E-10	0+022.90			1.384		103.728
E-11	0+019.42			0.924		104.188
	E-10			1.384		103.728
E-12				1.309		103.803
	PV # 6			1.1		104.012
	0+020			1.387		103.725
	0+040			1.617		103.495
	0+060			1.847		103.265
E-13	0+072.87			1.907		103.205
	PV # 7	1.982	105.198		1.896	103.216
	0+020			2.21		102.988
E-14	0+025.83			2.385		102.813
	0+020			2.293		102.905
E-15	0+038.72			1.573		103.625
	0+020			0.563		104.635
	PV # 8	3.056	108.167		0.087	105.111
	0+040			2.243		105.924

	EST.	V.A	H.I	LECTURA	P.V	COTA
E-16	0+061.32				0.742	107.425
	PV # 6	3.242	107.254			104.012
	E-12			3.451		103.803
E-17	0.020.90			3.18		104.074
E-18	0+084.20			0.757		110.211
	PV # 10	3.665	114.587		0.046	110.922
E-19	0+065.72				0.74	113.847
	E-17	0.382	104.456			104.074
E-20	0+073.63	0.688	102.651		2.493	101.963
	0+020			1.21		101.441
	0+040			0.894		101.757
E-21	0+054.56			0.978		101.673
	0+020			1.395		101.459
E-22	0+027.70			1.192		101.658
	0+020			0.993		101.658
E-23	0+033.18	0.824	102.595		0.88	101.771
E-24	0+063.86			1.656		100.939
E-25	0+082.84	0.113	99.114		3.594	99.001
	0+020			1.008		98.109
E-26	0+036.90			1.557		97.557
E-27	0+048.38	2.250	98.765		2.599	96.515
	0+020			1.633		97.102
E-28	0+039.30			1.507		97.258
E-29	0+022.18			0.983		97.782
	0+040			0.421		98.344
E-30	0+047.18				0.197	98.568
E-27		0.081	96.596			96.515
	0+020			0.597		95.999
	0+040			0.916		95.68
	0+060			1.325		95.244
E-31	0+069.45			1.57		95.026
	0+020			1.995		94.601
	0+040			2.833		93.763
E-32	0+050.72			2.993		93.603
	PV # 9	1.760	95.178		3.178	93.418
	0+020			1.67		93.508
	0+040			1.043		94.135
E-33	0+050.86			1.235		93.943
	0+020			1.288		93.890
	0+040			1.600		93.578
E-34	0+047.27			2.232		92.946
	0+020			2.873		92.305
E-35	0+028.72				3.532	91.646
E-20		1.402	103.365			101.963
	0+020			1.626		101.739
	0+040			1.628		101.737
E-36	0+042.40			1.608		101.757
E-37	0+010.76			1.483		101.882
E-38	0+029			0.763		102.598
E-39	0+058.11			1.346		103.279
	0+020			1.207		103.418
E-40	0+023.41			1.278		103.347
E-37		1.390	103.272			101.882

	EST.	V.A	H.I	LECTURA	P.V	COTA
E-42	0+044.30			1.501		101.771
	0+020			1.550		101.72
	0+040			1.927		101.345
E-43	0+0490			2.163		101.109
	0+020			2.357		100.915
	0+040			2.487		100.785
E-44	0+046.72			2.526	2.5	100.746
	0+020			2.932		100.34
	0+040			3.652		99.704
	PV# 11	3.142	102.713		3.701	99.571
E-45	0+045.46			3.202		99.511
E-46	0+013.91			3.498		99.215
	PV#12	3.983	106.543		0.153	102.56
	0+020			2.906		103.637
E-47	0+028.99			1.162		105.381
	PV #13	3.820	110.361		0.002	106.541
	0+005.75			3.850		106.511
	0+015.20			0.600		109.761
	PV#14	3.815	113.951		0.225	110.136
	PV#15	3.920	117.711		0.16	113.791
E-48	0+053.10				1.68	116.31
E-46		0.400	99.615			99.215
E-49	0+111.72			1.564		98.051
E-50	0+085.51			3.688		95.927
E-51	0+070.39			3.522		96.093
E-52	0+053.25			1.337		95.026
E-53	0+070.56			1.030		95.333
E-54	0+017.11			1.063		95.300
E-55	0+023.20			0.662		94.970
E-56	0+0134.79			0.131		92.545
E-57	0+039.61				2.991	92.296
E-58	0+107.54			0.093		95.194
E-59	0+072.81				1.674	94.632
E-60	0+111.17			3.425		96.911
E-61	0+120.00			2.662		93.769
E-62	0+074.18			3.037		93.394
E-63	0+06574			3.499		93.519
E-64	0+049.40				0+600	98.031
E-65	0+0151.59			1.805		93.699
E-66	0+046.32			1.407		94.097
E-67	0+075.08			0.820		99.723
E-68	0+248.54			1.539		95.295
E-69	0+031.45			2.974		93.860
E-70	0+043.90			1.568		95.266
E-71	0+040.50				1.483	95.400
E-72	0+015.85			1.427		94.783
E-73	0+039.19			1.813		93.689
E-74	0+069.34				1.982	94.120
E-75	0+019.28			2.130		93.372
E-76	0+033.90			0.530		92.780
E-77	0+074.65				2.376	84.322

Figura 11. Planta general del sistema de alcantarillado sanitario

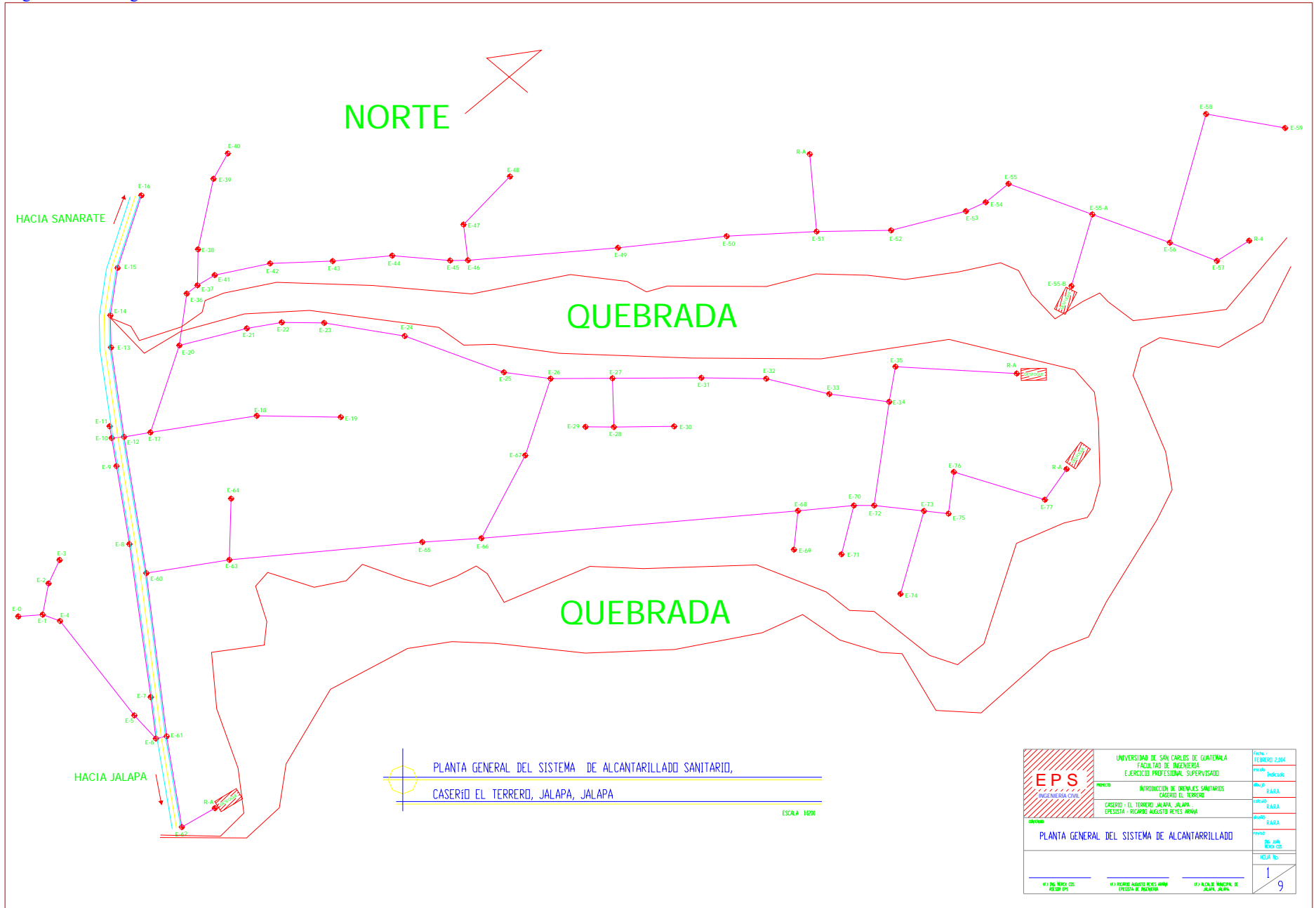


Figura 12. Plano de densidad de población

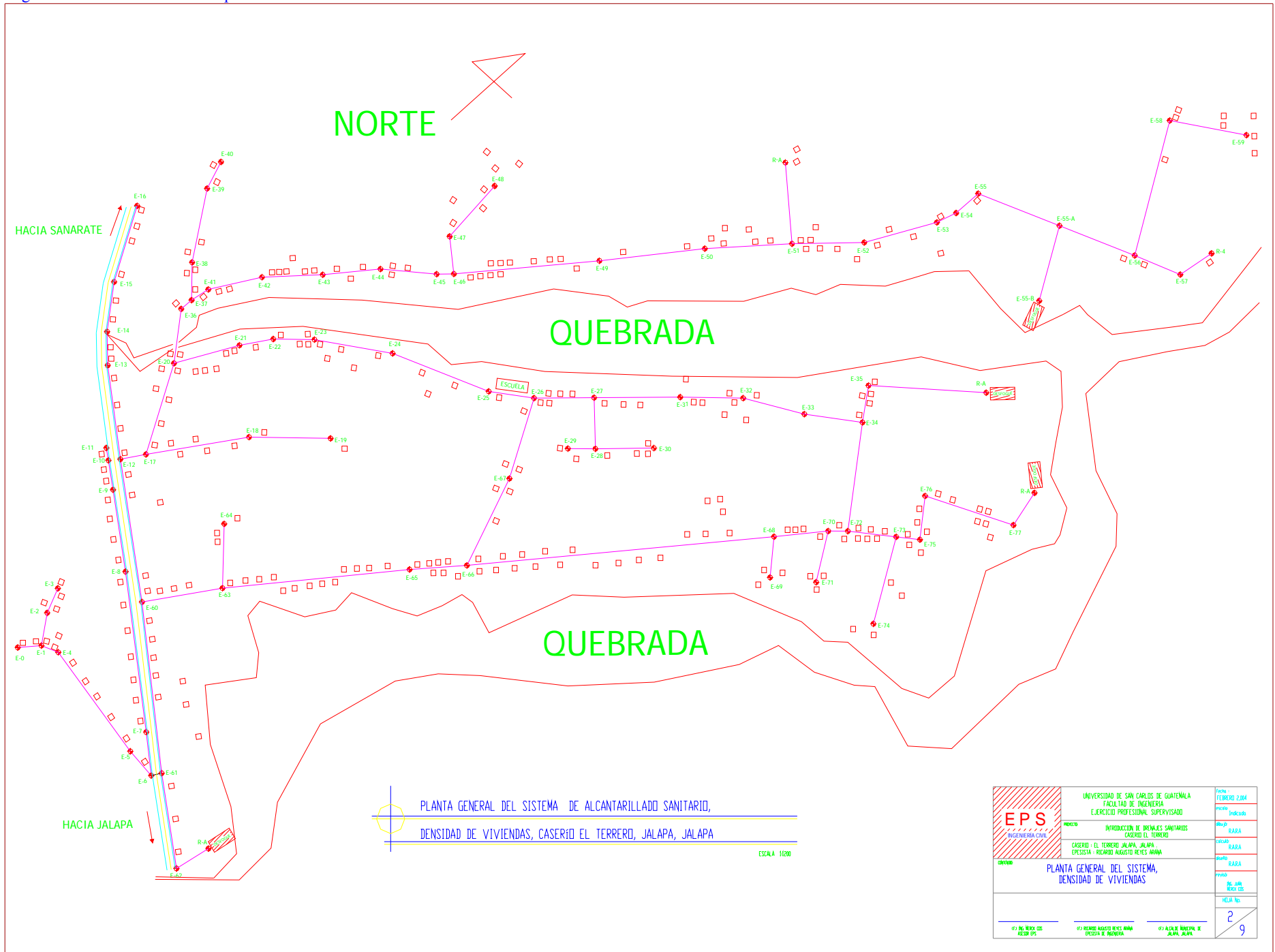


Figura 13. Plano de localización de pozos de visita

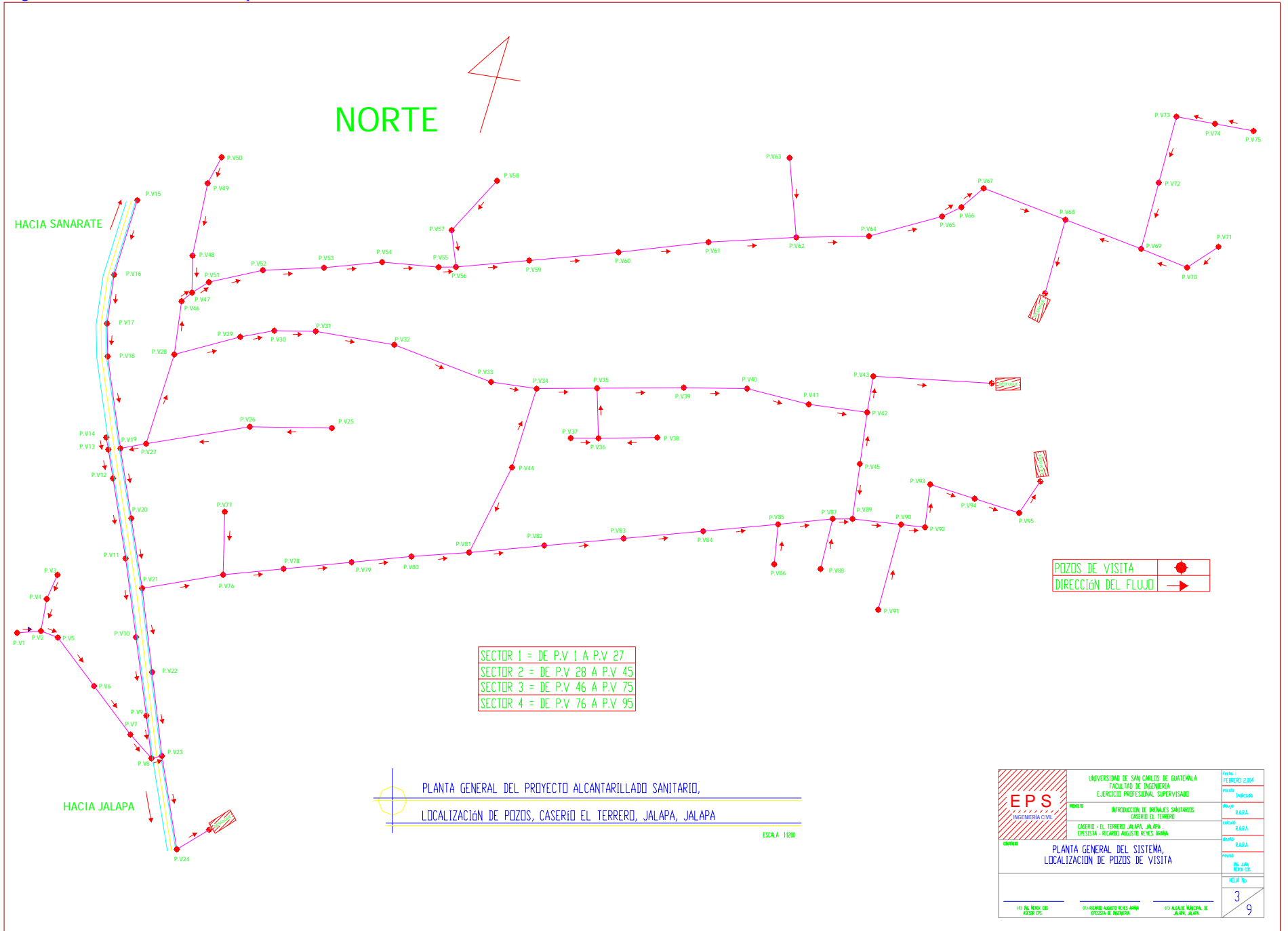
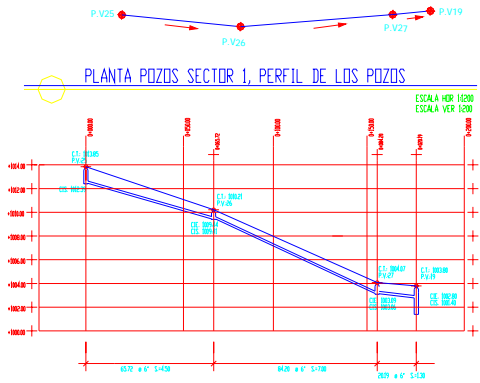
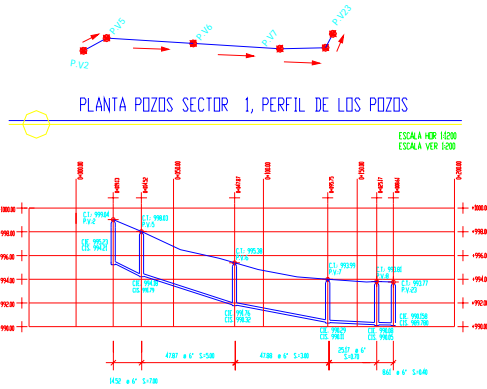
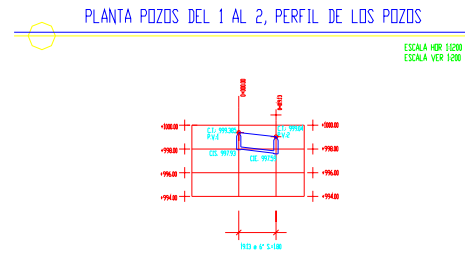
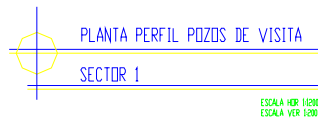
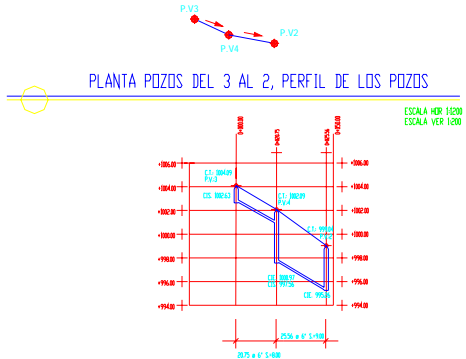
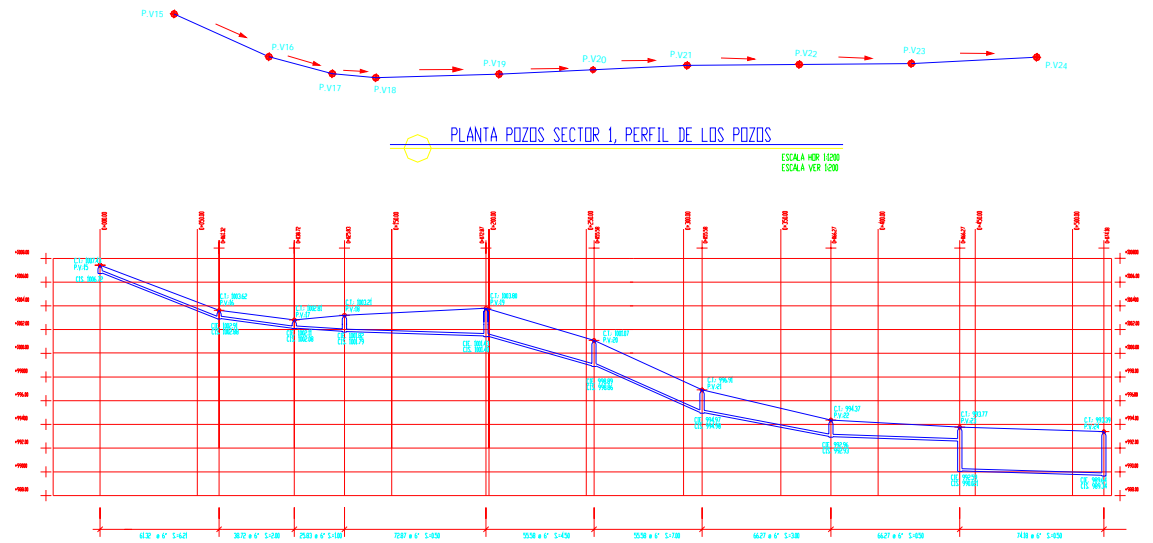
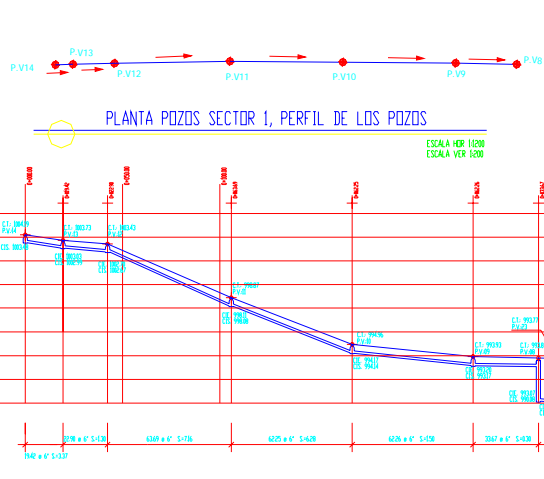


Figura 14. Planta perfil de los pozos de visita, sector 1

NORTE

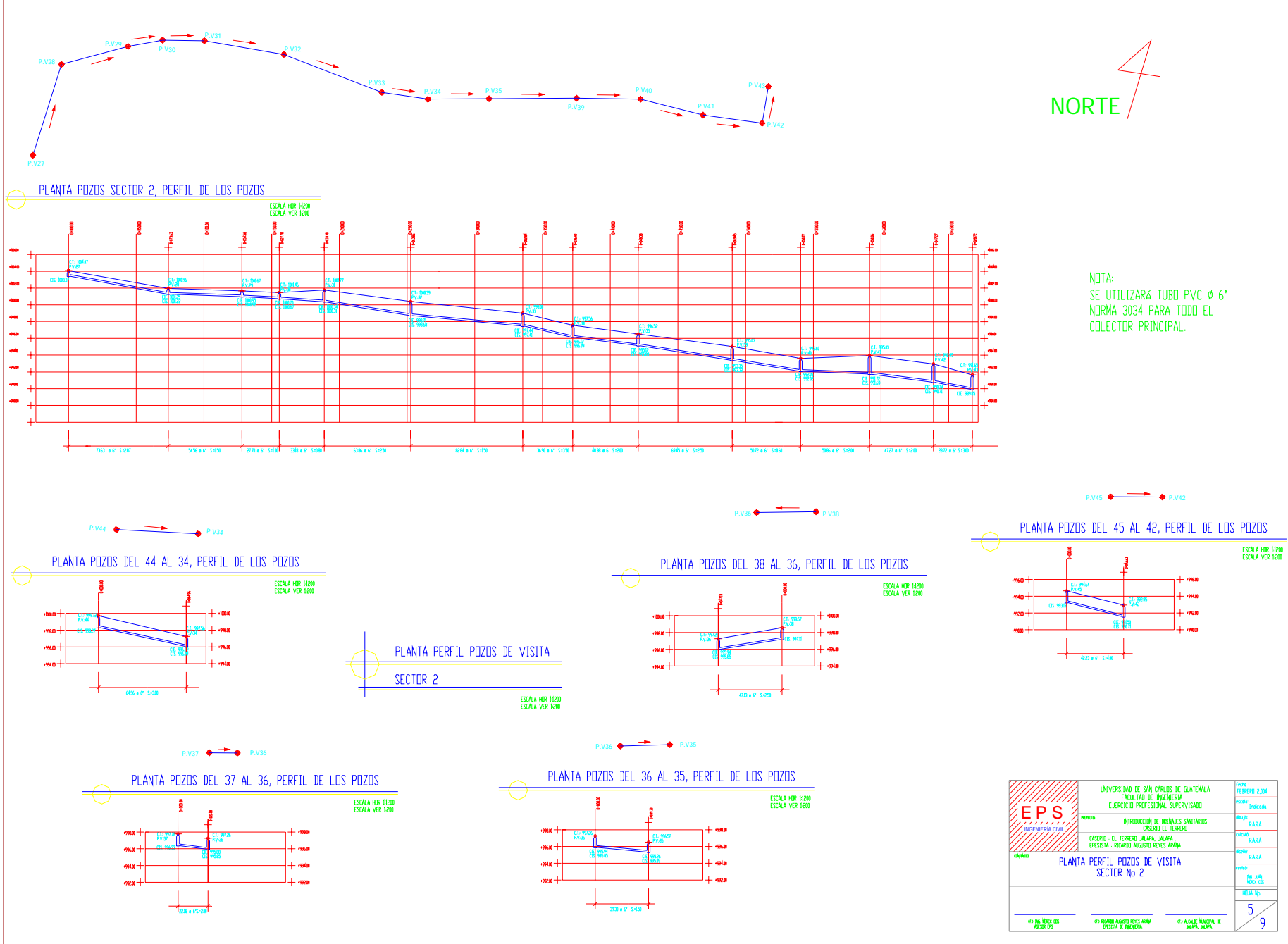


NOTA:  
SE UTILIZARÁ TUBO PVC Ø 6"  
NORMA 3034 PARA TODO EL  
COLECTOR PRINCIPAL.



EPS INGENIERIA CIVIL	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	Fecha: FEBRERO 2016
	PROYECTO: INTRODUCCION DE BORNALLES SANITARIOS CASERIO EL TERRENO	Indicador
CONTENIDO	CASERIO: EL TERRENO JALAPA, JALAPA ESPECIFICA: RESERVA AGUSTO REYES ANAYA	PARA: PARAR
	PLANTA PERFIL POZOS DE VISITA SECTOR No 1	PARAR
	PROYECTISTA: ING. JUAN NUNEZ COS	Hoja No: 4
	ING. JUAN NUNEZ COS RESP. EPS	ING. RICARDO AGUSTO REYES ANAYA ESPECIALISTA DE INGENIERIA
		ALCALDE MUNICIPAL DE JALAPA, JALAPA
		9

Figura 15. Planta perfil de los pozos de visita, sector 2



	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	Fecha: Febrero 2004
	PROYECTO INTRODUCCIÓN DE OMBRALES SANITARIOS CASERIO EL TERREZO	Indicador: BARRA
CLIENTE CASERIO EL TERREZO SAN CARLOS, GUATEMALA EPESISTA RICARDO AUGUSTO REYES ARANA	BARRA BARRA	BARRA BARRA
PLANTA PERFIL POZOS DE VISITA SECTOR No 2		Hoja No. 5 9
Ing. MSc. CESAR ESCOBAR	Ing. RICARDO AUGUSTO REYES ARANA EJERCICIO DE PROFESION	Ing. ALICIA MANGUERA DE JARA ALTA



Figura 16. Planta perfil de los pozos de visita, sector 3

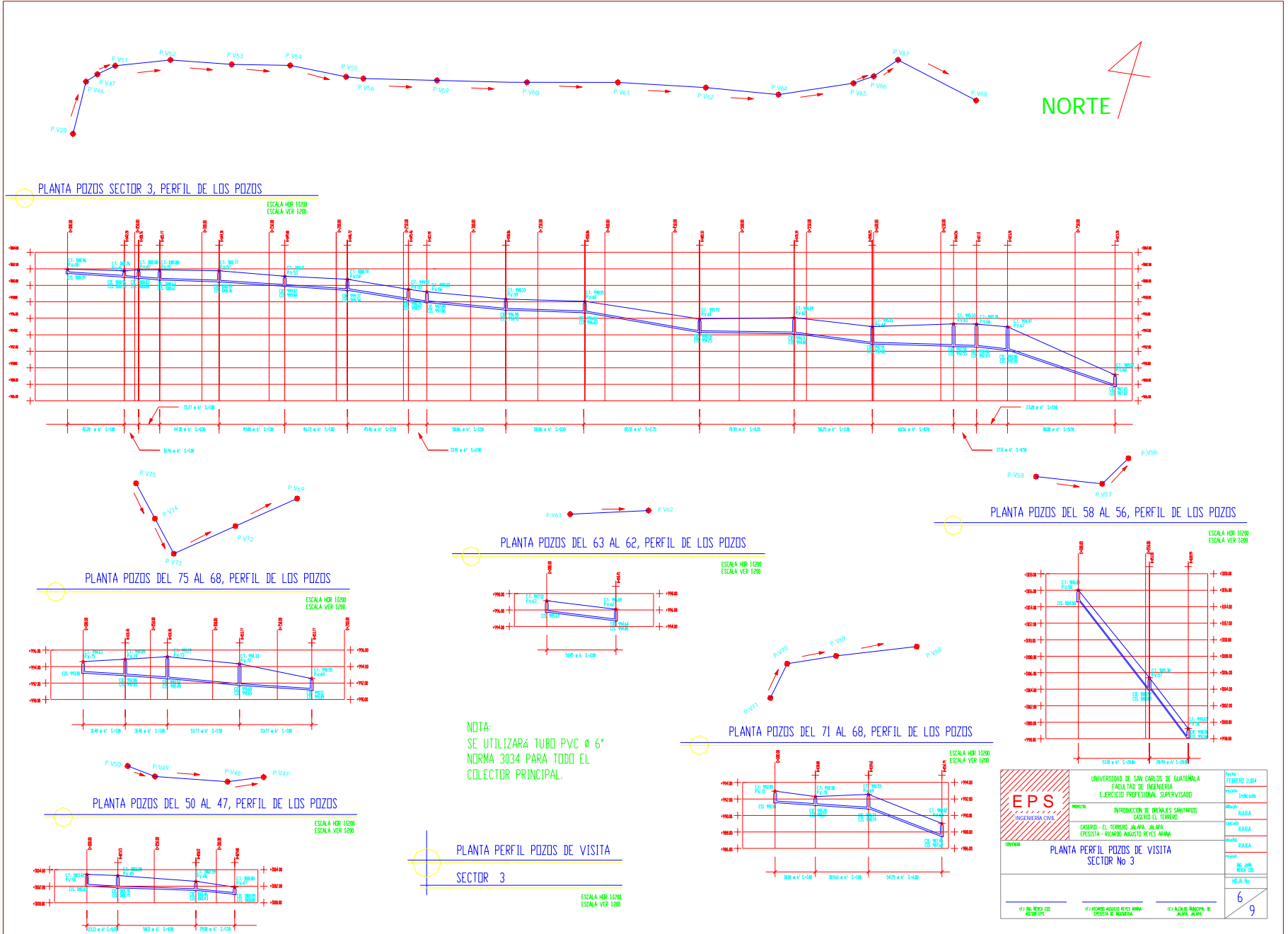
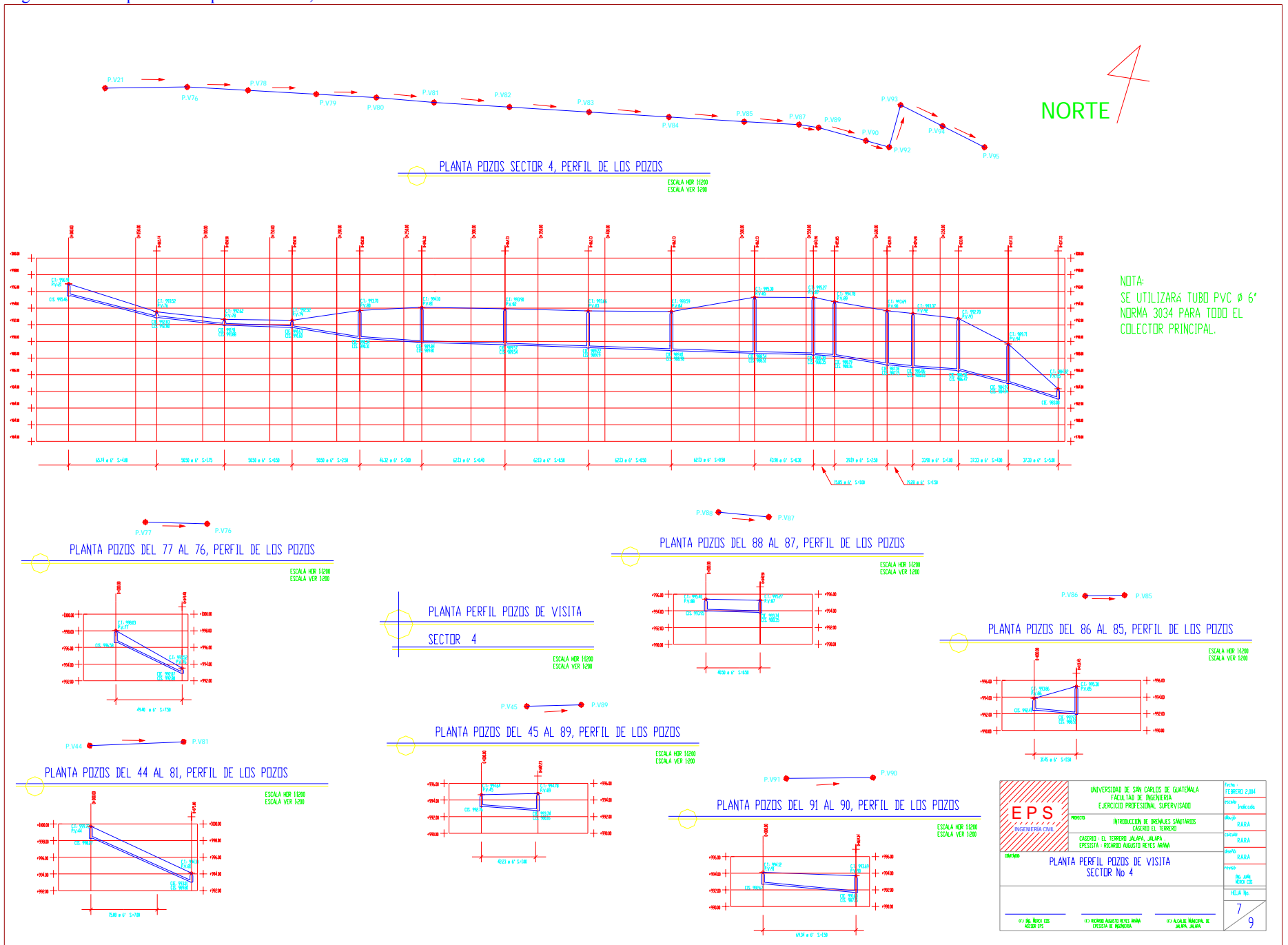
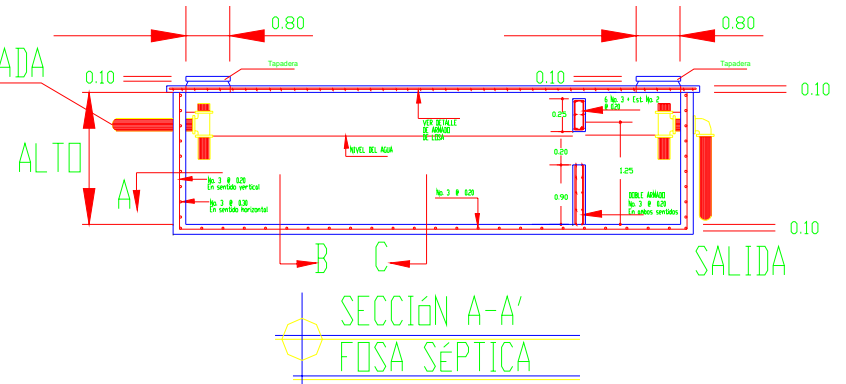
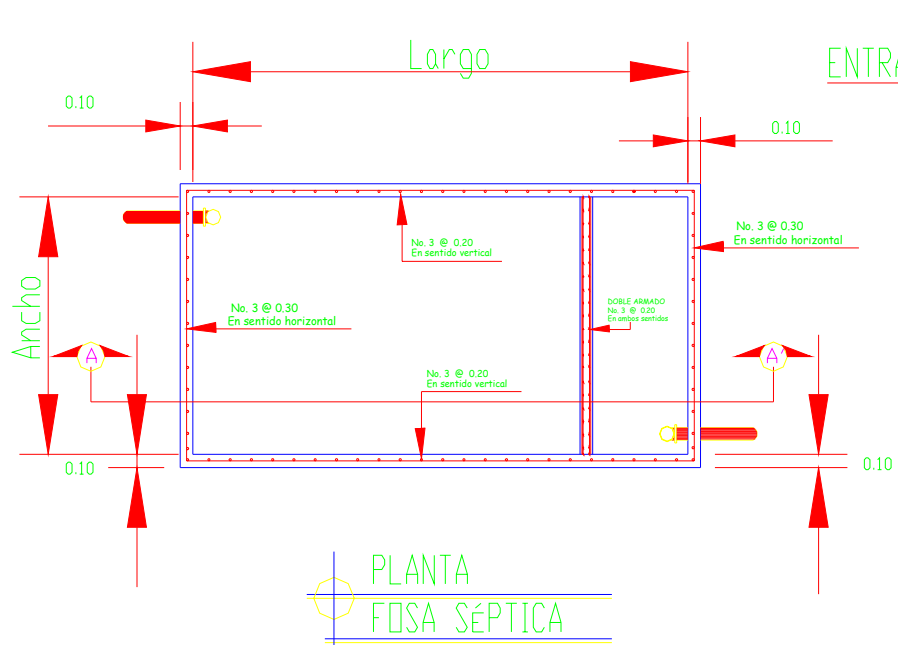


Figura 17. Planta perfil de los pozos de visita, sector 4

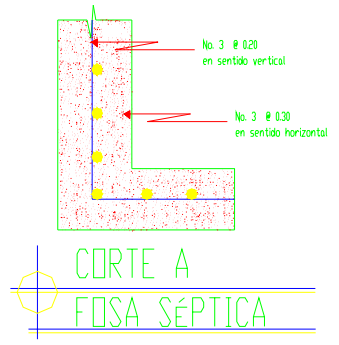
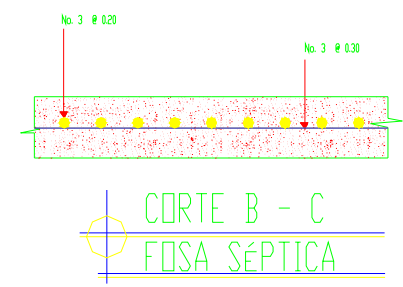
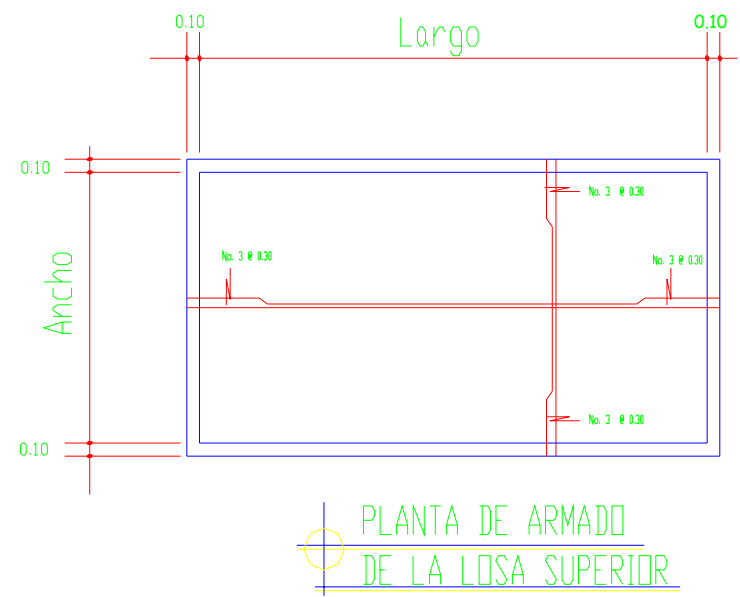


<b>EPS</b> INGENIERIA CIVIL	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	Fecha: Código: 23/04
	PROYECTO: INTRODUCCION DE BENEFALES SANITARIOS CASERIO EL TERRENO	Indicador: DARA
	CASERIO EL TERRENO JALAPA, JALAPA EJECUTIVA: FREDERICO AGOSTO REYES BARRA	Indicador: DARA
	<b>PLANTA PERFILES POZOS DE VISITA SECTOR No 4</b>	
(1) SIG. REDES CES ACCION EPS		(2) FREDERICO AGOSTO REYES BARRA EJECUTIVA DE INGENIERIA
		(3) ALCALDE MUNICIPAL DE JALAPA, JALAPA
		Hoja No: <b>7</b> de <b>9</b>

Figura 18. Detalle de la fosa séptica



FOSA	Ancho	Largo	Alto
SECTOR 1	3.06	6.12	1.50
SECTOR 2	2.90	5.80	1.50
SECTOR 3	2.49	4.98	1.50
SECTOR 4	2.49	4.98	1.50



EPS	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	Fecha: FEBRERO 2004
	PROYECTO: INSTALACION DE BOMBALES SANITARIOS CASERIO EL TERROSO	Indicador: RAJA
DISEÑO	CASERIO: EL TERROSO, JALAPA, JALAPA EPSISTA: RICARDO AUGUSTO REYES ARANA	Calculo: RAJA
	FOSA SEPTICA	Revisión: RAJA
		Hoja No: 8
<small>103 No. 1000 005 104 RICARDO AUGUSTO REYES ARANA EPSISTA DE INGENIERIA</small>		9

Figura 19. Detalle de las conexiones domiciliarias y pozos de visita

