

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ACTUALIZACIÓN Y ORDENAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE  
SANITARIO EN EL CASCO URBANO DE LA CABECERA  
DEPARTAMENTAL DE ZACAPA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**CARLOS ENRIQUE ESTRADA CONTRERAS**  
ASESORADO POR EL ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Sydney Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Fredy Enrique Ríos
EXAMINADOR	Ing. Gabriel Ordoñez Morales
EXAMINADOR	Ing. Armando Ola Hernández
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**ACTUALIZACIÓN Y ORDENAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE  
SANITARIO EN EL CASCO URBANO DE LA CABECERA  
DEPARTAMENTAL DE ZACAPA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 9 de noviembre de 2009.

  
Carlos Enrique Estrada Contreras



Guatemala 30 de mayo de 2011.  
Ref.EPS.DOC.703.05.11.

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano  
Directora Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

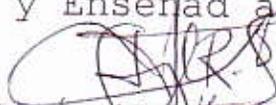
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Carlos Enrique Estrada Contreras** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **8912411**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"ACTUALIZACIÓN Y ORDENAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO EN EL CASCO URBANO DE LA CABECERA DEPARTAMENTAL DE ZACAPA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA"**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

  
Ing. Ángel Roberto Sic García  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Civil

c.c. Archivo  
ARSG/ra





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,  
11 de agosto de 2011

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos

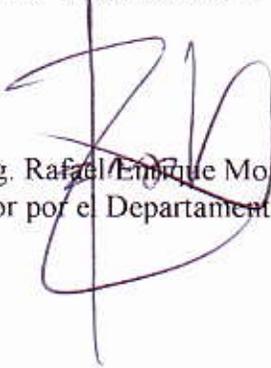
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **ACTUALIZACIÓN Y ORDENAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO EN EL CASCO URBANO DE LA CABECERA DEPARTAMENTAL DE ZACAPA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Carlos Enrique Estrada Contreras, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

CONFID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa  
Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

/bbdeb.



Guatemala, 30 de mayo de 2011.  
Ref.EPS.D.442.05.11

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"ACTUALIZACIÓN Y ORDENAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO EN EL CASCO URBANO DE LA CABECERA DEPARTAMENTAL DE ZACAPA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Carlos Enrique Estrada Contreras**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Ángel Roberto Sic García.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor -Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

  
Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecena de Serrano  
Directora Unidad de EPS



NISZ/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
www.ingenieria-usac.edu.gt



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Ángel Roberto Sic García y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmientos Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Carlos Enrique Estrada Contreras, titulado ACTUALIZACIÓN Y ORDENAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO EN EL CASCO URBANO DE LA CABECERA DEPARTAMENTAL DE ZACAPA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, octubre de 2011

/bbdeb.

Más de 130<sup>Años</sup> de Trabajo Académico y Mejora Continua





## ACTO QUE DEDICO A:

<b>Dios</b>	Por iluminar mi entendimiento, aumentar mi voluntad, purificar mi corazón y santificar mi alma.
<b>Mis padres</b>	Carlos Enrique Estrada Barrera (q.e.p.d.) Lilia Contreras García viuda de Estrada con gratitud inmensa, por su amor y ayuda en la realización de este logro.
<b>Mi hermana</b>	Lilia Patricia Estrada Contreras, por su amor y apoyo incondicional.
<b>Mi novia</b>	Ana Beatriz Hernández Chitón, por ser mi apoyo y motivación para seguir adelante.
<b>Mis familiares y amigos</b>	Que en algún momento de su vida han estado apoyándome incondicionalmente.

## AGRADECIMIENTOS A:

**Dios, Todopoderoso**

Oh Dios, siempre te daré gracias por lo que has hecho; esperaré en ti delante de tus fieles, porque eres bueno. (Salmo 52:9).

**Ingeniero Ángel Roberto  
Sic García**

Por su valiosa asesoría en la elaboración del presente trabajo de graduación.

**Ingeniero Carlos Aníbal  
Ramírez Mejía**

Por su valiosa ayuda a lo largo de mi formación profesional.

**La Municipalidad de Zacapa**

Por darme la oportunidad de realizar este proyecto.

**La unidad de topografía**

Por su apoyo y ayuda incondicional en la realización del presente trabajo.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN .....	XVII
OBJETIVOS .....	XIX
INTRODUCCIÓN .....	XXI
1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Monografía de la cabecera departamental de Zacapa .....	1
1.1.1. Ubicación geográfica .....	1
1.1.2. Límites y colindancias .....	1
1.1.3. Reseña histórica.....	2
1.1.4. Topografía .....	3
1.1.5. Fisiografía.....	3
1.1.6. Hidrología .....	4
1.1.7. Clima .....	4
1.1.8. Temperatura.....	5
1.1.9. Suelos .....	5
1.1.10. Situación socio económica .....	7
1.1.11. Población económica activa .....	8
1.1.12. Servicios públicos .....	8
1.1.12.1. Educación .....	8
1.1.12.2. Comunicación .....	9
1.1.12.3. Energía eléctrica .....	9
1.1.12.4. Agua potable .....	10

1.1.12.5.	Salud.....	10
1.1.12.6.	Drenajes.....	11
1.1.12.7.	Transporte.....	11
1.2.	Descripción de las necesidades del casco urbano de Zacapa y priorización.....	12
2.	<b>FASE TÉCNICO PROFESIONAL.....</b>	<b>13</b>
2.1.	Actualización y ordenamiento del sistema de drenaje sanitario del casco urbano de la cabecera departamental de Zacapa .....	13
2.1.1.	Descripción del proyecto.....	13
2.1.2.	Levantamiento topográfico.....	18
2.1.3.	Levantamiento por el navegador G.P.S .....	19
2.1.4.	Tipo de sistema de alcantarillado usado en Zacapa.....	20
2.1.5.	Evaluación por sectores.....	21
2.2.	Aspectos generales de la situación actual.....	30
2.2.1.	Descripción del problema.....	30
2.2.2.	Inspección de las zonas a drenar.....	30
2.2.3.	Aspectos de vivienda y población .....	32
2.2.4.	Aspectos de drenajes existentes .....	32
2.2.5.	Diagnóstico .....	37
2.2.6.	Soluciones .....	39
2.2.6.1.	Fosa séptica.....	40
2.2.6.2.	Mantenimiento de fosas sépticas .....	43
2.2.6.3.	Tanque Imhoff .....	46
2.2.6.4.	Lagunas de estabilización .....	47
2.2.6.5.	Plantas de tratamiento .....	48
2.2.6.6.	Obras accesorias .....	49
2.2.6.6.1.	Colectores.....	50

	2.2.6.6.2.	Pozos de visita .....	50
2.2.6.7.		Diseño de la red de alcantarillado sanitario .....	52
2.2.6.8.		Desfogue .....	56
	2.2.6.8.1.	Ubicación sectores nuevos de desfogue.....	57
	2.2.6.8.2.	Diseño .....	59
3.		FASE DE PRESUPUESTOS .....	65
	3.1.	Cronograma de ejecución .....	71
		CONCLUSIONES.....	75
		RECOMENDACIONES .....	77
		BIBLIOGRAFÍA .....	79
		APÉNDICE.....	81
		ANEXOS .....	115

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Localización cabecera departamental.....	2
2.	Banco de marca utilizado para al altimetría, ubicado en el monumento La Biblia .....	19
3.	Puntos <i>waypoints</i> marcados en cada pozo de visita sobre una imagen <i>GoogleEarth</i> .....	20
4.	Ubicación de fosas sépticas colectivas en barrios y colonias del casco urbano.....	31
5.	Levantamiento de tapaderas, barrio La Calzada y barrio La Laguna .....	35
6.	Conducción de aguas servidas a flor de tierra.....	37
7.	Ubicación de 11 descargas nuevas dentro de los límites del casco urbano.....	58

### TABLAS

I.	Uso del suelo según actividad .....	7
II.	Indicadores socioeconómicos del departamento .....	8
III.	Servicios públicos necesarios en el casco urbano.....	12
IV.	Fosas sépticas colectivas en diferentes barrios y colonias.....	33
V.	Presupuesto fosa séptica por renglón de trabajo.....	65
VI.	Presupuesto tramos crítico, cambio de diámetro de tubería sector nor-oeste .....	67

VII.	Presupuesto tramos críticos, cambio de diámetro de tubería sector nor-este.....	68
VIII.	Presupuesto tramos críticos, cambio de diámetro de tubería sector sur-oeste.....	69
IX.	Presupuesto tramos críticos, cambio de diámetro de tubería sector sur-este.....	70
X.	Cronograma de actividades físicas y financieras sub-sectores nor-oeste ...	71
XI.	Cronograma de actividades físicas y financieras sub-sectores nor-este .....	72
XII.	Cronograma de actividades físicas y financieras sub-sectores sur-oeste ...	73
XIII.	Cronograma de actividades físicas y financieras sub-sectores sur-este .....	74

## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
BM	Banco de marca en Topografía, geodésico
Q	Caudal a sección llena en tuberías expresado en $m^3/s$
Cm	Centímetros
C.I	Cota <i>invert</i>
C.T	Cota de terreno
D	Diámetro de tubería expresada en pulgadas
Dist.	Distancia
D.H	Distancia horizontal
Dom.	Domiciliar
Dot.	Dotación
F.R	Factor de retorno

<b>F.H</b>	Factor Harmond
<b>Hab.</b>	Habitantes
<b>Has</b>	Hectáreas
<b>Kg</b>	Kilogramo
<b>Lts/Hab/día</b>	Litros por habitante por día
<b>P.V.C</b>	Material fabricado a base de cloruro de polivinilo
<b>m</b>	Metros
<b>m<sup>2</sup></b>	Metros cuadrados
<b>m<sup>3</sup></b>	Metros cúbicos
<b>m<sup>3</sup>/s</b>	Metros cúbicos por segundo
<b>m/s</b>	Metros por segundo
<b>No</b>	Número
<b>S</b>	Pendiente
<b>S%</b>	Pendiente en porcentaje
<b>π</b>	Pi

$P$	Población
$P_a$	Población actual
$P_f$	Población futura
$P.V$	Pozo de visita
$a/A$	Relación de área de flujo/área a sección llena
$q/Q$	Relación de caudal/caudal a sección llena
$d/D$	Relación de profundidad de flujo/profundidad a sección llena
$v/V$	Relación de velocidad de fluidos/velocidad a sección llena
$r$	Tasa de crecimiento de la población, expresada en porcentaje



## GLOSARIO

<b>AASHTO</b>	Asociación Oficial Americana de Carreteras y Transporte. ( <i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i> ).
<b>Aeróbico</b>	Condición donde hay presencia de oxígeno.
<b>Aguas negras</b>	Agua utilizada de tipo domiciliar, comercial o industrial.
<b>Aguas pluviales</b>	Aguas de escorrentía que provienen de las nubes; dicese agua de lluvia.
<b>Aguas servidas</b>	Sinónimo de aguas negras.
<b>Alcantarillado sanitario</b>	Serie de tuberías que se utiliza para recolectar aguas residuales y conducir las a un sistema de tratamiento o cuerpo receptor sin que afecte a la población.
<b>Altimetría</b>	Parte de la topografía que enseña a medir alturas.
<b>Anaeróbico</b>	Condición en donde no existe presencia de oxígeno.

<b>Banco de marca</b>	Es un punto fijo de referencia para determinar la altura de otros puntos de interés.
<b>Candela</b>	Receptor de aguas servidas producto de las actividades de una vivienda y que conducen éstas al colector principal.
<b>Caudal</b>	Volumen de líquido que circula en una tubería, en una unidad de tiempo determinado.
<b>Caudal domiciliar</b>	Volumen de aguas servidas provenientes de una vivienda.
<b>Chagas</b>	Es una enfermedad parasitaria tropical, generalmente crónica, causada por el protozoo flagelado <i>Tripanosoma Cruzi</i> ; esta enfermedad debe su nombre a los médicos Carlos Chagas y Salvador Mazza.
<b>Colector</b>	Tubería o conducto cerrado que normalmente es diseñado como canal, a través del cual se conducen las aguas residuales o pluviales.
<b>Conexión domiciliar</b>	Tubería desde el interior de una vivienda hasta la candela.
<b>Conexión ilícita</b>	Es la conexión de agua pluvial al sistema de alcantarillado.

<b>Cota invert</b>	Está definido como la parte más baja de la tubería por donde corre el agua.
<b>DBO</b>	Parámetro que define el grado de contaminación de las aguas residuales; se refiere a la cantidad de oxígeno utilizado por una mezcla de poblaciones de microorganismos en la oxidación aeróbica de la materia orgánica de una muestra de aguas residuales, a una temperatura de 20° C.
<b>Densidad de vivienda</b>	Relación existente entre el número de viviendas por unidad de área.
<b>Descarga</b>	Área donde se desfogan las aguas servidas que provienen de un colector.
<b>Desfogue</b>	Salida específica de las aguas servidas.
<b>Dotación</b>	Cantidad estimada de agua que se consume en promedio por habitante diariamente.
<b>EPS</b>	Ejercicio Profesional Supervisado.
<b>Factor de retorno</b>	Porcentaje de agua que al ser utilizado retorna al sistema de drenaje sanitario.

<b>Fórmula de Manning</b>	Fórmula para encontrar la velocidad de un flujo a cielo abierto; relaciona rugosidad, pendiente y radio hidráulico de la sección.
<b>Fosa séptica</b>	Método de tratamiento primario de las aguas negras domésticas, en ellas se realiza la separación y transformación físico-química de la materia sólida contenida en esas aguas.
<b>Gneis</b>	Roca metamórfica compuesta por los mismos minerales que el granito, pero con orientación definida en bandas, con capas alternas de minerales claros y oscuros. Se utiliza en construcción, para hacer adoquines, mampostería.
<b>GPS</b>	<i>Global Positioning System</i>
<b>INFOM</b>	Instituto de Fomento Municipal
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Estadística
<b>Natas</b>	Sólidos flotantes que pueden formarse en la superficie del líquido dentro de la fosa séptica.
<b>Okra</b>	Es una hortaliza rica en fibra soluble, que ejerce una función balsámica y protectora de la mucosa digestiva; sus frutos son cápsulas alargadas y parte aprovechable del cultivo.

<b>Planimetría</b>	Parte de la topografía que permite hacer mediciones horizontales de una superficie.
<b>Planta de tratamiento</b>	Conjunto de obras civiles y procesos que son utilizados para tratar el agua residual.
<b>Pozo de absorción</b>	Son unidades para la filtración o absorción de agua; su función es absorber el efluente líquido de las otras unidades a través del suelo subterráneo.
<b>Pozo de visita</b>	Elemento subterráneo que forma parte del alcantarillado, que sirve para cambiar de dirección, pendiente, diámetro, dissipador de energía y para iniciar un tramo de tubería.
<b>Vegas</b>	Parte de tierra baja, llana y fértil.
<b>Vermes</b>	Gusano y en especial lombriz intestinal.
<b>Zooglea</b>	Capa mucilaginosa, que contiene bacterias, protozoos y hongos, que cubre la superficie de las alcantarillas y quebradas naturales.



## RESUMEN

Como una contribución de la Universidad de San Carlos de Guatemala hacia los habitantes del casco urbano de la cabecera departamental de Zacapa, se elaboró el presente trabajo de graduación. A continuación una breve descripción de su contenido:

La fase de investigación corresponde a la descripción del departamento de Zacapa, su ubicación geográfica, límites y colindancias, una reseña histórica, topografía del terreno y uso del suelo; luego se incluye una tabla del uso del suelo según actividad datos en hectáreas; clima predominante en el área, situación socio económica y una breve descripción de los servicios públicos importantes con énfasis en el tema de drenajes sanitarios; educación, comunicación, salud, agua potable, transporte y energía eléctrica.

En la fase técnico profesional se hace una descripción detallada del proyecto en general, definiendo dos temas centrales: la actualización y el ordenamiento del sistema de drenajes sanitarios del casco urbano de Zacapa.

Con la actualización, se está enriqueciendo la base de datos de la municipalidad de Zacapa sobre la situación actual de los drenajes sanitarios; dicha información generó un cuadro de reporte por tramos en donde se incluye cota de terreno, distancia horizontal de cada tramo, pendiente del terreno, número aproximado de domiciliarios y habitantes conectados en cada tramo, cotas invert de entrada y salida, profundidad del pozo de visita entrada y salida, diámetro de tubería, un caudal domiciliar y el nombre del

barrio del tramo a estudiar. Con esta información se desarrolló una planta general de la red de drenajes sanitarios existentes.

Con el ordenamiento, se está promoviendo el cuidado del medio ambiente estableciendo que la actual generación se vea obligada a dejarle un mejor lugar para vivir a las generaciones futuras. Es por eso que este trabajo de graduación sectorizó la ciudad de Zacapa para la ubicación estratégica de plantas de tratamiento de aguas residuales y fosas sépticas colectivas, dentro de los límites del casco urbano.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Contribuir con la municipalidad de Zacapa dando apoyo técnico profesional, para llevar a cabo la actualización de información y el ordenamiento de los drenajes sanitarios en el casco urbano, desarrollando a largo plazo la sostenibilidad del recurso agua, mediante la ubicación de plantas de tratamiento de aguas residuales y fosas sépticas colectivas.

### **Específicos**

1. Realizar una investigación monográfica del área de Zacapa.
2. Aplicar los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Civil, para dar soluciones efectivas a la problemática sanitaria que viven pobladores del casco urbano de Zacapa.
3. Actualizar la red de drenaje sanitario auxiliado por la topografía, recursos humanos, información archivada y el aspecto visual para determinar el estado actual de medidas físicas y de funcionalidad de todos y cada uno de los pozos de visita y tramos de la red.
4. Contribuir al ordenamiento sanitario para el desfogue adecuado de las aguas residuales definiendo cuatro sectores en los límites del casco urbano, según la topografía.

5. Realizar los diseños de las fosas sépticas colectivas, según el caudal a tratar, localizadas en los sectores definidos para desfogues.
6. Realizar un diagnóstico de los sistemas de tratamiento existentes, estableciendo un mantenimiento periódico adecuado.
7. Disminuir la contaminación considerablemente, de los afluentes de ríos aledaños al casco urbano de Zacapa.

## INTRODUCCIÓN

En la región urbana y rural de nuestro país, la población y la construcción han presentado un crecimiento considerable; el uso de técnicas constructivas y materiales prefabricados que permiten el diseño de residencias y edificios que en un corto tiempo de ejecución ya se pueden apreciar físicamente, y las familias disfrutar de su nuevo hogar. Este crecimiento lleva consigo abastecer a la población de servicios básicos como sistemas de agua potable, drenajes sanitarios, energía eléctrica, teléfono y hasta televisión por cable. Como consecuencia de todo esto, las poblaciones presentan un desorden en su infraestructura y los diseños de los diferentes sistemas que en su tiempo fueron adecuados, se vuelven en cierta forma obsoletos en su funcionalidad y vida útil.

La población de Zacapa no es la excepción a esta problemática, nuevas colonias, lujosos edificios de apartamentos y modernos centros comerciales, crean nuevas necesidades a la población, lo cual afecta el abastecimiento de todos estos servicios.

Prueba de ello es el problema que tiene la población en la conducción, evacuación y tratamiento de las aguas servidas. Actualmente estos caudales están conectados por no contar con plantas de tratamiento a fosas sépticas colectivas, las cuales, son inadecuadas en su estado físico y funcional; algunos vecinos tienen sus propios sistemas domiciliarios de saneamiento como fosas sépticas y pozos ciegos; esto ha constituido riesgo de contaminación de los afluentes hídricos, lo que provoca el aumento de enfermedades de tipo gastrointestinal en áreas alrededor, de afluentes de los ríos.

La Municipalidad de Zacapa no posee de una base de datos actualizada de toda la red de drenajes sanitarios del casco urbano para realizar un ordenamiento necesario que permita manipular y evacuar de una manera adecuada las aguas servidas de su población.

En tal virtud, el presente trabajo contiene la actualización detallada de toda la red de drenajes sanitarios existentes en el casco urbano; se incluyen también planos de la planta general y un cuadro de reporte donde se definen todos los datos relacionados con los pozos de visita, tuberías, diámetros, cotas invert, cotas de terreno, distancias, así como una propuesta de ordenamiento definida por cuatro sectores específicos según la topografía, considerando tramos críticos donde se debe realiza el cambio de tubería.

Por medio del Ejercicio Profesional Supervisado se ha logrado la actualización de datos que define la red de drenajes sanitarios existentes y teniendo un panorama más claro de la situación, se define el ordenamiento en cuatro sectores para el tratamiento adecuado de las aguas servidas, aportando al medio ambiente la disminución de contaminación de los afluentes hídricos aledaños a la población y la proliferación de enfermedades gastrointestinales e infecciosas.

## **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1 Monografía de la cabecera departamental de Zacapa**

#### **1.1.1. Ubicación geográfica**

El departamento de Zacapa está localizado al noreste de Guatemala, se le ubica dentro de los departamentos del oriente, conjuntamente con los departamentos de Chiquimula, Jutiapa, Jalapa y El Progreso.

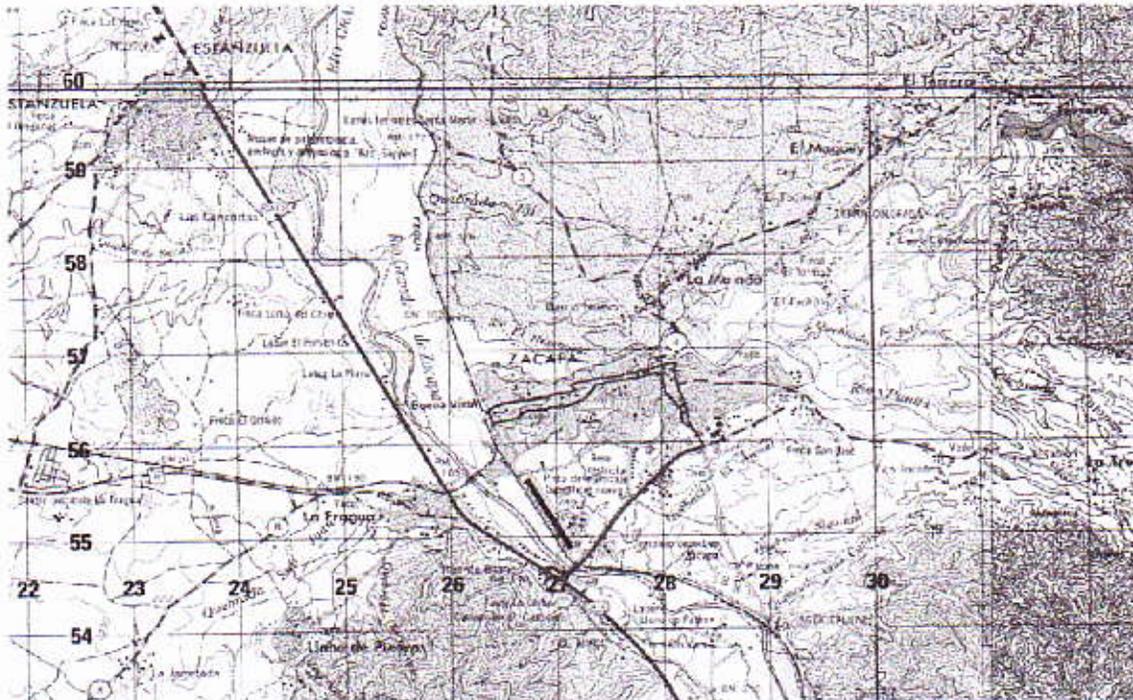
Es el onceavo en tamaño entre los departamentos de Guatemala, con una extensión de 2,777 kilómetros cuadrados, equivalente al 2.55% del territorio nacional y al 17.23% del territorio de la región III a la que forma parte.

La cabecera del departamento está localizada a 14°58'45" de latitud norte y 89°31'20" longitud oeste del meridiano de Greenwich, con una altitud sobre el nivel del mar de 221 metros (datos del banco de marca geodésico, situado en el monumento a la Biblia).

#### **1.1.2. Límites y colindancias**

El municipio de Zacapa del departamento de Zacapa, limita al norte con los municipios de Estanzuela y Río Hondo; al sur con los municipios de La Unión, Jocotán y Chiquimula; al oriente con los municipios de Gualán y La Unión, al occidente con los municipios de Huité y Estanzuela.

Figura 1. Localización cabecera departamental



Fuente: ArcExplorer maps Zacapa.

### 1.1.3. Reseña histórica

Zacapa se inicia en tiempos de la colonia; durante ese tiempo dependía de la provincia de Chiquimula que estuvo dividida en dos partidos o corregimientos: Zacapa y Acasaguastlán, formado por los ocho pueblos y valles, situados en la parte occidental del otro llamado Chiquimula, que comprendía los veintidós pueblos de la parte oriental.

En 1,825, Chiquimula se convirtió en departamento, contando con siete municipios siendo Zacapa uno de ellos; debido a la extensión territorial de Chiquimula, las autoridades de ese entonces determinaron que era muy difícil

administrar un gran territorio y decidieron dividir el departamento en dos: Chiquimula propiamente y Zacapa, que tuvo como cabecera el mismo nombre; esta división se llevó a cabo el 10 de noviembre de 1,871 según acuerdo gubernativo No. 30, del Presidente de la República General Miguel García Granados.

Al principio fue un pequeño caserío, luego se fue poblando rápidamente por la ganadería y adquiriendo importancia comercial, por lo que llegó a convertirse en ciudad en noviembre de 1886, cuando gobernaba el General José María Reyna Barrios; en esta misma fecha se inauguró el ferrocarril del norte.

En el libro de actas de 1,871 con folios del 388 al 393 de la Municipalidad de Zacapa, consta que autoridades de ese entonces, hicieron una solicitud al gobierno de turno, para desmembrar el departamento de Zacapa del de Chiquimula.

#### **1.1.4. Topografía**

Está dentro de las divisiones fisiográficas de la altiplanicie central, se caracteriza por sus pendientes inclinadas; la parte norte es atravesada de oeste a este por la sierra de Las Minas; en la parte central, sobre el valle, lo recorre el río Motagua en la misma dirección; la parte sur está formada por pequeñas cadenas de montes y cerros aislados.

#### **1.1.5. Fisiografía**

El departamento presenta tres regiones definidas: la parte norte montañosa, es atravesada de este a oeste por la sierra de las Minas, la parte

central es recorrida en la misma dirección por el valle del río Motagua, encontrándose vegas fértiles y amplias planicies aptas para regadillo; el sur está formado por pequeñas cadenas de montes y cerros aislados, el oriente es montañoso y atravesado por la sierra del Merendón.

#### **1.1.6. Hidrología**

El departamento tiene 25 ríos de buen caudal que atraviesan las planicies del mismo y finalmente desembocan en el río Motagua; la mayoría de los ríos tienen su origen en las sierras de las Minas y del Merendón. Entre los principales ríos pueden mencionarse el Motagua, Río Grande, Teculután, Pasabién, Río Hondo, San Vicente, Jones, Shinshín, etc; los demás ríos mantienen buen caudal y proveen a muchas poblaciones de agua potable y son aprovechados además, en los sistemas de riego para las vegas.

#### **1.1.7. Clima**

El clima en general es cálido con una temperatura media de 28°. Los meses más calurosos como en toda Guatemala son marzo, abril y mayo, alcanzando el máximo absoluto de 42.18° en el mes de abril y el mínimo absoluto de 11.9° en los meses de diciembre y enero; esto en lo que comprende el valle del Motagua. En otras partes de Zacapa su temperatura es templada, y sus lugares montañosos se consideran como bastante fríos; en la parte del valle llueve poco, con una precipitación pluvial total durante el año de 471.2 mm como promedio.

El departamento comprende 3 regiones geográficas: cálida, templada y templada fría, la mayor región corresponde a la templada, con una zona templada húmeda con vegetación de bosques húmedos montañosos bajo, sub

tropical y en segundo orden la zona cálida seca, semiárida con vegetación de montes espinos o subtropicales.

Todos los datos que se pueden consultar respecto del clima son controlados por la estación 22.3.2 La Fragua PHC, ubicada en la latitud 14° 57' 51", longitud 89° 35' 04" con una elevación de 210 metros sobre el nivel del mar.

#### **1.1.8. Temperatura**

Las variaciones de temperatura se deben a diferencias entre la radiación solar y la radiación terrestre, condiciones que son modificadas por factores ambientales locales tales como, condiciones de los suelos por presencia de agua, masas de vegetación, elevación, nubosidad. La temperatura como condición ambiental es un factor importante en la determinación de características climáticas. Este factor cambia de acuerdo con la elevación de cada región.

#### **1.1.9. Suelos**

Zacapa presenta un sistema orográfico con una topografía bastante quebrada, con algunas planicies pequeñas y llanuras; la parte más montañosa se encuentra en la parte norte y al oeste del departamento.

Las tierras que se encuentran en el área urbana de Zacapa son poco aptas para la agricultura, por su situación árida, por lo que se hace necesario el trabajo de tomas y canales, siendo un ejemplo de ello el canal de la Fragua que hizo posible el cultivo en la región.

Los suelos de materiales volcánicos se encuentran al sur del río Motagua, comprenden una cuarta parte del departamento y se han formado por ceniza volcánica; es una formación antigua donde se mezclan el granito, el gneis y otras rocas; estos suelos son poco profundos y los afloramientos rocosos son comunes.

Están incluidos los suelos aluviales no diferenciados, áreas donde los arroyos han depositado material en años relativamente recientes sujetos a inundaciones. Y los suelos de los valles no diferenciados, casi todos son terrenos de buena calidad, adaptados al cultivo. Ambos constituyen un buen terreno agrícola y todo el terreno es trabajable.

Por razones agrícolas se ha dividido en 3 grandes grupos, siempre basándose en las diferencia de materiales. Estos grupos son: Suelos sobre materiales volcánicos, Suelos sobre materiales sedimentarios y metamórficos Y Suelos misceláneos.

Los suelos de los grupos volcánicos y metamórficos se han dividido en 2 subgrupos; estos según su profundidad, el relieve del drenaje, el material madre y el clima, como características importantes.

Volcánicos: son profundos, o poco profundos sobre relieve escarpado, en relieve, casi planos y suelos mal drenados.

Metamórficos: suelos profundos sobre esquisto, arcilla y caliza, suelos poco profundos sobre serpentina y esquisto en clima seco y suelos poco profundos sobre serpentina en clima húmedo.

Los suelos sobre materiales volcánicos se encuentran al sur del río Motagua y comprenden una cuarta parte del departamento. El material sobre el cual se han desarrollado estos suelos es de ceniza volcánica o toba.

**Tabla I. Uso del suelo según actividad**

Uso actual y potencial de suelo según actividad		
Actividad	Uso Actual, (has)	Uso potencial (has)
Agrícola	7,805.00	4,878.24
Pecuario	7,025.00	4,435.00
Forestal	42,778.09	7,585.04
En protección	15,183.72	27,885.03
<b>TOTAL</b>	<b>72,791.81</b>	<b>44,783.31</b>

Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, p 2.

#### **1.1.10. Situación socio económica**

La industria en Zacapa puede considerarse bastante diversificada, tanto en su forma como en su tipo de producción, algunas de ellas sólo cubren el mercado local, regional e internacional y están ubicadas en las orillas de la ruta al Atlántico, a partir del municipio de Usumatlán y terminando en Gualán sobre la CA-9.

El mayor propulsor económico se encuentra en la actividad agropecuaria; los principales productos son: el tabaco, tomate, café, frutas, maíz, okra, cardamomo, frijol, etc. Con base en los cálculos desarrollados por la Secretaría de Planificación Económica (SEGEPLAN), la actividad económica del

departamento de Zacapa, medida por el producto interno bruto, PIB, tiene un aporte a la economía nacional de aproximadamente 0.8%. El PIB de Zacapa es generado, en orden de importancia, por servicios, comercios, industria y agricultura.

La región cuenta con industrias de importancia como Licorera Zacapaneca, Embotelladora del Atlántico, Fertiliza, Alimentos congelados, Maderas el Alto, entre otras.

### 1.1.11. Población actual económica activa

Tabla II. Indicadores socioeconómicos del departamento

Población económicamente activa		Población no económica activa	
Empleado privado	44.00%	Quehaceres del hogar	55.20%
Cuenta propia	35.00%	Estudiantes	38.60%
Empleado público	7.70%	Jubilados	3.10%
Patronos	0.80%	Otros	3.10%
Familiar no remunerado	12.40%		

Fuente: Instituto Nacional de Estadística.

### 1.1.12. Servicios públicos

#### 1.1.12.1. Educación

El departamento de Zacapa cuenta con los cuatro niveles de educación siendo estos: preprimario, primario, medio que se divide en básico y diversificado y finalmente superior.

A nivel departamental, en los diferentes niveles, se cuenta con 282 escuelas con 845 aulas, correspondiendo el 76.41% al área rural.

A nivel cultural Zacapa cuenta con la Asociación Zacapaneca de Contadores de Cuentos y Anécdotas (AZCCA), fundada el 3 de octubre 1,987; esta asociación reúne a escritores y poetas, con el fin de mantener el costumbrismo y cultura regional.

#### **1.1.12.2. Comunicación**

Zacapa cuenta con una red vial terrestre en buenas condiciones físicas; el departamento lo atraviesa la CA-9 norte la cual une al departamento con la ciudad y con el departamento de Izabal; la CA -12 une a Zacapa con el departamento de Chiquimula y la república de El Salvador y la CA-10, lo une con la República de Honduras. Un aspecto muy importante en el sistema vial que pasa por Zacapa es que a la CA-9 también se le conoce como el canal seco, ya que comunica los dos océanos: Atlántico y Pacífico, lo cual le da características especiales a la zona del departamento.

#### **1.1.12.3. Energía eléctrica**

Zacapa tiene una infraestructura descrita así: dos generadores hidráulicos con capacidad total de 2MW-500 localizados en Río Hondo y que abastecen el consumo local del departamento. El consumo de los usuarios se puede clasificar de esta forma: 15% para la industria, 30% para el campo agrícola, 20% el comercio, 25% para el área domiciliar y el 10% lo consumen los hospitales, escuelas, etc.

#### **1.1.12.4. Agua potable**

Zacapa cuenta con recursos de agua en forma abundante, los cuales son aprovechados en su mayoría para la producción agrícola. Desde 1,970 cuenta con el sistema de riego más grande de Guatemala. Este funciona por gravedad y bombeo. El agua no necesita de ningún tipo de tratamiento, ya que su contenido de sales no se considera como un riesgo de toxicidad.

También el recurso agua es aprovechado para la generación de energía eléctrica, con los afluentes ubicados en el municipio de Río Hondo donde están las plantas de generación de energía Río Hondo I y Río Hondo II, siendo el único sistema que funciona en la región.

El 80% de la población cuenta con el servicio de agua entubada, ya que existe un programa de tratamiento del agua para potabilizarla. El área rural se abastece de agua para consumo humano por medio de arroyos y pozos directamente, sin ningún tratamiento.

#### **1.1.12.5. Salud**

Los servicios de salud se concentran en el área urbana produciéndose un déficit en el área rural. La cabecera departamental cuenta con un centro de salud tipo "B". El hospital es tipo regional y posee un módulo de atención de enfermedad común, del Instituto de Seguridad Social (I.G.S.S), un hospital para ojos y oídos y un centro médico privado moderno. Entre las patologías la principal es el dengue y malaria, aún cuando Zacapa está considerada como área endémica para Chagas; para las dos primeras se han determinado criaderos domiciliarios y focos de contaminación, favoreciendo a los mismos por escasez de agua y depósitos no cubiertos.

#### **1.1.12.6. Drenajes**

Dentro del área urbana, periferias y algunas aldeas, se cuenta con servicios de drenajes sanitarios, siendo estos necesarios para una mejor vida.

La red de drenajes sanitarios con que cuenta Zacapa hoy en día es del tipo separativo, algunos tramos datan del año 1,970 hasta el año 1,993, gran porcentaje de aguas residuales públicas del casco urbano desfogan en el río Motagua convirtiendo estos caudales inapropiados para consumo humano y también para riego, en el municipio de Río Hondo. Estos caudales son desfogados al río sin ningún tipo de tratamiento, pero la construcción dentro del casco urbano ha presentado un crecimiento y técnicas constructivas modernas que han permitido que algunas colonias nuevas tengan sus propias plantas de tratamiento.

Otro porcentaje considerable dentro del casco urbano de áreas habitacionales cuenta con tratamientos primarios poco adecuados en su diseño y funcionalidad, por falta de mantenimiento, favoreciendo al colapso de los sistemas y generando enfermedades a la población.

#### **1.1.12.7. Transporte**

El servicio de transporte en la cabecera municipal es excelente, ya que existen varias líneas de microbuses que se desplazan a todo lo largo y ancho de Zacapa hacia colonias, barrios y aldeas aledañas al casco urbano. Cuenta también con buses tipo pulman que van y vienen de la capital; además, buses que van hacia Chiquimula.

## 1.2. Descripción de las necesidades del casco urbano de Zacapa y priorización

El crecimiento poblacional es un factor que está presente en el área urbana y rural, con el existe un pliego de necesidades urgentes que las autoridades deben de cubrir. Zacapa posee en el casco urbano aproximadamente 18 barrios y colonias que han que generado las siguientes necesidades o servicios; por el orden de priorización se enumeran las siguientes:

Tabla III. Servicios públicos necesarios en el casco urbano

No.	Servicios públicos necesarios	Sugerencia de solución
1	Mejoramiento del sistema de agua potable	Perforación de pozos
2	Mejoramiento y mantenimiento del sistema de drenajes sanitarios	Actualización y ordenamiento
3	Mantenimiento de calles y carreteras	Adjudicación de proyectos
4	Seguridad ciudadana	Equipamiento y capacitación
5	Reforestación área urbana y rural	Programas de reforestación
6	Limpieza de calles y avenidas	Coordinación con personal municipal

Fuente: elaboración propia.

## **2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. Actualización y ordenamiento del sistema drenaje sanitario del casco urbano de la cabecera departamental de Zacapa**

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

El proyecto está definido como "Actualización y ordenamiento del sistema de drenaje sanitario del casco urbano de la cabecera departamental de Zacapa"; este fue dividido básicamente en dos partes: la actualización de toda la red de drenajes sanitarios del casco urbano, enriqueciendo de esta manera la base de datos de la municipalidad de Zacapa y como segunda parte del proyecto, el ordenamiento del sistema de drenajes sanitarios del casco urbano, con propuesta concreta de tramos críticos por subsectores a evaluar. A continuación una breve descripción de las dos partes:

- Actualización de la red de drenajes sanitarios

Para establecer la situación actual de la red de drenajes sanitarios en Zacapa, se hizo necesaria una actualización detallada de todos y cada uno de los pozos de visita y tramos de tubería que conforman la red general. El proyecto consistió en levantar las tapaderas de pozos de visita tomando lecturas físicas de las alturas de pozos y cotas *invert*, verificando su funcionalidad, dirección de caudal, diámetros, estado físico de las tapaderas y del pozo, supervisando también la funcionalidad de los tratamientos primarios existentes de los barrios o colonias que los poseían.

Para llevar un orden se determinó una nomenclatura para cada pozo dependiendo del barrio o colonia donde se encontraba ubicado. Para establecer con exactitud datos de la cota de terreno, pendientes y distancias entre pozo y pozo, se realizó un levantamiento topográfico en todas las calles y avenidas de la ciudad de Zacapa. Este trabajo dio como resultado la actualización de datos, utilizando dispositivos de navegación, de precisión y el simple reconocimiento físico de todos y cada uno de los pozos de visita existentes que componen todo el sistema de drenajes sanitarios; lo que permitió dibujar el plano de la red general registrando toda la información de más de veintisiete kilómetros de alcantarillado sanitario del casco urbano.

- Cuadro reporte actualización

En el plano de toda la red general se muestra por medio de flechas, los flujos correspondientes de cada tramo, las distancias entre pozo y pozo, cotas de terreno y diámetros de tubería. A partir de este plano de la red general se elaboró un cuadro reporte por tramo de drenaje existente. (ver apéndice tabla XIV). A continuación una breve explicación del cuadro de reporte por columna:

- De PV a PV

Esta columna permite una identificación del tramo a tratar, utilizando una nomenclatura por barrio o colonia. Dicha nomenclatura es correlativa y fue adoptada desde el momento del reconocimiento físico del pozo de visita en el campo. Por ejemplo; Cm 14, para el barrio Cruz de Mayo pozo número correlativo, 14.

- Cota de terreno inicio – final

Columna obtenida por la altimetría, respecto de un banco de marca geodésico, ubicado dentro del casco urbano en el parque La Biblia. Utilizando un teodolito óptico J2-2 con una precisión angular de 2", se tomaron datos y fueron tabulados en una libreta de campo.

- Distancia horizontal (DH)

Los levantamientos topográficos son representados a escala sobre un plano horizontal, cuando se mide una distancia entre dos puntos; para este caso de pozo a pozo, sobre la superficie terrestre, esta debe de ser en proyección horizontal, tomando la medida directa con cinta para distancias cortas e indirecta con teodolito y estadal para distancias largas.

- Porcentaje de pendiente de terreno

La pendiente entre dos puntos es la relación que hay entre la medida vertical y la medida horizontal que hay entre ellos; matemáticamente, se dice que es la tangente trigonométrica del ángulo de inclinación. Por lo que se utiliza la siguiente expresión utilizada para el cálculo:

$$\%P = ((CTi - CTf)/Dh) \times 100$$

donde:

*CTi = cota de terreno al inicio*

*CTf = cota de terreno al final*

*Dh = distancia horizontal*

- Número de viviendas

La toma de datos para esta columna del cuadro reporte, no es más que el conteo físico de las candelas domiciliarias conectadas al tramo de drenajes en estudio. En algunos tramos las candelas domiciliarias no estaban del todo visibles, se contó con la ayuda del vecino para verificar su conexión al colector municipal. En otros se dedujo la conexión, por las características de la ubicación de la vivienda.

- Habitantes por tramo

Determinando el número de domiciliarios conectados por cada tramo de drenaje, se estableció un número fijo de seis habitantes por domicilio; como resultado se obtuvo la cantidad de habitantes a servir aproximadamente, en cada tramo de drenajes.

- Cota *invert* salida – entrada

Es la altura del punto sobre el cual escurre el agua en un canal abierto o en una tubería instalada. Tomando en cuenta esta definición, se tomaron físicamente los datos de las cotas *invert* de las tuberías de entrada y salida de cada uno de los pozos visitados para esta actualización. Los datos contenidos en esta columna de reporte son referenciados respecto de la cota del terreno, obtenida por la altimetría.

- Profundidad de pozo inicio – final

Físicamente se tomaron los datos en metros de profundidad de cada pozo, respecto del brocal o calle. Cabe mencionar que en algunos pozos se encontró

en el fondo sedimento, ripio, grasas, basuras, depositado desde hace varios años, por lo que se utilizó una regla de madera para determinar la profundidad exacta del mismo, otro factor que impedía la medición correcta, era la propia corriente del caudal de aguas servidas, en algunos pozos, dicha corriente empujaba la cinta, lo cual hacía difícil la toma de la lectura.

- Diámetro de tubería

Los datos de los diámetros de las tuberías de entrada y salida encontrados en cada uno de los pozos, cuando eran poco profundos, fueron tomados por simple inspección visual; ahora en los pozos profundos fue necesaria la cinta métrica, restando la lectura de profundidad de pozo, que ya se sabe, menos la lectura hasta la corona de la tubería.

- Caudal domiciliar

El agua que es usada por los humanos, para limpieza y alimentación, se convierte en agua servida y conducida al sistema de drenaje; esta está relacionada con la dotación del suministro de agua potable; existe una porción, que no será parte del sistema de aguas negras como por ejemplo, la que se usa en riego de jardines y lavado de vehículos y esto se determina por medio de un factor que puede variar entre 0.75 a 0.90.

El cálculo del caudal domiciliar queda integrado por:

$$Q_{dom} = \#Hab * Dotación * \frac{Fr}{86,400} = [Lts/seg]$$

donde:  $\#Hab = \text{número de habitantes a servir}$

$Dotación = \text{catidad de agua potable que se le da a los habitantes.}$

$Fr = \text{Cantidad de agua potable que va a retornar al sistema de alcantarillado.}$

$86,400 = \text{segundos que hay en un día.}$

#### ▪ Ordenamiento de la red de drenajes sanitarios

En esta parte del trabajo, se detallan las características específicas y lógicas del ordenamiento de toda la red de drenajes sanitarios, identificando y evaluando los desfogues existentes y definiendo cuatro sectores a estudiar dentro del límite urbano, para un mejor funcionamiento. Como propuesta concreta, se separan subsectores de cada sector con la ayuda de la topografía y la simple observación de descargas existentes, identificando por medio de la hidráulica tramos críticos lógicos que definen la velocidad de diseño y el cambio de diámetro de tubería en cada tramo (ver apéndice tabla No. XV cálculos hidráulicos sector nor-oeste).

#### **2.1.2. Levantamiento topográfico**

Este levantamiento se llevó a cabo en todas las calles y avenidas de la ciudad de Zacapa, en donde se ubicaba un pozo de visita. Se utilizó el método de radiaciones y en algunos casos se utilizó la cinta métrica para medir distancias por lo corto del tramo. Se utilizó un teodolito J2-2, instrumento equipado con mecánicas de auto compensación, para obtener la máxima precisión y fiabilidad de la medición. De construcción totalmente en metal, ópticos de alto brillo, posee alta precisión mecánica, permitiendo ajustes precisos y rápidos.

Para la nivelación de todos los pozos de visita se tomó como base, un B.M. = 221msnm. Este es un banco de marca geodésico proporcionado por el IGN, ubicado en una arista del monumento La Biblia, barrio El Tamarindal.

Figura 2. Banco de marca utilizado para la altimetría, ubicado en el monumento La Biblia



Fuente: Google Earth Imagen.

### 2.1.3. Levantamiento por medio del navegador G.P.S.

El G.P.S. (*The Global Positioning System*) de la marca *Garmin* modelo *eTrex venture*, es un dispositivo personal de navegación cuyos datos solo son de referencia y permite marcar puntos llamados *waypoints* por medio de la localización de coordenadas y alturas con una señal mínima de tres satélites; estos *waypoints* pueden tener iconos representativos y tres dígitos para asignarle un número correlativo. Esta información se puede transferir a la computadora por medio de un puerto serial con la ayuda de un *software Garmin MapSource*, en donde se visualizan todos los *waypoints*, y así exportarlos a programas más detallados como el *GoogleEarth*.

En el trabajo de campo se asignó una nomenclatura a cada pozo de visita de acuerdo con el barrio o colonia dentro del casco urbano. Este procedimiento

fue de gran ayuda, ya que ubicaba los pozos visitados y medidos. La figura 3 muestra todo el levantamiento dentro del casco urbano que se logro con el *Garmin eTrex venture*.

Figura 3. Puntos, *waypoints* marcados en cada pozo de visita, sobre una imagen *GoogleEarth*



Fuente: Software *Garmin* and *Google Earth*.

#### 2.1.4. Tipo de sistema de alcantarillado usado en Zacapa

La ciudad de Zacapa cuenta con un sistema de alcantarillado, diseñado por gravedad tipo sanitario separativo, del cual están excluidos los caudales de agua de lluvia provenientes de las calles, techos y otras superficies, con conductos funcionando como canales parcialmente llenos; sin embargo,

siempre existen vecinos que realizan conexiones ilícitas de caudales pluviales que afectan de alguna manera el diseño original y la vida útil del sistema.

El diseño lo realizó hace varios años (1,969) el Instituto de Fomento Municipal (INFOM), con ramales principales y secundarios, utilizando los reglamentos generales para el diseño de alcantarillados. La tabla de actualización de datos presenta toda la información del sistema de alcantarillado encontrado en la ciudad de Zacapa (ver tabla No. XIV, de actualización de datos).

#### **2.1.5. Evaluación por sectores**

- **Sector nor-oeste**

Este sistema está formado a lo largo de siete kilómetros lineales de drenajes sanitarios y comprende los barrios La Parroquia, Rastro Viejo, La Bolsa, La Calzada, San Marcos; las colonias Buenos Aires, Santa Marta, Copán, parte del barrio La Reforma, parte del barrio Las Flores y colonia Juan Guerra (ver plano 3 – 17); por medio del ordenamiento propuesto, este sector fue dividido en cuatro subsectores: el subsector nor-oeste uno, está formado por quinientos dos (502) metros lineales de red de drenajes sanitarios; dentro de sus límites se encuentran los barrios La Parroquia, inicio del barrio Las Flores y el sector cuatro de La Parroquia, con una población que sirve de aproximadamente 624 habitantes y una población futura de 1,088 habitantes.

Actualmente, el sistema posee una fosa séptica colectiva diseñada hace ya varios años, ya colapsada, a orillas del río Riachuelo que es donde descarga sus aguas; debido a que no ha recibido ningún mantenimiento periódico, su funcionamiento no es el adecuado, presenta vegetación en su interior y exterior,

existe mal olor y presencia de zooglea en sus alrededores y como consecuencia, mal olor.

Como propuesta al ordenamiento y saneamiento del sistema de drenajes y tomando en cuenta varios parámetros respecto de su caudal medio, para el subsector nor-oeste uno, se diseñaron dos fosas sépticas colectivas que sustituirán la existente, con las dimensiones largo= 7.60 m x ancho= 3.60 m y una altura útil= 1.50 m; el volumen en la primera recámara es de 25 metros cúbicos y en la segunda, de 15 metros cúbicos, con un total de 40 metros cúbicos, aproximadamente (ver plano 5-17).

El subsector nor-oeste dos, está formado por setecientos cincuenta y cuatro metros lineales de red de drenajes sanitarios; dentro de sus límites se encuentran: inicio del barrio Las Flores, parte del barrio El Calvario, barrios La Parroquia, Rastro Viejo, La Reforma, con una población que sirve de aproximadamente 2,910 habitantes y una población futura de 5,075 habitantes.

Actualmente, el sistema posee fosa séptica colectiva ya colapsada, ubicada después del río Riachuelo siempre a orillas del mismo, y que es donde descarga sus aguas; existe una caja reunidora de caudales, a partir de allí el caudal de aguas servidas cruza el cauce del río hasta llegar a la fosa séptica colectiva; debido a que no ha recibido ningún mantenimiento periódico, su funcionamiento no es el adecuado: la misma agua servida que entra es la que sale, presenta abundante vegetación en su interior y exterior, existe mal olor y presencia de zooglea en sus alrededores.

Como propuesta al ordenamiento y saneamiento del sistema de drenajes se determinó su caudal medio: 436,500 l/día; para el subsector nor-oeste dos se propone la construcción de una planta de tratamiento que vendrá a sustituir la

fosa en mal estado existente. Hidráulicamente están localizados dentro de este subsector nor-este tres, tramos críticos a los que deberán hacerse los cambios de tubería propuestos, para proporcionarle más vida útil al sistema en esos tramos.

El subsector nor-oeste tres, está formado por doscientos veintiocho metros lineales (228 ml) de red de drenajes sanitarios; este subsector debido a su topografía, solo comprende dentro de sus límites la colonia Copán que se encuentra ubicada dentro del barrio La Reforma con una población que sirve, de aproximadamente 462 habitantes y una población futura de 806 habitantes; actualmente el sistema no posee ningún sistema de tratamiento de sus aguas servidas, estas son depositadas directamente al caudal del colector principal y conducidas hasta el llamado Borbollón.

Como propuesta al ordenamiento y saneamiento del sistema de drenajes, se diseñaron tomando en cuenta varios parámetros y a su caudal medio, para el subsector nor-oeste tres, dos fosas sépticas colectivas, con las dimensiones largo = 7.60 m x ancho = 3.60 m y una altura útil = 1.50 m, el volumen en la primera recámara es de 25 metros cúbicos y en la segunda, de 15 metros cúbicos, con un total de 40 metros cúbicos aproximadamente (ver plano 6-17). Como tratamiento secundario en esta área del sistema se propuso la construcción de pozos de absorción para cada fosa séptica (ver plano 7-17).

El subsector nor-oeste cuatro, está formado por cinco mil quinientos ochenta y nueve metros lineales (5 589 ml) de red de drenajes sanitarios; dentro de sus límites se encuentran los barrios La Bolsa, San Marcos, colonia Buenos Aires, colonia Santa Marta, barrio La Calzada, La Reforma, colonia Juan Guerra y parte de la colonia El Chaparro, con una población que sirve de aproximadamente 49,086 habitantes y una población futura de 85,607

habitantes; actualmente no se tiene sistema de tratamiento de sus aguas servidas, estas son depositadas directamente al caudal del colector principal y conducidas hasta el llamado Borbollón localizado por el puente negro a un kilómetro después del último pozo, localizado en la colonia Santa Marta. Las aguas servidas en el Borbollón son encausadas y utilizadas para riego de una finca aledaña.

Como propuesta al ordenamiento y saneamiento del sistema de drenajes se determinó su caudal medio 7 362,900 l/día; para el subsector nor-oeste cuatro se propone de construcción de una planta de tratamiento anaeróbica. Hidráulicamente están localizados dentro de este subsector nor-este tres, tramos críticos a los que deberán hacerse los cambios de tubería propuestos, para proporcionarle más vida útil al sistema en esos tramos.

- Sector nor-este

Este sistema está formado por cinco y medio kilómetros lineales de drenajes sanitarios y comprende los barrios Cruz de Mayo, colonia Punilá, La Ladrillera, colonia Las Flores, barrio La Parroquia, barrio El Calvario, colonia Esmeralda (ver Plano 9 – 17). Por medio del ordenamiento propuesto este sector fue dividido en tres subsectores.

El subsector nor-este uno, está formado por seiscientos veinticinco metros lineales de red de drenajes sanitarios; dentro de sus límites se encuentran los barrios La Esmeralda, Las Flores y La Parroquia, con una población que sirve de aproximadamente 2,250 habitantes y una población futura de 3,924 habitantes; actualmente este subsector posee un sistema de tratamiento de sus aguas servidas, consistente en una fosa séptica colectiva que presenta dificultades en su funcionamiento; la vida útil ya alcanzó sus límites y está

colapsada; se pudo verificar con las crecidas del río llamado Riachuelo, que las tormentas tropicales han golpeado directamente la estructura de la fosa séptica arriesgándola a perderse totalmente; también la falta de mantenimiento ha producido el colapso de la misma.

Como propuesta al ordenamiento y saneamiento del sistema de drenajes se determinó su caudal medio de 333,500 l/día; para el subsector nor-este uno, se propone la construcción de una planta de tratamiento anaeróbica. Hidráulicamente, están localizados dentro de este subsector nor-este uno, tramos críticos a los que deberán hacerse los cambios de tubería propuestos, para darle más vida útil al sistema en esos tramos.

El subsector nor-este dos, está formado por un mil ciento ochenta y uno metros lineales de red de drenajes sanitarios, dentro de sus límites se encuentran los barrios, colonia Punilá II, barrio Cruz de Mayo con una población que sirve de aproximadamente 3,792 habitantes y una población futura de 6,613 habitantes. Actualmente el subsector posee un sistema de tratamiento de sus aguas servidas, consistente en una fosa séptica colectiva que presenta dificultades en su funcionamiento; la vida útil ya alcanzó sus límites y está colapsada; se pudo observar que presenta mal olor que afecta directamente a varias familias que viven en el área, produciendo molestias y enfermedades gastrointestinales.

Como propuesta al ordenamiento y saneamiento del sistema de drenajes, se determinó su caudal medio de 568,800 l/día; para el subsector nor-este dos se propone la construcción de una planta de tratamiento anaeróbica. Hidráulicamente, están localizados dentro de este subsector nor-este dos, tramos críticos a los que deberá hacerse los cambios de tubería propuestos, para darle más vida útil al sistema en esos tramos.

El subsector nor-este tres, está formado por tres mil setecientos cuarenta y dos metros lineales de red de drenajes sanitarios, dentro de sus límites se encuentran los barrios Cruz de Mayo, La Ladrillera, El Calvario y Las Flores, con una población que sirve de aproximadamente 49,068 habitantes y una población futura de 85,576 habitantes. Actualmente el subsector no posee un sistema de tratamiento de sus aguas servidas, sino que está conectado al colector principal y debido a la topografía, este caudal de aguas servidas llega al llamado Borbollón.

Como propuesta al ordenamiento y saneamiento del sistema de drenajes de Zacapa se determinó su caudal medio de 7 360 200 l/día; para este subsector se propone la construcción de una planta de tratamiento anaeróbica, que drenará sus aguas a un zanjón natural. De acuerdo con el diseño hidráulico, se determinó que existen tramos que deberán cambiarse para darle más vida útil al sistema en dichos tramos.

- Sector sur-oeste

Este sistema está formado a lo largo de nueve kilómetros lineales de drenajes sanitarios y comprende los barrios colonia Los Olivos, La Laguna, El Bordo, La Reforma, colonia Santa Elena, colonia El Banvi, Buena Vista, colonia Santa María, colonia Club de Oficiales (ver Plano 13 – 17). Por medio del ordenamiento propuesto este sector fue dividido en tres subsectores.

El subsector sur-oeste uno, está formado por seis mil setecientos cuarenta y nueve metros lineales de red de drenajes sanitarios; dentro de sus límites se encuentran los barrios, La Laguna, colonia Los Olivos, La Reforma, Santa Elena, Buena Vista y Santa María, con una población que sirve de

aproximadamente 27,672 habitantes y una población futura de 48,261 habitantes; actualmente de este subsector no posee un sistema de tratamiento de sus aguas servidas. Como propuesta al ordenamiento y saneamiento del sistema de drenajes, se determinó su caudal medio 4 150,800 l/día; para este subsector se propone la construcción de una planta de tratamiento anaeróbica. De acuerdo con el diseño hidráulico, se determinó que existen tramos que deberán cambiarse para darle más vida útil al sistema en dichos tramos.

El subsector sur-oeste dos, está formado por un mil setecientos sesenta y dos metros lineales de red de drenajes sanitarios; dentro de sus límites está formado por dos calles principales una llamada calle de piedra y la otra es el nuevo acceso a la ciudad de Zacapa; también se conecta una parte del barrio El Chaparro, con una población que sirve de aproximadamente 7,530 habitantes y una población futura de 13,132 habitantes. Actualmente esta red no posee un sistema de tratamiento de aguas servidas. Como propuesta al ordenamiento y saneamiento del sistema de drenajes se determinó su caudal medio de 1129,500 l/día; para este subsector se propone la construcción de una planta de tratamiento anaeróbica. De acuerdo con el diseño hidráulico, se determinó que existen tramos que deberán cambiarse, para darle más vida útil al sistema.

El subsector sur-oeste tres, está formado por seiscientos once metros lineales (611 ml) de red de drenajes sanitarios; dentro de sus límites se encuentran las colonias, Banvi, Club de Oficiales y parte de la colonia Santa María, con una población que sirve de aproximadamente 3,036 habitantes y una población futura de 5,295 habitantes. Actualmente el subsector no posee un sistema de tratamiento de sus aguas servidas, sino que está conectado al colector principal y debido a la topografía, el caudal de aguas servidas llega al cuerpo receptor llamado río Grande. Como propuesta al ordenamiento y saneamiento del sistema de drenajes de Zacapa se determinó su caudal medio

de 455,400 l/día; para el subsector se propone la construcción de una planta de tratamiento anaeróbica.

- Sector sur-este

Este sistema está formado por cuatro y medio kilómetros lineales de drenajes sanitarios y comprende los barrios y colonias Cruz de Mayo, La Ladrillera, Juan Pablo II, Boques de San Julián (ver Plano 16 – 17). Por medio del ordenamiento propuesto este sector fue dividido en tres subsectores.

El subsector sur-este uno, está formado por tres mil setecientos ochenta y tres metros lineales de red de drenajes sanitarios, dentro de sus límites se encuentran los barrios, Cruz de Mayo, La Ladrillera y calle del Hall, con una población que sirve, de aproximadamente 13,074 habitantes y una población futura de 22,801 habitantes. Actualmente este subsector no posee un sistema de tratamiento de aguas servidas.

Como propuesta al ordenamiento y saneamiento del sistema de drenajes, se determinó su caudal medio 1 634 250 l/día, para este subsector se propone la construcción de una planta de tratamiento anaeróbica. De acuerdo con el diseño hidráulico, se determinó que existen tramos que deberán cambiarse para darle más vida útil al sistema.

El subsector sur-este dos, está formado por quinientos veinticuatro metros lineales de red de drenajes sanitarios; dentro de sus límites está formado por la colonia Juan Pablo II, con una población que sirve de aproximadamente 2,124 habitantes y una población futura de 3,757 habitantes. Actualmente esta red posee un sistema de tratamiento de aguas servidas, es una fosa colectiva sin ningún mantenimiento, colapsada totalmente; el pozo jp3 esta azolvado (ver

plano 16-17) y en la fosa la tubería que debería de ser de respiradero, está sirviendo de rebalse; como tratamiento secundario posee dos pozos de absorción que están tapados con tierra por el propietario del terreno, por eso es que las aguas negras corren como aguas superficiales en una quebrada natural buscando el punto más bajo.

Como propuesta al ordenamiento y saneamiento del sistema de drenajes se determinó su caudal medio de 323,100 l/día; para este subsector se propone la construcción de una planta de tratamiento anaeróbica. De acuerdo con el diseño hidráulico, se determinó que existen tramos que deberán cambiarse para darle más vida útil al sistema.

El subsector sur-este tres, está formado por trescientos dos metros lineales de red de drenajes sanitarios; dentro de sus límites se encuentran la colonia, Bosques de San Julián con una población que sirve de aproximadamente 258 habitantes y una población futura de 450 habitantes.

Actualmente, no posee un sistema de tratamiento de aguas servidas, sino que las aguas negras del subsector drenan directamente a una quebrada natural buscando el punto más bajo hacia la colonia Juan Pablo II.

Como propuesta al ordenamiento y saneamiento del sistema de drenajes y tomando en cuenta varios parámetros respecto de su caudal medio, para el subsector sur-este tres, se diseñaron dos fosas sépticas colectivas, con las dimensiones largo = 7.60 m x ancho = 3.60 m y una altura útil = 1.50 m; el volumen de la primera recámara es de 25 metros cúbicos y el de la segunda es de 15 metros cúbicos, con un total de 40 metros cúbicos, aproximadamente (ver plano 17-17).

## **2.2. Aspectos generales de la situación actual**

### **2.2.1. Descripción del problema**

El problema consiste básicamente en la conducción, tratamiento y descarga inadecuada de las aguas negras de la población de Zacapa; específicamente, en el casco urbano. Los problemas de ordenamiento de la red y mantenimiento de los tratamientos primarios existentes están presentes en la red general de drenajes, por el crecimiento poblacional y habitacional desordenado, generando problemas al vecino en el aspecto de salubridad y problemas al medio ambiente con la descarga directa de aguas servidas a cuerpos receptores sin ningún tipo de tratamiento, generando aguas contaminadas que presentan toxicidad en los ríos aledaños a la población; tal es el caso del río Punilá II, río Riachuelo, río Grande o Motagua.

### **2.2.2. Inspección de las zonas a drenar**

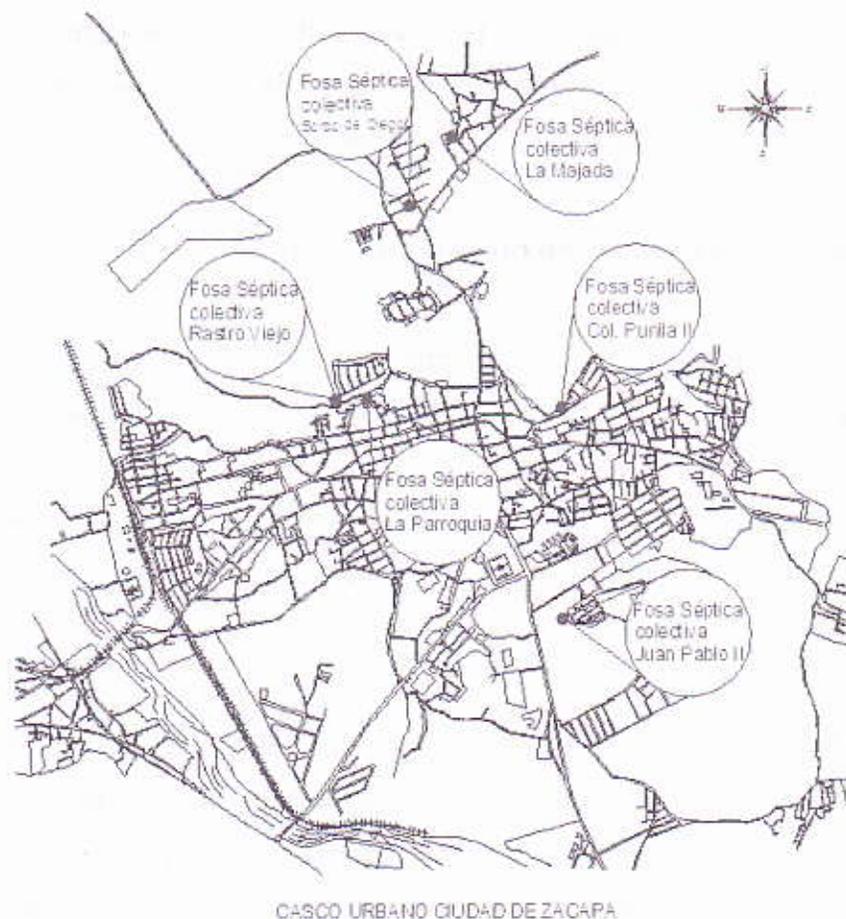
Actualmente el sistema de drenajes sanitarios de Zacapa cuenta con seis fosas sépticas colectivas localizadas en diferentes puntos de la ciudad. En la figura 4 se puede apreciar la ubicación exacta de estas fosas sépticas colectivas. A ellas llegan por medio de una red de drenajes, aguas residuales que son generadas por residencias, instituciones y locales comerciales e industriales. Los esfuerzos para recolectar y tratar las aguas residuales domésticas de la descarga están típicamente sujetas a regulaciones y controles.

Las fosas sépticas colectivas existentes, presentan problemas de funcionamiento y no cumplen con las condiciones hidráulicas y de saneamiento ambiental apropiado; conexiones ilícitas de agua pluvial, basura y falta de

mantenimiento, hacen posible el colapso de estos dispositivos hidráulicos de sedimentación de sólidos.

El mayor número de descargas están ubicadas en la parte norte de la ciudad, en la cual se tiene el cuerpo receptor llamado el río Riachuelo que se ve afectado por estas descargas y desemboca al llamado río Grande. Todas las descargas son de fácil acceso para cualquier trabajo de mantenimiento.

Figura 4. **Ubicación de fosas sépticas colectivas en barrios y colonias del casco urbano**



Fuente: elaboración propia.

### **2.2.3. Aspectos de vivienda y población**

Paralelamente con el levantamiento topográfico, se realizó la actividad de conteo de todas y cada una de las viviendas existentes que estaban contribuyendo al caudal tributario de aguas negras en cada tramo. Se llegó a contabilizar 4,010 viviendas habitadas. Un gran porcentaje de estas viviendas es de construcción mixta, con techo de lámina. Un pequeño porcentaje que corresponde a terrenos baldíos, locales comerciales y hoteles, hacen el conjunto de manzanas habitadas en el casco urbano.

Al consultar los censos de períodos anteriores se determinó por un promedio, que el número de personas por vivienda es de 6.4. Para efectos de cálculos hidráulicos se estableció 6.0 personas/vivienda.

### **2.2.4. Aspectos de drenajes existentes**

La mayoría de viviendas de la ciudad de Zacapa cuenta con el servicio de agua potable entubada para consumo humano, es un servicio municipal bastante bueno, pues se aplica un programa de tratamiento del agua para potabilizarla. Algunas colonias nuevas, colegios y complejos universitarios en bajo porcentaje, cuentan con pozo propio abasteciéndose de esta manera del vital líquido.

En toda ciudad, el problema vital es la evacuación de las aguas servidas; actualmente en la ciudad de Zacapa el sistema de drenajes sanitarios es de tipo separativo; sin embargo, está un poco desordenado ya que vecinos han conectado sus aguas pluviales al colector municipal, prueba de ello es que en época de invierno algunas tapaderas de pozos de visita se levantan literalmente

en forma violenta; basura, grasas y diámetros de tubería no adecuados forman este efecto.

Existen también en algunos barrios y colonias del casco urbano, fosas sépticas colectivas como un procedimiento final de las aguas servidas, por el crecimiento poblacional, falta de mantenimiento o un precario diseño original, se ha producido el colapso de estos útiles dispositivos hidráulicos, esto lleva consigo la contaminación de áreas aledañas a la fosa produciendo enfermedades de tipo gastrointestinal (ver tabla IV).

La tabla IV. **Fosas sépticas colectivas en diferentes barrios y colonias**

Fosas septicas colectivas		
Ubicación	Estado actual	Observaciones
Bo. La Parroquia	Colapsada	Capacidad inadecuada mal olor
Bo. Rastro viejo	Colapsada	Presenta mal olor, falta de mantenimiento
Col. Punilá II	Colapsada	Capacidad inadecuada mal olor
Col. Juan Pablo II	Colapsada	Capacidad colapsada, falta de mantenimiento
Barrio Nuevo	Colapsada	Presenta mal olor, falta de mantenimiento

Fuente: elaboración propia.

- **Reconocimiento físico de pozos de visita existentes**

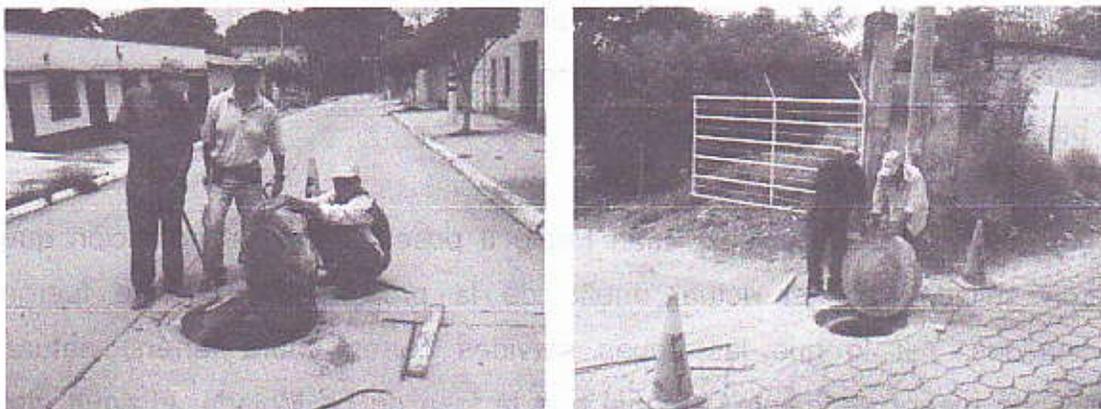
Esta actividad consistió, con la ayuda de personal municipal, en levantar 440 tapaderas de pozos de visita distribuidas a lo largo de 26.8 kilómetros de red de drenaje sanitario. Sin tener conocimiento de la ubicación exacta de los pozos de visita, se procedió a caminar calles y avenidas a lo largo y ancho para identificarlos y analizarlos. El procedimiento a seguir fue el mismo para todos los pozos visitados. A continuación una breve descripción:

- Se ubica el pozo dentro del barrio o colonia, se marca la tapadera con pintura, definiendo así su posición original con su brocal.
- Se marca, siguiendo el procedimiento del *G.P.S eTrex Venture*, un *waypoints*, definiendo la nomenclatura según el barrio o colonia, con este punto se tiene la localización exacta dentro de la calle y la altura en m.s.n.m.
- Se procede a levantar la tapadera con la ayuda de personal municipal, utilizando herramientas comunes como una barreta, un gancho de varilla corrugada de 3/4", dos ganchitos de varilla corrugada de 3/8", una duela de madera, dos conos de hule para el tránsito.
- Una vez levantada la tapadera se procede a realizar la inspección visual del pozo para verificar su funcionalidad, tuberías de entrada y salida, diámetros, dirección de flujo; con un metro se realiza la medición de las cotas *invert* de entrada y salida de la tubería, profundidad y diámetro del pozo; toda esta información es trasladada a una libreta de apuntes de campo.
- Antes de cerrar la tapadera, se limpian las orillas del brocal, luego el cierre de la misma, teniendo cuidado de coincidir las marcas de pintura hechas anteriormente, para que la tapadera quede en su posición original y no desbalanceada; eso produciría movimiento con el paso de los vehículos y posteriormente su rotura.

- Para llevar un orden, se coloca una marca en el plano del croquis del casco urbano, para crear un registro de los pozos visitados y las calles ya trabajadas.
- Se cuentan los domiciliarios conectados en cada tramo.
- En busca de otro pozo para su observación y medición.

Fue imposible hacer la abertura de algunos pozos ya que se encontraban selladas totalmente sus tapaderas; algunos quedaron enterrados por algún trabajo de restauración de pavimento en años anteriores, otros estaban ubicados dentro de predios y casas de restringido acceso.

**Figura 5. Levantamiento de tapaderas, barrio La Calzada y barrio La Laguna**



Fuente: Barrio La Calzada / barrio El Bordo.

#### ▪ Evaluación de fosas sépticas existentes

Con estos sistemas existentes del tipo fosa séptica colectiva, se logra evacuar las aguas servidas de la población de los barrios La Parroquia, Rastro

Viejo, colonia Punilá II, Juan Pablo II dentro del casco urbano y barrio La Majada y Bordo de Diego que se encuentra en las afueras lado norte-este de la ciudad de Zacapa.

Las personas que se sirven de estas fosas actualmente son unas 12,800; aproximadamente, de 2,150 viviendas, con una población futura de 22,200 personas; bajo el cálculo de una tasa poblacional de 0.03 y a 20 años.

Estas fosas sépticas están construidas de mampostería reforzada en forma rectangular y presentan dos o tres compuertas diseñadas para su mantenimiento. Todas están totalmente azolvadas y descuidadas por un uso continuo, sin limpieza, presentan vegetación abundante tanto en su interior, como en su exterior, los tubos que tienen como respiraderos sirven para rebalse y se han formado a su alrededor charcos con olor putrefacto, provocando malestar a la población; pozos de visita próximos a las fosas se ven colapsados totalmente, existe presencia de bacterias, las tuberías de entrada no son las adecuadas para evacuar los caudales, porque se han producido taponamientos de basura.

El sistema de la colonia Juan Pablo II posee pozos de absorción que fueron sellados por el actual dueño de la propiedad en donde fueron construidos, por lo que las aguas servidas corren sobre terreno natural buscando menor pendiente. Al igual que la fosa de La Majada, el agua que entra es la misma que sale y corre buscando una quebrada natural que se conecta con el transversal de las aguas pluviales de la carretera que conduce a la aldea Manzanotes, pasa por debajo de una vivienda y luego por el Instituto Tecnológico de Zacapa, (ver figura 6); a lo largo de la quebrada se denota la presencia de zooglea de color negra sin presencia de oxígeno.

Las fosas sépticas colectivas de los barrios La Parroquia, Rastro Viejo y la colonia Punilá II descargan sus aguas también por medio de un rebalse, utilizando como cuerpo receptor el río Riachuelo.

Estas fosas sépticas colectivas no tienen ningún tratamiento secundario, ya que el que tenían eran pozos de absorción y estos también se ven colapsados; sus aguas están rebalsándose sin ningún tratamiento; estos sistemas hoy en día son inadecuados totalmente.

Figura 6. **Conducción de aguas servidas a flor de tierra**



Fuente: Barrio La Majada / transversal de ruta que conduce a Manzanotes.

### 2.2.5. Diagnóstico

Toda esta información, proporciona una base sólida para poder determinar el precario y desordenado desarrollo sanitario con que cuenta la ciudad de Zacapa. Se pudo establecer líneas de conducción de aguas servidas en medio de quebradas, pozos de visita localizados en predios privados, pozos en áreas internas de domicilios, fosas sépticas colapsadas, diámetros de tubería no acordes al caudal a servir y pozos de absorción sellados.

El plano de la red general del sistema de drenajes sanitarios, elaborado con esta actualización, es una herramienta para verificar claramente los sectores en donde carecen de información física los drenajes sanitarios, ya que en años anteriores se desarrollaron trabajos de remodelación y mejoramiento de las calles y avenidas, ejecutándose estas obras, sin ninguna supervisión o control del proyecto; prueba de ello, se han encontrado enterrados pozos de visita, permitiendo de esa manera, ser inaccesibles para su inspección y mantenimiento.

La falta de mantenimiento en la red de drenajes, se hace presente cuando aumenta el caudal de conducción en época de invierno, producto de conexiones ilícitas a la red de drenajes; se ha visto tapaderas levantarse con la fuerza del agua; existen otras totalmente fracturadas las cuales permiten el ingreso de basuras y tierra al pozo, provocándose un sedimento difícil de evacuar, sumado a ello, se tiene las grasas de desechos domiciliarios de cocina y desechos de animales, fruto de la actividad de venta de chicharrones y carnitas.

Como sistema final de tratamiento, en los barrios de La Parroquia, Rastro Viejo, colonia Punilá II y Juan Pablo II, poseen fosas sépticas colectivas con sistema de tratamiento secundario en mal estado, dado el número de personas que descargan en ellas, estas tienen un uso ineficaz porque el agua servida que entra tiene las mismas características de la que sale. La falta periódica de mantenimiento da como resultado el azolvamiento por los lodos, presencia de vegetación interna y externa, dependiendo de la carga hidráulica que se tenga, existe presencia de charcos que se forman alrededor, provocando contaminación y mal olor, ocasionando problemas a la población.

### **2.2.6. Soluciones**

El saneamiento básico en la ciudad de Zacapa ha sido hasta hoy por medio de fosas sépticas colectivas como tratamientos primarios y pozos de absorción como tratamientos secundarios de las aguas servidas de un sector de su población.

Como una solución inmediata, todas las fosas existentes necesitan limpieza adecuada periódica utilizando una bomba para sólidos, reparar todas las obras de arte que hagan falta como muros, tapaderas, tuberías, construir un cerco para la protección de los habitantes y la presencia de animales y construir nuevamente pozos de absorción como tratamientos secundarios.

También se deberán seleccionar sistemas de tratamiento nuevo que sean de requerimientos tecnológicos de operación adecuados a la municipalidad para que los costos de operación estén dentro de las posibilidades de la capacidad de pago de la población, a fin que el sistema sea sostenible.

Entrevistas sostenidas con varias personas de comités de vecinos principalmente, aportaron como conclusión que el conocimiento sobre el funcionamiento, diseño y construcción de la fosa séptica es erróneo, por lo se decidió incluir conceptos básicos, como operación, instalación, mantenimiento y localización de estos sistemas primarios de tratamiento, así como conceptos básicos de tanques Imhoff y lagunas de estabilización como posibles soluciones a la problemática de saneamiento.

### **2.2.6.1. Fosa séptica**

Es el método más útil y satisfactorio para el tratamiento primario de las aguas negras domésticas; en ellas se realiza la separación y transformación físico-química de la materia sólida contenida en las aguas servidas. Se trata de una forma sencilla y relativamente barata de tratar las aguas negras; consiste en un depósito de sedimentación cubierto en que la candela domiciliar vierte directamente los excrementos, desarrollándose el proceso internamente. Preferentemente, está indicada para zonas rurales y residencias aisladas.

- **Tratamiento primario**

Como período de retención, las aguas servidas se conservan según la capacidad de la fosa, entre 1 y 3 días. Durante este período los sólidos más densos se depositan en el fondo formando lodo. La mayoría de las grasas permanecen en la fosa formando una especie de espuma en la superficie, mientras el afluyente se lleva el resto al sistema final de evacuación. Los sólidos retenidos en la fosa séptica sufren una descomposición anaeróbica (sin presencia de oxígeno), producida por la acción de las bacterias y los hongos; el resultado importante es una reducción de volumen en los sedimentos, lo que permite de alguna manera prolongar su vida útil sin necesidad de limpieza.

Esta descomposición afecta no solo a los sólidos sedimentados sino también a la materia orgánica que contienen las aguas servidas. Cuando trabaja adecuadamente la fosa séptica, el efluente apenas está turbio a causa de los sólidos en suspensión finamente desmenuzados y presenta una demanda de bioquímica de oxígeno (DBO) relativamente baja. Sigue teniendo un carácter nocivo; en reposo la sedimentación es escasa, pero despiden un olor putrefacto característico. Este afluyente puede ser peligroso para la salud, y

contener bacterias patógenas, quistes y huevos de vermes que hayan pasado desapercibidos por la fosa durante el período relativo corto de reposo.

Cuando los lodos se descomponen, se produce gas que asciende constantemente en forma de burbujas a la superficie. Las burbujas arrastran partículas de materia orgánica en descomposición que inoculan el líquido residual, que va entrando con organismos necesarios para la putrefacción.

Estas partículas llegan a la espuma que se hace a su vez, espesa y se hunde en parte, bajo el nivel del agua. La capa de espuma flotante puede alcanzar dimensiones que su superficie inferior llegue hasta la corriente principal de afluente. Esto suele coincidir con una gran acumulación de lodo denso y compacto en el fondo de la fosa. Como consecuencia de ello, la zona de corriente se reduce de tal manera que resulta imposible la sedimentación adecuada de la materia en suspensión.

En este momento se observarán grandes cantidades de materia flotante en el efluente; esto puede evitarse limpiando la fosa con regularidad. Para que todos los procesos biológicos se desarrollen con eficacia, deberá evitarse la turbulencia y reducirse al mínimo los efectos perturbadores de las corrientes agitadas.

- **Funciones de la fosa séptica**

Todas las aguas servidas domiciliarias no tratadas, rápidamente atascarían el subsuelo donde estas se infiltrarán; debido a la gran cantidad de sólidos que tienen, la fosa condiciona al agua negra para que pueda filtrarse más fácilmente. Por lo tanto la función más importante de una fosa séptica es proporcionar protección a la capacidad absorbente del suelo.

Tres son las funciones que tienen lugar en la fosa séptica para proporcionar esta protección:

- Eliminación de sólidos: el atascamiento del suelo con el efluente de la fosa varía directamente con la cantidad de sólidos suspendidos en el líquido. A medida que el agua negra procedente del alcantarillado de las viviendas entra en la fosa séptica, su velocidad de flujo se reduce de tal forma que los sólidos mayores se hunden al fondo o suben a la superficie.
  - Tratamiento biológico: los sólidos o líquidos en la fosa son sometidos a descomposición por procesos naturales y bacteriológicos.
  - Almacenamiento de cieno y natas: el cieno es una acumulación de sólidos en el fondo de la fosa, mientras que las natas son sólidos flotantes que pueden formarse en la superficie del líquido dentro de la fosa.
- Localización

En cuanto a la localización de una fosa séptica, debe de tomarse en cuenta la siguiente:

- Ubicarlas donde no puedan producir contaminación con algún pozo, manantial o cualquier otra fuente de abastecimiento de agua potable.
- Tener cuidado de no instalarlas en zonas pantanosas, ni en área sujetas a crecidas de ríos.

- Disponer de un área adecuada para el campo de eliminación.
- Como mínimo localizarlas a 1.5 metros de cualquier edificio, ya que se puede ver afectada la cimentación o producir filtraciones.
- Debe de tomarse en cuenta la accesibilidad para mantenimiento y reparaciones.
- Las conexiones futuras deben de tomarse en cuenta en el diseño.

#### **2.2.6.2. Mantenimiento de fosas sépticas**

- Las fosas deben de estar construidas con materiales resistentes a la corrosión o deterioro.
- Debe de existir una buena supervisión para que el trabajo de construcción asegure que sea hermética.
- El interior debe de cubrirse superficialmente con sabieta, aplicando dos capas gruesas.
- Deben de tener por lo menos dos compuertas para su limpieza y supervisión de 0.50 x 0.50 m.
- Es necesario instalar un tubo para su ventilación.
- No se deben conectar a la fosa caudales de agua pluvial, pues con esto, la capacidad de la fosa sería afectada y no cumpliría su función de descomposición de sólidos.

Para su adecuado mantenimiento se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Es necesario que las fosas sean inspeccionadas cuando menos una vez al año, y limpiarlas cuando sea necesario.
- No es conveniente utilizar fuertes desinfectantes en los aseos del hogar ya que afectaría con el proceso natural de la fosa séptica.
- No se debe sembrar árboles en los alrededores; evitar el paso cercano de animales y vehículos.
- Es recomendable instalar trampas de grasa en forma domiciliar, ya que son dispositivos cuya función es detener la grasa, para evitar problemas de obstrucción.
- La fosa debe de tener tabiques internos de entrada y salida, para regular la velocidad del afluente y efluente.
- Dimensiones y diseño

Las dimensiones de la fosa séptica varían respecto del número de personas servidas. Los principales factores que se deben tener en cuenta al fijar la capacidad de una fosa séptica son:

- El caudal medio diario de aguas residuales.
- El período de retención, que varía de 1 a 3 días y que suele ser de 24 horas.

- El espacio necesario para la acumulación de fangos, a fin de que la extracción de los mismos se efectúe cada dos o tres años.
- Sistema de absorción

En las zonas rurales y en las pequeñas comunidades, los métodos de que se dispone para el tratamiento y la evaluación del efluente pueden ser los siguientes:

Dilución, pozos de filtración, irrigación del subsuelo, zanjas de filtración, filtros de arena y filtros de goteo. Para seleccionar el método más adecuado es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Es necesario saber con exactitud la naturaleza del terreno
- La profundidad de los mantos acuíferos
- El grado de permeabilidad del suelo
- La proximidad de pozos, manantiales de agua potable y viviendas
- Las direcciones predominantes del viento
- La vegetación del terreno de evacuación
- El volumen y velocidad de circulación del agua superficial disponible para la dilución y los fines a que se destine dicha agua

### 2.2.6.3. Tanque Imhoff

Los tanques Imhoff, son los así denominados en honor de Karl Imhoff (1876 – 1965), ingeniero alemán especializado en aguas, que concibió un tipo de tanque que lleva a cabo dos procesos conjuntamente que son: sedimentación y digestión de lodos de aguas residuales.

Pueden verse tanques Imhoff en muchas formas, rectangulares y hasta circulares, pero siempre disponen de una cámara o cámaras superiores por las que pasan las aguas negras en su período de sedimentación, además de otra cámara inferior donde la materia recibida por gravedad permanece en condiciones tranquilas para su digestión anaeróbica. Este es un proceso de tratamiento y es necesario conducir las aguas negras al mismo por lo que es imprescindible un sistema de alcantarillado del área a evacuar hacia el punto de entrada del tanque.

- Partes del tanque Imhoff:
  - Cámara de sedimentación con: dispositivos de entrada y de salida, deflector, separador de cámara de sedimentación y cámara de espuma.
  - Abertura de separación de cámara de sedimentación y cámara de lodos
  - Cámara de espumas (ventilación)
  - Cámara de digestión de lodos, integrada por 2 partes: compartimiento de digestión de lodos y dispositivos para extracción de lodos
  - Accesorios de limpieza

Los resultados del uso del tanque Imhoff son: se remueve como mínimo el 60% de los sólidos en suspensión y un 80% de los sólidos totales. Se remueve como mínimo un 35% de la D.B.O y se digieren los lodos con un resultado muy satisfactorio.

#### **2.2.6.4.      Lagunas de estabilización**

Una laguna de estabilización es una estructura simple para embalsar aguas residuales con el objeto de mejorar sus características sanitarias. Las lagunas de estabilización se construyen con una profundidad de 2 a 4 m y con períodos de retención relativamente grandes, por lo general de varios días.

Cuando las aguas residuales son descargadas en lagunas de estabilización, se realiza en las mismas, en forma espontánea, un proceso conocido como autodepuración o estabilización natural, en el que ocurren fenómenos de tipo físico, químico, bioquímico y biológico. Este proceso se lleva a cabo en casi todas las aguas estancadas con alto contenido de materia orgánica putrescible o biodegradable.

Su forma depende de la geometría del área que va a utilizarse y de aspectos de construcción de las mismas. Estas llevan un dique o talud para la detención de las aguas. Por lo general se utilizan dos lagunas, en las cuales la primaria lleva a cabo un proceso el cual no llega a completar la estabilización de la materia orgánica; por lo tanto es necesaria una segunda laguna para completar este proceso.

Los parámetros más utilizados para evaluar el comportamiento de las lagunas de estabilización de aguas residuales y la calidad de sus efluentes son la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), que caracteriza la carga orgánica; y

el número más probable de coliformes fecales (NMP CF/100ml), que caracteriza la contaminación microbiológica. También tienen importancia los sólidos totales sedimentables, en suspensión y disueltos.

#### **2.2.6.5. Plantas de tratamiento**

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, efluente del uso humano. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o lodo convenientes para su disposición o reúso. Es muy común llamarlo depuración de aguas residuales para distinguirlo del tratamiento del agua potable.

Las aguas residuales son generadas por residencias, instituciones y locales comerciales e industriales. Éstas pueden ser tratadas dentro del sitio en el cual son generadas por ejemplo: fosas sépticas o bien pueden ser recogidas y llevadas mediante una red de tuberías a una planta de tratamiento municipal. Los esfuerzos para recolectar y tratar las aguas residuales domésticas de la descarga están típicamente sujetas a regulaciones y estándares locales y estatales. A menudo ciertos contaminantes de origen industrial presentes en las aguas residuales requieren procesos de tratamiento especializado.

Típicamente, el tratamiento de aguas residuales comienza por la separación física inicial de sólidos grandes, basura de la corriente de aguas domésticas o industriales empleando un sistema de rejillas o mallas, aunque también pueden ser triturados esos materiales por equipo especial; posteriormente se aplica un desarenado (separación de sólidos pequeños muy

densos como la arena) seguido de una sedimentación primaria que separe los sólidos suspendidos existentes en el agua residual.

Para eliminar metales disueltos plomo y fósforo principalmente, se utilizan reacciones de precipitación. A continuación sigue la conversión progresiva de la materia biológica disuelta en una masa biológica sólida usando bacterias adecuadas, generalmente presentes en estas aguas. Una vez que la masa biológica es separada o removida, a través del proceso llamado sedimentación secundaria, el agua tratada puede experimentar procesos adicionales, tratamiento terciario como desinfección, filtración, etc. El efluente final puede ser descargado o reintroducido de vuelta a un cuerpo de agua natural corriente, río u otro ambiente, terreno superficial, subsuelo, etc. Los sólidos biológicos segregados experimentan un tratamiento y neutralización adicional antes de la descarga o reutilización apropiada.

Estos procesos son típicamente referidos a los siguientes tratamientos:

- Primario (asentamiento de sólidos)
- Secundario (tratamiento biológico de la materia orgánica disuelta, presente en el agua residual, transformándola en sólidos suspendidos que se eliminan fácilmente)
- Terciario (pasos adicionales como lagunas, micro filtración o desinfección)

#### **2.2.6.6. Obras accesorias**

Son obras que se diseñan para garantizar el buen funcionamiento de todo el sistema de drenajes; en este trabajo no se diseñó directamente una red de drenajes nueva y pozos de visita, solamente se chequearon hidráulicamente los tramos de toda la red de drenajes, dando como resultado tramos críticos.

#### **2.2.6.6.1. Colectores**

Están definidos como las tuberías por las que se conduce el agua residual y deben de llenar los requisitos de las normas de las entidades para las cuales se está diseñando; la norma principal es que trabajen como canales abiertos, nunca deben de trabajar a sección llena.

$$Q_{diseño} < Q_{secc. llena}$$

La velocidad de conducción debe de estar entre los siguientes límites:

$$0.60 < v < 3.0 \text{ m/seg}$$

Partiendo de estas normas y límites se fueron chequeando todos y cada uno de los tramos de toda la red general (ver tabla No. XV cálculos hidráulicos).

#### **2.2.6.6.2. Pozos de visita**

Son obras de arte dentro del sistema de drenajes sanitarios, ayudan a verificar visualmente el buen funcionamiento de la red de colectores, sirven para efectuar operaciones de limpieza y mantenimiento, se construyen de materiales que sean impermeables y duraderos dentro del período de diseño.

Los pozos de visita se diseñan y localizan estratégicamente en los siguientes casos:

- Cambio de diámetro
- Cambio de pendiente
- Cambio de dirección horizontal, para diámetros menores de 24 pulgadas
- Las intersecciones de dos o más tuberías
- Los extremos superiores de ramales iniciales

- A distancias no mayores de 100 metros en línea recta, en diámetros de 24 pulgadas
- A distancias no mayores de 300 metros en diámetros superiores a 24 pulgadas

La diferencia de las cotas *invert* entre las tuberías que entran y salen de un pozo de visita será, como mínimo, de 0.03 m.

Cuando el diámetro interior de la tubería que entra a un pozo de visita sea menor que el diámetro interior de la que sale, la diferencia de cotas *invert* será, como mínimo la diferencia de dichos diámetros. Cuando la diferencia de cotas *invert* entre la tubería que entra y la que sale en un pozo de visita sea mayor que 0.70 metros, deberá diseñarse un accesorio especial que encause el caudal con un mínimo de turbulencia.

Los fondos de los pozos deberán tener canales para dirigir los caudales hacia el tubo de salida.

Estadísticamente son 26.8 kilómetros de toda la red de drenaje sanitario en el casco urbano de Zacapa, equivalentes a 440 pozos de visita, todos y cada uno de ellos se destaparon y se verificó su funcionalidad, se tomaron las cotas *invert* de salida-entrada, lectura de diámetros de salida-entrada, profundidad de pozo, dirección de flujo, y con ayuda de mano de obra de la municipalidad se logró el mantenimiento correctivo de limpieza ayudando a mejorar en algunos casos el flujo de su caudal; los pozos que presentaban dificultades, como tapaderas dañadas, paredes de pozo derrumbadas y tapones de basura, fueron reportados de inmediato a las personas encargadas. A estos datos se les aplicó las fórmulas necesarias para determinar hidráulicamente los tramos críticos en donde es necesario el cambio de diámetro de tubería para un mejor

funcionamiento del sistema y como una propuesta concreta para el ordenamiento necesario de la red de drenajes.

#### **2.2.6.7. Diseño de la red de alcantarillado sanitario**

Con base en la memoria técnica obtenida por la actualización de los drenajes sanitarios (primera parte de este trabajo), que consistió en investigación monográfica, cotas, distancias, pendientes de terreno, densidad de vivienda y población, se obtuvieron los datos necesarios para los cálculos hidráulicos de toda la red de drenajes en el casco urbano y que forman parte del ordenamiento. Tomando en cuenta estos recursos básicos y sabiendo que no se diseñó ningún tramo nuevo, se logró la matriz de cálculos hidráulicos en donde se describen los parámetros más importantes a continuación: (ver tabla No.XV)

- **Período de diseño**

Es el período de la vida útil eficiente del sistema. Todos los sistemas de alcantarillado sanitario son diseñados para realizar adecuadamente su función durante un período de diseño que inicia con el funcionamiento de los mismos. Para encontrar el período de diseño de una red de alcantarillado sanitario se consideran factores como la vida útil de las estructuras y del equipo componente, la antigüedad, el desgaste y la relación del crecimiento de la población, incluyendo el desarrollo urbanístico. El periodo de diseño recomendado por el Instituto de Fomento Municipal (INFOM) es de 20 años, el cual fue utilizado para este proyecto.

- Velocidad de diseño

Es aconsejable que la velocidad de flujo en un sistema de drenaje sanitario no sea menor de 0.60 m/seg, para evitar la sedimentación de sólidos que tapan la tubería, ni mayor de 3.00 m/seg, para evitar la destrucción de la tubería por los sólidos que son transportados. Este fue el criterio adoptado para esta especificación hidráulica.

- Estimación de la población de diseño

Para establecer el número de habitantes futuros de una población, se cuenta con métodos dentro de los cuales cabe mencionar: el de incremento aritmético, de incremento gráfico y el de incremento geométrico. En este proyecto se utilizará el método geométrico, ya que es el más usado para el cálculo de poblaciones de los países en vías de desarrollo como el nuestro, debido a que la población crece a un ritmo geométrico o exponencial. El método consiste en calcular el cambio promedio de la tasa de población para el área en estudio y así proyectar su tasa promedio hacia el futuro.

La fórmula es la siguiente:

$$Pf = Pa \times (1 + r)^n$$

*Pf = Población futura*

*Pa = Población actual*

*r = tasa de crecimiento*

*n = Período de diseño en años*

Para la población de Zacapa se tomó como dato una tasa de crecimiento del 3%, según dato obtenido del Instituto Nacional de Estadística (INE).

- Población tributaria

En este caso se obtuvo la población tributaria con base en el número de viviendas conectadas en cada tramo, en la medida que se avanzaba por cada pozo de visita se tomaba el dato del número de viviendas conectadas por tramo, luego se multiplicó por el número de habitantes por vivienda.

Habitantes por casa = 6 habitantes por vivienda.

- Factor de flujo instantáneo

Es el valor máximo que regula las aportaciones por uso doméstico, expresado en litros por segundo, en función del número de habitantes localizados en el área de influencia. Este valor actúa principalmente en horas pico, quiere decir en las horas que más se utiliza el sistema de drenajes y se calcula por el método de coeficiente de Harmond.

$$\text{Factor Harmond} = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

*P = Población en miles de habitantes.*

El factor de flujo se encuentra entre los valores de 1.5 a 4.5, según sea el tamaño de la población a servir.

- Relación de diámetros y caudales

Para alcantarillado sanitario la relación  $d/D$  debe ser mayor o igual a 0.10 y menor o igual a 0.75. Esto es con el fin de tener ventilación en el sistema, evitar ácidos y para que trabaje como canal abierto en el cual circula el caudal por acción de la gravedad sin ninguna presión.

- Factor caudal medio

Este factor regula la aportación del caudal en la tubería. Es la suma de los caudales domiciliarios, de infiltración, de conexiones ilícitas, comercial e industrial; está comprendido entre los rangos de 0,002 a 0,005.

Para el casco urbano de Zacapa el factor caudal medio se calculó así:

$$f_{qm} = \frac{Q_{medio}}{No\ Habitantes}$$

donde,

$$Q_{medio} = Q_{dom} + Q_{conexiones\ ilícitas} + Q_{com} + Q_{ind}.$$

- Caudal de diseño

El caudal de diseño o caudal total de cada tramo se calculará multiplicando el factor de caudal medio, el factor de Harmond y el número de habitantes a servir. Se diseñó para el número de habitantes actual y futuro. Sus dimensionales son litros por segundo.

- Diseño de secciones

Los sistemas sanitarios de tuberías P.V.C. pueden diseñarse conservadoramente utilizando la ecuación de Manning. La mayoría de sistemas de drenajes trabajan como canales abiertos, en donde el flujo se encuentra en contacto directo con la atmósfera, sus momentos variables son desde que se diseñan y permiten que el área de drenaje aumente o disminuya. Como una propuesta a la municipalidad considerando el ahorro de tiempo y dinero en la construcción y cambios de tubería propuestos, se usarán tuberías de P.V.C. de junta rápida con campana, trabajando como canales abiertos. El cálculo de la

capacidad, velocidad, diámetro y pendiente se calculará usando la fórmula de Manning, que transformada al sistema métrico para secciones circulares, es:

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

$$V = \frac{0.034}{n} \times D^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

donde:

$$V = \text{velocidad de flujo a sección llena} \left( \frac{m}{seg} \right)$$

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

$D$  = diámetro de la sección circular (plg)

$$S = \text{pendiente de la gradiente hidráulica} \left( \frac{m}{m} \right)$$

$n$  = coeficiente de rugosidad de Manning, se utilizó 0.014.

El diámetro mínimo que se utilizará en los alcantarillados sanitarios, según el Instituto de Fomento Municipal, es de 6", el cual podría aumentar cuando, a criterio del Ingeniero diseñador lo considere necesario. Este aumento puede verse afectado directamente por la influencia de la pendiente, el caudal o la velocidad de diseño.

#### 2.2.6.8. Desfogue

Como regla general en la selección de los puntos de descarga se tomará en cuenta, que no debe ocasionarse problemas sanitarios a las localidades situadas aguas abajo, deben protegerse los usos presentes y futuros del cuerpo receptor; por lo que todas las descargas deberán tener por lo menos de un tratamiento primario. Para los puntos de descarga deben tenerse presente los caudales, niveles mínimos y de crecida máxima, analizar posibles alternativas de descarga y / o habilitar descargas existentes.

#### **2.2.6.8.1. Ubicación sectores nuevos de desfogue**

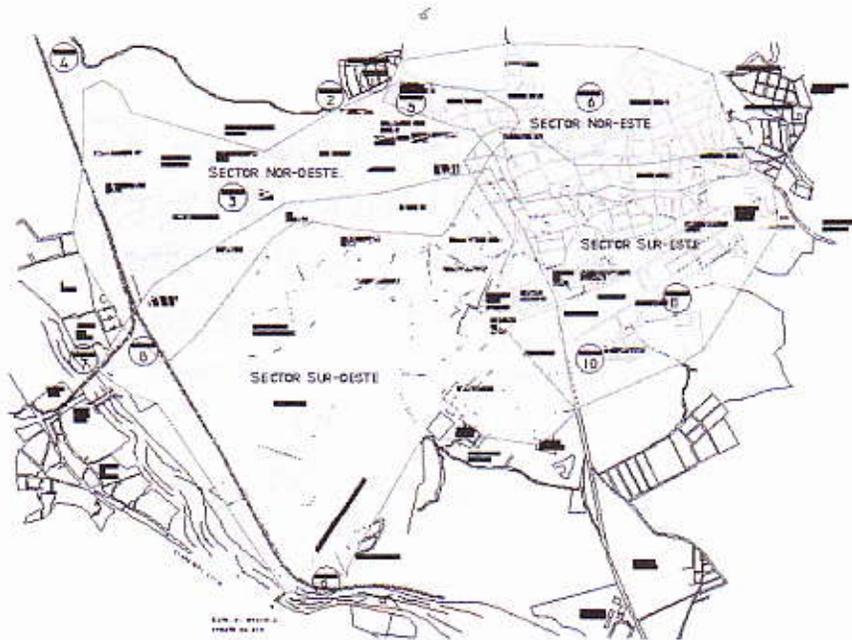
Actualmente, en la ciudad de Zacapa el manejo de las aguas servidas de su población es muy desordenado ya que no se cuenta de un manejo integral y adecuado de las aguas y de un tratamiento acorde a los caudales. Por otra parte se sabe que los cuerpos receptores de agua cada vez están más contaminados; tal es el caso del río Riachuelo, en el llamado Borbollón, se evacua directamente gran porcentaje de aguas servidas de la población sin ningún tratamiento amigable al medio ambiente.

Considerando el gran caudal que se maneja en una ciudad, como una propuesta a la municipalidad, la solución más adecuada para poder evacuar las aguas servidas de la población es derivando sus caudales, tomando en cuenta factores como economía, duración y funcionalidad; esta información proporciona la base para determinar y elegir cuatro sectores estratégicamente ubicados en los cuatro puntos cardinales dentro de los límites del casco urbano; estos a su vez divididos por subsectores identificando hidráulicamente tramos críticos, siendo la topografía la que reitera que esta es la mejor solución en cuanto al ordenamiento de la evacuación de las aguas servidas. Creando así, la posibilidad de diseñar e instalar fosas sépticas y plantas de tratamiento adecuadas a la población a servir.

Según los recursos económicos con que se posea, se puede priorizar la construcción de la planta o fosa séptica más conveniente, en el sector escogido. Con la nueva división de subsectores, fueron creadas 11 descargas dentro de los límites del casco urbano, ubicadas en: colonia Punilá II, descarga 1; final Rastro Viejo pasando el río Riachuelo, descarga 2; colonia Copán, descarga 3; El Borbollón, descarga 4; final del sector cuatro del barrio La Parroquia,

descarga 5; colonia Punilá I, descarga 6; colonia Buena Vista en el rastro municipal final, descarga 7; frente a colonia El Chaparro campos de Fegua, descarga 8; principio calzada Miguel García Granados Club de Oficiales, descarga 9; colonia Juan Pablo II, descarga 10; ubicada en colonia Bosques de San Julián, descarga 11 (ver figura 7).

**Figura 7. Ubicación de once descargas nuevas dentro de los límites del casco urbano**



Fuente: elaboración propia.

#### 2.2.6.8.2. Diseño

Tomando en cuenta algunos factores para la determinación del tipo de tratamiento, que van asociados directamente con la eficiencia; porque mejora la calidad del agua residual por medio de un proceso anaeróbico, economía; por que no necesita grandes inversiones, operación; es muy sencillo no necesita de personal calificado ni equipo sofisticado y según el caudal medio diario se estableció que la fosa séptica colectiva es la opción más factible en cuanto al tratamiento adoptado en los subsectores; nor-oeste uno, nor-oeste tres, sur-este tres, y la planta de tratamiento según la población a servir y caudal medio diario para los sectores; nor-oeste dos, nor-oeste cuatro, nor-este uno, nor-este dos, nor-este tres, sur-oeste uno, sur-oeste dos, sur-oeste tres, sur-este uno, sur-este dos, por lo cual no se entrara en detalles en este trabajo del diseño de las plantas de tratamiento. Las unidades principales para el tratamiento primario son:

- Fosa séptica

Las características esenciales de la fosa séptica son proporcionar protección a la salud de las personas con el aprovechamiento de la capacidad de absorción del suelo. El periodo de retención de las aguas servidas en esta unidad de tratamiento varía entre 12 y 24 horas. Según el caudal a tratar, para efectos de este diseño se recomienda 24 horas para obtener una buena sedimentación.

Para establecer las dimensiones de la fosa séptica típica se recomienda el tamaño que se describe a continuación.

El modelo a ilustrar será el subsector nor-oeste uno; que tiene los siguientes datos de diseño:

- Habitantes actuales 624 personas aproximadamente en el subsector nor-oeste 1.
- Habitantes futuros 1,088 personas aproximadamente.
- Se estableció para climas cálidos una dotación de 150 Lts/Hab/día.
- Q medio = 93,600 Lts/ día.
- T= periodo de retención 24 horas.
- Lodos acumulados por persona y período de limpieza 45.0 litros.
- Si v1 es el volumen calculado 93,600 Lts/día
- Dividiendo el volumen total calculado por la mitad 46, 800 Lts/día
- Así el volumen total para diseño es

$$V1 = 4,260 + 0.75(Q) = 4,260 + 0.75(46800) = \frac{39,360 \text{ litros}}{1000} \\ = 39.36 \text{ m}^3$$

Se construirán dos fosas sépticas en cada subsector, tomando como parámetro el volumen máximo por fosa que es de 40 metros cúbicos y el parámetro de lodos acumulados por habitante y por período de limpieza que es de 30 a 60 Lts/Hab/año. Entonces se tienen las dimensiones preliminares: Para aumentar la eficiencia se trabaja con un largo de 2 veces el ancho:

- Si a = ancho y l = largo y l = 2a se tiene:
- H = 1.50 profundidad de líquidos.

- $Vol1 = A \times H$  despejado  $A$ .  $A = \frac{Vol}{H}$

donde

$$A = a \times L$$

$$2a^2 = \frac{Vol}{H}$$

Despejando  $a$  y sustituyendo valores

$$a = \sqrt{\frac{Vol}{2H}} = \sqrt{\frac{40}{2(1.5)}} = 3.70 \text{ m}$$

- $L = 2a = 2 \times (3.70) = 7.40 \text{ m}$

Por cuestiones de dimensionamiento, las medidas efectivas finales de la fosa séptica serán:

$$ancho = 3.70 \text{ m}$$

$$largo = 7.40 \text{ m}$$

$$alto \text{ útil} = 1.50 \text{ m}$$

$$Volumen \text{ total} = 41.07 \text{ metros cúbicos}$$

- Pozos de absorción

El pozo de absorción es la última unidad de tratamiento de aguas residuales. Los pozos deben de evitar contaminar las aguas subterráneas, cuando se utilicen en un sistema de tratamiento pozos de absorción; la excavación del pozo debe de terminarse 1.2 metros arriba de la napa freática y de formaciones rocosas y mantos impermeables. Dentro de este proyecto están contemplados pozos de absorción en el subsector nor-oeste 3, ubicados en la colonia Copán.

- Diseño de pozos de absorción

El primer paso en el diseño es determinar la permeabilidad del suelo, en donde se lleva a cabo el procedimiento siguiente:

- Dos pruebas espaciadas uniformemente en un estrato de suelo similar al sitio propuesto para el campo de absorción.
- Excavación de un área de 30 centímetros por lado hasta obtener el estrato de suelo propuesto.
- Colocación de una capa de grava de 5 centímetros en el fondo del agujero.
- Saturación del suelo con agua durante 24 horas.
- Finalmente se lleva a cabo la medición de la tasa de filtración, la cual consiste en verificar en cuánto tiempo el agua descendía 2.5 centímetros; luego este dato se chequea dentro del rango definido de  $1 \leq t_f \leq 30$ .

- Ejemplo de cálculo

Considérese un pozo de absorción para viviendas de dos dormitorios, sobre un suelo con tasa de filtración de 2.5 centímetros en 5 minutos. El nivel freático del agua se encuentra aproximadamente a 6 metros bajo el nivel del suelo.

De acuerdo con la siguiente fórmula, se establecen las dimensiones del pozo:

$$\pi \times D \times d = A_{abs}$$

$d$  = profundidad del pozo en metros

$D$  = diámetro del pozo = 1.5 m propuesto

$$A_{abs} = \text{Área de absorción} = 9.2 \times 2 = 18.4 \text{ m}^2$$

9.2 (calculado de figura de área de absorción necesarias para residencias particulares, manual de diseño de fosas sépticas)

2(número de habitaciones por vivienda)

$$3.1416 \times 1.5 \text{ m} \times d = 18.4 \text{ m}^2$$

$$d = 3.91 \text{ m}$$

Las dimensiones del pozo son las siguientes:

Diámetro = 1.5 metros

Altura = 4 metros



### 3. FASE DE PRESUPUESTOS

- Fosa séptica

Para la integración del presupuesto de fosa séptica y pozo de absorción se consideraron como costos directos: la mano de obra calificada, no calificada, materiales de construcción y fletes de los mismos. Los precios de los materiales se cotizaron directamente en Zacapa en la fecha de realización de los planos. Para el costo indirecto se tomó un 35% del costo directo, integrado por fianzas, imprevistos, administración, utilidad y supervisión.

Tabla V. Presupuesto fosa séptica por renglón de trabajo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S. EPE SISTA, CARLOS ENRIQUE ESTRADA CONTRERAS SEDE: MUNICIPALIDAD DE ZACAPA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA FOSA SÉPTICA 40 METROS CUADROS				
PROYECTO: INGENIERÍA Y DISEÑO DEL SISTEMA DE DESAGÜE SANITARIO EN EL CASO URBANO DE LA CASERÍA DEPARTAMENTAL DE ZACAPA				
RENGLONES DE TRABAJO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>PRELIMINARES</b>				
MERECIMIENTO	GLOBAL	1	Q 2.514,00	Q 2.514,00
BOQUILA PROFESIONAL	M2	20	Q 120,00	Q 2.400,00
TRAZO DE ALEROS Y ESTACIONAMIENTO	GLOBAL	1	Q 8.150,00	Q 8.150,00
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 15.375,57</b>
<b>COLUMNAS</b>				
COLUMNA 100 CM Ø 2540 CM ALTO x 120 CM Ø 40 CM Ø 40 CM	CM	4	Q 860,00	Q 3.440,00
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 3.440,00</b>
<b>MUROS DE BLOQUE</b>				
LEVANTADO MUR DE BLOQUE 20x20x40 (Tronco)	M2	53	Q 284,00	Q 15.052,00
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 15.304,00</b>
<b>VIGAS</b>				
GRANDE DE BLOQUE 20x20x40 (20x20x40)	M3	55,2	Q 110,00	Q 6.072,00
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 6.072,00</b>
<b>LOSAS</b>				
LOSA PREFABRICADA PERALTA 20CM	M2	78	Q 519,00	Q 40.482,00
LOSA DE HCS 150x150x10CM	M2	33	Q 227,00	Q 7.491,00
CIMENTACIÓN DE BLOQUE 40x40x40	M3	7	Q 150,00	Q 1.050,00
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 51.023,00</b>
<b>IRRIÑALES</b>				
CANALIZACION ACCESORIA 4" x 4"	GLOBAL	1	Q 170,00	Q 170,00
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 1.670,50</b>
<b>ACERADOS</b>				
ACERADO DE MURADO	M2	60,00	Q 30,00	Q 1.800,00
ACERADO DE FUNDADO	M2	24,00	Q 30,00	Q 720,00
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 2.520,00</b>
<b>POZO DE ABSORCIÓN</b>				
INSTALACIÓN POZO DE ABSORCIÓN	M	20	Q 28,70	Q 574,00
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 574,00</b>
<b>TOTAL DIRECTOS</b>				<b>Q 69.560,60</b>
<b>INDIRECTOS</b>				
FIANZAS 35%				Q 24.347,21
IMPREVISTOS 35%				Q 24.347,21
ADMINISTRACIÓN 35%				Q 24.347,21
UTILIDAD 35%				Q 24.347,21
SUPERVISIÓN 35%				Q 24.347,21
<b>TOTAL INDIRECTOS</b>				<b>Q 121.889,72</b>
<b>TOTAL OBRA</b>				<b>Q 191.450,32</b>

Fuente: elaboración propia

- Presupuesto cambio de diámetro de tubería en tramos críticos

Se propone a la Municipalidad de Zacapa, el cambio de diámetro de tubería dentro de la red general de drenajes sanitarios en varios tramos, lo cual permite mejorar hidráulicamente la vida útil de la red sanitaria. Existen varios factores que afectan al tramo, por ejemplo: la pendiente, basura, grasas, condiciones del tramo de tubería, condiciones del pozo de visita, sedimentación de arena y tierra, debido a que las tapaderas están quebradas por falta de mantenimiento, animales que habitan en el colector, raíces de árboles, malos diseños originales, mala supervisión, etc. Todos estos factores no se tomaron en cuenta para los diámetros de tubería necesarios en los tramos críticos por lo que se rediseñó toda la red de alcantarillado sanitario.

Los criterios adoptados para esta integración de costos, fueron: cambio de tubería a P.V.C, para diámetros de 24" y 30" con junta rápida, tubo campana, anillos de hule de acuerdo con norma *AASHTO* M-304 y para tubería de diámetros 8", 10", 12", 15", 18", norma *ASTM* F949.

Se calcularon los renglones de trabajo para tramos unitarios de 6 metros en cada uno de los diámetros, estableciendo de esta manera el costo por metro lineal de tubería de P.V.C. En cada diámetro existe diferencia de costo por la carpeta de rodadura que varía dependiendo del material utilizado, por ejemplo, se tiene concreto en la mayoría de los casos, adoquín, piedra bola y terracería.

Se elaboraron tablas (ver en apéndice, tabla No XIX) para el cálculo de volúmenes de excavación en los tramos críticos, para los subsectores analizados.

A continuación se muestran los presupuestos para cada uno de los subsectores con tramos críticos; todos los subsectores tienen tramos críticos; en los planos se indica el diámetro actual de tubería, y el diámetro de diseño propuesto obtenido desde los cálculos hidráulicos (ver tabla No XV), la unidad de medida es en metros lineales; con la integración de materiales y mano de obra se obtiene el precio unitario expresado en quetzales, la última fila corresponde al monto total de cada subsector, también en quetzales.

**Tabla VI. Presupuesto tramos críticos, cambio de diámetro de tubería, sector nor-oeste**

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S. EPESISTA, CARLOS ENRIQUE ESTRADA CONTRERAS SEDE: MUNICIPALIDAD DE ZACAPA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA CAMBIO DE TUBERÍA SUBSECTORES NOR-OESTE 				
PROYECTO: "ACTUALIZACIÓN Y ORDENAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO EN EL CASO URBANO DE LA CABECERA DEPARTAMENTAL DE ZACAPA"				
SECTORES NOR-OESTE				
TRAMO CRÍTICO DE TRABAJO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>SUB-SECTOR NOR-OESTE 2</b>				
TRAMO CRÍTICO RL3-RL2 P.V.C ø 15"	ML	102	Q1 301.26	Q132 730.84
TRAMO CRÍTICO RL2-RL5 P.V.C ø 15"	ML	65	Q1 301.26	Q19 581.38
TRAMO CRÍTICO RL5-RL5 P.V.C ø 15"	ML	91	Q1 301.26	Q18 416.75
<b>SUBTOTAL</b>		<b>258</b>		<b>Q 555 730.95</b>
<b>SUB-SECTOR NOR-OESTE 4</b>				
TRAMO CRÍTICO BA9-BA9 P.V.C ø 10"	ML	50	Q808.56	Q40 428.09
TRAMO CRÍTICO BA9-BA6 P.V.C ø 10"	ML	38	Q808.56	Q30 725.38
TRAMO CRÍTICO BA9-BA6 P.V.C ø 10"	ML	60	Q808.56	Q48 513.71
TRAMO CRÍTICO BA6-BA10 P.V.C ø 15"	ML	99	Q1 100.29	Q105 928.77
TRAMO CRÍTICO BA10-BA2 P.V.C ø 15"	ML	66	Q1 100.29	Q71 818.89
TRAMO CRÍTICO BA1-BA6 P.V.C ø 15"	ML	45	Q1 100.29	Q44 913.08
TRAMO CRÍTICO BA5-BA10 P.V.C ø 15"	ML	39	Q1 100.29	Q32 911.34
TRAMO CRÍTICO BA7-BA6 P.V.C ø 12"	ML	40	Q898.54	Q35 941.73
TRAMO CRÍTICO BA8-BA7 P.V.C ø 12"	ML	66	Q898.54	Q59 303.85
TRAMO CRÍTICO BA7-BA5 P.V.C ø 12"	ML	99	Q1 509.67	Q149 187.06
TRAMO CRÍTICO BA5-BA3 P.V.C ø 12"	ML	60	Q1 509.67	Q90 880.04
TRAMO CRÍTICO CA-BA6 P.V.C ø 12"	ML	40	Q898.54	Q35 941.73
TRAMO CRÍTICO CA-BA7 P.V.C ø 12"	ML	45	Q1 509.67	Q67 935.03
TRAMO CRÍTICO CA-BA4 P.V.C ø 30"	ML	46	Q2 299.05	Q105 296.08
TRAMO CRÍTICO CA2-CA3 P.V.C ø 12"	ML	37	Q898.54	Q33 246.10
TRAMO CRÍTICO CA3-CA2 P.V.C ø 12"	ML	75	Q1 509.67	Q113 225.04
TRAMO CRÍTICO CA9-CA5 P.V.C ø 15"	ML	17	Q1 100.29	Q18 704.94
TRAMO CRÍTICO CA9-CA5 P.V.C ø 15"	ML	55	Q1 100.29	Q60 515.99
TRAMO CRÍTICO CA5-CA4 P.V.C ø 15"	ML	29	Q1 100.29	Q31 908.43
TRAMO CRÍTICO CA7-CA4 P.V.C ø 15"	ML	46	Q1 100.29	Q52 813.95
TRAMO CRÍTICO CA4-CA3 P.V.C ø 15"	ML	16	Q1 100.29	Q17 604.68
TRAMO CRÍTICO BA5-BA20 P.V.C ø 10"	ML	26	Q808.56	Q22 639.73
TRAMO CRÍTICO BA20-BA6 P.V.C ø 10"	ML	50	Q808.56	Q40 428.09
TRAMO CRÍTICO BA6-BA7 P.V.C ø 10"	ML	37	Q808.56	Q29 916.79
TRAMO CRÍTICO BA7-BA8 P.V.C ø 10"	ML	39	Q808.56	Q31 535.91
TRAMO CRÍTICO BA8-BA5 P.V.C ø 15"	ML	107	Q949.24	Q101 568.68
TRAMO CRÍTICO BA0-BA5 P.V.C ø 10"	ML	63	Q808.56	Q50 939.40
TRAMO CRÍTICO BA5-BA4 P.V.C ø 15"	ML	45	Q1 100.29	Q49 513.08
TRAMO CRÍTICO BA4-BA3 P.V.C ø 15"	ML	11	Q1 301.26	Q4 314.18
TRAMO CRÍTICO BA3-BA2 P.V.C ø 15"	ML	9	Q1 301.26	Q4 711.54
<b>SUBTOTAL</b>		<b>1658</b>		<b>Q1 617 579.17</b>
<b>TOTAL SUBSECTOR NOR-OESTE</b>		<b>1716</b>		<b>Q 1 953 310.11</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. Presupuesto tramos críticos, cambio de diámetro de tubería, sector nor-este



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S.  
 EPESISTA, CARLOS ENRIQUE ESTRADA CONTRERAS  
 SEDE: MUNICIPALIDAD DE ZACAPA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA  
 CAMBIO DE TUBERÍA SUBSECTORES NOR-ESTE



PROYECTO: "ACTUALIZACIÓN Y ORDENAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO EN EL CASO URBANO DE LA CABECERA DEPARTAMENTAL DE ZACAPA"

SECTORES NOR-ESTE				
TRAMO CRÍTICO DE TRABAJO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>SUB-SECTOR NOR-ESTE 1</b>				
TRAMO CRÍTICO R2-R1 F.V.C. φ 18"	ML	40	Q1 248.97	Q49 956.80
TRAMO CRÍTICO R1-R8 F.V.C. φ 18"	ML	41	Q1 248.97	Q51 207.77
TRAMO CRÍTICO R8-R41 F.V.C. φ 18"	ML	76	Q1 752.66	Q56 707.34
TRAMO CRÍTICO R41-R42 F.V.C. φ 18"	ML	28	Q1 248.97	Q34 971.16
<b>SUBTOTAL</b>		<b>187</b>		<b>Q 272 845,07</b>
<b>SUB-SECTOR NOR-ESTE 2</b>				
TRAMO CRÍTICO R10-R9 F.V.C. φ 8"	ML	46	Q270.61	Q35 448.17
TRAMO CRÍTICO R9-R23 F.V.C. φ 8"	ML	51	Q270.61	Q59 301.24
TRAMO CRÍTICO R23-R22 F.V.C. φ 8"	ML	69	Q270.61	Q30 824.50
<b>SUBTOTAL</b>		<b>137</b>		<b>Q 105 575,91</b>
<b>SUB-SECTOR NOR-ESTE 3</b>				
TRAMO CRÍTICO CH0-CH9 F.V.C. φ 10"	ML	29	Q967.56	Q28 059.10
TRAMO CRÍTICO CH9-CH8 F.V.C. φ 10"	ML	27	Q967.56	Q26 123.99
TRAMO CRÍTICO CH8-CH7 F.V.C. φ 10"	ML	53	Q967.56	Q51 280.42
TRAMO CRÍTICO CH3-CH55 F.V.C. φ 12"	ML	36	Q898.54	Q32 347.55
TRAMO CRÍTICO CH55-CH54 F.V.C. φ 15"	ML	59	Q1 509.67	Q89 070.37
TRAMO CRÍTICO TH2-CH29 F.V.C. φ 10"	ML	138	Q967.56	Q133 522.60
TRAMO CRÍTICO CH54-TH1 F.V.C. φ 18"	ML	66	Q1 509.67	Q99 638.04
TRAMO CRÍTICO TH1-TH8 F.V.C. φ 18"	ML	16	Q1 509.67	Q27 174.01
TRAMO CRÍTICO TH8-TH7 F.V.C. φ 18"	ML	59	Q1 509.67	Q89 070.37
TRAMO CRÍTICO H53-H52 F.V.C. φ 15"	ML	44	Q1 752.66	Q77 116.94
TRAMO CRÍTICO H52-H1 F.V.C. φ 15"	ML	66	Q1 752.66	Q116 675.44
TRAMO CRÍTICO H7-H6 F.V.C. φ 18"	ML	16	Q1 509.67	Q24 154.68
TRAMO CRÍTICO H6-H3 F.V.C. φ 18"	ML	34	Q1 509.67	Q56 832.05
TRAMO CRÍTICO H3-H1 F.V.C. φ 18"	ML	58	Q1 509.67	Q87 560.70
TRAMO CRÍTICO H5-H7 F.V.C. φ 12"	ML	50	Q898.54	Q44 927.16
TRAMO CRÍTICO H2-H5 F.V.C. φ 15"	ML	48	Q1 100.29	Q52 813.96
TRAMO CRÍTICO CH79-CH14 F.V.C. φ 12"	ML	62	Q1 068.04	Q66 218.24
TRAMO CRÍTICO CH77-CH76 F.V.C. φ 15"	ML	33	Q1 301.28	Q42 942.33
TRAMO CRÍTICO CH76-CH75 F.V.C. φ 12"	ML	65	Q720.79	Q46 861.35
TRAMO CRÍTICO CH75-CH74 F.V.C. φ 15"	ML	47	Q1 509.67	Q70 954.36
TRAMO CRÍTICO CH74-CH25 F.V.C. φ 15"	ML	70	Q1 752.66	Q122 686.07
TRAMO CRÍTICO CH25-CH26 F.V.C. φ 15"	ML	49	Q1 301.28	Q63 762.86
TRAMO CRÍTICO CH26-CH23 F.V.C. φ 10"	ML	57	Q967.56	Q55 150.64
TRAMO CRÍTICO CH23-CH90 F.V.C. φ 12"	ML	36	Q1 068.04	Q38 449.30
TRAMO CRÍTICO CH80-CH79 F.V.C. φ 12"	ML	75	Q1 068.04	Q80 102.71
<b>SUBTOTAL</b>		<b>1345</b>		<b>Q 1 692 465,23</b>
<b>TOTAL SUBSECTOR NOR-ESTE</b>		<b>1669</b>		<b>Q 2 070 884,21</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. Presupuesto tramos críticos, cambio de diámetro de tubería, sector sur-oeste



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S.  
 EPESISTA, CARLOS ENRIQUE ESTRADA CONTRERAS  
 SEDE: MUNICIPALIDAD DE ZACAPA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA  
 CAMBIO DE TUBERÍA SUBSECTORES SUR-OESTE



PROYECTO: "ACUALIZACIÓN Y ORDENAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO EN EL CASCO URBANO DE LA CABECERA DEPARTAMENTAL DE ZACAPA"

<b>SECTORES SUR-OESTE</b>				
<b>TRAMO CRÍTICO DE TRABAJO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
<b>SUB-SECTOR SUR-OESTE 1</b>				
TRAMO CRÍTICO L53-L51 P.V.C ø 10"	ML	96	Q808.56	Q79 239.06
TRAMO CRÍTICO L66-L51 P.V.C ø 12"	ML	118	Q898.54	Q106 029.09
TRAMO CRÍTICO L51-L50 P.V.C ø 18"	ML	40	Q1 509.67	Q60 386.69
TRAMO CRÍTICO L50-L49 P.V.C ø 15"	ML	26	Q1 100.29	Q27 507.27
TRAMO CRÍTICO L49-L19 P.V.C ø 10"	ML	55	Q808.56	Q44 170.91
TRAMO CRÍTICO L19-L18 P.V.C ø 18"	ML	69	Q1 509.67	Q104 167.04
TRAMO CRÍTICO L18-L26 P.V.C ø 18"	ML	69	Q1 509.67	Q104 167.04
TRAMO CRÍTICO L17-L16 P.V.C ø 15"	ML	60	Q1 100.29	Q66 017.44
TRAMO CRÍTICO L16-L15 P.V.C ø 15"	ML	41	Q1 100.29	Q41 311.92
TRAMO CRÍTICO L15-L14 P.V.C ø 15"	ML	61	Q1 100.29	Q66 114.82
TRAMO CRÍTICO L10-L16 P.V.C ø 10"	ML	36	Q808.56	Q29 103.23
TRAMO CRÍTICO L16-L13 P.V.C ø 15"	ML	50	Q1 100.29	Q55 014.53
TRAMO CRÍTICO M02-M03 P.V.C ø 10"	ML	43	Q808.56	Q34 768.16
TRAMO CRÍTICO M03-M04 P.V.C ø 10"	ML	49	Q808.56	Q39 619.53
TRAMO CRÍTICO M04-M09 P.V.C ø 10"	ML	47	Q808.56	Q38 002.41
TRAMO CRÍTICO M09-M10 P.V.C ø 10"	ML	53	Q808.56	Q42 853.78
TRAMO CRÍTICO M11-M10 P.V.C ø 10"	ML	40	Q808.56	Q32 342.47
TRAMO CRÍTICO M08-M04 P.V.C ø 15"	ML	42	Q1 100.29	Q46 212.21
TRAMO CRÍTICO L43-L45 P.V.C ø 12"	ML	122	Q898.54	Q109 622.26
TRAMO CRÍTICO M17-M11 P.V.C ø 18"	ML	43	Q1 509.67	Q64 915.69
TRAMO CRÍTICO M16-M15 P.V.C ø 12"	ML	23	Q898.54	Q20 668.49
TRAMO CRÍTICO M15-M14 P.V.C ø 10"	ML	46	Q808.56	Q37 193.84
TRAMO CRÍTICO M14-M13 P.V.C ø 12"	ML	25	Q898.54	Q22 463.56
TRAMO CRÍTICO M13-M2 P.V.C ø 18"	ML	98	Q1 762.66	Q171 760.50
TRAMO CRÍTICO M2-M1 P.V.C ø 18"	ML	53	Q1 762.66	Q92 890.63
<b>SUBTOTAL</b>		<b>1596</b>		<b>Q 1 530 644,83</b>
<b>SUB-SECTOR SUR-OESTE 2</b>				
TRAMO CRÍTICO R28-R27 P.V.C ø 12"	ML	43	Q898.54	Q38 637.36
TRAMO CRÍTICO R27-R26 P.V.C ø 12"	ML	38	Q898.54	Q34 144.64
TRAMO CRÍTICO R26-R14 P.V.C ø 12"	ML	55	Q898.54	Q49 419.87
TRAMO CRÍTICO R14-R13 P.V.C ø 12"	ML	11	Q898.54	Q9 883.97
TRAMO CRÍTICO R13-R12 P.V.C ø 12"	ML	36	Q898.54	Q32 347.56
TRAMO CRÍTICO R12-R11 P.V.C ø 12"	ML	18	Q898.54	Q16 173.78
TRAMO CRÍTICO R11-R10 P.V.C ø 12"	ML	49	Q898.54	Q43 130.07
TRAMO CRÍTICO R10-OR2 P.V.C ø 12"	ML	31	Q898.54	Q28 550.27
<b>SUBTOTAL</b>		<b>285</b>		<b>Q 254 287,71</b>
<b>TOTAL SUBSECTOR SUR-OESTE</b>		<b>1679</b>		<b>Q 1 784 932,54</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. Presupuesto tramos críticos, cambio de diámetro de tubería, sector sur-este



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S.  
 EPESISTA, CARLOS ENRIQUE ESTRADA CONTRERAS  
 SEDE: MUNICIPALIDAD DE ZACAPA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA  
 CAMBIO DE TUBERIA SUBSECTORES SUR-ESTE



PROYECTO: "ACTUALIZACIÓN Y ORDENAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO EN EL CASCO URBANO DE LA CABECERA DEPARTAMENTAL DE ZACAPA"

<b>SECTORES SUR-ESTE</b>				
TRAMO CRÍTICO DE TRABAJO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>SUB-SECTOR SUR-ESTE 1</b>				
TRAMO CRÍTICO TH1-TH2 F.V.C. ø 16"	ML	55	Q1 509.67	Q83 031.70
TRAMO CRÍTICO CM36-CM37 F.V.C. ø 10"	ML	34	Q808.56	Q27 491.10
TRAMO CRÍTICO CM37-CM38 F.V.C. ø 10"	ML	17	Q808.56	Q13 748.55
TRAMO CRÍTICO CM36-TH2 F.V.C. ø 10"	ML	82	Q808.56	Q66 302.07
TRAMO CRÍTICO TH16-TH15 F.V.C. ø 8"	ML	67	Q770.61	Q51 631.04
TRAMO CRÍTICO TH15-TH5 F.V.C. ø 8"	ML	77	Q770.61	Q59 337.16
TRAMO CRÍTICO TH5-TH4 F.V.C. ø 8"	ML	80	Q770.61	Q61 649.00
TRAMO CRÍTICO TH4-TH13 F.V.C. ø 16"	ML	66	Q1 752.66	Q113 922.78
TRAMO CRÍTICO L70-L68 F.V.C. ø 12"	ML	88	Q1 068.04	Q93 987.16
<b>SUBTOTAL</b>		<b>565</b>		<b>Q 571 097,57</b>
<b>SUB-SECTOR SUR-ESTE 2</b>				
TRAMO CRÍTICO JP3-JP2 F.V.C. ø 12"	ML	27	Q720.79	Q19 461.33
TRAMO CRÍTICO JP2-JP1 F.V.C. ø 12"	ML	39	Q720.79	Q28 110.61
<b>SUBTOTAL</b>		<b>66</b>		<b>Q 47 572,14</b>
<b>SUB-SECTOR SUR-ESTE 3</b>				
TRAMO CRÍTICO B4L-B4 F.V.C. ø 8"	ML	125	Q770.61	Q96 338.10
TRAMO CRÍTICO B4-B3 F.V.C. ø 12"	ML	49	Q898.54	Q44 028.61
<b>SUBTOTAL</b>		<b>177</b>		<b>Q 142 667,01</b>
<b>TOTAL SUBSECTOR SUR-ESTE</b>		<b>808</b>		<b>Q 761 336,72</b>

Fuente: elaboración propia.







Tabla XIII. Cronograma de actividades físicas y financieras subsector sur-este



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S.  
EPHESITA, CARLOS ENRIQUE ESTRADA CONTRERAS.  
SEDE: MUNICIPALIDAD DE ZACAPA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA.  
CRONOGRAMA FISICO-FINANCIERO SUBSECTORES SUR-ESTE



INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDIOS Y DOCUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE OBRAS DE SANITARIO EN EL CANTÓN JARAMO DE LA CARRERA DEPARTAMENTO DE MELAPÁ.

ITEMO CRITICO DE TRABAJO	SECCIONES SUR-ESTE	CANTIDAD	UNIDADES FINANCIERAS	TIEMPO DE EJECUCIÓN					
				1er Mes	2do Mes	3er Mes	4to Mes	5to Mes	6to Mes
<b>SUB-SECTOR SUR-ESTE 1</b>									
TRABO OBTENI... (1)	55	015,25	72						
TRABO OBTENI... (2)	77	027,91	05						
TRABO OBTENI... (3)	17	01,15	05						
TRABO OBTENI... (4)	32	046,50	27						
TRABO OBTENI... (5)	67	050,61	04						
TRABO OBTENI... (6)	77	059,53	05						
TRABO OBTENI... (7)	40	056,09	27						
TRABO OBTENI... (8)	57	074,03	14						
<b>TOTAL</b>	<b>565</b>	<b>0</b>	<b>571,097,08</b>						
<b>SUB-SECTOR SUR-ESTE 2</b>									
TRABO OBTENI... (1)	17	019,10	15						
TRABO OBTENI... (2)	39	028,10	31						
<b>TOTAL</b>	<b>66</b>	<b>0</b>	<b>047,572,14</b>						
<b>SUB-SECTOR SUR-ESTE 3</b>									
TRABO OBTENI... (1)	175	028,658	45						
TRABO OBTENI... (2)	19	041,023	01						
<b>TOTAL</b>	<b>177</b>	<b>0</b>	<b>012,067,81</b>						
<b>FOSA BÉFICA 40 M3</b>									
PLANTASAS	GLOBAL	018,375	37						
COLYMAS	GLOBAL	01,811	90						
NAO DE BLOO	GLOBAL	016,501	90						
VASO	GLOBAL	028,077	74						
LOZOS	GLOBAL	02,201	25						
DEPLAOTE	GLOBAL	06,479	10						
MOLOTOO	GLOBAL	02,973	31						
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>127,009,72</b>						

Fuente: elaboración propia.

## CONCLUSIONES

1. El Ejercicio Profesional Supervisado E.P.S, permite a través de la prestación de servicios profesionales, poner en práctica lo aprendido; conocer la realidad de las comunidades tanto urbanas como rurales y ayuda a dar soluciones inmediatas buscando alternativas a problemas específicos.
2. Debido al crecimiento poblacional, las fuentes de agua superficiales cada vez están más contaminadas y son utilizadas para sistemas de riego y abastecimientos de agua potable, por lo que se requiere poner mucha atención a los sistemas de tratamiento finales en su selección, diseño y ubicación, para que sean adecuados en su funcionalidad y realizar mantenimiento periódico.
3. La actualización de la red general del sistema de drenajes sanitarios vino a enriquecer la base de datos del departamento de drenajes de la Municipalidad de Zacapa y aporta resultados que deben ser tomados en cuenta para cualquier consulta, reparación o mantenimiento, que se necesite en la red general de drenajes sanitarios.
4. Con el rediseño de la red de alcantarillado sanitario se está contribuyendo a prolongar la vida útil del sistema y a mejorar el nivel de vida de sus habitantes.
5. Las fosas sépticas colectivas existentes, sólo son depósitos y no cumplen con ninguna función hidráulica de saneamiento ambiental.

6. Las conexiones ilícitas, basura en las calles y las grasas provenientes de viviendas y comercios, están afectando hidráulicamente al sistema de la red de drenajes sanitarios.

7. En la evaluación de la red sanitaria se determinó que el mal funcionamiento se debe a: diámetros inadecuados por el crecimiento poblacional desordenado, basura, grasas, infraestructura de pozos de visita en mal estado por falta de mantenimiento; estos factores no se tomaron en cuenta en el rediseño de la red sanitaria, por lo cual hidráulicamente se tiene como resultado tramos críticos en donde puede definirse un cambio de diámetro de tubería, para prolongar la vida útil del sistema.

## RECOMENDACIONES

1. Concientizar a la población por medio de programas radiales y televisión, sobre la importancia de limpieza en las calles y contribuir a la implementación de cajas trampa de grasa de tipo domiciliar.
2. Crear un arbitrio municipal de drenajes sanitarios, acorde a las posibilidades del vecino, para el pago de mantenimiento de alcantarillado y el consumo de energía eléctrica de las futuras plantas de tratamiento.
3. Implementar un programa integral de mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario y del sistema de tratamiento final, para garantizar el buen funcionamiento del mismo.
4. Planificar el diseño y construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales, para reducir los parámetros contaminantes que afectan directamente a los cuerpos receptores aledaños a Zacapa.
5. Verificar por medio de una buena supervisión profesional la construcción de las fosas sépticas que se requieran en cada uno de los subsectores definidos, cumpliendo con normas y parámetros técnicos conforme al cálculo de diseño y contratar mano de obra calificada para la ejecución de los mismos.

6. Establecer un plan de vigilancia en las calles e identificar las tapaderas de pozos de visita en mal estado, para evitar el ingreso de basura y tierra arrastrada por la lluvia.
7. Atender con esmero a los llamados de la población, que son una buena fuente de información al sistema de alcantarillado sanitario.
8. Hacer una inspección cada seis meses de las unidades de tratamiento y una limpieza cada año si es necesaria, extrayendo el 90% de los lodos existentes; el 10% servirá para inocular las futuras aguas residuales.

## BIBLIOGRAFÍA

1. BARRERA PÉREZ; Luis. "Diseño de alcantarillado sanitario para la aldea El Jicaral y puente vehicular para el caserío La Puerta, Jalpatagua, Jutiapa." Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006, 87 p.
2. BERDUO, Julio Enrique. "Diseño de la red de alcantarillado combinado de la población de la villa de Mixco." Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 1987, 121 p.
3. COLLAZOS, Adan; POCASANGRE, Ernesto "Estudio de mejoramiento del sistema de drenajes de la cabecera municipal de Tiquisate, Escuintla en especial en la Colonia 15 de julio." Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 1985, 79 p.
4. Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos. Curso corto planificación integral de los recursos hidráulicos. *Patrocinado por organización de las naciones unidas para la educación, la ciencia y la cultura, UNESCO, comité regional de recursos hidráulicos CRRH.* Guatemala: Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 1988, 164 p.

5. Instituto de Estudios de Capacitación Cívica. Diccionario municipal de Guatemala. Guatemala: Delgado Impresos, 1995, 152 p.
6. Instituto de Fomento Municipal. *Normas generales para diseño de alcantarillados* . Guatemala: INFOM, 2001, 14 p.

## APÉNDICES

Tabla XIV. Actualización datos por tramo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S  
EPESISTA, CARLOS ENRIQUE ESTRADA CONTRERAS  
SEDE MUNICIPALIDAD DE ZACAPA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA.



PROYECTO: "ACTUALIZACIÓN Y ORDENAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJES SANITARIO EN EL CASCO URBANO DE LA CABECERA DEPARTAMENTAL DE ZACAPA."

NO	DE PV	A PV	COTA DE TERRENO		D. H. INT	Z. TERRENO	NO. CASAS	HABITANTES	COTA REVERT		PROP. POZO		DIAMETRO DE TUBERIA	CANTIDAD DOMEJALP	BARRIO	OBSERVACIONES
			INICIO	FINAL					ENTRADA	FINES						
1	87	89	201.84	200.78	55	7.36	5	50	203.84	199.85	1	102	8"	0.04	LA PARROQUIA	
2	89	88	200.78	199.21	35	1.49	5	50	199.75	199.21	1.02	1.05	8"	0.04	LA PARROQUIA	
3	88	83	199.21	201.5	39	-9.56	5	50	199.21	199.0	1.05	3.58	8"	0.04	LA PARROQUIA	
4	85	85	205.37	199.19	24	21.53	5	50	201.02	198.99	1.25	0.9	6"	0.04	LA PARROQUIA	
5	85	84	199.49	196.41	26	11.85	4	24	198.59	195.01	0.9	1.55	8"	0.03	LA PARROQUIA	
6	84	82	196.41	201.5	9	-54.33	1	6	194.86	197.75	1.55	3.58	8"	0.01	LA PARROQUIA	
7	85	82	201.03	199.87	76	1.79	6	36	197.45	195.87	3.58	3.9	10"	0.05	LA PARROQUIA	MINERA CALLE
8	82	81	199.87	199.29	43	0.95	5	30	195.77	195.59	3.9	3.8	10"	0.04	LA PARROQUIA	MINERA CALLE
9	81	88	199.29	194.31	47	17.12	11	60	195.49	194.33	3.8	3.65	10"	0.04	LA PARROQUIA	MINERA CALLE
10	88	84	194.31	189.48	28	6.22	12	72	191.33	188.36	2.03	1.15	10"	0.04	LA PARROQUIA	
11	82	82	189.48	198.37	78	-5.75	5	30	188.3	197.57	1.05	1.07	10"	0.04	LA PARROQUIA	
12	88	88	210.24	207.75	17	14.45	2	12	209.27	206.84	1.02	0.97	8"	1.02	LA PARROQUIA	LIQUERA
13	85	85	207.75	201.85	46	14.51	7	42	206.8	205.05	0.97	1.05	8"	0.05	LA PARROQUIA	LIQUERA
14	85	84	201.85	196.29	29	10.41	3	18	202.01	195.59	1.03	1.1	8"	0.02	LA PARROQUIA	
15	84	84	196.29	194.33	48	10.89	4	24	198.29	194.33	1.1	3.83	8"	0.03	LA PARROQUIA	
16	85	89	213.91	213.02	59	1.54	9	54	213.02	213.02	0.9	1.5	8"	0.01	LA PARROQUIA	
17	84	81	213.02	212.82	24	1.25	4	24	213.02	212.82	0.9	1.74	8"	0.03	LA PARROQUIA	INDUSTRIALIZADO
18	810	810	203.44	199.32	37	11.4	8	48	202.35	197.91	1.09	1.55	8"	0.06	RASTRO VIEJO	
19	810	810	199.32	192.85	38	17.03	6	36	197.36	191.75	1.05	1.6	8"	0.05	RASTRO VIEJO	
20	810	810	192.85	190.13	33	8.24	5	30	191.72	189.28	1.05	1.05	8"	0.02	RASTRO VIEJO	
21	810	810	190.13	189.15	12	8.17	3	18	189.19	188.18	1.05	1.04	8"	0.02	RASTRO VIEJO	
22	810	810	189.15	181.43	16	10.75	4	24	188.11	187.05	1.05	0.98	8"	0.03	RASTRO VIEJO	
23	81	81	204.8	204.75	27	0.19	7	42	203.5	203.55	1.06	1.06	10"	0.09	LA BOGA	
24	82	867	204.75	205.06	63	-0.19	9	54	203.9	205.06	1.06	1.24	10"	0.07	LA BOGA	
25	810	810	212.78	210.98	73	2.18	13	78	211.52	209.58	1.09	1.87	8"	0.11	SAN FRANCISCO	CELESTI, IGLESIA
26	810	810	210.98	208.71	148	1.53	15	90	209.24	207.63	1.67	1.7	10"	0.12	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
27	810	810	208.71	203.87	198	1.09	12	60	206.57	203.87	1.7	1.8	10"	0.08	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
28	810	810	203.87	208.19	39	2.95	12	60	203.87	208.64	1.8	1.39	10"	0.06	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
29	850	810	208.19	208.47	89	1.37	13	78	205.39	206.44	1.39	2.57	10"	0.10	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
30	810	810	208.47	205.89	69	1.67	13	78	204.48	203.77	2.57	2.05	10"	0.10	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
31	810	810	205.89	205.06	68	1.22	13	78	203.76	205.06	2.05	3.74	10"	0.02	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
32	810	810	205.06	194.15	63	14.4	10	60	205.06	200.75	3.74	3.4	10"	0.12	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
33	810	810	194.15	203.66	47	1.64	5	30	203.15	201.68	3.4	1.98	8"	0.04	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
34	810	810	203.66	197.14	97	6.72	17	102	201.68	197.14	1.98	2	8"	0.03	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
35	810	810	197.14	199.28	64	-5.10	11	66	197.14	198.1	2	1.25	8"	0.04	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
36	810	810	199.28	197.76	127	1.07	18	108	198.01	196.36	1.25	1.23	8"	0.03	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
37	810	810	197.76	197.32	10	0.43	15	78	196.36	195.11	1.23	2.2	8"	0.10	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
38	810	810	197.32	197.29	84	0.04	12	71	195.12	194.44	2.2	1.48	8"	0.09	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
39	810	810	197.29	195.5	78	2.29	5	30	192.66	193.94	1.48	1.56	8"	0.04	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
40	810	810	195.5	192.72	39	7.15	4	24	193.94	191.24	1.56	1.39	8"	0.05	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
41	810	810	192.72	188.23	52	9.02	4	24	191.24	185.85	1.39	2	8"	0.03	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
42	810	810	188.23	177.99	90	11.9	17	102	185.85	175.92	2	1.92	8"	0.05	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
43	810	810	177.99	197.14	24	3.58	5	30	196.62	197.14	2.36	2	8"	0.04	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
44	810	810	197.14	174.15	50	7.65	5	30	175.92	171.95	1.92	2.92	10"	0.04	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
45	810	810	174.15	175.53	53	4.92	6	36	175.92	174.43	2.92	2.08	8"	2.05	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
46	810	810	175.53	174.43	38	2.89	5	30	173.42	172.63	2.08	2.28	8"	0.04	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
47	810	810	174.43	173.53	60	3.30	6	40	173.45	172.02	2.08	1.53	8"	0.04	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
48	810	810	173.53	170.87	99	7.71	15	78	172.02	169.53	1.53	1.8	8"	0.10	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
49	810	810	170.87	169.25	55	2.65	10	60	169.97	167.25	1.8	2.07	8"	0.10	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
50	810	810	169.25	173.53	45	1.33	8	48	171.65	172.15	2.07	1.53	8"	0.06	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
51	810	810	173.53	169.15	40	-0.53	7	42	166.63	167.08	3.09	2.07	10"	0.05	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
52	810	810	169.15	170.87	39	-1.54	8	48	168.52	169.1	1.72	1.8	8"	0.05	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
53	810	810	170.87	173.53	40	-1.65	5	30	171.14	172.75	1.72	1.53	8"	0.04	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
54	810	810	173.53	172.69	86	2.33	15	90	172.07	171.39	2.07	1.72	8"	0.12	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
55	810	810	172.69	170.27	59	2.65	17	102	171.07	168.79	1.72	1.72	8"	0.13	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
56	810	810	170.27	168.94	60	2.77	16	96	168.55	166.94	1.72	3.19	8"	0.13	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
57	810	810	168.94	174.43	43	2.89	6	30	173.62	172.6	1.9	2.26	8"	0.05	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
58	810	810	174.43	172.84	43	-0.49	5	30	170.8	171.2	1.88	1.72	8"	0.04	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
59	810	810	172.84	168.94	90	3.44	7	42	168.04	166.05	3.3	3.19	10"	0.05	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
60	810	810	168.94	215.4	101	1.01	18	108	205.1	203.31	3.19	2.2	10"	0.14	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
61	810	810	215.4	214.64	65	1.08	6	36	213.27	214.64	2.2	2.25	10"	0.09	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
62	810	810	214.64	212.24	91	2.64	15	90	212.66	210.24	2.25	2.26	10"	0.12	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
63	810	810	212.24	210.37	15	5.89	2	12	210.24	209.27	2.26	1.97	10"	0.11	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
64	810	810	210.37	210.25	90	1.47	14	84	209.27	210.05	1.97	2	10"	0.11	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
65	810	810	210.25	207.94	84	2.51	7	42	208.95	206.31	2	3.02	10"	0.05	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
66	810	810	207.94	207.75	84	0.21	7	42	208.23	208.4	3.02	2.56	10"	0.04	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
67	810	810	207.75	207.25	87	0.57	25	150	206.4	206.81	2.56	2.65	10"	0.10	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
68	810	810	207.25	204.92	18	1.98	19	114	205.74	205.92	2.65	2.66	10"	0.15	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
69	810	810	204.92	199.13	201	7.88	35	210	212.23	198.05	2.66	1.98	10"	0.17	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
70	810	810	199.13	193.27	105	3.58	10	60	198.09	192.76	1.98	1.04	10"	0.08	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
71	810	810	193.27	189.96	105	3.15	18	108	192.81	189.96	1.04	0.9	10"	0.14	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
72	810	810	189.96	189.82	99	4.18	14	84	189.08	181.9	0.9	0.96	10"	0.1	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
73	810	810	189.82	186.24	98	4.67	18	90	186.89	183.2	0.96	1.04	10"	0.12	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
74	810	810	186.24	181.19	29	0.11	4	24	180.17	180.99	1.04	1.18	10"	0.03	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
75	810	810	181.19	173.53	129	1.37	12	72	180.81	174.03	1.18	1.9	10"	0.10	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
76	810	810	173.53	172.71	66	4.30	11	66	173.65	173.53	1.9	1.88	10"	0.09	SAN FRANCISCO	LA BOGA, SAN FRANCISCO DE ASIS
77	810	810	172.71	171.44	42	2.55	6									

Tabla XIV. Actualización datos por tramo

Km	DE PV	A PV	COTA DE TERRENO		D.H.(M)	G/TERRENO	NO. CASAS	MANTENIM. I TRAMO	COTA INVERT		PROP. POZO		DIAMETRO DE TUBERIA	CARGAL DEDICADA	BARRIO	OBSERVACIONES
			INICIO	FINAL					SALIDA	ENTRADA	INICIO	FINAL				
90	64	64	175.67	175.67	0	9.75	0	60	165.22	174.91	1.68	2.3	8"	0.09	LA ESTACION	
91	65	65	175.83	172.85	98	2.94	0	60	175.63	171.26	2.3	1.62	8"	0.28	LA ESTACION	
92	66	66	172.80	171.82	68	2.05	0	50	171.25	169.87	1.61	1.85	8"	0.07	LA ESTACION	
93	69	69	168.09	167.15	17	3.76	2	12	166.22	165.62	1.85	2.32	8"	0.02	LA ESTACION	
94	68	68	167.46	167.04	86	6.39	12	72	165.53	165.89	2.32	1.58	8"	0.04	LA ESTACION	
95	67	66	162.26	173	35	11.50	8	48	160.48	176.42	1.54	1.58	8"	0.06	LA ESTACION	
96	66	65	176	171.5	181	5.59	31	165	175.6	175.17	1.54	1.2	8"	0.20	LA ESTACION	
97	68	65	171.38	171.5	69	-0.24	5	35	168.48	168.3	2.95	2.2	30"	0.01	LA ESTACION	
98	68	67	167.45	228.68	55	-70.99	7	42	165.05	227	2.32	1.56	8"	0.05	COL. JUAN GUERRA	
99	65	64	228.68	226.2	29	8.55	15	90	226.98	224.67	1.56	1.29	8"	0.12	COL. JUAN GUERRA	
100	61	61	190.40	231.61	31	-40.63	7	42	193.49	226.38	3.09	5.21	8"	0.05	COL. JUAN GUERRA	
101	67	64	231.61	274.2	63	9.27	7	42	226.4	224.67	9.31	1.39	8"	0.02	COL. JUAN GUERRA	
102	64	63	226.2	225.09	16	1.31	0	36	224.7	224.53	1.29	1.23	8"	0.25	COL. JUAN GUERRA	
103	63	62	225.09	180.86	44	30.87	9	54	224.50	179.27	1.23	1.65	30"	0.07	COL. JUAN GUERRA	
104	63	62	180.86	192.56	28	7.48	6	58	194.88	192.72	2.77	1.83	8"	0.05	COL. JUAN GUERRA	
105	620	616	192.56	191.56	50	2.00	9	54	192.72	190.09	1.83	1.43	8"	0.07	COL. JUAN GUERRA	
106	616	617	191.56	191.31	37	0.94	9	54	192.72	190.09	1.43	1.22	8"	0.07	COL. JUAN GUERRA	
107	617	608	191.31	184.86	24	11.4	8	48	191.56	184.96	1.72	1.92	8"	0.06	COL. JUAN GUERRA	
108	618	619	184.86	182.85	38	13.55	9	54	184.9	183.13	1.52	1.68	10"	0.07	COL. JUAN GUERRA	
109	619	649	182.85	181.26	82	7.56	9	54	184.1	179.73	1.68	1.48	10"	0.07	COL. JUAN GUERRA	
110	649	649	181.26	181.26	56	7.82	7	42	184.48	180.26	1.29	1.68	8"	0.05	COL. JUAN GUERRA	DOE INSTITUTOS BÁSICOS
111	649	622	181.26	180.86	23	1.76	2	12	179.76	179.74	1.48	1.65	10"	0.02	COL. JUAN GUERRA	
112	648	625	180.79	181.83	137	5.70	14	84	181.76	180.35	3.4	1.44	10"	0.11	COL. JUAN GUERRA	
113	625	625	181.83	181.83	63	4.48	0	60	181.65	180.38	2.77	1.44	8"	0.08	COL. JUAN GUERRA	
114	625	624	181.83	180.23	45	0.78	9	54	180.35	180.23	1.44	1.68	10"	0.07	COL. JUAN GUERRA	
115	626	623	180.23	189.2	11	0.07	4	24	180.23	187.79	1.48	2.27	10"	0.03	COL. JUAN GUERRA	
116	623	627	189.2	185.07	9	-6.89	3	18	186.9	186.58	2.27	3.06	10"	0.07	COL. JUAN GUERRA	
117	628	625	200.56	200.66	47	-0.45	7	42	200.56	200.66	0.87	1.91	8"	0.25	LA REFORMA	
118	625	626	200.66	202.33	26	2.18	17	102	200.66	203.63	1.91	1.49	8"	0.13	LA REFORMA	
119	626	627	202.33	204.33	63	1.90	12	72	202.66	202.61	1.49	1.84	8"	0.09	LA REFORMA	
120	627	626	204.33	203.09	84	1.18	16	96	202.66	201.49	1.84	1.71	8"	0.13	LA REFORMA	
121	626	625	203.09	201.47	86	1.68	13	78	200.98	200.09	1.31	1.35	8"	0.10	LA REFORMA	
122	625	624	201.47	200.57	58	1.55	5	36	200.98	198.57	1.35	2.12	8"	0.06	LA REFORMA	
123	624	623	200.57	200.29	42	0.67	7	42	198.52	198.44	2.12	2.23	8"	0.05	LA REFORMA	ESCUELA HOTEL DE MANUEL
124	623	622	200.29	199.7	55	1.69	2	12	198.81	198.7	2.23	1.67	8"	0.02	LA REFORMA	MANUEL A LA MAJRA
125	622	621	199.7	199.8	15	3.93	2	12	198.25	199.11	1.67	1.5	10"	0.02	LA REFORMA	
126	621	620	199.8	198.56	58	1.97	5	30	199.8	197.84	1.5	1.3	10"	0.06	LA REFORMA	
127	620	620	198.56	197.77	49	1.31	8	48	197.03	197.77	1.3	1.32	10"	0.06	LA REFORMA	
128	620	628	197.77	197.30	17	2.24	12	72	197.77	195.49	1.32	1.89	10"	0.20	LA REFORMA	
129	628	627	197.30	197.56	43	0.77	9	54	195.47	197.06	1.89	1.92	10"	0.07	LA REFORMA	
130	627	626	197.56	196.57	28	1.29	1	6	197.56	194.76	1.92	1.91	10"	0.01	LA REFORMA	TANQUE MUNICIPAL
131	626	616	196.57	195.58	16	1.80	14	84	196.67	194.27	1.91	1.3	10"	0.11	LA REFORMA	
132	616	613	195.58	195.35	9	2.09	6	24	196.28	192.42	1.3	2.05	10"	0.03	LA REFORMA	
133	613	612	195.35	194.48	30	7.47	6	36	192.39	191.54	2.03	2.9	10"	0.05	LA REFORMA	
134	612	611	194.48	194.22	18	1.44	6	36	190.79	192.39	2.9	1.92	10"	0.05	LA REFORMA	
135	611	610	194.22	192.78	48	3.04	6	36	192.60	189.81	1.82	2.95	10"	0.05	LA REFORMA	
136	610	612	192.78	191.43	54	3.91	6	36	189.79	189.59	2.96	1.83	10"	0.03	LA REFORMA	
137	612	611	191.43	190.88	19	2.89	2	12	189.60	188.62	1.83	2.31	12"	0.02	COL. EL CHAPARRO	
138	611	617	190.88	187.8	73	4.63	2	12	188.5	189.50	2.31	1.93	10"	0.05	COL. EL CHAPARRO	
139	617	616	187.8	188.52	26	1.29	5	30	184.86	184.44	1.85	2.03	12"	0.04	COL. EL CHAPARRO	
140	616	614	188.52	178.47	53	19.08	0	30	184.48	174.99	2.08	1.48	10"	0.04	COL. EL CHAPARRO	
141	616	615	187.8	179.81	76	9.99	5	30	185.47	178.16	1.93	1.58	10"	0.06	COL. EL CHAPARRO	
142	615	617	179.81	176.65	56	5.63	6	36	178.09	173.06	1.58	2.83	16"	0.05	COL. EL CHAPARRO	
143	615	612	176.65	175.58	20	6.43	22	102	175.92	175.88	2.83	1.67	10"	0.17	COL. EL CHAPARRO	
144	615	610	175.58	166.82	160	14.8	11	66	197.06	165.31	1.3	1.29	10"	0.09	LA REFORMA	
145	615	617	166.82	166.2	112	0.82	17	102	165.5	164.22	1.26	1.98	8"	0.13	LA REFORMA	
146	617	618	166.2	167.2	80	12.75	11	66	164.17	165.25	1.48	2.03	8"	0.04	LA REFORMA	
147	618	619	167.2	163.23	71	6.25	19	90	165.24	164.88	2.03	1.35	10"	0.12	LA REFORMA	
148	619	618	163.23	165.38	34	4.29	0	30	165.56	162.77	1.26	1.35	8"	0.04	LA REFORMA	
149	618	616	165.38	162.7	36	7.39	7	42	163.76	165.82	1.55	3.07	8"	0.05	LA REFORMA	
150	618	613	162.7	161.62	102	1.05	14	84	160.78	168.24	5.32	2.08	8"	0.11	LA REFORMA	IGLESIA HORNOLA
151	613	612	161.62	160.7	69	1.23	19	60	160.37	168.66	2.68	2.05	8"	0.08	LA REFORMA	
152	612	611	160.7	160.3	80	4.00	8	36	168.03	165.77	2.65	2.36	8"	0.05	LA REFORMA	
153	612	611	160.3	160.3	67	6.68	8	48	160.88	165.96	1.83	2.56	8"	0.06	LA REFORMA	
154	617	614	160.3	203	21	6.33	2	12	202.66	203	1.84	1.22	8"	0.02	LA REFORMA	
155	614	616	203	200.57	77	3.16	13	78	203	199.31	1.72	2.03	8"	0.11	LA REFORMA	NAVO DIVISOR DE MANANTIALES
156	616	619	200.57	197.42	76	4.1	12	72	198.37	196.2	2.03	1.17	8"	0.09	LA REFORMA	DOE DIVISOR DE MANANTIALES
157	616	619	197.42	197.42	102	8.78	13	78	205.81	196.2	8.87	1.17	8"	0.10	LA REFORMA	EL REBELLEN
158	619	618	197.42	192.44	119	5.86	14	84	196.47	189.69	2	2.77	20"	0.11	LA REFORMA	LOS TRES MANANTIALES
159	618	615	192.44	190.86	86	2.11	19	60	190.9	189.29	2.11	0.96	10"	0.08	LA REFORMA	
160	615	616	190.86	184.58	37	4.00	4	24	189.05	187.13	0.96	1.5	10"	0.03	LA REFORMA	
161	616	617	184.58	181.63	27	3.76	5	30	190.42	189.26	0.77	2	20"	0.04	LA REFORMA	
162	616	617	181.63	186.27	87	5.65	5	30	189.23	185.77	2	2.5	20"	0.04	LA REFORMA	
163	615	612	186.27	195.06	17	6.76	2	12	194.62	193.8	1.5	1.32	8"	0.02	LA REFORMA	
164	615	612	195.06	184.4	57	1.61	5	30	193.72	192.69	1.32	1.55	8"	0.06	LA REFORMA	
165	612	611	184.4	182.51	44	3.70	7	42	192.59	191.29	1.55	1.3	8"	0.05	LA REFORMA	
166	611	614	182.51	193.69	61	-10.5	4	18	191.2	193.69	1.3	3.68	8"	0.05	LA REFORMA	
167	614	615	193.69	190.06	37	6.37	9	54	193.69	189.3	5.98	0.98	8"	0.07	LA REFORMA	
168	614	611	190.06	188.74	83	-1.05	14	84	196.22	194.79	1.57	3.05	8"	0.11	LA LAGUNA	
169	611	611	188.74	186.87	38	5.05	4	24	195.39	196.87	3.43	3.48	8"	0.03	LA LAGUNA	
170	611	619	186.87	192.99	92	4.22	10	60	196.87	192.11	5.48	0.72	8"			

Tabla XIV. Actualización datos por tramo

No	DE PV	A PV	COTA DE TERRENO		D.H.(M)	Inclinación	No. Casas	INSTANTES A TRAMO	COTA INVERT		PROF. POZO		DIÁMETRO DE TUBERÍA	CUBILLO DOMICILIAR	Barrio	OBSERVACIONES
			INICIO	FINAL					SALEDA	ENTRADA	INICIO	FINAL				
194	194	194	194.5	195.5	50	7.90	1	-8	195.01	199.5	1.59	2.31	10"	0.05	LA LAGUNA	
197	190	197	192.75	202.9	58	-5.43	10	60	192.75	202.9	1.15	1.1	6"	0.08	LA LAGUNA	
198	167	199	202.9	198.2	57	8.25	9	54	202.9	198.2	1.1	1.87	8"	0.07	LA LAGUNA	PEREQUA DEL 1955
193	155	191	198.2	201.25	18	-2.57	12	72	198.2	201.25	1.87	4.58	8"	0.09	LA LAGUNA	
196	151	194	201.25	201.7	40	-0.80	5	39	197.13	196.91	4.98	4.54	8"	0.04	LA LAGUNA	
191	150	169	201.7	200.85	25	1.84	3	18	206.87	196.89	4.54	4.19	8"	0.07	LA LAGUNA	
192	140	199	200.85	199.23	55	2.73	11	66	196.63	194.34	4.16	2.94	8"	0.09	LA LAGUNA	
195	140	138	199.23	198.58	99	3.99	11	66	196.36	195	2.04	1.57	8"	0.09	LA LAGUNA	
194	117	138	197.09	196.58	21	2.63	5	70	195.45	195.07	1.63	1.57	8"	0.05	LA LAGUNA	
190	118	126	196.58	195.38	69	1.74	10	60	194.96	194.05	1.57	2.88	8"	0.08	LA LAGUNA	
196	131	130	207.44	205.69	45	4.38	6	36	205.89	203.06	1.54	1.4	8"	0.05	EL BORDO	
197	130	129	205.69	205.04	16	-6.23	13	78	203.69	201.71	2.4	3.22	8"	0.10	EL BORDO	
198	129	127	205.04	210	61	2.35	7	42	210.8	210	3.22	1.06	8"	0.05	EL BORDO	
199	127	126	210	195.58	105	10.19	16	96	202.99	203.85	1.94	2.88	8"	0.13	EL BORDO	
200	131	135	207.44	202.75	71	5.63	14	84	205.9	206.85	1.54	2.7	8"	0.11	EL BORDO	
201	133	131	202.75	193.57	62	11.89	13	78	200.81	192.47	2.7	4.43	8"	0.10	EL BORDO	
202	131	132	193.57	193.02	40	5.25	9	54	192.72	199.47	1.43	1.62	10"	0.07	EL BORDO	
203	132	133	193.02	199.5	19	2.74	3	18	189.38	190.5	1.62	2.50	10"	0.12	EL BORDO	
204	135	133	191.94	190.5	96	7.79	10	60	196.45	189	1.5	2.51	8"	0.08	EL BORDO	
205	101	102	206.67	204.9	47	-0.49	15	92	216.53	205	1.1	0.91	8"	0.12	EL BORDO	
206	102	103	204.9	216.95	43	-0.12	7	42	225.97	205.4	0.91	1.6	8"	0.05	EL BORDO	
207	132	103	205.7	216.95	66	-2.08	13	78	203.23	205.43	1.68	1.6	8"	0.10	EL BORDO	
208	105	104	206.45	208.35	49	13.47	7	42	209.32	196.99	1.6	3.48	8"	0.05	EL BORDO	
209	104	109	208.35	194.5	17	10.15	10	60	195.86	192	3.48	2.49	8"	0.08	EL BORDO	
210	109	100	194.5	195.48	33	-0.93	4	24	191.99	192.48	2.49	3.71	8"	0.03	EL BORDO	
211	101	107	195.48	195.48	10	0.05	5	30	193.93	193.18	1.9	3.71	8"	0.05	EL BORDO	
212	108	104	199.42	203.35	42	-2.21	5	30	197.68	196.89	1.72	3.18	8"	0.05	EL BORDO	
213	106	107	21.69	212.43	66	-1.12	15	90	216.69	212.43	1.64	1.7	8"	0.12	EL BORDO	
214	107	104	212.43	228.35	91	15.27	20	120	212.43	228.35	3.7	3.48	8"	0.16	EL BORDO	
215	132	131	205.12	221.38	67	5.56	13	78	203.23	199.97	1.68	1.59	8"	0.10	EL BORDO	
216	134	135	201.58	197.08	57	5.96	11	66	199.98	196.55	1.59	1.6	8"	0.04	EL BORDO	
217	135	136	197.08	195.25	25	10.96	5	30	195.49	193.64	1.5	1.57	8"	0.04	EL BORDO	PANADERIA
218	139	140	197.08	195.84	51	4.16	6	36	195.48	193.92	1.5	1.9	8"	0.05	EL BORDO	
219	154	118	195.25	192.44	69	1.06	11	66	193.95	190.42	1.97	2.77	8"	0.09	EL BORDO	JUZGADO DE PAL
220	131	132	216.72	218.84	94	3.10	13	78	214.42	209.22	1.29	1.65	8"	0.10	ZONA MULTIP	BAÑO PÚBLICO
221	172	173	218.84	209.66	97	1.53	8	48	209.33	207.88	1.63	2.08	8"	0.08	ZONA MULTIP	
222	175	174	209.66	209.99	43	0.63	11	66	207.76	206.99	2.08	2.79	8"	0.09	ZONA MULTIP	
223	176	175	209.99	209	32	1.61	13	78	206.76	209	2.19	2.82	8"	0.10	ZONA MULTIP	
224	178	176	209	188.26	292	3.65	1	6	209	186.87	2.82	1.6	8"	0.01	ZONA MULTIP	
225	170	177	198.35	195.09	163	2.02	1	6	196.77	193.51	1.6	1.7	8"	0.01	ZONA MULTIP	
226	177	178	195.09	196.48	153	2.34	1	6	195.4	190.80	1.7	1.6	8"	0.01	ZONA MULTIP	
227	179	170	196.48	186.64	167	2.09	1	6	190.04	187.31	1.6	1.35	8"	0.01	ZONA MULTIP	
228	179	180	186.64	186.08	126	2.23	1	6	187.28	186.84	1.35	1.36	8"	0.01	ZONA MULTIP	
229	139	138	227.95	227.94	45	2.02	13	78	226.91	225.67	1.63	1.37	8"	0.10	LA LAGUNA	INDUSTRIAL DE LA LAGUNA
230	138	137	227.94	225.38	106	1.57	9	54	223.62	222.59	1.37	2.8	8"	0.07	LA LAGUNA	INDUSTRIAL DE LA LAGUNA
231	137	128	225.38	215.04	175	5.91	12	72	222.59	218	2.6	3.22	8"	0.09	LA LAGUNA	INDUSTRIAL DE LA LAGUNA
232	143	142	114.9	114.91	98	-0.01	5	30	113.74	112.22	1.54	1.87	10"	0.08	SANTA MARIA	
233	142	141	114.91	114.74	53	0.32	8	48	113.81	112.5	1.87	2.23	10"	0.06	SANTA MARIA	
234	141	129	114.74	214.00	58	-172.28	5	30	112.60	200.93	2.23	6.73	10"	0.02	SANTA MARIA	CASA MODERNA
235	129	128	214.00	215.04	8	-4.75	5	30	209.69	210.77	4.73	3.22	10"	0.04	SANTA MARIA	
236	145	144	114.9	118.27	150	4.88	9	54	113.74	107.47	1.16	0.79	10"	0.07	SANTA MARIA	
237	144	144	227.15	227	15	1.80	5	30	223.80	220.34	1.25	1.65	8"	0.04	LA LAGUNA	
238	141	145	227	202.05	26	14.94	10	60	223.33	200.05	1.65	1.96	8"	0.08	LA LAGUNA	CENTRO
239	143	145	202.05	201.05	122	0.90	21	126	203.05	201.51	1.56	1.76	8"	0.10	LA LAGUNA	
240	145	152	201.05	205.79	59	2.15	13	60	203.41	199.12	1.78	2.2	20"	0.08	LA LAGUNA	
241	152	148	205.79	205.79	33	-0.09	14	84	199.54	197.74	2.2	3.05	20"	0.03	LA LAGUNA	
242	148	149	205.79	205.83	100	-0.04	20	120	197.72	196.68	2.05	4.36	8"	0.10	LA LAGUNA	
243	152	152	205.83	199.53	92	9.25	11	66	216.30	194.43	1.24	1.50	8"	0.09	LA LAGUNA	FARMACIA VETERINARIA
244	152	150	199.53	194.2	10	11.50	2	12	197.73	196.62	1.56	1.87	8"	0.02	LA LAGUNA	OFICINA
245	186	183	194.2	203.3	105	-7.00	13	78	194.37	190.09	1.87	1.33	12"	0.10	LA LAGUNA	
246	183	183	203.3	203.28	56	0.04	6	36	198.96	200.28	1.33	1.35	12"	0.08	LA LAGUNA	
247	183	182	203.28	200.79	12	-4.00	3	18	200.28	198.56	1.35	2.2	20"	0.02	LA LAGUNA	
248	183	184	200.79	202.57	69	8.30	12	72	200.59	200.57	1.24	1.81	8"	0.09	LA LAGUNA	ELECTRICO URBANO
249	184	182	202.57	200.29	51	2.02	4	24	200.39	201.29	1.81	1.95	10"	0.03	LA LAGUNA	
250	182	181	200.29	198.79	88	3.13	19	60	201.29	196.11	1.95	3.45	10"	0.08	LA LAGUNA	
251	178	168	203.19	206.82	88	2.65	14	84	201.58	200.23	1.58	1.39	10"	0.11	EL TAMARINDAL	
252	168	163	206.82	206.52	99	-0.86	16	96	199.12	216.52	1.59	1.27	10"	0.13	EL TAMARINDAL	
253	163	153	216.52	203.3	116	11.1	25	150	216.52	198.97	1.27	1.53	12"	0.16	EL TAMARINDAL	
254	153	151	203.3	201.25	98	-0.95	12	72	198.97	197.36	1.53	4.08	8"	0.09	LA LAGUNA	
255	147	148	197.73	196.7	103	1.00	24	144	196.53	194.36	1.51	2.36	12"	0.10	LA LAGUNA	IGLESIA EVANGELICA ELIM
256	144	143	212.23	212.23	47	23.81	9	54	211.7	200.89	1.51	1.96	8"	0.07	LA LAGUNA	DOS CONTINOS
257	142	142	212.23	217.15	18	-0.23	5	30	212.66	217.15	1.68	1.25	8"	0.04	LA LAGUNA	SALON SOCIAL
258	141	141	217.15	214.24	158	-1.44	10	60	212.2	204.74	2.33	1.55	8"	0.08	CALLE DEL HALL	RESTAURANTE EL ESTERIL
259	141	141	214.24	219.39	182	2.66	12	72	212.68	219.43	1.55	1.25	8"	0.09	CALLE DEL HALL	INTECAP IDIOLINGUO
260	141	142	219.39	228.9	22	2.25	10	60	228.11	227.8	1.25	1.11	10"	0.08	CALLE DEL HALL	HOSPITAL GENERAL
261	141	142	228.9	227.37	71	2.15	12	72	227.76	226.54	1.54	1.07	10"	0.09	CALLE DEL HALL	GOBERNACION
262	141	142	227.37	226.87	18	2.78	8	48	226.17	226.0	1.07	0.91	10"	0.04	CALLE DEL HALL	CENTENARIO
263	141	138	204.92	198.78	199	5.63	11	66	212.73	197.48	2.66	1.67	8"	0.04	SAN PABLO	COMPLEJO RESERVA PARA LA COMUNIDAD DE DESARROLLO INTEGRAL
264	101	102	197.72	195.74	97	2.15	15	90	196.66	195.74	1.05	1.08	8"	0.12	COL. COPAN	
265	105	104	195.74	195.05	53	1.85	15	90	195.5	195.05	0.62	2	8"	0.08	COL. COPAN	
266	105	103	195.05	197.29	44	4.00	10	60	197.2	196						

Tabla XIV. Actualización datos por tramo

NO	DE PV	A PV	COTA DE TERRENO		D.H.(M)	ENTRADA	NO. CASAS	HABITANTES A TRAMO	COTA INVERT		PROF. PISO		DIAMETRO DE TUBERIA	CAUDAL DOMICILIAR	BARRIO	OBSERVACIONES
			INICIO	FINAL					SALIDA	ENTRADA	INICIO	FINAL				
277	F7	F6	254.84	254.98	16	-0.87	5	18	200.84	250.8	3.98	4.18	8"	0.02	LAS FLORES	
278	F6	F5	254.98	255.14	84	-0.51	18	198	200.79	200.36	4.18	3.06	8"	0.11	LAS FLORES	
279	F4	F3	255.36	255.12	58	-0.11	6	36	199.68	199.47	5.37	5.66	20"	0.05	LAS FLORES	
280	F3	CH3	255.12	255.26	58	-0.20	11	66	199.44	199.16	5.66	6.06	10"	0.09	LAS FLORES	
281	CH3	CH2	255.24	255.04	18	1.11	3	18	199.17	199.26	6.06	5.78	10"	0.02	EL CALVARIO	
282	CH2	CH1	255.04	252.81	79	2.82	7	42	199.24	198.71	5.78	4.09	10"	0.05	LA LADRIERA	BAR LORONA
283	CH1	CH0	252.81	198.3	80	15.84	8	48	198.7	193.5	4.09	1.5	10"	0.06	LA LADRIERA	
284	CH0	CH0	198.3	197.7	34	1.76	6	30	198.3	196.61	1.6	3.1	8"	0.05	LA LADRIERA	
285	CH0	CH0	217.98	215.5	62	7.23	16	90	216.65	211.88	1.28	1.4	8"	0.13	EL SALVADO	
286	CH0	CH0	215.5	215.24	65	12.71	11	42	211.79	210.38	1.6	0.66	8"	0.05	EL SALVADO	COLOM
287	CH0	CH0	209.24	213.68	36	1.63	11	66	199.18	202.51	6.66	1.65	8"	0.09	LA LADRIERA	
288	CH0	F1	203.68	202.3	66	2.99	19	60	202.91	201.33	1.05	0.99	8"	0.08	LAS FLORES	
289	F1	F2	202.3	202.66	18	-2.80	8	48	201.3	201.02	3.99	1.44	8"	0.06	LAS FLORES	CEBERRERA LOS POZOS
290	F2	F3	202.66	204.36	59	-3.89	8	48	201.08	200.88	1.44	1.98	8"	0.06	LAS FLORES	
291	F3	CH5	204.97	203.98	36	3.75	9	30	203.66	202.89	1.11	1.03	8"	0.04	LA LADRIERA	
292	CH5	CH4	203.98	203.68	50	0.51	9	54	202.88	202.54	1.03	1.05	8"	0.07	LA LADRIERA	
293	CH4	CH3	203	202.81	138	1.59	16	90	205	201.78	1.58	1.99	8"	0.13	LA LADRIERA	
294	CH3	F0	201.69	201.69	56	-0.42	12	72	205.88	209.04	0.81	1.67	6"	0.09	COL. PUELA	
295	F0	F2	201.69	201.5	51	0.37	10	60	200.01	199.97	1.67	1.52	6"	0.06	COL. PUELA	
296	F2	F2	201.5	208.61	40	2.22	13	78	199.9	199.41	1.52	1.18	6"	0.12	COL. PUELA	
297	CH2	CH3	233.18	233.3	89	2.0	10	114	228.97	227.99	3.02	2.3	16"	0.15	CRUZ DE MAYO	
298	CH3	CH1	233.3	229.32	58	1.69	6	36	227.93	227.04	2.3	2.27	16"	0.05	CRUZ DE MAYO	
299	CH1	F2	229.32	225.37	72	5.19	8	48	227.91	225.37	2.27	1.13	16"	0.06	CRUZ DE MAYO	
300	F2	F9	225.37	217.19	65	12.58	7	42	224.25	216.22	1.13	1.18	4"	0.05	COL. PUELA	
301	F9	F8	217.19	210.82	50	15.93	8	48	216	216.82	1.18	1.21	6"	0.06	COL. PUELA	
302	F8	F7	210.82	204.6	261	4.12	10	60	210.82	204.6	1.21	1.78	6"	0.08	COL. PUELA	
303	F7	F6	204.6	203.01	65	2.15	9	54	202.8	201.9	1.78	1.99	8"	0.07	COL. PUELA	
304	F6	F5	203.01	203.06	99	0.00	8	48	201.89	201.68	1.09	1.53	8"	0.06	COL. PUELA	
305	F5	F5	203.1	203.01	65	1.68	13	78	202.65	201.68	1.42	1.53	8"	0.10	COL. PUELA	CAMPO DE PAPEL FUMOS
306	F5	F2	203.2	202.17	117	2.59	21	126	203.6	200.31	1.53	1.82	8"	0.16	COL. PUELA	
307	F2	F2	202.17	208.61	130	1.23	15	90	200.3	199.64	1.82	1.16	8"	0.12	COL. PUELA	
308	CH7	CH6	234.89	234.56	33	1.08	5	30	233.3	232.96	1.68	1.6	6"	0.04	CRUZ DE MAYO	
309	CH6	CH8	234.56	235.9	47	-2.48	5	30	232.99	234.26	1.6	1.4	6"	0.04	CRUZ DE MAYO	
310	CH6	CH5	234.56	233.84	65	1.08	8	48	232.94	232.53	1.6	1.37	6"	0.08	CRUZ DE MAYO	
311	CH5	CH4	233.84	233.78	47	0.12	5	30	232.49	232.34	1.37	1.34	6"	0.04	CRUZ DE MAYO	
312	CH4	CH4	233.8	233.78	57	3.84	6	36	234.27	232.38	1.6	1.34	6"	0.05	CRUZ DE MAYO	
313	CH4	CH5	233.78	233.37	70	0.59	11	66	232.32	232.2	1.34	1.17	8"	0.09	CRUZ DE MAYO	
314	CH5	CH6	233.37	234.56	49	-2.59	18	60	232.08	232.29	1.17	2.28	8"	0.08	CRUZ DE MAYO	
315	CH6	CH6	233.04	234.56	11	3.68	13	78	234.68	232.64	1.8	2.28	8"	0.10	CRUZ DE MAYO	
316	CH6	CH5	234.56	234.83	57	-0.51	14	84	232.24	232.03	2.28	2.66	8"	0.11	CRUZ DE MAYO	
317	CH5	CH0	234.83	234.73	36	0.29	9	54	237.01	234.73	2.66	2.62	8"	0.07	CRUZ DE MAYO	
318	CH0	CH9	234.73	234.56	76	8.23	12	72	234.73	232.51	2.62	2.95	8"	0.09	CRUZ DE MAYO	
319	CH9	CH4	234.56	230.13	62	-2.93	7	42	229.58	229.8	2.95	2.34	10"	0.05	CRUZ DE MAYO	
320	CH4	CH6	230.13	228.56	52	-2.45	10	60	228.05	225.59	1.75	2.95	8"	0.08	CRUZ DE MAYO	
321	CH3	CH8	230.3	227.18	41	7.61	21	126	228.54	225.18	2.3	1.73	10"	0.10	CRUZ DE MAYO	
322	CH8	CH0	228.81	228.64	30	-0.77	6	36	224.44	224.41	1.61	1.22	8"	0.05	CRUZ DE MAYO	
323	CH0	CH2	228.64	225.58	58	1.83	11	66	225.42	224.26	1.22	1.31	8"	0.09	CRUZ DE MAYO	
324	CH2	CH3	225.58	228.84	39	1.60	18	60	224.24	224.07	1.31	2.44	8"	0.08	CRUZ DE MAYO	
325	CH3	CH2	224.56	227.96	59	7.35	14	84	229.64	226.1	1.89	1.8	8"	0.03	CRUZ DE MAYO	
326	CH2	CH9	223.6	221.93	29	5.76	4	24	222.1	220.6	1.5	1.35	8"	0.03	COL. DETA	
327	CH9	CH9	223.6	223.78	26	-0.69	9	54	222.1	223.01	1.5	1.27	8"	0.07	COL. DETA	
328	CH9	CH8	223.78	221.94	29	6.34	4	24	222.41	220.1	1.27	1.7	8"	0.03	COL. DETA	
329	CH8	CH8	221.93	221.94	27	-0.04	11	66	220.58	219.14	1.53	1.7	8"	0.04	COL. DETA	
330	CH8	CH7	221.94	215.55	53	12.00	7	42	220.0	215.29	1.7	2.55	8"	0.05	COL. DETA	
331	CH7	CH9	215.55	212.08	40	3.55	12	72	210.0	190.66	0.39	1.4	10"	0.09	CRUZ DE MAYO	
332	CH9	CH6	212.08	207.63	79	5.38	21	126	209.68	206.44	1.4	1.4	10"	0.16	CRUZ DE MAYO	
333	CH6	CH7	207.63	205.56	75	3.05	11	66	206.43	205.54	1.4	1.43	10"	0.04	CRUZ DE MAYO	
334	CH7	CH7	205.56	204.56	34	12.84	5	30	205.56	204.56	1.43	1.89	10"	0.02	CRUZ DE MAYO	
335	CH7	CH6	204.56	203.81	57	19.09	10	60	204.66	204.11	1.89	1.61	10"	0.08	CRUZ DE MAYO	
336	CH6	CH5	203.81	204.96	67	6.61	7	42	204.96	203.55	1.61	1.66	10"	0.05	CRUZ DE MAYO	
337	CH5	CH4	204.96	203.05	71	0.56	12	72	203.90	203.8	1.66	1.34	10"	0.04	CRUZ DE MAYO	
338	CH4	CH3	203.05	208.83	37	5.51	15	60	203.82	205.23	1.34	3.53	10"	0.08	CRUZ DE MAYO	IGLESIA
339	CH3	CH2	208.83	204.31	40	11.30	9	54	205.2	202.48	3.53	1.73	10"	0.07	CRUZ DE MAYO	
340	CH2	CH7	204.31	215.55	55	18.93	18	60	222.47	213.21	1.73	2.55	10"	0.06	CRUZ DE MAYO	
341	CH7	CH6	215.55	214.82	60	17.88	12	60	212.98	213.97	2.55	1.94	10"	0.08	CRUZ DE MAYO	
342	CH6	CH0	214.82	205.43	24	5.78	10	60	202.80	202.19	1.94	1.53	10"	0.08	CRUZ DE MAYO	
343	CH0	CH4	205.43	212.18	26	-33.60	5	30	208.88	211.03	1.53	1.15	10"	0.04	CRUZ DE MAYO	
344	CH4	CH4	212.18	212.18	45	4.09	4	24	214.23	211.03	4.3	1.15	8"	0.03	CRUZ DE MAYO	CH4-VENE IN DCA. FLORES MAYO
345	CH4	CH0	212.18	204.97	137	5.26	18	108	210.4	204.07	1.15	1.11	10"	0.14	CRUZ DE MAYO	
346	CH0	CH2	204.97	204	40	2.43	9	30	203.87	203.07	1.11	0.91	10"	0.04	LA LADRIERA	
347	CH2	CH1	204	203.91	22	2.23	4	24	203.21	203.61	0.91	0.92	10"	0.03	LA LADRIERA	
348	CH1	CH0	203.91	202.81	37	1.23	5	30	203.51	200.32	0.92	0.96	10"	0.04	LA LADRIERA	
349	CH0	CH9	202.81	202.01	29	0.34	2	12	200.61	200.74	0.96	1.99	10"	0.02	LA LADRIERA	
350	CH9	CH3	202.01	200.43	68	6.43	12	72	202.88	198.78	1.94	1.63	8"	0.09	LA LADRIERA	
351	CH3	CH2	200.43	198.43	45	4.49	5	30	198.81	198.43	1.63	1.66	8"	0.04	LA LADRIERA	
352	CH2	CH1	198.43	193.3	32	15.41	4	24	198.43	191.93	1.66	1.58	8"	0.03	LA LADRIERA	
353	CH1	CH5	193.3	190.3	58	1.78	5	30	189.73	190.3	1.58	1.5	8"	0.04	LA LADRIERA	
354	CH5	CH4	190.3	190.69	87	9.99	27	162	247.3	239.31	1.58	1.58	10"	0.21	LA LADRIERA	
355	CH4	CH4	190.69	208.53	44	5.29	7	42	238.91	236.13	1.58	2.7	10"	0.05	LA LADRIERA	
356	CH4	CH7	208.53	208.94	46	-0.89	7	42	239.82	236.36	2.7	2.69	10"	0.05	LA LADRIERA	
357	CH7	CH0	208.94	229.76	62	-1.58	10	60	236.36	236.56	2.69	3.2	10"	0.08	LA LADRIERA	CH7-TIENE TUBO DE CAJONCIL
358	CH0	CH1	229.76	237.28	68	5.59	11	66	236.56	235.28	3.2	2	10"	0.03</		

Tabla XIV. Actualización datos por tramo

No	DE PV	A PV	COTA DE TERRENO		D.M.(MT)	D.TERRENO	No. CASAS	INSTALACIONES	COTA INVERT		PROF. POZO		DIAMETRO DE TUBERIA	CAUDAL BOMBILLAS	SERVICIO	OBSERVACIONES
			INICIO	FINAL					SALIDA	ENTRADA	INICIO	FINAL				
367	LL7	LL4	205.81	193.68	56	18.09	8	48	232.28	196.47	1.54	7.12	8"	0.05	EL LLANO	
368	CH43	CH42	235.24	235.43	7	1.57	2	12	233.96	233.82	1.86	1.61	8"	0.03	EL LLANO	
369	LL1	LL2	198.84	196.7	23	9.30	7	48	197.38	195.15	1.6	1.5	8"	0.05	EL LLANO	
370	LL2	LL3	196.7	193.4	36	6.7	5	30	195.06	191.4	1.5	1.96	8"	0.04	EL LLANO	
371	LL4	LL5	193.68	193.4	13	2.25	5	30	191.63	191.36	1.96	2.12	8"	0.04	EL LLANO	
372	LL5	LL6	193.68	193.68	11	27.45	2	12	196.54	191.33	1.64	2.12	8"	0.02	EL LLANO	
373	CH18	CH19	230.15	228.22	76	2.56	9	54	228.95	225.72	1.18	2.5	8"	0.07	CEMENTERO VIEJO	CENTRO DE BAÑO
374	CH19	CH18	228.22	228.12	7	1.62	1	6	228.74	225.82	2.5	2.48	8"	0.04	CEMENTERO VIEJO	
375	CH16	CH12	230.58	230.58	48	-9.12	4	24	225.59	225.6	2.68	4.93	8"	0.03	CEMENTERO VIEJO	
376	CH16	CH12	230.58	228.45	76	2.80	5	30	225.55	225.32	4.93	5	8"	0.04	CEMENTERO VIEJO	
377	CH17	CH16	231	230.8	45	1.16	10	60	235.71	235.32	1.29	1.1	8"	0.09	CEMENTERO VIEJO	
378	CH16	CH12	230.58	234.66	41	5.95	8	48	235.55	232.16	1.1	1.92	8"	0.09	CEMENTERO VIEJO	
379	CH16	CH14	234	234.23	7	-5.29	2	12	232.11	232.7	1.92	1.53	8"	0.02	CEMENTERO VIEJO	
380	CH17	CH13	234.66	234.06	38	1.77	3	18	232.06	233.03	2.02	1.92	8"	0.02	CEMENTERO VIEJO	
381	CH17	CH19	234.66	228.22	67	7.43	13	78	232.05	225.72	2.02	2.5	8"	0.10	CEMENTERO VIEJO	
382	CH17	CH13	231	231.1	29	13.43	3	18	235.7	231.7	1.29	1.36	8"	0.02	CEMENTERO VIEJO	
383	CH15	CH18	233.1	228.12	55	8.68	16	60	231.72	225.62	1.56	2.68	8"	0.08	CEMENTERO VIEJO	
384	CH17	CH18	231	230.38	68	6.91	12	72	235.72	233.16	1.29	2.4	8"	0.09	CEMENTERO VIEJO	
385	CH18	CH19	230.58	231.01	60	10.74	9	54	233.97	229.59	2.4	1.6	8"	0.17	CEMENTERO VIEJO	
386	CH19	CH13	231.01	230.64	22	1.68	4	24	229.64	229.24	1.6	1.56	8"	0.43	CEMENTERO VIEJO	
387	CH16	CH13	234.66	230.64	88	3.87	14	84	232.03	228.97	1.17	1.86	8"	0.11	CEMENTERO VIEJO	
388	CH16	CH15	234.66	233.1	29	3.38	7	42	232.88	231.74	1.17	1.36	8"	0.28	CEMENTERO VIEJO	
389	CH13	CH17	230.64	228.45	45	4.87	8	48	228.98	225.25	1.56	3	8"	0.04	CEMENTERO VIEJO	
390	CH12	CH16	228.45	224.74	10	57.18	6	36	225.29	223.6	3	1.16	4"	0.05	CEMENTERO VIEJO	SECTOR BARRIO ESTEREO DE LA VILLA
391	CH19	CH11	231.01	226.65	27	10.15	4	24	229.46	224.87	1.4	2.53	8"	0.03	CEMENTERO VIEJO	
392	CH11	CH19	226.65	222.91	25	18.56	3	18	224.31	220.51	2.35	2.38	8"	0.02	EL TAHARIBAL	
393	CH11	CH19	222.91	217.98	48	8.78	4	24	219.32	216.58	2.35	1.56	8"	0.03	EL TAHARIBAL	
394	CH11	CH19	217.98	217.6	22	1.73	7	42	216.37	216.09	1.56	1.43	10"	0.05	EL TAHARIBAL	HOTEL MARIANO GARCIA S. J
395	CH11	CH11	217.6	217.39	38	6.76	4	24	216.12	215.73	1.43	1.56	10"	0.03	EL TAHARIBAL	
396	CH11	CH16	217.39	217.08	95	0.56	4	24	215.77	215.88	1.56	1.43	10"	0.03	EL TAHARIBAL	
397	CH11	CH13	217.08	216.52	66	0.80	7	42	215.69	216.52	1.43	1.48	8"	0.05	EL TAHARIBAL	
398	CH13	CH17	216.52	218.58	81	-2.54	12	72	216.52	217.2	1.48	1.41	8"	0.09	EL TAHARIBAL	
399	CH11	CH11	216.58	217.39	40	2.89	4	24	217.17	217.39	1.41	1.46	10"	0.03	EL TAHARIBAL	RESTAURANTE MASC
400	CH11	CH12	220.87	220	104	23.14	18	108	220	205	1.25	1.28	10"	0.14	EL TAHARIBAL	HOTEL EL YACUO BAR BARRIO
401	CH12	CH17	220	219.58	62	44.78	15	90	220	217.25	1.58	1.41	8"	0.12	EL TAHARIBAL	
402	CH19	CH17	225.99	196.64	63	57.83	6	36	221.31	187.83	3.22	1.97	8"	0.08	EL TAHARIBAL	
403	CH11	CH19	196.64	217.98	85	-35.02	11	66	187.85	216.45	1.87	1.56	8"	0.09	EL TAHARIBAL	CENEP
404	CH19	CH19	225.99	225.99	84	10.88	9	54	225.16	221.7	1.92	5.23	8"	0.17	EL TAHARIBAL	
405	CH19	CH18	225.99	190.56	71	48.86	15	78	221.86	188.78	3.23	1.67	8"	0.10	EL TAHARIBAL	SOLERA GUADALUPE
406	CH18	CH17	190.56	189.84	34	2.18	3	18	188.79	188.25	1.67	1.6	8"	0.02	EL TAHARIBAL	
407	CH17	CH16	189.84	189.7	17	0.82	2	12	188.22	187.97	1.6	3.1	8"	0.02	EL TAHARIBAL	
408	CH16	CH12	189.7	218.53	62	38.16	12	72	188.56	191.1	3.1	2.5	8"	0.06	EL TAHARIBAL	
409	CH12	CH17	218.53	218.58	67	-0.09	10	60	216.13	217.24	2.3	1.61	10"	0.08	EL TAHARIBAL	COLEJO ZACAPANCO
410	CH15	CH15	224.74	223.27	67	2.19	7	42	223.58	223.27	1.4	1.2	6"	0.05	EL TAHARIBAL	
411	CH15	CH15	223.27	222.01	77	1.64	5	30	223.27	219.87	1.2	2.16	6"	0.06	EL TAHARIBAL	
412	CH15	CH14	222.01	217.08	80	6.18	12	72	219.84	216.08	2.16	1.43	6"	0.04	EL TAHARIBAL	
413	CH11	CH11	227.82	228.38	33	-0.70	5	30	226.58	227.11	1.43	1.33	6"	0.06	JOAN PABLO II	
414	CH11	CH11	228.38	229.47	32	-3.18	6	36	227.83	228.31	1.33	1.11	8"	0.05	JOAN PABLO II	
415	CH11	CH11	229.47	229.99	57	6.04	12	72	228.28	229.94	1.12	1.45	8"	0.09	JOAN PABLO II	
416	CH11	CH12	229.99	225.54	27	1.67	2	12	225.99	225.54	1.45	1.48	8"	0.02	JOAN PABLO II	
417	CH11	CH11	225.54	227.82	66	2.36	14	84	228.93	226.44	1.55	1.45	8"	0.11	JOAN PABLO II	ESCUELA IBERIA CATOLICA
418	CH11	CH11	227.82	225.99	77	2.38	18	108	226.37	224.54	1.45	1.45	8"	0.14	JOAN PABLO II	POZO MARIANO
419	CH11	CH11	225.99	226.2	41	0.05	15	90	225.86	226.2	2.8	2	8"	0.12	JOAN PABLO II	POZO MARIANO
420	CH11	CH11	226.2	225.99	39	0.54	3	18	226.2	225.99	2	1.43	8"	0.02	JOAN PABLO II	POZO MARIANO
421	CH11	CH11	225.99	229.15	72	3.99	21	126	230.6	227.86	1.4	1.33	6"	0.16	JOAN PABLO II	
422	CH11	CH11	229.15	228.38	15	4.95	5	30	227.74	227.37	1.33	1.33	6"	0.04	JOAN PABLO II	
423	CH11	CH11	228.38	228.38	60	5.28	10	60	230.27	227.63	1.3	1.33	6"	0.13	JOAN PABLO II	
424	BA11	BA12	222.06	219.44	129	2.16	15	78	220.69	217.04	1.47	1.88	10"	0.10	COL. BARRIO	
425	BA12	BA13	219.44	219.03	37	1.11	12	72	217.63	219.03	1.88	2	10"	0.06	COL. BARRIO	
426	BA13	BA14	219.03	219	60	0.19	12	60	217	216.87	2	2.05	10"	0.08	COL. BARRIO	
427	BA14	BA15	219	219.06	7	-0.86	11	66	216.48	216.51	2.55	2.62	10"	0.09	COL. BARRIO	
428	BA15	BA16	219.06	219.01	8	0.63	10	60	219.06	216.74	2.62	2.16	10"	0.08	COL. BARRIO	
429	BA17	BA17	173.63	173.91	43	0.28	10	60	175.06	172.81	1.13	1.25	8"	0.08	COL. BUENA VISTA	
430	BA17	BA17	173.91	171.81	97	2.16	10	60	172.81	170.35	1.55	1.57	8"	0.13	COL. BUENA VISTA	
431	BA16	BA15	171.81	171.15	23	-0.22	8	48	170.43	170.56	3.75	1.88	6"	0.06	COL. BUENA VISTA	
432	BA15	BA14	171.15	171.07	48	0.28	9	54	170.43	169.49	1.88	1.6	8"	0.07	COL. BUENA VISTA	
433	BA14	BA13	171.07	170.99	25	0.48	6	36	169.49	169.25	1.6	1.76	8"	0.05	COL. BUENA VISTA	BARRIO PRINCIPAL
434	BA13	BA12	230.2	230.4	128	2.19	8	48	230.00	230.43	1.36	1.37	6"	0.06	BARRO DE SAN JUAN	
435	BA12	BA12	230.4	235.94	125	2.22	15	90	237.12	234.44	1.6	1.86	6"	0.12	BARRO DE SAN JUAN	
436	BA12	BA12	235.94	235.94	49	0.94	12	72	233.03	234.81	1.37	1.86	6"	0.09	BARRO DE SAN JUAN	ACCESO DE PAL. INC
437	BA12	BA11	235	230	64	6.23	13	78	231	227.3	2.08	1.72	10"	0.15	COL. ESMERALDA	
438	CALL2	CALL2	233.60	199.80	201	3.88	15	90	198.94	195.89	4.7	4.75	16"	0.17	CALLEADA PRINCIPAL	CUM DE OFICIALES
439	CALL2	CALL2	199.80	190.5	161	3.82	46	276	195.89	186.3	4.75	2.4	16"	0.34	CALLEADA PRINCIPAL	
440	CALL2	CALL2	190.5	188.9	62	2.58	29	156	188.09	188.9	2.4	2.5	16"	0.29	CALLEADA PRINCIPAL	TOMA MUESTRAS

Fuente: elaboración propia.





Tabla XVII. Cálculos hidráulicos sector sur-oeste

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERIORADO E.P.S  
ESPECIALIDAD: CARLOS ENRIQUE ESTRADA CONTRERAS  
SEDE: MUNICIPALIDAD DE ZACAPA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA.

PROYECTO: ACTUALIZACIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE SEÑALES SANITARIO EN EL CASCO URBANO DE LA CABECERA DEPARTAMENTAL DE ZACAPA.

NO	TRAMO	DE PV	A PV	TIPO	TUBERIA	E.R.	SECCION	CARGA			PERDIDA			COTA INICIAL	COTA FINAL	PROF. FINAL	COMENTARIOS	NO	SY
								ESTADICA	DEBIDA	DEBIDA	DEBIDA	DEBIDA	DEBIDA						
1	147	147	147	202.8	54	5.43	0	0	0	0	0	0	0	202.8	202.8	0	0	0	0
2	181	185	206.2	192.2	37	2.25	0	0	0	0	0	0	0	192.2	192.2	0	0	0	0
3	165	153	160.2	160.3	10	0.60	0	0	0	0	0	0	0	160.3	160.3	0	0	0	0
4	160	153	160.2	160.3	10	0.60	0	0	0	0	0	0	0	160.3	160.3	0	0	0	0
5	155	151	160.3	160.3	14	0.95	0	0	0	0	0	0	0	160.3	160.3	0	0	0	0
6	155	151	160.3	160.3	14	0.95	0	0	0	0	0	0	0	160.3	160.3	0	0	0	0
7	153	149	200.2	200.18	18	2.50	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
8	143	143	200.28	200.18	12	0.50	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
9	143	140	200.70	200.18	22	0.39	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
10	148	143	200.70	200.18	100	0.36	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
11	150	150	199.73	200.2	0	0.50	0	0	0	0	0	0	0	200.2	200.2	0	0	0	0
12	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
13	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
14	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
15	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
16	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
17	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
18	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
19	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
20	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
21	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
22	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
23	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
24	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
25	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
26	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
27	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
28	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
29	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
30	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
31	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
32	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
33	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
34	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
35	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
36	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
37	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
38	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
39	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
40	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
41	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
42	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
43	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
44	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
45	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
46	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
47	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
48	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
49	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
50	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
51	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
52	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
53	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
54	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
55	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
56	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
57	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
58	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
59	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
60	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
61	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
62	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
63	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
64	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
65	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
66	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
67	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
68	148	139	200.5	200.18	23	1.80	0	0	0	0	0	0	0	200.18	200.18	0	0	0	0
69	148	139																	



Tabla XIX. Cálculo de volúmenes tramos críticos sector nor-oeste.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S  
 EPESISTA, CARLOS ENRIQUE ESTRADA CONTRERAS  
 SEDE: MUNICIPALIDAD DE ZACAPA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA



PROYECTO: \* ACTUALIZACIÓN Y ORDENAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJES SANITARIOS EN EL CASO URBANO DE LA CABECERA DEPARTAMENTAL DE ZACAPA\*

CÁLCULO DE VOLÚMENES TRAMOS CRÍTICOS SUB-SECTOR 2 N-O											
Nº.	TRAMO CRÍTICO		φDISEÑO	D.H (MT)	TUBOS P.V.C	PROFUNDIDAD DE POZO		PROFUNDIDA D DE ZANJA	ANCHO DE ZANJA MT	EXCAVACIÓN M3	TIPO DE CARPETA DE RODADURA
	DE P.V.	A P.V.				INICIO	FINAL				
1	R43	R42	15°	102	17	1,39	2,2	1,795	0,9	181	CONCRETO
2	R42	R56	15°	65	11	2,2	2,25	2,215	0,9	143	CONCRETO

CÁLCULO DE VOLÚMENES TRAMOS CRÍTICOS SUB-SECTOR 4 N-O											
Nº.	TRAMO CRÍTICO		φDISEÑO	D.H (MT)	TUBOS P.V.C	PROFUNDIDAD DE POZO		PROFUNDIDA D DE ZANJA	ANCHO DE ZANJA MT	EXCAVACIÓN M3	TIPO DE CARPETA DE RODADURA
	DE P.V.	A P.V.				INICIO	FINAL				
1	BA10	BA1	15°	24	4	2,38	2	2,19	0,9	52	ADOQUÍN
2	BA9	SH9	10°	50	9	1,92	2,08	2	0,7	77	ADOQUÍN
3	SH9	SH8	10°	38	7	2,08	2,26	2,17	0,7	63	ADOQUÍN
4	SH9	SH6	10°	60	10	2,08	1,53	1,805	0,7	83	ADOQUÍN
5	SH1	SH6	15°	45	8	2,52	1,53	2,025	0,9	90	ADOQUÍN
6	SH5	SH10	15°	39	7	1,72	1,8	1,76	0,9	68	ADOQUÍN
7	SH7	SH6	12°	40	7	1,72	1,53	1,625	0,75	54	ADOQUÍN
8	SH8	SH7	12°	66	11	2,26	1,72	1,99	0,75	108	ADOQUÍN
9	CA	SH6	12°	40	7	1,9	2,26	2,06	0,75	69	ADOQUÍN
10	C3	SH7	18°	45	8	1,88	1,72	1,8	1,1	98	ADOQUÍN
11	C1	SH4	30°	46	8	1,8	3,3	2,55	1,55	200	ADOQUÍN
12	C12	C13	12°	37	7	1,61	2,25	1,92	0,75	59	ADOQUÍN
13	C13	E2	18°	75	13	2,23	1,62	1,925	1,1	175	ADOQUÍN
14	E9	E8	15°	17	3	1,85	2,32	2,085	0,9	35	ADOQUÍN
15	E8	J65	24°	55	10	2,32	1,56	1,94	1,35	158	ADOQUÍN
16	J67	J64	12°	48	8	5,21	1,29	3,25	0,75	129	ADOQUÍN
17	R15	R20	10°	28	5	2,77	1,83	2,3	0,7	50	ADOQUÍN
18	R20	R16	10°	50	9	1,83	1,43	1,63	0,7	63	ADOQUÍN
19	J68	R25	15°	107	16	3,8	1,44	2,62	0,9	278	TERRACERÍA
20	R15	R25	10°	63	11	2,77	1,44	2,105	0,7	102	ADOQUÍN
21	R24	R23	24°	11	1	1,48	2,27	1,875	1,35	31	CONCRETO
22	L56	L55	24°	43	8	0,87	1,01	0,94	1,35	60	ADOQUÍN
23	R1	R2	15°	27	5	1,06	2,06	1,56	0,9	42	CONCRETO
24	R2	R47	18°	63	11	2,06	4,24	3,15	1,1	240	CONCRETO

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. Cálculo de volúmenes tramos críticos sector nor-este.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S  
 EPESISTA, CARLOS ENRIQUE ESTRADA CONTRERAS  
 SEDE: MUNICIPALIDAD DE ZACAPA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA



PROYECTO: \* ACTUALIZACIÓN Y ORDENAMIENTO DEL SISTEMA DE OREAJES SANITARIOS EN EL CASCO URBANO DE LA CABECERA DEPARTAMENTAL DE ZACAPA \*

CÁLCULO DE VOLÚMENES TRAMOS CRÍTICOS SUB-SECTOR 1 N-E											
No.	TRAMO CRÍTICO		φDISEÑO	D.H (MT)	TUBOS P.V.C	PROFUNDIDAD DE POZO		PROFUNDIDA D DE ZANJA	ANCHO DE ZANJA MT	EXCAVACIÓN M3	TIPO DE CARPETA DE RODADURA
	DE P.V.	A P.V.				INICIO	FINAL				
1	B1	B2	18"	40	7	3,9	3,8	3,85	1,1	186	TERRACERÍA

CÁLCULO DE VOLÚMENES TRAMOS CRÍTICOS SUB-SECTOR 2 N-E											
No.	TRAMO CRÍTICO		φDISEÑO	D.H (MT)	TUBOS P.V.C	PROFUNDIDAD DE POZO		PROFUNDIDA D DE ZANJA	ANCHO DE ZANJA MT	EXCAVACIÓN M3	TIPO DE CARPETA DE RODADURA
	DE P.V.	A P.V.				INICIO	FINAL				
1	CH73	CH71	30"	58	10	2,3	2,27	2,285	1,55	226	ADOQUÍN
2	F16	F15	12"	99	17	1,09	1,53	1,31	0,75	107	TERRACERÍA
3	F10	F9	8"	46	9	0,81	1,67	1,24	0,6	38	CONCRETO
4	F9	F23	30"	51	9	1,67	1,52	1,595	1,55	139	CONCRETO

CÁLCULO DE VOLÚMENES TRAMOS CRÍTICOS SUB-SECTOR 3 N-E											
No.	TRAMO CRÍTICO		φDISEÑO	D.H (MT)	TUBOS P.V.C	PROFUNDIDAD DE POZO		PROFUNDIDA D DE ZANJA	ANCHO DE ZANJA MT	EXCAVACIÓN M3	TIPO DE CARPETA DE RODADURA
	DE P.V.	A P.V.				INICIO	FINAL				
1	CH10	CH9	10"	29	5	1,5	1,55	1,425	0,7	32	CONCRETO
2	CH9	CH8	10"	27	5	1,35	1,7	1,525	0,7	32	CONCRETO
3	CH3	CH55	12"	36	6	1,11	1,03	1,07	0,75	32	PIEDRA
4	CH55	CH54	18"	59	10	1,03	1,05	1,04	1,1	74	PIEDRA
5	TH12	CH29	10"	138	23	1,04	4,09	2,565	0,7	273	CONCRETO
6	F8	F7	18"	59	10	1,44	3,98	2,71	1,1	193	ADOQUÍN
7	R53	R52	18"	44	8	3,62	2,63	3,125	1,1	166	CONCRETO
8	F7	F6	18"	16	2	3,98	4,18	4,08	1,1	79	ADOQUÍN
9	F5	F7	12"	40	7	1,28	3,98	2,63	0,75	87	ADOQUÍN
10	F2	F3	15"	48	8	1,5	5,06	3,28	0,9	156	ADOQUÍN
11	CH77	CH76	15"	33	6	1,48	1,6	1,54	0,9	50	TERRACERÍA
12	CH76	CH75	12"	65	11	1,6	1,37	1,485	0,75	80	TERRACERÍA
13	CH75	CH74	18"	47	8	1,37	1,34	1,355	1,1	77	TERRACERÍA
14	CH74	CH25	18"	70	12	1,34	1,17	1,255	1,1	106	CONCRETO
15	CH25	CH26	15"	49	9	1,17	2,28	1,725	0,9	84	CONCRETO
16	CH26	CH23	10"	57	10	2,28	2,64	2,46	0,7	108	CONCRETO
17	CH23	CH80	12"	36	6	2,64	2,82	2,73	0,75	81	CONCRETO

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. Cálculo de volúmenes tramos críticos sector sur-oeste.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S  
 EPESISTA, CARLOS ENRIQUE ESTRADA CONTRERAS  
 SEDE: MUNICIPALIDAD DE ZACAPA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA



PROYECTO: \* ACTUALIZACIÓN Y ORDENAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJES SANITARIOS EN EL CASCO URBANO DE LA CABECERA DEPARTAMENTAL DE ZACAPA \*

CÁLCULO DE VOLÚMENES TRAMOS CRÍTICOS SUB-SECTOR 1 S-O											
No.	TRAMO CRÍTICO		φDISEÑO	D.H (MT)	TUBOS P.V.C	PROFUNDIDAD DE POZO		PROFUNDIDAD DE ZANJA	ANCHO DE ZANJA MT	EXCAVACIÓN M3	TIPO DE CARPETA DE RODADURA
	DE P.V.	A P.V.				INICIO	FINAL				
1	L53	L51	10"	98	17	1,33	4,08	2,705	0,7	204	ADOQUÍN
2	L66	L51	12"	118	20	1,87	4,08	2,975	0,75	290	ADOQUÍN
3	L51	L50	18"	40	7	4,08	4,54	4,31	1,1	209	ADOQUÍN
4	L50	L49	15"	25	4	4,54	4,16	4,35	0,9	108	ADOQUÍN
5	L49	L19	10"	55	10	4,16	2,94	3,55	0,7	150	ADOQUÍN
6	L17	L16	15"	60	10	1,63	2,22	1,925	0,9	114	ADOQUÍN
7	L16	L15	15"	41	7	2,22	1,74	1,98	0,9	80	ADOQUÍN
8	L15	L14	12"	51	9	1,74	1,39	1,565	0,75	66	ADOQUÍN
9	L10	L14	10"	36	6	1,4	1,39	1,395	0,7	39	ADOQUÍN
10	B02	B03	10"	43	8	0,91	1,6	1,255	0,7	42	ADOQUÍN
11	B011	B010	10"	40	7	1,9	3,71	2,805	0,7	86	ADOQUÍN
12	B08	B04	15"	42	7	1,72	3,48	2,6	0,9	108	ADOQUÍN
13	L43	L45	12"	122	21	1,96	1,76	1,86	0,75	187	ADOQUÍN
14	L63	L20	18"	52	9	1,24	1,27	1,255	1,1	79	ADOQUÍN
15	L64	L25	15"	86	15	1,81	1,47	1,64	0,9	140	ADOQUÍN
16	L3	L2	10"	57	10	1,32	1,53	1,425	0,7	63	CONCRETO
17	L8	L5	15"	86	15	2,77	0,96	1,865	0,9	159	ADOQUÍN
18	BV7	BV1	18"	43	7	1,13	1,35	1,24	1,1	65	ADOQUÍN
19	BV6	BV5	12"	23	4	0,75	1,18	0,965	0,75	18	ADOQUÍN
20	BV5	BV4	10"	46	8	1,18	1,6	1,39	0,7	49	ADOQUÍN
21	BV4	BV3	12"	25	4	1,6	1,76	1,68	0,75	35	ADOQUÍN
22	R30	R6	15"	104	18	1,3	1,26	1,28	0,9	132	ADOQUÍN
23	M3	M2	24"	98	17	1,14	1,87	1,505	1,35	219	ADOQUÍN
24	M2	M1	18"	53	9	1,87	2,23	2,05	1,1	131	ADOQUÍN

CÁLCULO DE VOLÚMENES TRAMOS CRÍTICOS SUB-SECTOR 2 S-O											
No.	TRAMO CRÍTICO		φDISEÑO	D.H (MT)	TUBOS P.V.C	PROFUNDIDAD DE POZO		PROFUNDIDAD DE ZANJA	ANCHO DE ZANJA MT	EXCAVACIÓN M3	TIPO DE CARPETA DE RODADURA
	DE P.V.	A P.V.				INICIO	FINAL				
1	R32	R31	15"	15	3	1,47	1,5	1,485	0,9	22	PIEDRA
2	R31	R30	18"	38	7	1,5	1,3	1,4	1,1	64	PIEDRA
3	R30	R29	15"	45	8	1,3	1,32	1,31	0,9	58	PIEDRA
4	R28	R27	12"	43	8	1,89	1,92	1,905	0,75	68	PIEDRA
5	R27	R26	12"	38	7	1,92	1,91	1,915	0,75	60	PIEDRA
6	R26	R14	12"	55	10	1,91	1,3	1,605	0,75	73	PIEDRA

CÁLCULO DE VOLÚMENES TRAMOS CRÍTICOS SUB-SECTOR 3 S-O											
No.	TRAMO CRÍTICO		φDISEÑO	D.H (MT)	TUBOS P.V.C	PROFUNDIDAD DE POZO		PROFUNDIDAD DE ZANJA	ANCHO DE ZANJA MT	EXCAVACIÓN M3	TIPO DE CARPETA DE RODADURA
	DE P.V.	A P.V.				INICIO	FINAL				
1	BAN4	BAN5	18"	7	1	2,55	2,62	2,585	1,1	22	ADOQUÍN

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. Cálculo de volúmenes tramos críticos sector sur-este.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO E.P.S  
 EPESISTA, CARLOS ENRIQUE ESTRADA CONTRERAS  
 SEDE: MUNICIPALIDAD DE ZACAPA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA



PROYECTO: \* ACTUALIZACIÓN Y ORDENAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJES SANITARIOS EN EL CASCO URBANO DE LA CABECERA DEPARTAMENTAL DE ZACAPA\*

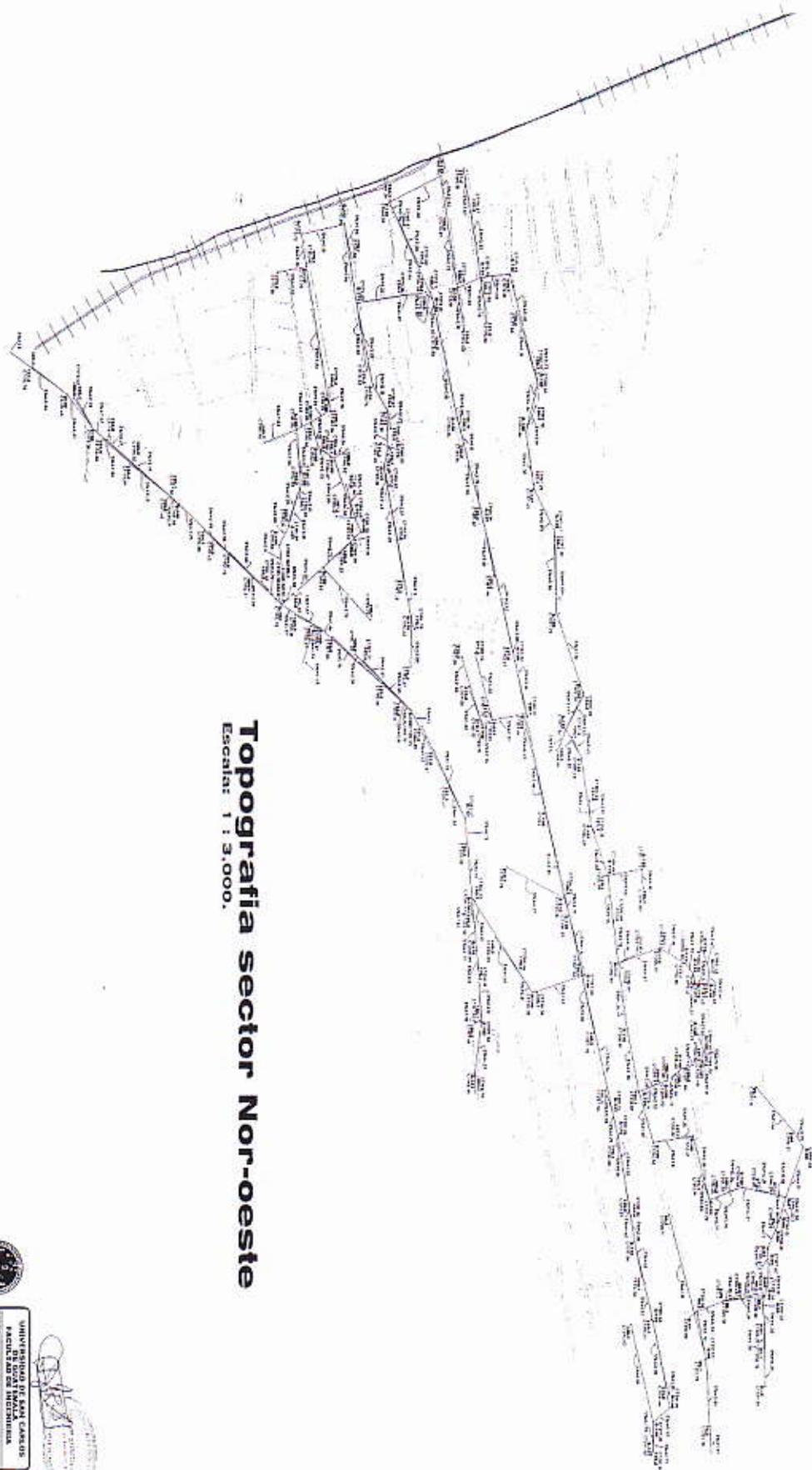
CÁLCULO DE VOLÚMENES TRAMOS CRÍTICOS SUB-SECTOR 1 S-E											
No.	TRAMO CRÍTICO		φDISEÑO	D.H (MT)	TUBOS P.V.C	PROFUNDIDAD DE POZO		PROFUNDIDA D DE ZANJA	ANCHO DE ZANJA MT	EXCAVACIÓN M3	TIPO DE CARPETA DE RODADURA
	DE P.V.	A P.V.				INICIO	FINAL				
1	CM47	CM46	15°	52	9	2,65	3,2	2,925	0,9	151	ADOQUÍN
2	CM43	CM42	10°	7	2	1,58	1,61	1,595	0,7	9	ADOQUÍN
3	LL4	LL3	15°	13	3	1,96	2,12	2,04	0,9	26	CONCRETO
4	CM69	CM68	12°	7	2	2,5	2,48	2,49	0,75	14	ADOQUÍN
5	CM66	CM62	24°	76	15	4,93	3	3,965	1,35	44,7	ADOQUÍN
6	CM57	CM56	15°	43	8	1,29	1,1	1,195	0,9	51	ADOQUÍN
7	CM67	CM60	24°	35	6	2,02	1,92	1,97	1,35	102	ADOQUÍN
8	CM57	CM58	15°	68	12	1,29	2,4	1,845	0,9	124	ADOQUÍN
9	TM11	TM4	18°	55	10	1,56	1,45	1,505	1,1	100	ADOQUÍN
10	CM58	CM37	10°	34	6	1,67	1,6	1,635	0,7	43	ADOQUÍN
11	CM37	CM36	10°	17	3	1,6	3,1	2,35	0,7	31	ADOQUÍN
12	TM16	TM15	8°	67	12	1,14	1,2	1,17	0,6	52	CONCRETO
13	L70	L68	12°	88	15	1,58	1,59	1,585	0,75	115	CONCRETO
14	CM40	CM41	10°	7	2	1,92	1,53	1,725	0,7	9	PIEDRA

CÁLCULO DE VOLÚMENES TRAMOS CRÍTICOS SUB-SECTOR 2 S-E											
No.	TRAMO CRÍTICO		φDISEÑO	D.H (MT)	TUBOS P.V.C	PROFUNDIDAD DE POZO		PROFUNDIDA D DE ZANJA	ANCHO DE ZANJA MT	EXCAVACIÓN M3	TIPO DE CARPETA DE RODADURA
	DE P.V.	A P.V.				INICIO	FINAL				
1	JP4	JP3	12°	39	7	2	1,45	1,725	0,75	56	TERRACERÍA

CÁLCULO DE VOLÚMENES TRAMOS CRÍTICOS SUB-SECTOR 3 S-E											
No.	TRAMO CRÍTICO		φDISEÑO	D.H (MT)	TUBOS P.V.C	PROFUNDIDAD DE POZO		PROFUNDIDA D DE ZANJA	ANCHO DE ZANJA MT	EXCAVACIÓN M3	TIPO DE CARPETA DE RODADURA
	DE P.V.	A P.V.				INICIO	FINAL				
1	BJ4	BJ1	8°	128	22	1,18	1,37	1,275	0,6	108	ADOQUÍN
2	BJ1	BJ2	12°	49	9	1,37	1,86	1,615	0,75	65	ADOQUÍN

Fuente: elaboración propia.





# Topografía sector Nor-oeste

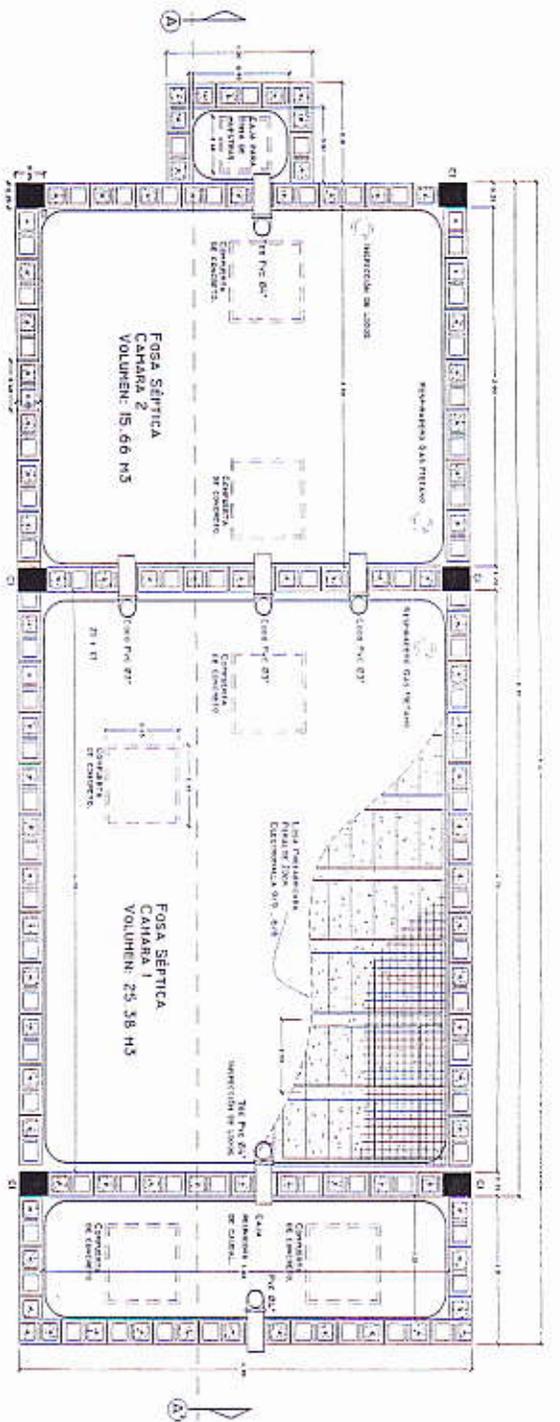
Escala: 1 : 3.000.



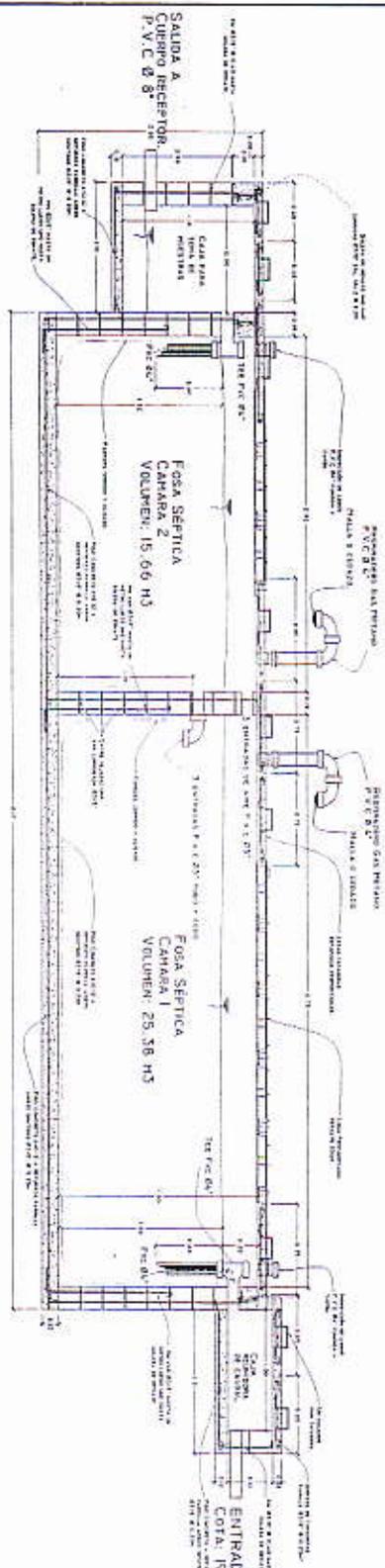
			
<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS</b> <b>FACULTAD DE GEOMÁTICA</b> Ingeniería en Topografía y Geomática			
Trabajo de Topografía y Geomática			
Nombre del Estudiante: <i>[Signature]</i>		Fecha: 11/03/2011	
Nombre del Profesor: <i>[Signature]</i>		Lugar: San Carlos	
Título: <i>[Signature]</i>		Fecha: 11/03/2011	
Lugar: San Carlos		Fecha: 11/03/2011	



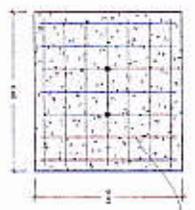




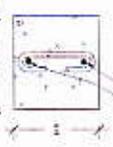
**Planta Fosa Séptica Subsector 1 N-O**  
 Volumen Total: 40 m<sup>3</sup>  
 Escala: 1 : 20



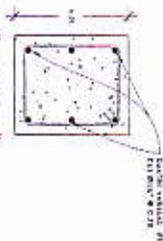
**Sección A-A' Subsector 1 N-O**  
 Volumen Total: 40 m<sup>3</sup>.  
 Escala: 1 : 20



**Compuerta.**  
 Escala: 1 : 10



**Solera remate**  
 Escala: 1 : 5



**Columna C1**  
 Escala: 1 : 5

ENTRADA P.V.C Ø 8"  
 COTA: 101.18 M

**ESPECIFICACIONES:**

1. MATERIALES Y MANO DE OBRA: SE DEBE USAR LOS MATERIALES Y MANO DE OBRA DE CALIDAD Y CANTIDAD DEBEN SER LAS QUE SE INDICAN EN EL DISEÑO.
2. SE DEBE USAR LOS MATERIALES Y MANO DE OBRA DE CALIDAD Y CANTIDAD DEBEN SER LAS QUE SE INDICAN EN EL DISEÑO.
3. SE DEBE USAR LOS MATERIALES Y MANO DE OBRA DE CALIDAD Y CANTIDAD DEBEN SER LAS QUE SE INDICAN EN EL DISEÑO.
4. SE DEBE USAR LOS MATERIALES Y MANO DE OBRA DE CALIDAD Y CANTIDAD DEBEN SER LAS QUE SE INDICAN EN EL DISEÑO.
5. SE DEBE USAR LOS MATERIALES Y MANO DE OBRA DE CALIDAD Y CANTIDAD DEBEN SER LAS QUE SE INDICAN EN EL DISEÑO.
6. SE DEBE USAR LOS MATERIALES Y MANO DE OBRA DE CALIDAD Y CANTIDAD DEBEN SER LAS QUE SE INDICAN EN EL DISEÑO.
7. SE DEBE USAR LOS MATERIALES Y MANO DE OBRA DE CALIDAD Y CANTIDAD DEBEN SER LAS QUE SE INDICAN EN EL DISEÑO.

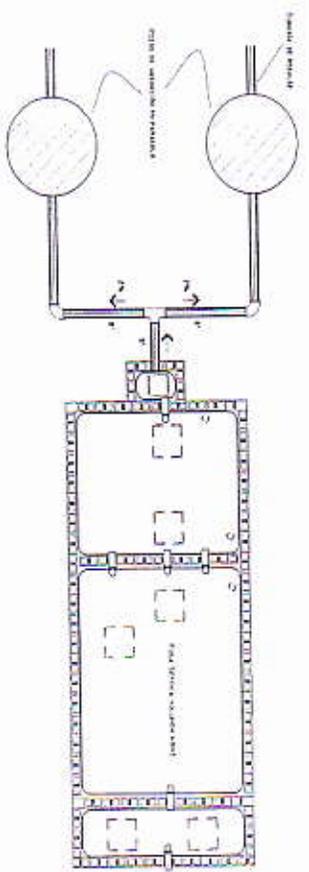
**UNIVERSIDAD DEL SAHARA OCCIDENTAL**  
**FAKEL DE UOJDAI SAKALA**  
 Facultad de Ingeniería y Arquitectura

**UNIVERSIDAD DEL SAHARA OCCIDENTAL**  
 Facultad de Ingeniería y Arquitectura

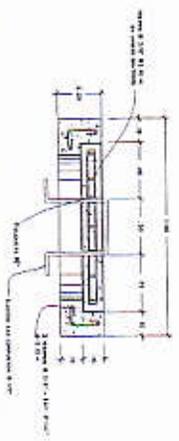
**UNIVERSIDAD DEL SAHARA OCCIDENTAL**  
 Facultad de Ingeniería y Arquitectura

**UNIVERSIDAD DEL SAHARA OCCIDENTAL**  
 Facultad de Ingeniería y Arquitectura

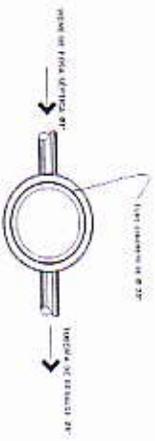




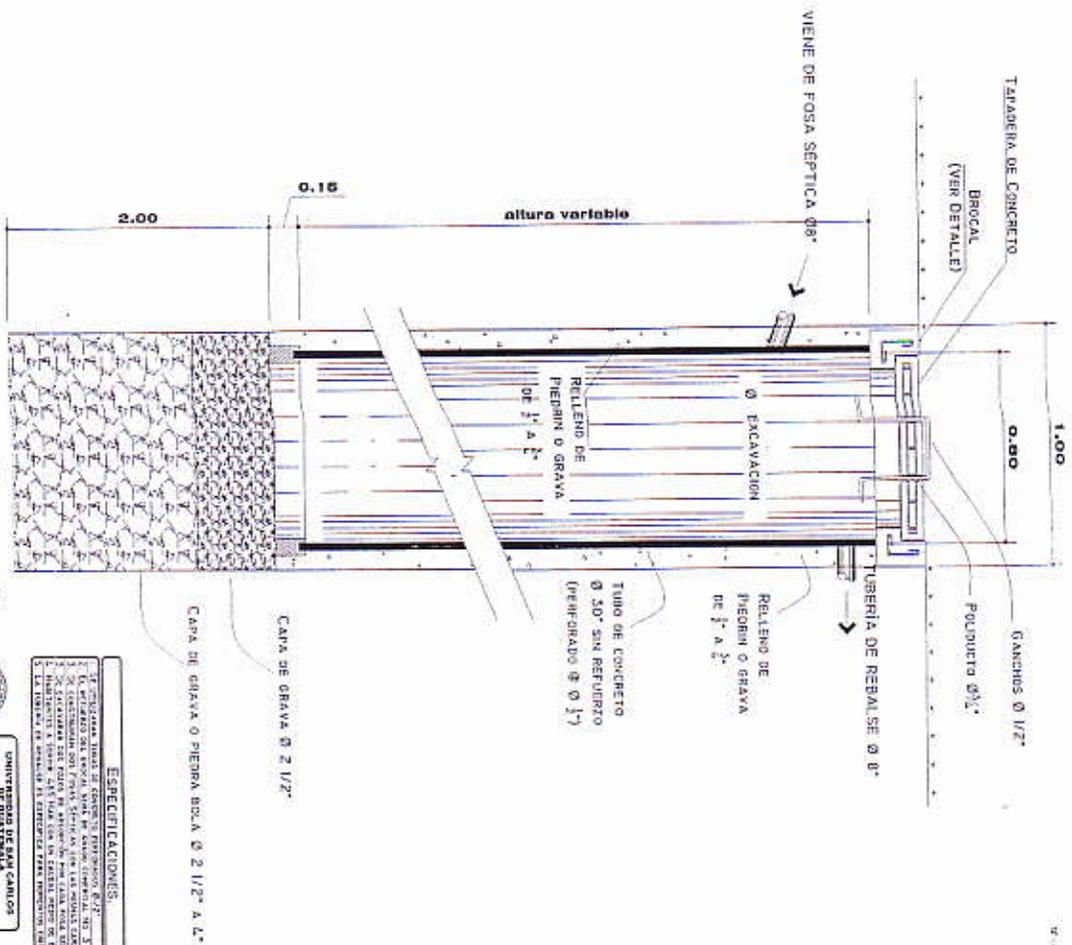
**Planta esquemática fosa + pozos.**  
Escala: 1 : 50



**Brocal pozo de absorción.**  
Escala: 1 : 10



**Planta pozo de absorción**  
Escala: 1 : 50



**Sección pozo de absorción**  
Sin escala.

**ESPECIFICACIONES:**

1. EL CEMENTO PARA TUBOS DE CONCRETO PRE-CURADO Ø 2.50" DEBE SER TIPO PORTLAND 4000 PSI.

2. EL CEMENTO PARA BROCAL, TUBO DE CONCRETO Ø 2.50" Y TUBO DE CONCRETO Ø 2.50" SIN REFUERZO DEBE SER TIPO PORTLAND 4000 PSI.

3. EL CEMENTO PARA TUBO DE CONCRETO Ø 2.50" SIN REFUERZO DEBE SER TIPO PORTLAND 4000 PSI.

4. EL CEMENTO PARA TUBO DE CONCRETO Ø 2.50" SIN REFUERZO DEBE SER TIPO PORTLAND 4000 PSI.

5. EL CEMENTO PARA TUBO DE CONCRETO Ø 2.50" SIN REFUERZO DEBE SER TIPO PORTLAND 4000 PSI.

6. EL CEMENTO PARA TUBO DE CONCRETO Ø 2.50" SIN REFUERZO DEBE SER TIPO PORTLAND 4000 PSI.

7. EL CEMENTO PARA TUBO DE CONCRETO Ø 2.50" SIN REFUERZO DEBE SER TIPO PORTLAND 4000 PSI.

8. EL CEMENTO PARA TUBO DE CONCRETO Ø 2.50" SIN REFUERZO DEBE SER TIPO PORTLAND 4000 PSI.

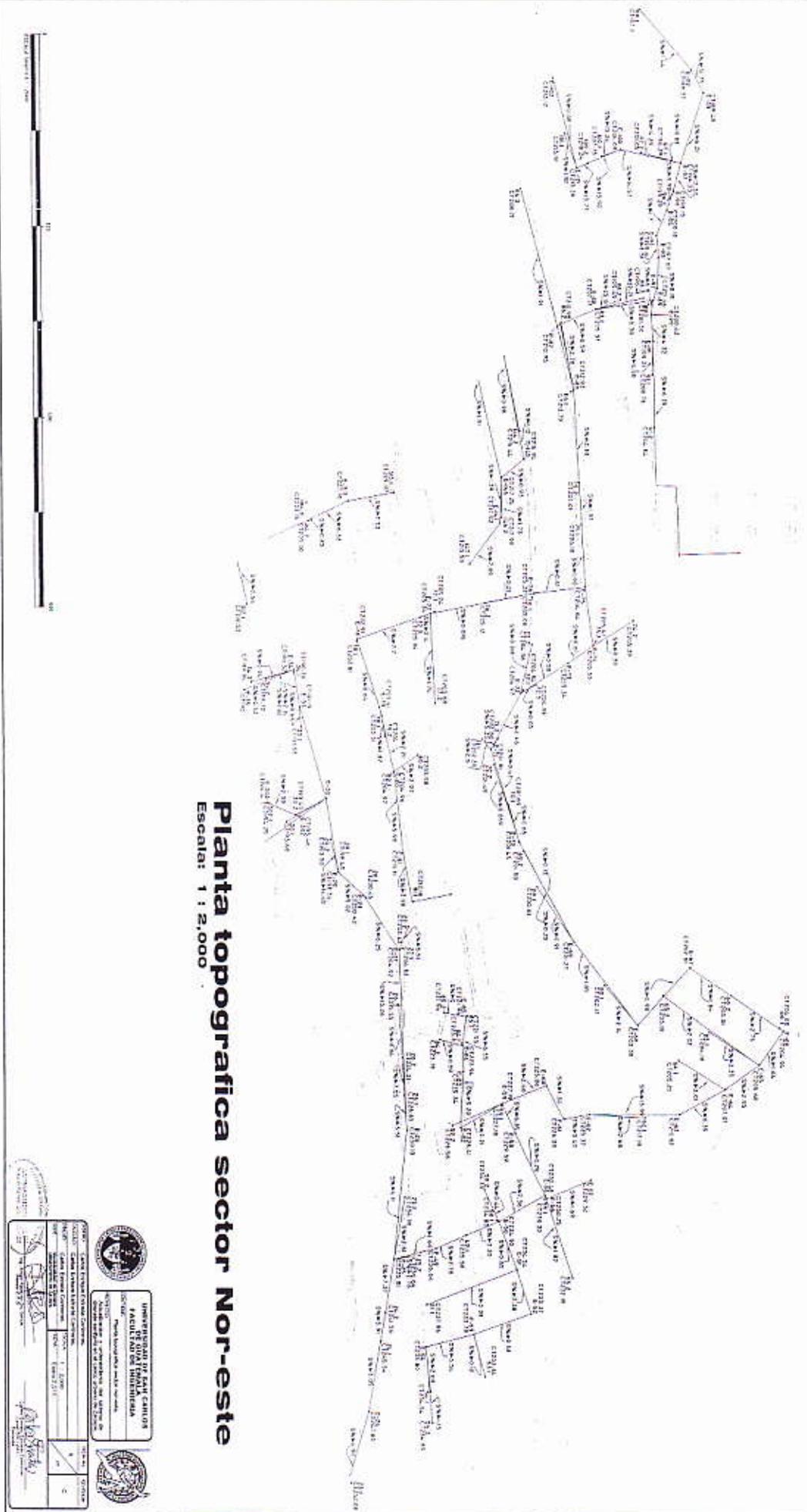
9. EL CEMENTO PARA TUBO DE CONCRETO Ø 2.50" SIN REFUERZO DEBE SER TIPO PORTLAND 4000 PSI.

10. EL CEMENTO PARA TUBO DE CONCRETO Ø 2.50" SIN REFUERZO DEBE SER TIPO PORTLAND 4000 PSI.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE AGUAS Y SANEAMIENTO

Nombre: [ ]  
Código: [ ]  
Fecha: [ ]



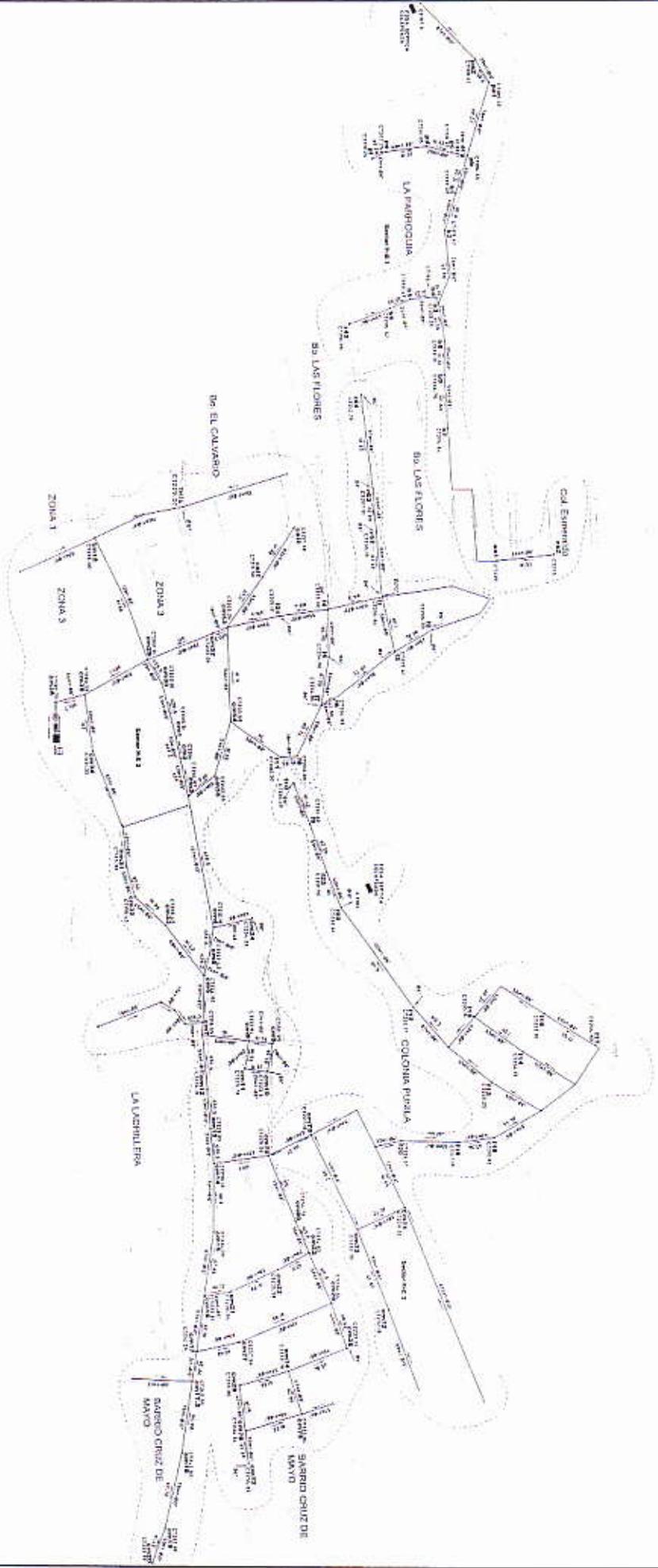


# Planta topografica sector Nor-este

Escala: 1 : 2,000



<b>UNIVERSIDAD DE LA GUAYANA</b> <b>FACULTAD DE GEODESIA E INGENIERIA MINERA</b>			
Departamento de Ingeniería de Topografía y Geomática			
Carrera de Ingeniería de Topografía y Geomática			
Asignatura: Topografía			
Título: Proyecto de Topografía			
Autor: [Signature]			
Fecha: [Date]			
Lugar: [Location]			
Escala: 1 : 2,000			
Hoja: 1 de 1			



**Sector nor-este**  
Escala: 1 : 2,000

SIMBOLOGIA	
[Symbol]	POSO DE VISITA
[Symbol]	DIRECCION DE CARRETEL
[Symbol]	INDICA DE VISITA DEL MUNICIPIO
[Symbol]	INDICA TRAMO CORTES
[Symbol]	INDICA TRAMO EN PASEO
[Symbol]	INDICA TRAMO EN BARRIO
[Symbol]	INDICA TRAMO EN ZONA



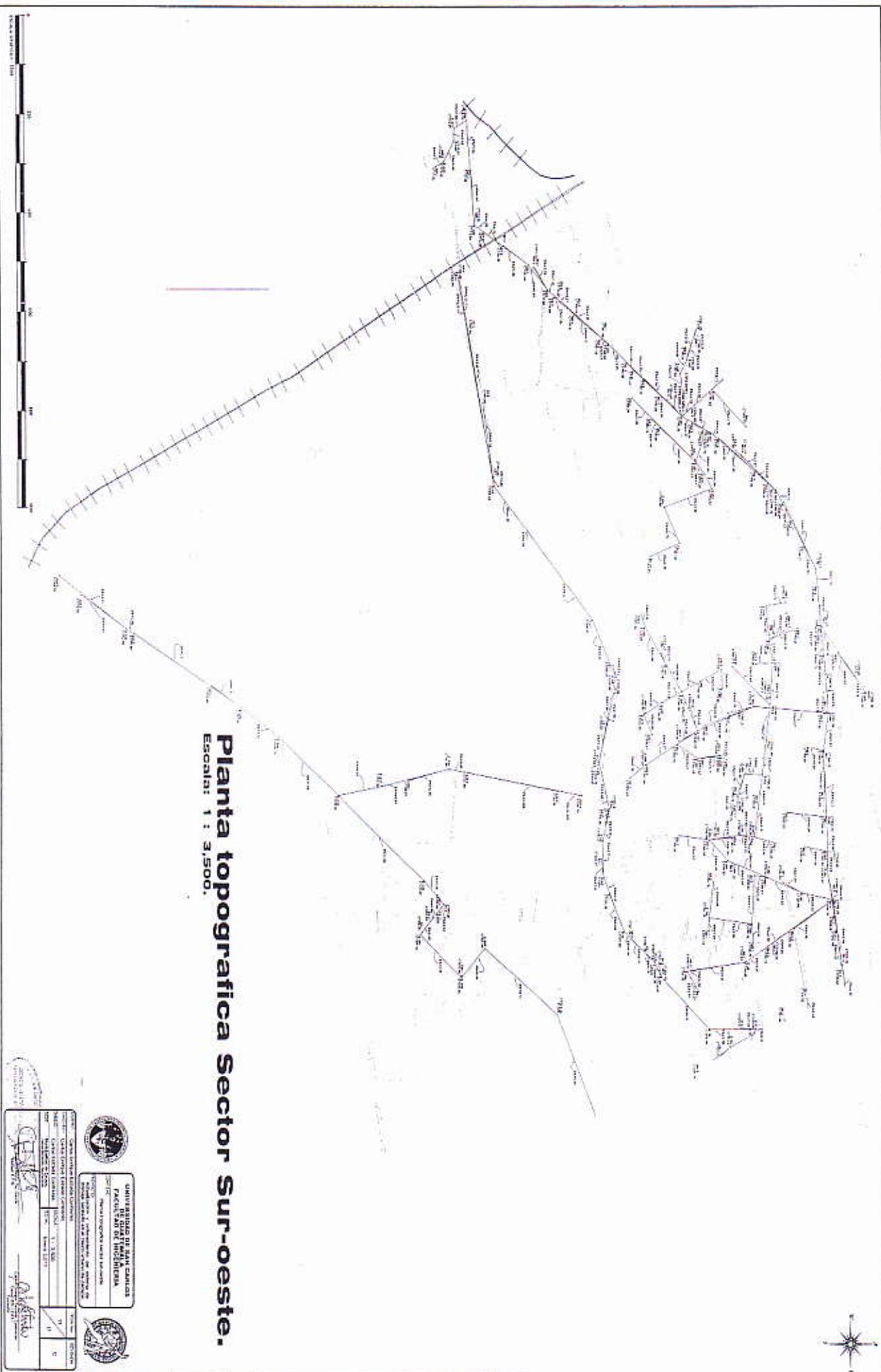
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DEL SECTOR NOR-ESTE DE LA UCHIRILERA

TITULO: OBRAS DE RECONSTRUCCION DEL SECTOR NOR-ESTE DE LA UCHIRILERA AUTOR: ING. JUAN CARLOS GONZALEZ FECHA: 11 DE ABRIL DE 2010	ESCALA: 1 : 2,000 HOJA: 9 DE 9
--	-----------------------------------







**Planta topografica Sector Sur-este.**  
 Escala: 1 : 3,500.

UNIVERSITATEA DE STAT CUZCO  
 FACULTATEA DE INGINIERIA  
 INSTITUTUL DE INGINIERIA SI ARHITECTURA

PROIECT DE INGINIERIA SI ARHITECTURA

NUMERUL DE INREGISTRARE: 113/2008

DATA: 15.05.2008

PROIECTANT: [Signature]

VERIFICATOR: [Signature]

APROBATOR: [Signature]

PROIECT DE INGINIERIA SI ARHITECTURA

NUMERUL DE INREGISTRARE: 113/2008

DATA: 15.05.2008

PROIECTANT: [Signature]

VERIFICATOR: [Signature]

APROBATOR: [Signature]











**Subsector S-E 1**

**INDICES CRITICOS SUB-SECTOR 1 S-E**

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

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

# Subsectores Sur-este



**Subsector S-E 3**

**INDICES CRITICOS SUB-SECTOR 3 S-E**

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

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



**Subsector S-E 2**

**INDICES CRITICOS SUB-SECTOR 2 S-E**

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

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

**SIMBOLOGIA**

●	TRAZO DE PUNTO
○	TRAZO DE LINEA
□	TRAZO DE LINEA CON PUNTO
△	TRAZO DE LINEA CON LINEA
◇	TRAZO DE LINEA CON LINEA Y PUNTO
◇	TRAZO DE LINEA CON LINEA Y LINEA
◇	TRAZO DE LINEA CON LINEA Y LINEA Y PUNTO
◇	TRAZO DE LINEA CON LINEA Y LINEA Y LINEA Y PUNTO
◇	TRAZO DE LINEA CON LINEA Y LINEA Y LINEA Y LINEA Y PUNTO
◇	TRAZO DE LINEA CON LINEA Y LINEA Y LINEA Y LINEA Y LINEA Y PUNTO
◇	TRAZO DE LINEA CON LINEA Y LINEA Y LINEA Y LINEA Y LINEA Y LINEA Y PUNTO
◇	TRAZO DE LINEA CON LINEA Y LINEA Y LINEA Y LINEA Y LINEA Y LINEA Y LINEA Y PUNTO
◇	TRAZO DE LINEA CON LINEA Y LINEA Y LINEA Y LINEA Y LINEA Y LINEA Y LINEA Y LINEA Y PUNTO
◇	TRAZO DE LINEA CON LINEA Y LINEA Y LINEA Y LINEA Y LINEA Y LINEA Y LINEA Y LINEA Y LINEA Y PUNTO

**UNIVERSIDAD DE GUATEMALA**  
**INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA**  
**INEC**

El presente informe fue elaborado por el personal técnico del INEC, en cumplimiento de las funciones asignadas por el INEC, en el marco de la Ley de Estadística, Ley No. 13-90, y sus reformas.

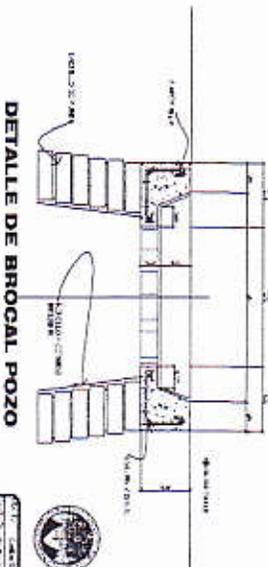
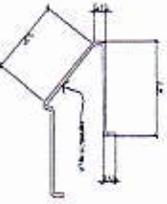
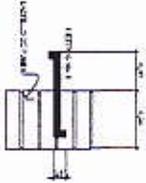
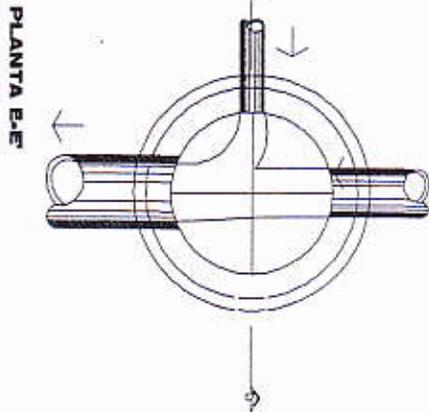
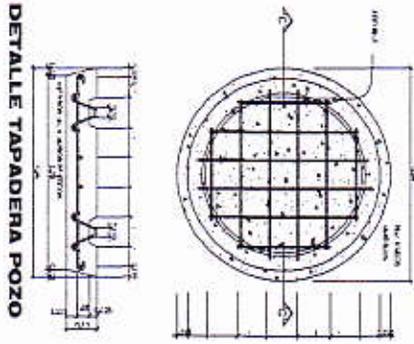
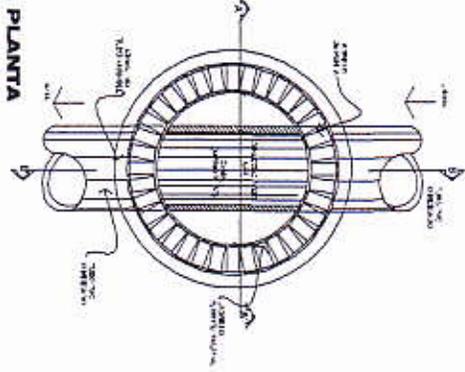
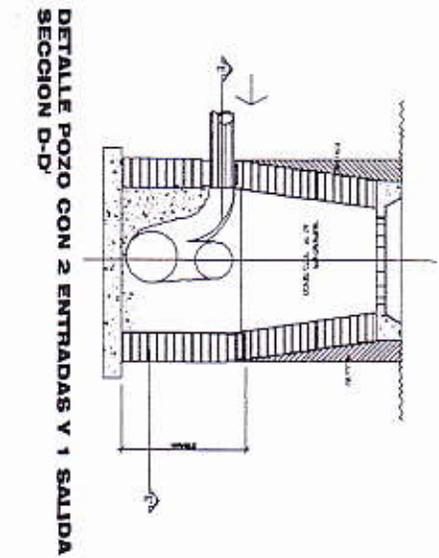
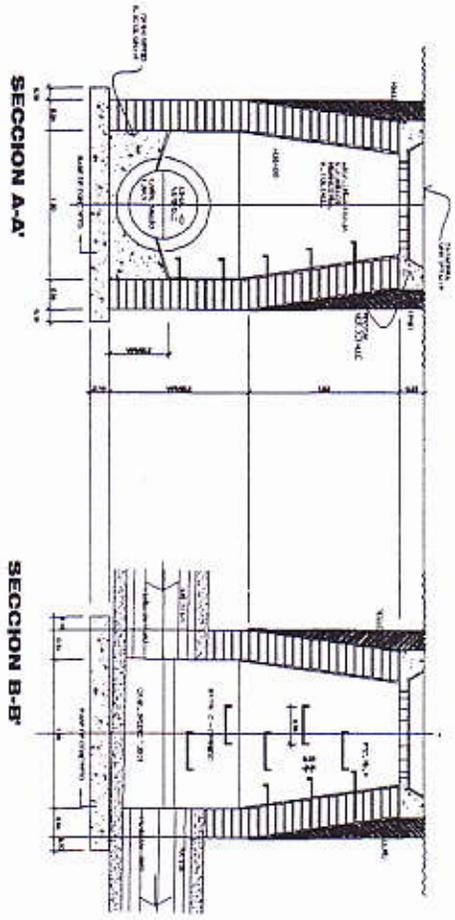
El presente informe es el resultado de un estudio de campo, realizado en el mes de mayo del 2010, en el subsector S-E 1, S-E 2 y S-E 3, de la zona de la Tonda, en el municipio de Sanarate, departamento de Guatemala.

El presente informe es el resultado de un estudio de campo, realizado en el mes de mayo del 2010, en el subsector S-E 1, S-E 2 y S-E 3, de la zona de la Tonda, en el municipio de Sanarate, departamento de Guatemala.

El presente informe es el resultado de un estudio de campo, realizado en el mes de mayo del 2010, en el subsector S-E 1, S-E 2 y S-E 3, de la zona de la Tonda, en el municipio de Sanarate, departamento de Guatemala.





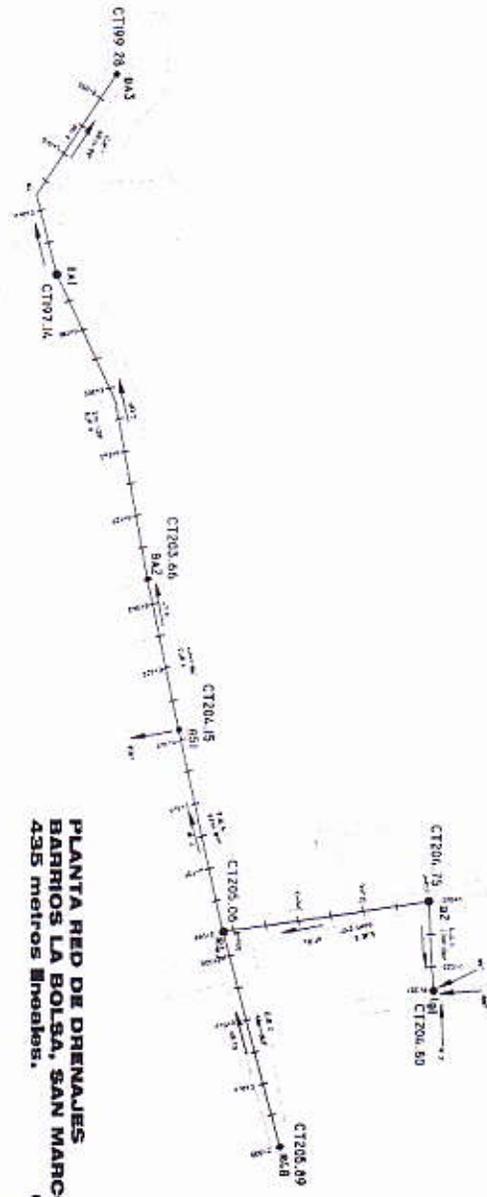
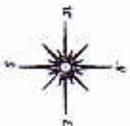



  
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**
  
**FACULTAD DE INGENIERIA**
  
 INSTITUTO DE INGENIERIA CIVIL

Nombre del Proyecto	...
Fecha de Ejecución	...
Escala	...
Autores	...
Revisores	...
Fecha de Entrega	...

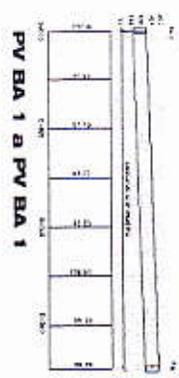
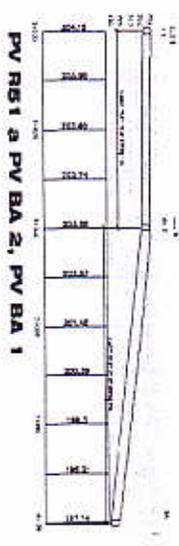
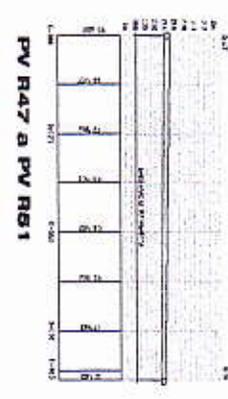
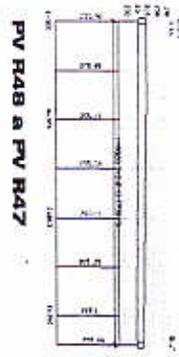
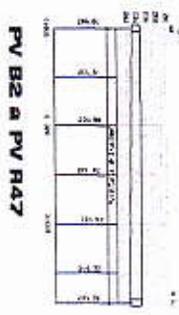
DISEÑO DE UN POZO

DETALLE DE ESCALON



**PLANTA RED DE DRENAJES  
BARRIOS LA BOLSA, SAN MARCOS.  
435 metros lineales.**

ESCALA 1 : 1 750



UNIVERSIDAD DE SAN MARCOS  
FACULTAD DE INGENIERIA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARCOS

TITULO: PLAN DE DRENAJE AUTORES: [Nombres de los autores] FECHA: [Fecha]	INSTITUCION: [Nombre de la institución] ASIGNATURA: [Nombre de la asignatura]
--	--

**ANEXOS.**

La tabla XXIII. Relaciones hidráulicas para secciones circulares.

RELACIONES HIDRÁULICAS PARA SECCIONES CIRCULARES.											
d/D	A/A	v/V	q/Q	d/D	A/A	v/V	q/Q	d/D	A/A	v/V	q/Q
0.005	0.0006	0.05	0.00003	0.1525	0.07855	0.479	0.037625	0.47	0.46178	0.973	0.46931
0.0075	0.0011	0.074	0.000081	0.135	0.08071	0.484	0.039064	0.48	0.47454	0.983	0.46647
0.01	0.00167	0.088	0.000147	0.1375	0.08289	0.49	0.040616	0.49	0.48742	0.991	0.48303
0.0125	0.00237	0.103	0.000244	0.14	0.08509	0.495	0.04212	0.5	0.5	1	0.5
0.015	0.0031	0.116	0.00036	0.1425	0.08632	0.501	0.043247	0.51	0.51258	1.009	0.51719
0.0176	0.00391	0.129	0.000604	0.145	0.08954	0.507	0.045397	0.52	0.52546	1.016	0.53387
0.02	0.00477	0.141	0.000672	0.1475	0.09129	0.511	0.046649	0.53	0.53822	1.023	0.5506
0.0225	0.00469	0.152	0.000865	0.15	0.09406	0.517	0.048629	0.54	0.55087	1.029	0.56685
0.025	0.00665	0.163	0.001084	0.1525	0.09638	0.522	0.05031	0.55	0.56355	1.033	0.58215
0.0275	0.00768	0.174	0.001336	0.155	0.09864	0.528	0.052082	0.56	0.57621	1.049	0.60444
0.03	0.00874	0.184	0.001608	0.1575	0.10095	0.533	0.053806	0.57	0.58882	1.058	0.62297
0.0325	0.00985	0.194	0.001911	0.16	0.10328	0.538	0.055665	0.58	0.60142	1.06	0.6375
0.035	0.011	0.203	0.002233	0.165	0.10796	0.548	0.059162	0.59	0.61396	1.066	0.65488
0.0375	0.01219	0.212	0.002584	0.17	0.11556	0.56	0.068594	0.6	0.62646	1.072	0.67157
0.04	0.01342	0.221	0.002966	0.175	0.11754	0.568	0.066763	0.61	0.63892	1.078	0.68876
0.0425	0.01468	0.23	0.003376	0.18	0.12261	0.577	0.07063	0.62	0.62131	1.083	0.70537
0.045	0.01599	0.239	0.003822	0.185	0.12733	0.587	0.074743	0.63	0.66363	1.089	0.72269
0.0475	0.01732	0.248	0.004295	0.19	0.13229	0.596	0.078845	0.64	0.67593	1.094	0.73947
0.05	0.0187	0.256	0.004787	0.195	0.13725	0.605	0.083036	0.65	0.6877	1.098	0.7551
0.0525	0.0201	0.264	0.005306	0.2	0.14238	0.615	0.087564	0.66	0.70053	1.104	0.77379
0.055	0.02154	0.273	0.00588	0.205	0.1475	0.624	0.09104	0.67	0.71221	1.108	0.78913
0.0575	0.023	0.281	0.006463	0.21	0.15266	0.633	0.096634	0.68	0.72413	1.112	0.80523
0.06	0.02449	0.289	0.007078	0.215	0.15786	0.644	0.101662	0.69	0.73596	1.116	0.82153
0.0625	0.02603	0.297	0.007731	0.22	0.16312	0.651	0.106191	0.7	0.74769	1.12	0.83741
0.065	0.02768	0.305	0.008412	0.225	0.1684	0.659	0.110976	0.71	0.75957	1.124	0.85376
0.0675	0.02916	0.312	0.009098	0.23	0.17356	0.669	0.116112	0.72	0.77079	1.126	0.86791
0.07	0.03078	0.32	0.00985	0.235	0.17913	0.676	0.121092	0.73	0.78216	1.13	0.88384
0.0725	0.03231	0.327	0.010565	0.24	0.18455	0.684	0.126332	0.74	0.7934	1.132	0.89734
0.075	0.03407	0.334	0.011379	0.245	0.19	0.692	0.13148	0.75	0.8045	1.134	0.9123
0.0775	0.03576	0.341	0.012194	0.25	0.19552	0.702	0.13726	0.76	0.81544	1.136	0.92634
0.08	0.03747	0.348	0.01304	0.26	0.2066	0.716	0.14793	0.77	0.82623	1.137	0.93942
0.0825	0.03922	0.355	0.013923	0.27	0.21784	0.73	0.15902	0.78	0.83688	1.139	0.95321
0.085	0.04098	0.361	0.014794	0.28	0.22921	0.747	0.17122	0.79	0.85101	1.14	0.97015
0.0875	0.04277	0.368	0.015739	0.29	0.2407	0.761	0.18317	0.8	0.8676	1.14	0.98906
0.09	0.04459	0.375	0.016721	0.3	0.25232	0.776	0.1958	0.81	0.87759	1.14	1.0004
0.0925	0.04642	0.381	0.017819	0.31	0.26403	0.79	0.20858	0.82	0.87759	1.14	1.0005
0.095	0.04827	0.388	0.018729	0.32	0.27587	0.804	0.2218	0.83	0.88644	1.139	1.0097
0.0975	0.05011	0.393	0.019693	0.33	0.28783	0.817	0.23516	0.84	0.89672	1.138	1.0214
0.1	0.05204	0.401	0.020863	0.34	0.29978	0.83	0.24882	0.85	0.90594	1.136	1.031
0.1025	0.05396	0.408	0.022016	0.35	0.3123	0.843	0.26327	0.86	0.91691	1.134	1.0474
0.105	0.05584	0.414	0.023118	0.36	0.32411	0.856	0.27744	0.87	0.92361	1.131	1.0674
0.1075	0.05783	0.42	0.024289	0.37	0.33637	0.868	0.29197	0.88	0.93202	1.128	1.0541
0.11	0.05986	0.426	0.0255	0.38	0.34828	0.879	0.30649	0.89	0.94014	1.126	1.0603
0.1125	0.06186	0.432	0.026724	0.39	0.36108	0.891	0.32172	0.9	0.94796	1.12	1.0655
0.115	0.06388	0.439	0.028043	0.4	0.37354	0.902	0.33693	0.91	0.95561	1.116	1.0701
0.1175	0.06591	0.444	0.029274	0.41	0.38604	0.913	0.35246	0.92	0.96252	1.101	1.0742
0.12	0.06797	0.45	0.030587	0.42	0.39858	0.921	0.36709	0.93	0.96922	1.094	1.0749
0.1225	0.07005	0.456	0.031943	0.43	0.4089	0.934	0.38191	0.94	0.97554	1.088	1.0741
0.125	0.07214	0.463	0.033401	0.44	0.42379	0.943	0.39963	0.95	0.9813	1.075	1.0735
0.1275	0.07426	0.468	0.034754	0.45	0.43645	0.955	0.41681	0.96	0.98658	1.085	1.0714
0.13	0.0764	0.473	0.036137	0.46	0.44913	0.964	0.43296	0.97	0.99126	1.065	1.0656

La tabla XXIV. Anchos de zanjas según profundidad y diámetro de tubería.

ANCHO LIBRE DE ZANJAS SEGÚN SU PROFUNDIDAD Y EL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA A INSTALAR.											
Diámetro Nominal	PROFUNDIDAD DE LA ZANJA.										
	Hasta 1.30m	De 1.31 a 1.85	De 1.86 a 2.35	De 2.36 a 2.85	De 2.86 a 3.35	De 3.36 a 3.85	De 3.86 a 4.35	De 4.36 a 4.85	De 4.86 a 5.35	De 5.36 a 5.85	De 5.86 a 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	120	110	110	110	110
24		135	135	135	135	135	135	135	135	135	135
30		155	155	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

PROFUNDIDAD MINIMA DE LA COTA INVERT PARA EVITAR RUPTURAS.											
Diámetro	8"	10"	12"	16"	18"	21"	24"	30"	36"	42"	48"
Tráfico normal	122	128	131	141	150	158	166	184	199	214	225
Tráfico pesado	142	148	151	161	170	178	186	204	219	234	245