



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

**DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LOS CANTONES  
EL GUAYACÁN Y SAN ANTONIO CHIMULBUÁ, MUNICIPIO DE SAN GABRIEL,  
DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**

**Douglas Emilio López Pretzancin**  
Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, octubre de 2011



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LOS CANTONES  
EL GUAYACÁN Y SAN ANTONIO CHIMULBUÁ, MUNICIPIO DE SAN GABRIEL,  
DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**DOUGLAS EMILIO LÓPEZ PRETZANCIN**  
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

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 Olympo 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. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADORA	Ing. Guillermo Melini Salguero
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez



## 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:

**DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LOS CANTONES  
EL GUAYACÁN Y SAN ANTONIO CHIMULBUÁ, MUNICIPIO DE SAN GABRIEL,  
DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha marzo de 2011.



Douglas Emilio López Pretzancin





FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala 26 de agosto de 2011.  
Ref.EPS.DOC.1079.11.11.

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

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

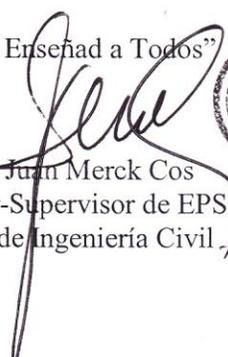
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Douglas Emilio López Pretzancin** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200413532**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LOS CANTONES EL GUAYACÁN Y SAN ANTONIO CHIMULBUÁ, MUNICIPIO DE SAN GABRIEL, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ”**.

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. Juan Merck Cos  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo  
JMC/ra





Guatemala, 02 de septiembre de 2011  
REF.EPS.D.792.09.11

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envió el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LOS CANTONES EL GUAYACÁN Y SAN ANTONIO CHIMULBUÁ, MUNICIPIO DE SAN GABRIEL, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Douglas Emilio López Pretzancin**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Juan Merck Cos.

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



Guatemala,  
29 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 **DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LOS CANTONES EL GUAYACÁN Y SAN ANTONIO CHIMULBUÁ, MUNICIPIO DE SAN GABRIEL, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Douglas Emilio López Pretzancin, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

/bbdeb.





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. Juan Merck Cos y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmientos Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Douglas Emilio López Pretzancin, titulado DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LOS CANTONES EL GUAYACÁN Y SAN ANTONIO CHIMULBUÁ, MUNICIPIO DE SAN GABRIEL, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, octubre de 2011

/bbdeb.

Más de 130 Años de Trabajo Académico y Mejora Continua







El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LOS CANTONES EL GUAYACÁN Y SN ANTONIO CHIMULBÚA, MUNICIPIO DE SAN GABRIEL DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**, presentado por el estudiante universitario **Douglas Emilio López Pretzancin**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Ocampo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 17 de octubre de 2011

/gdech





## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por darme la oportunidad de alcanzar esta meta en mi vida
<b>Mis padres</b>	Douglas Emilio López Muñoz Marta Isabel Pretzancin
<b>Mis hermanos</b>	Yenifer Rosmery Henry Jonathan y Martha Manuela López Pretzancin
<b>Mi novia</b>	Adriana Cecilia Fuentes Escobar
<b>Mi familia</b>	Gracias por su apoyo



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por todas las bendiciones derramadas en mi vida, su inmenso amor al permitirme tener a mi familia y por ser la luminaria de mi camino.
<b>Mis padres</b>	A quienes nunca existirán palabras para expresar mi infinita gracia, sin los cuales no hubiese sido posible alcanzar esta meta.
<b>Mis hermanos</b>	Por su apoyo cuando lo he necesitado.
<b>Mi novia</b>	Por ser el ángel de amor que Dios ha enviado para estar siempre a mi lado.
<b>Mis amigos</b>	Por el apoyo que me han brindado.
<b>Ing. Juan Merck Cos</b>	Por su guía, asesoría y colaboración como asesor y supervisor de EPS.
<b>La Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	La cual me brindo nuevos conocimientos durante el transcurso de la carrera.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	I
LISTA DE SÍMBOLOS .....	III
GLOSARIO .....	V
RESUMEN .....	VII
OBJETIVOS .....	IX
INTRODUCCIÓN .....	XIII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Monografía del municipio de San Gabriel, Suchitepéquez .....	1
1.1.1. Antecedentes .....	1
1.1.2. Historia .....	1
1.1.3. Ubicación geográfica .....	2
1.1.4. Colindancias .....	3
1.1.5. Costumbres y tradiciones .....	4
1.1.6. Clima .....	5
1.1.7. Economía .....	6
1.1.8. Población .....	7
1.2. Investigación diagnóstica de las necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de San Gabriel, Suchitepéquez .....	8
1.2.1. Descripción de las necesidades .....	8
1.2.2. Evaluación y priorización de las necesidades .....	9
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....	11



2.1.8.	Fundamentos hidráulicos.....	26
2.1.8.1.	Ecuación de <i>Manning</i> para flujo en canales.....	26
2.1.8.2.	Relaciones de diámetro y caudales.....	28
2.1.8.3.	Relaciones hidráulicas.....	29
2.1.9.	Parámetros de diseño hidráulico.....	29
2.1.9.1.	Coeficiente de rugosidad.....	29
2.1.9.2.	Sección llena y parcialmente llena.....	30
2.1.9.3.	Velocidades máximas y mínimas.....	30
2.1.9.4.	Diámetro del colector.....	31
2.1.9.5.	Profundidad del colector.....	32
	2.1.9.5.1. Profundidad mínima del colector.....	32
	2.1.9.5.2. Ancho de zanja.....	33
	2.1.9.5.3. Volumen de excavación.....	34
2.1.10.	Ubicación de pozos de visita.....	35
2.1.11.	Profundidad de los pozos de visita.....	35
2.1.12.	Características de las conexiones domiciliarias.....	36
2.1.13.	Diseño hidráulico.....	38
2.1.14.	Ejemplo de diseño de un tramo.....	38
2.1.15.	Tratamiento.....	43
	2.1.15.1. Ubicación.....	45
	2.1.15.2. Diseño de fosa séptica.....	45
	2.1.15.3. Dimensionamiento de los pozos de absorción.....	63
2.1.16.	Administración, operación y mantenimiento.....	65
2.1.17.	Elaboración de planos.....	66
2.1.18.	Elaboración de presupuesto.....	67
2.1.19.	Evaluación socioeconómica.....	69

2.1.19.1.	Valor presente neto.....	69
2.1.19.2.	Tasa interna de retorno.....	69
2.1.20.	Evaluación de impacto ambiental.....	70
2.2.	Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el cantón San Antonio Chimulbuá del municipio de San Gabriel, Suchitepéquez.....	71
2.2.1.	Descripción del proyecto a desarrollar.....	71
2.2.2.	Levantamiento topográfico.....	71
2.2.2.1.	Planimetría.....	71
2.2.2.2.	Altimetría.....	72
2.2.3.	Descripción del sistema a utilizar.....	72
2.2.4.	Partes de un alcantarillado sanitario.....	72
2.2.4.1.	Pozos de visita.....	72
2.2.4.2.	Colectores.....	72
2.2.4.3.	Conexiones domiciliarias.....	73
2.2.5.	Período de diseño.....	73
2.2.6.	Población futura.....	73
2.2.7.	Determinación de caudales.....	73
2.2.7.1.	Población tributaria.....	73
2.2.7.2.	Dotación de agua.....	74
2.2.7.3.	Factor de retorno al sistema.....	74
2.2.7.4.	Caudal sanitario.....	74
2.2.7.4.1.	Caudal domiciliar.....	74
2.2.7.4.2.	Caudal industrial.....	75
2.2.7.4.3.	Caudal comercial.....	75
2.2.7.4.4.	Caudal por conexiones ilícitas.....	75
2.2.7.4.5.	Caudal por infiltración.....	75
2.2.7.5.	Caudal medio.....	76

2.2.7.6.	Factor de caudal medio.....	76
2.2.7.7.	Factor de <i>Harmond</i> .....	76
2.2.7.8.	Caudal de diseño.....	77
2.2.8.	Fundamentos hidráulicos.....	77
2.2.8.1.	Ecuación de <i>Manning</i> para flujo en canales.....	77
2.2.8.2.	Relaciones de diámetro y caudales.....	77
2.2.8.3.	Relaciones hidráulicas.....	78
2.2.9.	Parámetros de diseño hidráulico.....	78
2.2.9.1.	Coefficiente de rugosidad.....	78
2.2.9.2.	Sección llena y parcialmente llena.....	78
2.2.9.3.	Velocidades máximas y mínimas.....	78
2.2.9.4.	Diámetro del colector.....	79
2.2.9.5.	Profundidad del colector.....	79
2.2.9.5.1.	Profundidad mínima del colector.....	79
2.2.9.5.2.	Ancho de zanja.....	79
2.2.9.5.3.	Volumen de excavación.....	79
2.2.10.	Ubicación de pozos de visita.....	79
2.2.11.	Profundidad de los pozos de visita.....	80
2.2.12.	Características de las conexiones domiciliarias.....	80
2.2.13.	Diseño hidráulico.....	80
2.2.14.	Ejemplo de diseño de un tramo.....	80
2.2.15.	Tratamiento.....	85
2.2.15.1.	Ubicación.....	85
2.2.15.2.	Diseño de fosa séptica.....	85
2.2.15.3.	Dimensionamiento de los pozos de absorción.....	101
2.2.16.	Administración, operación y mantenimiento.....	104

2.2.17.	Elaboración de planos.....	101
2.2.18.	Elaboración de presupuesto.....	101
2.2.19.	Evaluación socioeconómica.....	103
2.2.19.1.	Valor presente neto.....	103
2.2.19.2.	Tasa interna de retorno.....	103
2.2.20.	Evaluación de impacto ambiental.....	103
CONCLUSIONES.....		105
RECOMENDACIONES.....		107
BIBLIOGRAFÍA.....		109
APÉNDICE.....		111

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Ubicación de proyectos en estudio.....	3
2.	Localización y colindancias del municipio de San Gabriel.....	4
3.	Analogía en el comportamiento de un canal abierto y una tubería trabajando parcialmente llena.....	26
4.	Volumen de excavación para zanja.....	34
5.	Conexiones domiciliarias.....	37
6.	Planta de fosa séptica.....	48
7.	Muro de la fosa séptica.....	49
8.	Dimensión de viga.....	54
9.	Diagrama de corte de viga a L/2.....	56
10.	Detalles de viga para fosa séptica.....	58
11.	Planta de fosa séptica.....	87
12.	Muro de la fosa séptica.....	88
13.	Dimensión de viga.....	92
14.	Diagrama de corte de viga a L/2.....	95
15.	Detalles de viga para fosa séptica.....	96

## TABLAS

I.	Actividades productivas del municipio de San Gabriel.....	7
II.	Valores de rugosidad para distintos materiales.....	29
III.	Velocidades máximas y mínimas.....	31

IV.	Profundidades mínimas de tubería PVC.....	32
V.	Ancho libre de zanja según profundidad y diámetro de tubería.....	33
VI.	Alturas o espesores mínimos de viga no preesforzadas código ACI-318-05.....	53
VII.	Momentos producidos por el peso propio del muro.....	60
VIII.	Coeficiente de absorción del terreno para pozos.....	63
IX.	Presupuesto de alcantarillado sanitario para el cantón El Guayacán.....	68
X.	Velocidades máximas y mínimas.....	78
XI.	Momentos producidos por el peso propio del muro.....	98
XII.	Presupuesto de alcantarillado sanitario para el cantón San Antonio Chimulbuá.....	102

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
@	A cada cierta distancia
<b>As</b>	Área de acero
<b>As<sub>máx</sub></b>	Área de acero máximo
<b>As<sub>mín</sub></b>	Área de acero mínimo
<b>At</b>	Área tributaria
<b>b</b>	Base
<b>Bm</b>	Base de muro
<b>Cm</b>	Carga muerta
<b>Pc</b>	Carga puntual
<b>Cu</b>	Carga última
<b>Cv</b>	Carga viga
<b>Q<sub>dis</sub></b>	Caudal de diseño
<b>Ra</b>	Coefficiente de Rankine
<b>Ø</b>	Diámetro de acero
<b>D.H.</b>	Distancia horizontal
<b>Ps</b>	Empuje del suelo
<b>S</b>	Espaciamiento
<b>S<sub>máx</sub></b>	Espaciamiento máximo
<b>t</b>	Espesor de losa
<b>e</b>	Excentricidad
<b>kg/m<sup>2</sup></b>	Kilogramo sobre metro cuadrado
<b>l/seg</b>	Litros sobre segundo

<b>I/h/día</b>	Litros/Habitante/Día
<b>Sx</b>	Módulo de sección
<b>Mc</b>	Momento ejercido por una carga puntual
<b>Ms</b>	Momento que causa el suelo
<b>d</b>	Peralte
<b>W<sub>losa+viga</sub></b>	Peso de losa y viga
<b>Wtm</b>	Peso total de muro
<b>Pv</b>	Pozo de visita
<b>R</b>	Recubrimiento
<b>fy</b>	Resistencia del acero
<b>f'c</b>	Resistencia del concreto
<b>Vcu</b>	Resistencia nominal de corte proporcionada por el concreto
<b>Vs</b>	Valor soporte del suelo
<b>V<sub>exc</sub></b>	Volumen de excavación
<b>V<sub>liq</sub></b>	Volumen de líquidos
<b>V<sub>lod</sub></b>	Volumen de lodos activos

## GLOSARIO

<b>Accesorios</b>	Elementos secundarios en los ramales de tuberías, tales como codos, nipples, coplas, tees, válvulas, etc.
<b>Acero de refuerzo</b>	Es la cantidad de acero requerido para un esfuerzo determinado.
<b>Alcantarillado sanitario</b>	Es un sistema de tubería que se utiliza para conducir únicamente aguas negras o servidas.
<b>Altimetría</b>	Parte de la topografía con la cual se determinan las alturas de un terreno.
<b>Área tributaria</b>	Superficie que drena hacia un punto determinado.
<b>Carga muerta</b>	Carga permanente en una estructura.
<b>Carga última</b>	Suma de la carga viva y carga muerta mayoradas por un factor de seguridad.
<b>Carga viva</b>	Carga no permanente aplicada en una estructura.
<b>Caudal</b>	Volumen de agua que pasa por unidad de tiempo.

<b>Colector</b>	Tubería, generalmente de servicio público, que se encarga de recibir y conducir las aguas indeseables de la población al lugar de desfogue.
<b>Colector principal</b>	Sucesión de tramos de tubería que recolectan todos los caudales y los dirige hacia el punto de desfogue.
<b>Colector secundario</b>	Es la sucesión de tramos de tubería que contribuyen caudal al colector principal.
<b>Concreto ciclópeo</b>	Material de construcción, obtenido de la mezcla de cemento, arena, grava y agua. El material pétreo es muy grueso.
<b>Conexión domiciliar</b>	Es un sistema de drenaje intradomiciliar que conduce las aguas residuales fuera de la vivienda.
<b>Contaminación</b>	Alteración nociva del estado natural de un medio, como consecuencia de la introducción de un agente totalmente ajeno al medio.
<b>Cota invert</b>	Es la cota de la parte inferior del diámetro interno de la tubería instalada.
<b>Densidad de vivienda</b>	Es la relación que existe entre el número de casas por unidad de área.

<b>Descarga</b>	Vertido de las aguas provenientes de un colector principal, las que pueden estar crudas o tratadas, en un cuerpo receptor.
<b>Deslizamiento</b>	Fuerza que tiende a deslizar horizontalmente el muro.
<b>Dotación</b>	Estimación de la cantidad promedio de agua que consume cada habitante por día.
<b>Empuje</b>	Fuerza ejercida por el suelo a la estructura.
<b>Factor de caudal máximo o de <i>Harmond</i></b>	Factor de seguridad para las horas pico, está en relación directa con la población.
<b>Factor de caudal medio</b>	Es la relación entre la suma de los caudales y los habitantes a quienes se va a servir.
<b>Factor de retorno</b>	Porcentaje de agua que después de ser utilizada, retorna al sistema de drenaje o alcantarillado.
<b>Factor de rugosidad</b>	Factor que expresa la intensidad de la rugosidad de una tubería según el material con que sea fabricada.
<b>Fosa séptica</b>	Es unidad de tratamiento primario para las aguas residuales; en ella se realiza en un periodo de tiempo la separación y transformación físico-química de la materia sólida contenida en las aguas residuales.

<b>Losa</b>	Elemento estructural, plano que soporta directamente las cargas y las transmite a diferentes apoyos.
<b>Pendiente</b>	Es la inclinación necesaria con respecto a una línea horizontal, diseñada para que el agua que conducen las alcantarillas se desplace libremente haciendo uso de la fuerza de gravedad.
<b>Período de diseño</b>	Tiempo durante el cual la obra diseñada prestará un servicio satisfactorio.
<b>Planimetría</b>	Parte de la topografía que se emplea para medir superficies planas de terreno.
<b>Pozo de visita</b>	Estructura empleada como medio de inspección y limpieza de las tuberías.
<b>Relaciones hidráulicas</b>	Es la relación que existe entre los parámetros de diseño a sección llena y los parámetros de diseño a sección parcialmente llena, los cuales deben cumplir con condiciones para que las tuberías no trabajen a sección llena.

## RESUMEN

El presente trabajo de graduación fue elaborado como una contribución de la Universidad de San Carlos hacia los pobladores del municipio de San Gabriel, departamento de Suchitepéquez. En la investigación diagnóstica de necesidades de servicios básicos e infraestructura realizada, se observó que los pobladores de los cantones El Guayacán y San Antonio Chimulbuá viven en condiciones inadecuadas de salubridad, porque las aguas negras y pluviales corren sobre las calles, provocando que éstas se estanquen, lo cual obviamente repercuten en problemas sanitarios y de salud.

Debido a lo descrito se propone el diseño del sistema de alcantarillado sanitario para los cantones El Guayacán y San Antonio Chimulbuá, que contribuirá a solucionar el problema que representa la presencia de aguas negras a flor de tierra, además los proyectos son factibles a nivel económico, técnico y social.

El sistema de alcantarillado para el cantón El Guayacán está constituido por 1 538,50 m de tubería de PVC, 23 pozos de visita y 154 conexiones domiciliarias. De igual manera para el cantón San Antonio Chimulbuá el sistema está constituido por 1 111,21 m de tubería de PVC, 17 pozos de visita y 111 conexiones domiciliarias. Además, para ambos diseños se propuso al final del colector principal un tratamiento primario para aguas residuales por medio de fosas sépticas y pozos de absorción.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario para el cantón El Guayacán y sistema de alcantarillado sanitario para el cantón San Antonio Chimulbuá, municipio de San Gabriel, departamento de Suchitepéquez

### **Específicos**

1. Realizar una investigación de tipo monográfica y un diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de San Gabriel, departamento de Suchitepéquez.
2. Capacitar a los miembros del COCODE de los cantones El Guayacán y San Antonio Chimulbuá, sobre aspectos de operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario.



## INTRODUCCIÓN

Ubicado a 163 kilómetros de la ciudad capital, y a 3 kilómetros de la cabecera departamental está el municipio de San Gabriel, perteneciente a Suchitepéquez. Se encuentra localizado en la parte central, con una extensión territorial de 16 kilómetros cuadrados. Los cantones El Guayacán y San Antonio Chimulbuá se encuentran ubicados dentro de la extensión territorial del municipio de San Gabriel.

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

En los cantones mencionados es común ver aguas residuales y pluviales a flor de tierra, lo cual afecta la salubridad de los pobladores; por lo cual se propone un sistema de alcantarillado sanitario, para los cantones El Guayacán y San Antonio Chimulbuá, con lo que se dará un alivio a la población del lugar.

Para el desarrollo de ambos diseños, se aplicaron las especificaciones técnicas y criterios regulados por el Instituto de Fomento Municipal (INFOM), con el propósito de proponer la mejor solución no solo técnica sino económica.



# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Monografía del municipio de San Gabriel, Suchitepéquez**

### **1.1.1. Antecedentes**

San Gabriel, municipio del departamento de Suchitepéquez, se localiza a tres kilómetros de la cabecera departamental Mazatenango. La producción agrícola de este pueblo es muy variada; entre los productos que pueden encontrarse en el municipio están: maíz, chipilín, yuca, hoja de maxán y cacao.

En 1955 se indicó que en la cabecera vivían 1 094 habitantes y en todo el municipio 1 308, compuesto por 275 familias. El porcentaje de indígenas era 80% y de analfabetos 63,7%. No tenía servicio de agua potable, carecía de asistencia médica y hospitalaria, energía eléctrica y mercado municipal. La enfermedad endémica era el paludismo. Los cultivos eran arroz, maíz, yuca, chile, camote, ajonjolí, achiote, banano, plátano, café, cacao, frijol y piña. La municipalidad consideraba problemas urgentes la introducción del agua potable, servicio de energía eléctrica y edificación para oficinas municipales el cual en la actualidad, este edificio municipal ya fue resuelto.

### **1.1.2. Historia**

San Gabriel, conforme al decreto de la Asamblea del 27 de agosto 1836 citado en su recopilación de leyes por Manuel Pineda Mont, se adscribió al circuito de Mazatenango.

El Acto Gubernativo del cinco de enero de 1884, dispuso la supresión del municipio y que se anexara como aldea al municipio de Mazatenango; sin embargo, no se ha localizado documento alguno que indique que esa disposición haya surtido sus efectos, por lo cual San Gabriel aparece en la tabla de los distritos electorales, como parte del vigésimo primero que encabezó Mazatenango, para elección a diputados, convocados por el Decreto Gubernativo 359, que se practicaron del 15 al 21 de enero de 1886.

Como municipio también figura en la tabla de distritos electorales, siempre dentro del vigesimoprimer, en las elecciones para diputados a la Asamblea Constituyente convocados por el Decreto del Ejecutivo 387 del cinco de julio 1887, realizados del 28 al 24 agosto de ese año.

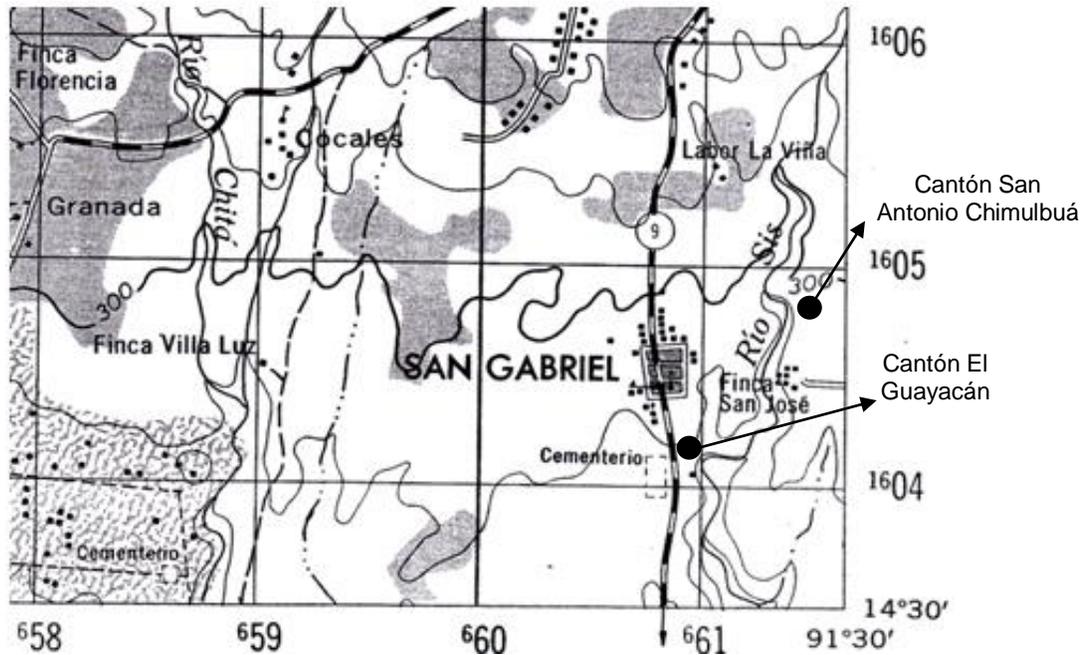
La cabecera municipal cuenta con un puesto de salud. La primera venta municipal de medicinas se inauguró en diciembre de 1972.

### **1.1.3. Ubicación geográfica**

El municipio de San Gabriel se encuentra localizado en la parte central del departamento de Suchitepéquez, con una extensión territorial de 16 km<sup>2</sup>, una altura de 284 msnm, siendo las coordenadas geográficas de la cabecera municipal 14° 30' 36,03" latitud norte y 91° 30' 27,61" longitud oeste. Se encuentra a 3 kilómetros de la Cabecera Departamental y 163 kilómetros de la ciudad capital.

San Gabriel ocupa el 0,64% del total del territorio, es uno de los municipios más pequeños, en cuanto a extensión territorial, de los veinte que forman el departamento de Suchitepéquez.

Figura 1. **Ubicación de proyectos en estudio**



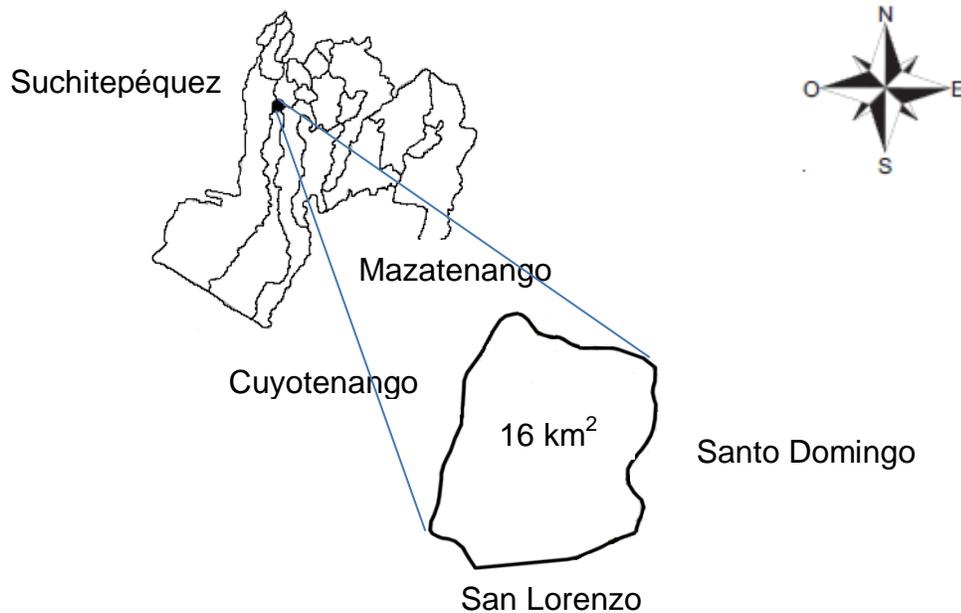
Fuente: mapa escala 1:50000, IGN.

#### 1.1.4. **Colindancias**

Colinda al norte y al poniente con el municipio de Mazatenango; al sur con el municipio de San Lorenzo y al oriente con el municipio de Santo Domingo, todos del departamento de Suchitepéquez.

Para llegar al municipio de San Gabriel, desde la cabecera departamental se debe conducir hacia el sur, rumbo a los patios del ferrocarril y tomar la ruta en dirección al municipio de San Lorenzo.

Figura 2. **Localización geográfica y colindancias del municipio de San Gabriel**



Fuente: Municipalidad de San Gabriel, departamento de Suchitepéquez.

### 1.1.5. **Costumbres y tradiciones**

San Gabriel celebra su fiesta titular en honor a San Gabriel Arcángel del 18 al 20 de marzo, según Acuerdo Gubernativo del 13 de mayo de 1936, regularmente se registra juntamente con la semana santa, por lo que el municipio lo celebra 15 días después, se realizan eventos culturales como la elección de la reina indígena municipal, quien luce traje típico único y entre sus accesorios se encuentra la banda con el emblema 'Ukotzujal Nardo Retinimit' que significa 'Hija del pueblo y la tierra del Nardo', la fiesta del pueblo y el baile de conquista y moros.

Entre las costumbres de las personas del municipio se encuentran el baile de tun, que se celebra el día de corpúscristi y el convite celebrado el 24 de octubre, el cual consiste en un baile de jóvenes disfrazados.

La población es de descendencia indígena y representa un 76% de los habitantes, de los cuales el 5% hablan el quiché, 3% el kakchiquel y el resto español.

La población profesa la fe católica, pertenece a dicho municipio la parroquia Divino Redentor que tiene su sede administrativa en la ciudad de Mazatenango. En el casco urbano se localiza la iglesia principal y en San Antonio Chimulbuá una capilla. La iglesia católica organiza la celebración anual en honor a San Gabriel Arcángel, que significa “Poder de Dios”.

#### **1.1.6. Clima**

Las condiciones climáticas que caracterizan al municipio de San Gabriel, es cálido, con un alto grado de humedad y precipitaciones fuertes e irregulares.

Una de las características de este tipo de clima son las lluvias intensas, de corta duración. La lluvia o precipitación es una parte importante del ciclo hidrológico, responsable del depósito de agua dulce en el planeta y de la vida, tanto de animales como vegetales, que requieren del mismo para vivir.

A través de la investigación se localizó la estación meteorológica Chojolá, ubicada en la finca Chojolá en el municipio de Mazatenango, con una latitud de 14°32'43" y una longitud de 91°29'34", siendo esta estación la más cercana al municipio de San Gabriel.

En los meses del año: enero a febrero y de septiembre a diciembre, en el municipio de San Gabriel, la temperatura oscila entre 19 a 33 grados centígrados. La época más calurosa comprende los meses de marzo a mayo con temperatura no menor a los 20 a 22, y alcanza hasta los 35 grados y de junio a agosto desciende de 35 a 33 grados.

En cuanto a la precipitación pluvial, es mínima de diciembre a abril de 1,00 a 7,00 mm, de mayo a junio y en las primeras dos semanas del mes de julio aumenta hasta los 35,30 mm, por la manifestación del invierno, en las últimas semanas de julio, agosto, septiembre y parte de octubre alcanza más de 100 mm, que son los más altos del año, en octubre y noviembre, inicia nuevamente la estación seca y desciende hasta los 11 cm.

Con relación a la humedad, que es la cantidad de vapor de agua en el ambiente, oscila entre el 55% a 70%, se determinó por medio de la investigación, que aumenta en los meses de mayo a septiembre, por ser la época lluviosa y disminuye en los meses de diciembre a abril, época seca.

#### **1.1.7. Economía**

La economía de San Gabriel se basa principalmente en: agrícola, pecuaria, artesanal, comercio y servicios. El municipio se dedica principalmente a las tareas del comercio por mayor y menor, es importante considerar que por lo general estas actividades se circunscriben al mercado laboral informal.

A continuación se describen las principales actividades económicas del municipio de San Gabriel.

Tabla I. **Actividades productivas del municipio de San Gabriel**

<b>Actividades</b>	<b>Generación de empleo</b>	<b>%</b>	<b>Valor de la Producción</b>	<b>%</b>
<b>Agrícola</b>	269	39,50	1 936 261	14,71
<b>Pecuaria</b>	126	18,50	6 460 923	49,07
<b>Artesanal</b>	67	9,84	4 769 389	36,22
<b>Comercio y servicios</b>	219	32,16	-	-
<b>Total</b>	<b>681</b>	<b>100,00</b>	<b>13 166 573</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Municipalidad de San Gabriel, departamento de Suchitepéquez.

### **1.1.8. Población**

En el municipio de San Gabriel la mayor parte de la población es indígena. Según el Instituto Nacional de Estadística (INE), con base al Censo Nacional de Población realizado en el año 2002, la tasa de crecimiento poblacional para el municipio de San Gabriel para el año 2010 es de 3,50%.

En el municipio habitaba un total de 3 966 según INE (2002), de los cuales el 51,00% son mujeres y el 49,00% son hombres. La población ha crecido aceleradamente en los últimos años, en la actualidad se estima que dicha tasa se encuentra alrededor del 2,26%, según información del Puesto de Salud del municipio.

## **1.2. Investigación diagnóstica de las necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de San Gabriel, Suchitepéquez**

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

- Alcantarillado sanitario

La acumulación de aguas residuales a flor de tierra en los cantones El Guayacán y San Antonio Chimulbuá, lo cual perjudica la salubridad de la población a través de la proliferación de enfermedades gastrointestinales.

- Ampliación

Debido al crecimiento poblacional de la cabecera municipal del municipio de San Gabriel, es necesaria una remodelación del drenaje sanitario y pluvial existente.

- Introducción de agua potable

El cantón El Esfuerzo no cuenta con este servicio básico, por lo que se hace uso de pozos artesanales, pero estos no satisfacen sus necesidades.

- Pavimentación

La población de los cantones Nueva Jerusalén I y Nueva Jerusalén II, tienen la necesidad de un mejoramiento en sus vías de transporte, para poder trasladar adecuadamente sus productos agrícolas.

### **1.2.2. Evaluación y priorización de las necesidades**

De acuerdo a los criterios de las autoridades municipales y COCODES se priorizaron las necesidades de la siguiente forma:

- Alcantarillado sanitario
- Introducción de agua potable
- Pavimentación
- Ampliación

Luego de priorizar las necesidades del municipio de San Gabriel se optó por un diseño de alcantarillado sanitario para los cantones El Guayacán y San Antonio Chimulbuá.



## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el cantón El Guayacán, municipio de San Gabriel, Suchitepéquez**

#### **2.1.1. Descripción del proyecto a desarrollar**

Este proyecto comprende el diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el cantón El Guayacán, conformado por una red de 1 538,50 m, 23 pozos de visita y 154 conexiones domiciliarias. La tubería a utilizar será de PVC y tendrá un diámetro mínimo de 6" para el colector principal y de 4" para la conexión domiciliar, las cuales deben cumplir con las normas ASTM F-949. El servicio tendrá una cobertura de 924 habitantes actuales y 1416 habitantes a futuro. Además se le brindará un tratamiento primario a las aguas residuales por medio de fosas sépticas y pozos de absorción.

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

El levantamiento topográfico se realizó para localizar la red dentro de las calles, pozos de visita y en general, para ubicar todos aquellos puntos de importancia. Se realizaron los levantamientos siguientes, planimétrico y altimétrico utilizando para este trabajo aparatos de precisión.

### **2.1.2.1. Planimetría**

Sirve para localizar la red dentro de las calles, ubicar los pozos de visita y todos aquellos puntos de importancia en el diseño. Para la planimetría se utilizó el método de conservación del azimut con vuelta de campana, el equipo utilizado fue:

- Teodolito *Sokkisha* TM20ES
- Estadal
- Cinta métrica de 30 metros de longitud
- Plomada
- Estacas, pintura y clavos

### **2.1.2.2. Altimetría**

El levantamiento altimétrico del sistema de alcantarillado, se realizó aplicando taquimetría, el equipo utilizado fue:

- Teodolito *Sokkisha* TM20ES
- Estadal
- Estacas, pintura y clavos

### **2.1.3. Descripción del sistema a utilizar**

En función de su finalidad, existen 3 tipos básicos de alcantarillado, la selección o adopción de cada uno de estos sistemas dependerá de un estudio minucioso de factores, tanto topográficos como funcionales, pero quizá el más importante es el económico. Los tipos de alcantarillado son los siguientes:

- Alcantarillado sanitario: recoge las aguas servidas domiciliarias de baños, cocinas y servicios; residuos comerciales como restaurantes y garages; aguas negras producidas por industrias e infiltración.
- Alcantarillado pluvial: recoge únicamente las aguas de lluvia que concurren al sistema.
- Alcantarillado combinado: este tipo de alcantarillado consta de un único colector, a través del cual fluyen tanto las aguas residuales de uso doméstico o industrial como las de lluvia. En la actualidad este sistema ya no es empleado.

Para el efecto, la comunidad en estudio no cuenta con sistema de alcantarillado. Las calles no son pavimentadas, por lo que se decidió realizar un alcantarillado sanitario, del cual están excluidos los caudales de agua de lluvia provenientes de la calle, techos y otras superficies.

#### **2.1.4. Partes de un alcantarillado sanitario**

Para el buen funcionamiento de un alcantarillado sanitario, se necesita que aparte de la tubería central, también existan las llamadas obras de arte, para poder verificar que el sistema esté trabajando de manera correcta. Estas obras de arte no son más que pequeñas instalaciones que sirven para acumular caudales; cada uno de ellos tiene su diferente función. A continuación, se hace una breve descripción de cada uno.

#### **2.1.4.1. Pozos de visita**

Esta obra es de las principales y de las más comunes, ya que una de sus funciones es reducirle velocidad al caudal, colocados cada cierta distancia, cuando los tramos son largos. Otra de sus funciones es reunir caudales, que por lo general, se colocan en los cruces de calles.

La principal función de estos pozos de visita es la inspección del sistema, y para que se puedan limpiar las tuberías, cuando éstas se taponen. La colocación de pozos de visita se hace: a) cuando inicia un colector; b) cuando cambia de sección la tubería; c) cuando cambia de dirección; d) cuando existe una intercepción de varios colectores; e) cuando se cambia de pendiente, y/o f) para tramos rectos con distancias mayores a los 100 metros.

Por lo regular, los pozos de visita se construyen con tapaderas de concreto armado con diámetro de 50 ó 60 centímetros; descansan sobre paredes que se ensanchan y alcanzan diámetros entre 1,00 y 1,50 metros. Por lo general son de barro cocido y de forma circular, aunque también pueden ser cuadradas; su profundidad depende de la rasante del terreno y de la pendiente que se busque entre un pozo y otro. Si son profundos, se construyen de concreto armado.

El fondo del pozo se hace de concreto alisado, para que no se empoce el agua y corra de la(s) tubería(s) de entrada a la de salida. Para esto, se debe analizar la diferencia de cotas invert, de lo cual dependerá la pendiente que se le dé al fondo del mismo. Este proceso incluye la excavación; para esto, se puede economizar chequeando que no sea demasiada la pendiente y que la caída vertical en el pozo no sea muy grande.

En los pozos de visita, se deben colocar escalones para poder hacer una buena inspección; por lo regular, son escalones de varillas de hierro empotradas entre las juntas de los ladrillos, o bien, podrían estar fundidas. Además cuando la diferencia entre la profundidad de pozo y la cota invert de entrada de la tubería sea mayor a 0,70 metros debe colocarse un disipador de energía.

#### **2.1.4.2. Colectores**

Los colectores son tuberías, generalmente de servicio público que colecta diversos ramales de alcantarilla. Se construye bajo tierra, a menudo al medio de las calles, de manera que cada una de las viviendas de esa vía puedan conectarse para la evacuación apropiada de las aguas residuales, las cuales son conducidas a un lugar de desfogue.

Los colectores se clasifican en:

- Colector principal: sucesión de tramos que, a partir de la descarga domiciliar, siguen la dirección de los gastos mayores.
- Colector secundario: sucesión de tramos que, a partir del colector principal, siguen la dirección de los gastos mayores.

#### **2.1.4.3. Conexiones domiciliarias**

La conexión domiciliar, es un tubo que lleva las aguas servidas desde una vivienda o edificio a una alcantarilla o a un punto de desagüe.

Se considera que para sistemas de tubería de pvc, el diámetro mínimo será de 4", con una pendiente mínima de 2%, una máxima de 6%, que forme un ángulo con respecto a la línea central de aproximadamente 45 grados, en el sentido de la corriente del mismo. El tubo de la conexión que sale de la candela domiciliar debe ser de menor diámetro que el del tubo de la red principal, con el objeto de que sirva de retenedor de algún objeto que pueda obstruir el colector principal. Por lo regular, se utiliza un tubo de concreto de 12" de diámetro.

Para este proyecto se diseñó las conexiones domiciliarias con cada una de las características mencionadas, además la candela domiciliar se debe permeabilizar para evitar infiltraciones.

#### **2.1.5. Período de diseño**

Es el período de funcionamiento eficiente del sistema, luego de este período es necesario rehabilitar el sistema. Para determinar dicho período es necesario tomar en cuenta factores tales como: población beneficiada, crecimiento poblacional, calidad de materiales a utilizar, futuras ampliaciones de las obras planeadas y mantenimiento del sistema. Instituciones como, INFOM recomiendan que las alcantarillas se diseñen para un período mínimo de 30 años.

El período de diseño adoptado para todos los componentes del sistema de este proyecto es de 30 años. Tomando en cuenta los aspectos antes mencionados; los recursos económicos con que cuenta el cantón y la vida útil de los materiales.

### **2.1.6. Población futura**

La población de diseño se determina con la cantidad de habitantes, que se va a servir en un período de tiempo establecido, tomando como base los habitantes actuales, que se encuentran en el sector donde se desarrollará el proyecto.

Se calculará la población futura por medio del método por saturación, por ser el más apto y el que se apega a la realidad; ya que se cuenta con un total de 236 lotes debidamente establecidos en el cantón, de los cuales actualmente se encuentran 154 lotes habitados.

### **2.1.7. Determinación de caudales**

#### **2.1.7.1. Población tributaria**

En sistemas sanitarios y combinados, es la población que tributará caudales al sistema al final del período de diseño.

Método por saturación

$P_f = n * \text{densidad de habitante/vivienda}$

Donde:

$P_f$  = población a futuro

$n$  = total de número de lotes = 236 lotes

densidad de habitante/vivienda=número de habitantes por casa = 6 ha/casa

$P_f = 236 \text{ lotes} * 6 \text{ ha/casa} = 1\ 416 \text{ habitantes}$

### **2.1.7.2. Dotación de agua**

Es la cantidad de agua que una persona necesita por día, para satisfacer sus necesidades, se expresa en litros por habitante al día. Los factores que se consideran para la dotación de agua son: clima, nivel de vida, actividad, productividad, abastecimiento privado y servicios comunales o públicos.

La dotación que se tomó es de 180 l/hab/día, de acuerdo a la asignación que la municipalidad de San Gabriel tiene por vivienda con un aproximado de 32 400 l/casa/mes.

### **2.1.7.3. Factor de retorno al sistema**

Se sabe que no todo el 100% de agua potable que ingresa a cada vivienda regresará a las alcantarillas, por razones de uso que se le da a la dotación dentro de la vivienda, considerando que pueda perderse un 20% de la dotación, y tomando en cuenta que el área de influencia del proyecto, cuenta con viviendas que en su mayoría poseen patios de tierra, se consideró un factor de retorno al sistema del 80%.

### **2.1.7.4. Caudal sanitario**

Los caudales que integran el caudal de diseño son el domiciliario, comercial, industrial, conexiones ilícitas e infiltración.

$$Q_{\text{sanit}} = Q_{\text{dom}} + Q_{\text{com}} + Q_{\text{ind}} + Q_{\text{inf}} + Q_{\text{cnx}}$$

Donde:

$Q_{\text{sanit}}$ : caudal de diseño

Qdom: caudal domiciliar  
Qcom: caudal comercial  
Qind: caudal industrial  
Qinf: caudal por infiltración  
Qcnx: caudal por conexiones ilícitas

El caudal sanitario debe ser menor al caudal a sección llena, Q. Esto confirma que el tirante de agua debe ser menor o igual al 75% del diámetro de la tubería.

#### **2.1.7.4.1. Caudal domiciliar**

Es el agua que, ha sido usada por las personas, es desechada y conducida hacia la red de alcantarillado, existe una relación directa entre el agua de desecho doméstico con la dotación del suministro de agua potable, es decir que no toda el agua es devuelta al drenaje, ya que se consume en alimentos, riego de jardines y otros usos. Para tal efecto la dotación de agua potable es afectada por un factor de retorno (FR) que varía entre 0,70 a 0,80, de esta manera el caudal doméstico queda integrado como sigue:

$$Q_{dom} = \frac{\text{Dotación} * \text{No. Hab.} * \text{FR}}{86\ 400}$$

Qdom= l/s

FR = factor de retorno

Dotación: l/ha/día

Para este proyecto se estimó el caudal domiciliar de la siguiente manera:

$$Q_{\text{dom}} = \frac{180 \text{ l/Ha/día} * 1\,416 \text{ Ha} * 0,80}{86\,400 \text{ s}}$$

$$Q_{\text{dom}} = 2,36 \text{ l/s}$$

#### **2.1.7.4.2. Caudal industrial**

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

En el cantón el Guayacán no existen industrias de ningún tipo, por lo tanto no existe caudal industrial a considerar como tales. En este caso el caudal industrial, es igual a cero.

#### **2.1.7.4.3. Caudal comercial**

Es el agua de desecho proveniente de las edificaciones comerciales, como comedores, restaurantes, hoteles, etc. La dotación comercial dependerá del establecimiento a considerar, este valor oscila entre 600 a 3 000 l/com/día.

El cantón el Guayacán carece de comercios de gran magnitud, por lo tanto no existe caudal comercial a considerar como tales. Siendo este igual a cero.

#### 2.1.7.4.4. Caudal de conexiones ilícitas

Este tipo de caudal es producido por las viviendas que, por no contar con un sistema de alcantarillado apropiado para las aguas pluviales, las introducen al sistema de alcantarillado sanitario.

Según el INFOM (Instituto de Fomento Municipal), se puede estimar el valor de este caudal tomando un 10% mínimo del caudal domiciliar. Como el caudal de conexiones ilícitas va directamente relacionado con el caudal producido por las precipitaciones, otra forma para calcularlo es el método racional, el cual está dado por:

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

$Q_{ci}$  = caudal conexiones ilícitas ( $m^3/s$ )

C = coeficiente de escorrentía

i = intensidad de lluvia (mm/h)

A = área que es factible conectar ilícitamente al sistema

Por no contar con la información necesaria para la utilización del método racional, el caudal de conexiones ilícitas se calculará por medio de los parámetros regulados por el INFOM.

$$Q_{ci} = \frac{10\% \text{ mín} * Q_{dom}}{100}$$

$Q_{ci}$  = caudal conexiones ilícitas (l/s)

%ci = porcentaje de conexiones ilícitas (10% mínimo)

$Q_{dom}$  = caudal domiciliar (l/s)

Por los hábitos que se observaron en el cantón se usará un porcentaje del 50% para conexiones ilícitas.

$$Q_{ci} = \frac{50\% * 2,36 \text{ l/s}}{100}$$

$$Q_{ci} = 1,18 \text{ l/s}$$

#### **2.1.7.4.5. Caudal por infiltración**

Para la estimación del caudal de infiltración que entra a la alcantarilla, se toma en cuenta la profundidad del nivel freático del agua subterránea con relación a la profundidad de las tuberías, la permeabilidad del terreno, el tipo de juntas usadas en la tubería y la calidad de la mano de obra y supervisión con que cuenta durante la construcción. Según el INFOM para tuberías de PVC debe calcularse el caudal de infiltración de acuerdo con los parámetros siguientes:

- Para tuberías que quedarán sobre el nivel freático  
 $Q_{inf} = 0,01 * \text{diámetro de tubería}$
- Para tuberías que quedarán debajo del nivel freático  
 $Q_{inf} = 0,02 * \text{diámetro de tubería}$

Para este proyecto se utilizó el parámetro sobre nivel freático, calculado de la siguiente manera:

$$Q_{inf} = 0,01 * 6''$$

$$Q_{inf} = 0,06 \text{ l/s}$$

#### **2.1.7.5. Caudal medio**

Una vez integrado el caudal de diseño, se procede a obtener el caudal medio,  $Q_{med}$ , del área a drenar. El caudal medio es la cantidad de agua residual que una población en un día transmite a un drenaje sanitario. Este caudal se obtiene sumando los caudales domésticos, de infiltración, por conexiones ilícitas, caudal comercial e industrial.

$$Q_m = Q_{dom} + Q_{ind} + Q_{com} + Q_{ci} + Q_{inf}$$

Por lo cual el caudal medio se estimo de la siguiente manera:

$$Q_m = Q_{dom} + Q_{ci} + Q_{inf}$$

$$Q_m = 2,36 \text{ l/s} + 1,18 \text{ l/s} + 0,06 \text{ l/s}$$

$$Q_m = 3,60 \text{ lt/s}$$

#### **2.1.7.6. Factor de caudal medio**

Una vez obtenido el caudal medio se procede a obtener la relación entre el caudal medio y la población, es decir, el factor de caudal medio.

Este factor debe estar dentro del rango de 0,002 a 0,005. Si da un valor menor se tomará 0,002, y si fuera mayor se tomará 0,005, considerando siempre que este factor no esté demasiado distante del rango máximo y mínimo establecido, ya que se podría caer en un sobre diseño o en subdiseño, según sea el caso.

El factor de caudal medio está dado de la forma siguiente:

$$F_{qm} = Q_m / \text{no. de habitantes futuro}$$

$F_{qm}$  = factor de caudal medio,  $0,002 \leq f_{qm} \leq 0,005$

$Q_m$  = caudal medio (l/s)

$$F_{qm} = \frac{3,60 \text{ l/s}}{1\,416 \text{ ha}}$$

$$F_{qm} = 0,003$$

#### 2.1.7.7. Factor de *Harmond*

El factor de *Harmond* o factor de flujo instantáneo, es un factor de seguridad que involucra al número de habitantes a servir en un tramo determinado. Este factor actúa principalmente en las horas pico, es decir, en las horas en que más se utiliza el sistema de drenaje. Para el cálculo de este factor se usa la fórmula de *Harmond*, la cual está dada de la siguiente manera:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{P}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{P}{1\,000}}}$$

FH = factor de *Harmond*

P = población entre miles

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{1\,416}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{1\,416}{1\,000}}} = 3,6975$$

#### 2.1.7.8. Caudal de diseño

Es el caudal para el cual se diseña un tramo del sistema de alcantarillado o drenaje, debe cumplir con los requerimientos de velocidad y tirante hidráulico.

Para calcular el caudal máximo que fluye por las tuberías, en un momento dado, hay que afectar el caudal medio por un factor conocido como factor de flujo, es decir, el factor de Harmond.

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

$$F_{q\text{máx}} = f_{qm} * FH$$

El cual al ser multiplicado por el número de habitantes se obtiene el caudal máximo o caudal de diseño:

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

$$Q_{\text{diseño}} = \text{no.ha} * f_{qm} * FH$$

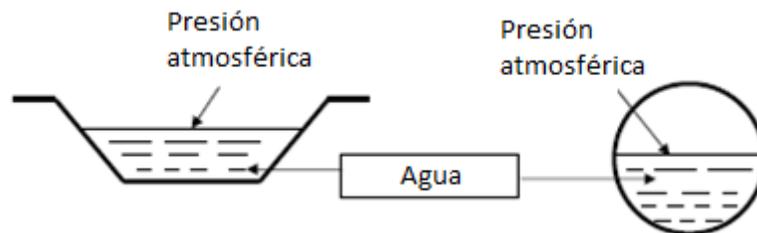
$$Q_{\text{diseño}} = 1\,416 * 0,003 * 3,6975 = 15,70 \text{ l/s}$$

### 2.1.8. Fundamentos hidráulicos

Las alcantarillas basan su funcionamiento en transportar el agua de desecho en conductos libres, que están en contacto con el aire, a los cuales se les conoce como canales. El flujo queda determinado por la pendiente del canal y la superficie del material del cual está construido.

La sección del canal puede ser abierta o cerrada, en el caso de los sistemas de alcantarillado se emplean canales cerrados circulares, en donde la superficie del agua está sometida a la presión atmosférica y eventualmente a presiones producidas por los gases que se forman en el canal.

Figura 3. **Analogía en el comportamiento de un canal abierto y una tubería trabajando parcialmente llena**



Fuente: HERNÁNDEZ, Víctor. Diseño de alcantarillado sanitario aldea Los Pocitos, municipio de Villa Canales, departamento de Guatemala. p. 65.

#### 2.1.8.1. Ecuación de *Manning* para flujo de canales

El análisis y la investigación de las características del flujo hidráulico han permitido que los sistemas de alcantarillado, construidos con tuberías plásticas sean diseñados conservadoramente utilizando la ecuación de *Manning*.

La relativamente pequeña concentración de sólidos presente en las aguas residuales y de tormenta, no es suficiente para hacer que el comportamiento hidráulico difiera al de agua limpia, siempre que se mantengan velocidades mínimas de auto limpieza.

En general, para simplificar el diseño de sistemas de alcantarillado, es aceptable asumir condiciones constantes de flujo aunque la mayoría de los sistemas de drenaje o alcantarillado funcionan con caudales sumamente variables. Cuando se diseña permitiendo que la altura del flujo en el conducto varíe, se considera como flujo a superficie libre; si esa condición no se cumple se dice que la tubería trabaja a presión interna.

Los valores de velocidad y caudal que corren en un canal se han estimado por medio de fórmulas desarrolladas experimentalmente, en las cuales se involucran los factores que más afectan al flujo de las aguas en el canal; una de las fórmulas que es empleada para canales es la de *Chezy* para flujos uniformes y permanentes.

$$V = C * \sqrt{Rh * S}$$

V = velocidad m/s

Rh = radio hidráulico

S = pendiente m/m

C = coeficiente de rugosidad

En la fórmula de *Chezy*, la constante C varía de acuerdo con la siguiente expresión:

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

Donde n, es el coeficiente de rugosidad, el cual depende del material del que está hecho el canal. Al sustituir C en la fórmula de *Chezy*, se obtiene:

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

La que se conoce como la fórmula de *Manning* para canales abiertos y cerrados.

Para conductos circulares y unidades mixtas se utiliza la fórmula siguiente:

$$V = \frac{0,03429}{n} * D^{2/3} * S^{1/2}$$

D = diámetro de tubería en pulgadas

### **2.1.8.2. Relaciones de diámetros y caudales**

Una vez obtenidos estos datos, se procede a buscar la relación entre los gastos q/Q, es el caudal de diseño entre el caudal a sección llena, se busca el valor en la tabla de elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección circular y se obtienen los valores de d/D que es la profundidad del flujo o tirante; se lee la relación v/V, la velocidad de la tubería parcialmente llena se obtiene multiplicando esta relación por la velocidad a sección llena.

La relación q/Q deberá ser menor o igual a 0,75, la relación d/D debe ser mayor o igual a 0,10 y menor o igual a 0,75 para alcantarillado sanitario.

### 2.1.8.3. Relaciones hidráulicas

Al realizar el cálculo de las tuberías que trabajan a sección parcialmente llena y agilizar de alguna manera los resultados de velocidad y caudal, se relacionan los términos de la sección totalmente llena con los de la sección parcial. Se deberá determinar los valores de la velocidad y caudal a sección llena por medio de las ecuaciones ya establecidas, se procederá a obtener la relación de caudales ( $q/Q$ ), donde  $q$  es el caudal de diseño y  $Q$  caudal a sección llena.

### 2.1.9. Parámetros de diseño hidráulico

#### 2.1.9.1. Coeficiente de rugosidad

El coeficiente de rugosidad va a depender del tipo de tubería, por la que circule el agua, ya que para cada material existe un distinto tipo de rugosidad, la cual es inversamente proporcional a la constante  $K$  de Strickler. Algunos de los valores más comunes utilizados para el coeficiente de rugosidad  $n$  son los que a continuación se presentan en la tabla II.

Tabla II: **Valores de rugosidad para distintos materiales**

<b>MATERIAL</b>	<b>n</b>
Tubo de concreto < 24"	0,015
Tubo de concreto > 24"	0,013
Tubo de PVC	0,009
Tubo de metal corrugado	0,021

Fuente: CABRERA, Ricardo Antonio. Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2. p. 9.

### 2.1.9.2. Sección llena y parcialmente llena

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

$$A = \frac{d^2}{4} * \left( \frac{\pi\theta}{360} * \sin \frac{\theta}{2} \right)$$

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

$$A = Rh * p$$

$$Rh = \frac{d}{4} * \left( 1 - \frac{360 \sin \theta}{2\pi\theta} \right)$$

Como se puede ver, en tuberías que trabajan a sección parcialmente llena, los cálculos del radio hidráulico y del área del flujo son laboriosos, y por lo tanto, también los de la velocidad y el gasto. Para facilitar este cálculo se utilizará las tablas que han sido elaborados con la fórmula de *Manning*.

### 2.1.9.3. Velocidades máximas y mínimas

La velocidad mínima, está condicionada por las materias orgánicas e inorgánicas que se sedimentan debido al efecto de estancamiento. Si la velocidad no es lo suficiente para arrastrarlas, se irán acumulando hasta taponar las tuberías.

Por otro lado las velocidades altas causan erosión en las tuberías, pues, los materiales abrasivos como la arena desgastan las partes interiores de las mismas a menos que se mantengan las velocidades.

De igual manera la velocidad de flujo está determinada por la pendiente del terreno, el tipo y diámetro de la tubería que se utilice. La velocidad del flujo debe estar comprendida entre el siguiente rango, para evitar problemas de taponamiento y desgaste en la tubería que se utilice.

Tabla III. **Velocidades máximas y mínimas**

Tipo de tubería	Velocidad mínima	Velocidad máxima
Concreto	0,60 m/s	3,00 m/s
PVC	0,40 m/s	4,00 m/s

Fuente: elaboración propia.

#### **2.1.9.4. Diámetro del colector**

En el diseño del drenaje, es uno de los elementos importantes para que el sistema tenga un buen funcionamiento para lo cual es importante seguir estos criterios de diseño.

Según las especificaciones reguladas por el INFOM, se debe utilizar para sistemas de drenaje sanitario un diámetro mínimo de 8" cuando se utiliza tubería de cemento y de 6" cuando la tubería sea de PVC. Para el diseño de este proyecto se utilizó en tramos iniciales tubería de 6" de diámetro, cumpliendo con las especificaciones antes mencionadas.

## 2.1.9.5. Profundidad del colector

### 2.1.9.5.1. Profundidad mínima del colector

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

El recubrimiento mínimo del coronamiento de la tubería con respecto a la superficie del terreno, será de 1 metro para tránsito liviano, para tránsito pesado el recubrimiento mínimo del coronamiento de la tubería será de 1,2 metros, salvo en climas extremadamente fríos, donde se dan temperaturas inferiores a 0°, centígrado y la penetración de las heladas es profunda, por lo que puede ser necesario disponer la tubería a mayor profundidad.

Tabla IV. **Profundidades mínimas de tubería PVC**

Diámetro de tubería (pulgadas)	Profundidad para tráfico normal (m)	Profundidad para tráfico pesado (m)
8	1,22	1,42
10	1,28	1,48
12	1,33	1,53
15	1,41	1,61
18	1,50	1,70

Fuente: Amanco-Tubovinil. Norma ASTM 3034 tuberías PVC para Alcantarillado Sanitario. p.7.

Para este proyecto se utilizó 1,40 metros de profundidades en inicio de colector.

#### 2.1.9.5.2. Ancho de zanja

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

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

<b>Diámetro Nominal (plg)</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>18</b>
Hasta 1,30 m	0,60	0,60	0,70	0,75	0,90	1,10
De 2,36 a 1,85 m	0,60	0,60	0,70	0,75	0,90	1,10
De 1,86 a 2,35 m	0,65	0,65	0,70	0,75	0,90	1,10
De 2,36 a 2,85 m	0,65	0,65	0,70	0,75	0,90	1,10
De 2,86 a 3,35 m	0,70	0,70	0,70	0,75	0,90	1,10
De 3,36 a 3,85 m	0,70	0,70	0,75	0,75	0,90	1,10
De 3,86 a 4,35 m	0,75	0,75	0,75	0,75	0,90	1,10
De 4,36 a 4,85 m	0,75	0,75	0,75	0,75	0,90	1,10
De 4,86 a 5,35 m	0,75	0,75	0,75	0,75	0,90	1,10
De 5,36 a 5,85 m	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90	1,10
De 5,86 a 6,35 m	0,80	0,80	0,80	0,80	0,90	1,10

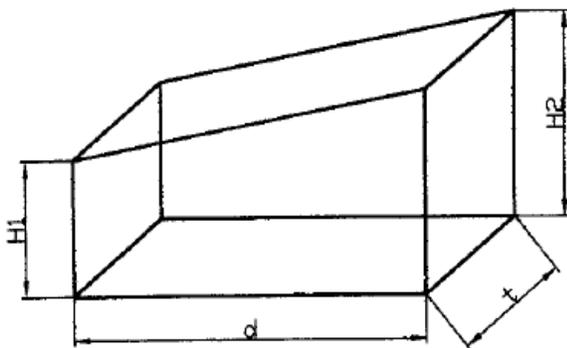
Fuente: Amanco-Tubovinil. Norma ASTM 3034 tuberías PVC para Alcantarillado Sanitario. p.8.

Se determinó cada ancho de zanja para este proyecto dependiendo de la profundidad del pozo de visita, según Tabla V utilizando como mínimo 0,60 metros.

### 2.1.9.5.3. Volumen de excavación

Es el volumen de tierra que habrá que remover, para la colocación adecuada de la tubería, se calcula con base al volumen del prisma generado por la profundidad de dos pozos de visita, la distancia entre ellos y el ancho de la zanja, según la altura y el diámetro de la tubería. Este cálculo se puede obtener mediante la relación siguiente:

Figura 4. **Volumen de excavación para zanja**



$$V = [(H1 + H2) / 2] * d * t$$

V= volumen de excavación (m)

H1= profundidad del primer pozo de visita (m)

H2= profundidad del segundo pozo de visita (m)

d=distancia entre los 2 pozos de visita considerados (m)

t= ancho de la zanja (m)

Fuente: CONTRERAS, Joan. Diseño de alcantarillado sanitario en los caseños, La Comunidad y Labor Vieja, municipio de San Raymundo, departamento de Guatemala. p. 22.

### **2.1.10. Ubicación de pozos de visita**

Los pozos de visita son parte de las obras accesorias de un alcantarillado y son empleados como medio de inspección y limpieza. Según las normas para construcción de alcantarillados, se recomienda colocar pozos de visita en los siguientes casos:

- En toda intercepción de colectores
- Al comienzo de todo colector
- En todo cambio de sección o diámetro
- En todo cambio de dirección o de pendiente
- En tramos rectos, a distancias no mayores de 100 o 120 metros
- En las curvas de colectores visitables, a no más de 30 metros

### **2.1.11. Profundidad de pozos de visita**

La profundidad del pozo de visita al inicio del tramo está definida por la cota invert de salida previamente determinada.

$$H_{pv} = \text{cota del terreno al inicio} - \text{cota invert de salida del tramo}$$

Debe considerarse que la cota invert mide la distancia del dato (abajo) al punto en cuestión (arriba), mientras que la profundidad del pozo mide la distancia de la superficie del terreno (arriba) a la superficie del fondo del pozo (abajo). Así, una cota invert menor indica mayor profundidad y una cota invert mayor indica menor profundidad; en cambio, una profundidad de pozo menor es realmente una profundidad menor y una profundidad de pozo mayor es realmente una profundidad mayor.

Para cada inicio de tramo para este proyecto se tomó una profundidad mínima de 1,40 metros para todo inicio de colector y se calculó una profundidad máxima de 5,31 metros.

#### **2.1.12. Características de las conexiones domiciliarias**

Una conexión domiciliar tiene la finalidad de descargar las aguas servidas provenientes de las casas y llevarlas al alcantarillado central. Constan de las siguientes partes:

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

Tubería secundaria: la conexión de la candela domiciliar con la tubería central se hará por medio de la tubería secundaria, la cual tiene un diámetro de 6 pulgadas en tubería de concreto y de 4 pulgadas en tubería de PVC; debe tener una pendiente mínima del 2,00% para evacuar adecuadamente el agua.

Es conveniente que el empotramiento con el colector principal se haga en la parte superior, para impedir que las aguas negras retornen por la conexión doméstica cuando el colector esté funcionando a toda su capacidad.

La profundidad de la línea central de drenaje incidirá en la manera de conectar la candela domiciliar.

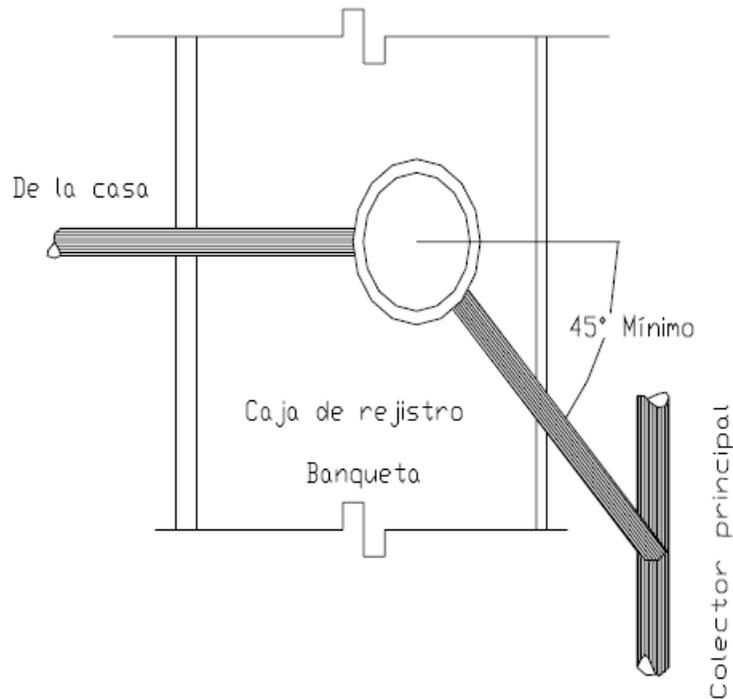
Profundidad de hasta 2 metros

Cuando la profundidad del colector no sobrepase los 2 metros, se utilizará una silleta “Y” complementado con un codo a 45°.

Profundidades iguales o mayores a 2 metros

Cuando la profundidad del colector sobrepase los 2 metros, se utilizará una silleta “T” complementado con un codo a 90°.

Figura 5. **Conexiones domiciliare**s



Fuente: CABRERA, Ricardo Antonio. Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2. p. 26.

El diseño para cada conexión domiciliar se deberá de utilizar un tubo de concreto de 12" e impermeabilizarlo, así como un tubo de PVC de 4" de diámetro y dependiendo de la altura del pozo utilizar una silleta tipo Y o tipo T.

### **2.1.13. Diseño hidráulico**

Para la realización de los cálculos hidráulicos se utilizaron los parámetros, relaciones hidráulicas y fundamentos hidráulicos para el diseño de alcantarillado sanitario antes mencionados.

### **2.1.14. Ejemplo de diseño de un tramo**

A continuación se desarrolla el diseño hidráulico de un tramo:

Cálculo del tramo PV1 a PV2

#### Datos generales

población actual	En el año 2010 ( 48 Ha )
población futura	Proyección a futuro ( 84 Ha )
cota inicio de terreno PV-1	99,53
cota final de terreno PV-2	98,83
distancia horizontal	113,00 m
período de diseño	30 años
material a utilizar	Tubos de PVC norma ASTM F-949 con diámetro de 6"
factor de caudal medio	0,003
coeficiente de rugosidad	0,010

### Cálculo de la pendiente del terreno

$$\text{S\% terreno} = \frac{99,53 - 98,83}{113,00} * 100 = 0,62\%$$

S% tubo (supuesta) =	1,00%
No. de casas del tramo =	8
No. de casas acumuladas =	8
densidad de ha/vivienda =	6
población actual del tramo =	48 habitantes
población futura del tramo =	14 lotes * 6 Habitantes/casa= 84 habitantes

### Factor de *Harmond*

$$\text{Factor de } \textit{Harmond} \text{ actual} = \text{FH} = \frac{18 + \sqrt{\frac{P}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{P}{1000}}} = 4,3183$$

$$\text{Factor de } \textit{Harmond} \text{ futuro} = \text{FH} = \frac{18 + \sqrt{\frac{P}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{P}{1000}}} = 4,2635$$

### Caudal de diseño

Caudal de diseño actual

$$Q_{\text{diseño}} = \text{No. Habitantes} * F_{qm} * \text{FH}_{\text{actual}}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 48 \text{ ha} * 0,003 * 4,3183$$

$$Q_{\text{diseño}} = 0,6218 \text{ l/s}$$

Caudal de diseño futuro

$$Q_{\text{diseño}} = \text{No. Habitantes} * F_{qm} * FH_{\text{futuro}}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 84 \text{ Ha} * 0,003 * 4,2635$$

$$Q_{\text{diseño}} = 1,0744 \text{ l/s}$$

Diseño hidráulico

diámetro del tubo: 6" PVC

pendiente del tubo: 1,00%

Velocidad a sección llena

$$V_{\text{sección llena}} = (0,03429 / 0,010) * D^{2/3} * S^{1/2}$$

$$V_{\text{sección llena}} = (0,03429 / 0,010) * (6")^{2/3} * (0,01)^{1/2}$$

$$V_{\text{sección llena}} = 1,1322 \text{ m/s}$$

Caudal a sección llena

$$Q_{\text{sección llena}} = V * A$$

$$Q_{\text{sección llena}} = 1,1322 \text{ m/s} * (((6"/2) * 0,0254)^2 * \pi) * 1000$$

$$Q_{\text{sección llena}} = 20,6536 \text{ l/s}$$

Relaciones hidráulicas

$$q/Q = \begin{cases} \text{actual} = 0,6218 / 20,6536 = 0,030107 \\ \text{futuro} = 1,0744 / 20,6536 = 0,052020 \end{cases}$$

Cumple con la condición  $q < Q$ , de la tabla de relaciones hidráulicas se obtiene los siguientes valores:

Actual

$$v/V = 0,447612 \quad d/D = 0,119$$

$$V_{\text{actual}} = 0,447612 * 1,1322 \text{ m/s} = 0,51 \text{ m/s}$$

Futuro

$$v/V = 0,527293 \quad d/D = 0,155$$

$$V_{\text{actual}} = 0,527293 * 1,1322 \text{ m/s} = 0,60 \text{ m/s}$$

Este valor se encuentra entre los rangos establecidos  $0,40 < v < 4,00 \text{ m/s}$ , instituciones como la Empresa Municipal de Agua de la ciudad de Guatemala (EMPAGUA), para drenaje sanitario permite velocidades de hasta  $0,30 \text{ m/s}$ , siempre y cuando el caudal no corra a sección llena, por lo que se considera correcto este dato. (Ver página 17 Reglamento de diseño y construcción de drenajes. Dirección de Aguas y Drenajes, municipalidad de Guatemala. EMPAGUA: (Guatemala.).

Altura de tirante

$$\text{Donde: } 0,10 \leq d/D \leq 0,75$$

Cotas Invert

Para efecto del diseño, se tomó una cota invert de inicio con una profundidad de  $1,40 \text{ m}$  debido al tránsito.

$$CIS_{\text{inicial}} = Cota_{\text{inicio terreno}} - H_{\text{inicio}}$$

$$CIS_{\text{inicial}} = 99,53 - 1,40 = 98,13$$

$$CIE_{\text{final}} = CI - DH * S\%_{\text{tubería}}$$

$$CIE_{\text{final}} = 98,13 - 113,00 * 0,01 = 97,00$$

Profundidad del pozo de visita

Pozo de visita Pv-1

$$\begin{aligned} \text{cota invert inicial} &= 98,13 \text{ m} \\ \text{cota de terreno al principio} &= 99,53 \text{ m} \\ \text{altura del pozo inicial} &= 99,53 - 98,13 = 1,40 \text{ m} \end{aligned}$$

Pozo de visita Pv-2

$$\begin{aligned} \text{cota invert final} &= 97,00 \text{ m} \\ \text{cota de terreno al principio} &= 98,83 \text{ m} \\ \text{altura del pozo} &= 98,83 - 97,00 = 1,83 \text{ m} \end{aligned}$$

Volumen de excavación

Para efecto del volumen de excavación, se tomó el ancho de zanja según indica la tabla V, ancho de zanja libre según profundidad y diámetro de tubería. Para el tramo de Pv-1 a Pv-2 el ancho de zanja indicado es de 0,60 metros.

$$V_{\text{Exc}} = \text{ancho de zanja} * D.H. * \text{promedio de profundidad de pozo Pv-1 y Pv-2}$$

$$V_{\text{Exc}} = 0,60 * 113,00 * ( (1,40 + 1,83) / 2 )$$

$$V_{\text{Exc}} = 109,50 \text{ m}^3$$

### **2.1.15. Tratamiento**

Las aguas negras son líquidos turbios que contienen sólidos en suspensión (desechos), provenientes de las actividades de los seres humanos. Con el tiempo cambian a un color negro y su olor es ofensivo.

Las razones para tratar las aguas negras se pueden resumir de la siguiente manera:

- Consideraciones higiénicas: eliminar o reducir al máximo los organismos patógenos de origen entérico, para evitar la contaminación que contribuya a trastornos orgánicos a personas.
- Consideraciones estéticas: eliminar todas aquellas materias orgánicas o de otro tipo que son ofensivas para el bienestar y salud de las comunidades; que inciden en el aspecto estético y urbanístico de los sectores cercanos a donde escurren las aguas negras.
- Consideraciones económicas: las aguas negras sin tratamientos, diluidas a un río, lago u otro podrían desvalorizar la propiedad; perjudican los servicios de agua para consumo humano, industrial y disminuyen la cantidad del agua de regadillo.

Los tipos de sistemas de tratamiento de aguas residuales que hay son:

- Sistema primario
- Sistema secundario
- Sistema terciario.

Para este proyecto de alcantarillado sanitario se eligió usar fosas sépticas la cual es parte del sistema primario, pero el efluente que sale de ella debe ser sometido a un tratamiento secundario que puede realizarse por medio de pozos de absorción, zanjas filtrantes, filtros subterráneos de arena, etc. En este caso se usará pozos de absorción.

#### Fosas sépticas y pozo de absorción

Un proceso de tratamiento de las aguas residuales que suele usarse para los residuos domésticos es la fosa séptica, que es una estructura de concreto o mampostería reforzada en la que sedimentan los sólidos en suspensión.

El efluente de la fosa, que es agua con menos contenido de materia orgánica; deberá enviarse a un sistema de oxidación para complementar el tratamiento, esta oxidación se puede realizar mediante los pozos de absorción.

La materia flotante y los sólidos en suspensión depositados pueden conservarse entre seis meses mínimo y varios años durante los cuales se descomponen anaeróbicamente.

Para el mantenimiento se recomienda, tener en cuenta los tiempos para las acciones de limpieza, la que depende de la intensidad de su uso; hacer una inspección cada seis meses y si es necesario limpieza cada año, extrayendo el 90% de los lodos existentes, el 10% deberá permanecer en la fosa ya que servirá para inocular las futuras aguas residuales.

### **2.1.15.1. Ubicación**

Para la localización de los puntos de desfogue se eligen las partes más bajas del sistema, tratando de encauzarlo hacia un cuerpo de agua en movimiento.

Por la topografía del terreno de este proyecto, se optó por ubicar los desfogues al final de cada calle.

### **2.1.15.2. Diseño de fosa séptica**

En la fosa séptica, las materias en suspensión de las aguas negras sufren una sedimentación, la materia orgánica se descompone en sustancias más simples por la acción de las bacterias anaeróbicas, que pueden realizar su metabolismo sin necesidad de oxígeno.

La fosa séptica es un estanque hermético, que puede construirse de ladrillo, piedra, concreto o cualquier otro material que se considere adecuado, es un tanque de escurrimiento horizontal y continuo de un solo piso. Generalmente de forma rectangular y se diseña para que las aguas permanezcan en ella durante un período de tiempo determinado como mínimo 24 horas, este período se llama de retención.

Las fosas pueden ser de uno y dos compartimientos. Investigaciones han demostrado que las de fosas sépticas de dos compartimientos proporcionan una mejor eliminación de los sólidos en suspensión, lo que es beneficio para una mayor protección del sistema de absorción.

Para el diseño de la fosa séptica debe tomarse en cuenta los siguientes parámetros:

- El período de retención es como mínimo de 24 horas
- Lodos acumulados por habitante y por período de limpieza, es de 30 a 80l/ha/año
- Relación largo-ancho de la fosa L/A; de 2/1 a 4/1
- La capacidad máxima recomendable para que la fosa sea funcional debe ser de 60 viviendas.

#### Cálculo de volumen

A manera de ejemplo de diseño se tomó la situación de la quinta calle.

período de retención	24 horas = 1 día
dotación	180 l/ha/día
factor de retorno	0,80
habitantes a servir	444 ha
período de limpieza	4 años
relación largo/ancho (L/A)	2
lodos acumulados	50 l/ha/año

cálculo del volumen para líquidos:  $V_{liq} = N * Dot. * F.R. * T$

donde: T= período de retención y N = habitantes a futuro

$$V_{liq} = N * Dot. * F.R. * T = 444 \text{ ha} * 180 \text{ l/ha/día} * 0,80 * 1 \text{ día}$$

$$V_{liq} = 63\ 936 \text{ l} = 63,936 \text{ m}^3$$

cálculo del volumen para lodos:  $V_{lod} = N * \text{lodos acum.} * \text{período limpieza}$

$V_{lod} = N * \text{lodos acum.} * \text{período limpieza} = 444 \text{ ha} * 50 \text{ l/ha/año} * 4 \text{ años}$

$V_{lod} = 88\,800 \text{ l} = 88,80 \text{ m}^3$

volumen total:  $V = V_{liq} + V_{lod}$

$V = V_{liq} + V_{lod} = 63,936 \text{ m}^3 + 88,80 \text{ m}^3 = 152,736 \text{ m}^3$

como volumen = largo \* ancho \* altura y  $L/A = 2$ ,  $L = 2A$

tomando un  $H = 2,20 \text{ m}$  (como criterio propio)

$V = L * A * H = 2 * A * A * H = 2 * A^2 * H$

despejando A,  $A = \sqrt{\frac{Vol}{2*H}} = \sqrt{\frac{152.736 \text{ m}^3}{2*2.20 \text{ m}}}$

$A = 5,89 \text{ m}$  tomar  $6,00 \text{ m}$

como  $L = 2 * A = 2 * 6,00 \text{ m} = 12,00 \text{ m}$

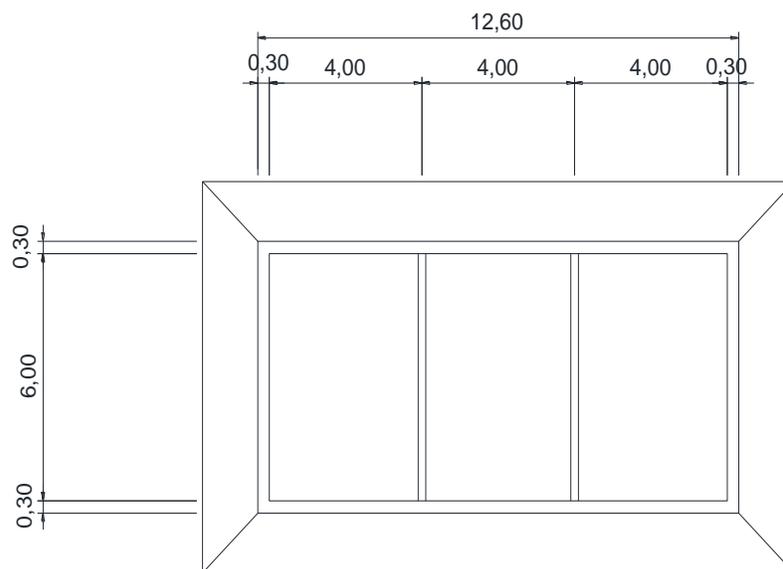
Las dimensiones para la fosa séptica son las siguientes:

Largo = 12,00 metros, ancho = 6,00 metros, altura = 2,20 metros, teniendo presente que estas medidas son interiores y la altura es la del líquido dejando libre en la superficie de 0,30 a 0,40 metros.

### Medidas de fosa séptica

Largo = 12,00 m, ancho = 6,00 m, altura = 2,60 m

Figura 6. **Planta de fosa séptica**

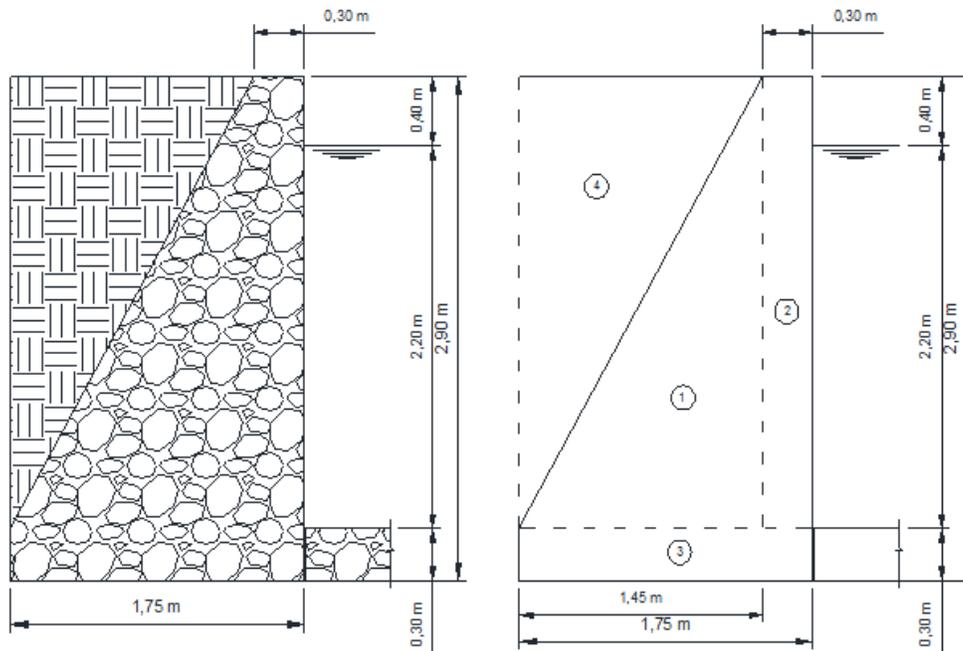


Fuente: elaboración propia.

### Cálculo del diseño estructural

Para el diseño estructural de la fosa séptica se optó por muros por gravedad enterrados de concreto ciclópeo y losa de concreto reforzado. Ver figura 7.

Figura 7. Muro de la fosa séptica



Fuente: elaboración propia.

### Diseño de la losa superior del tanque

losa superior

largo =  $12,00 \text{ m} / 3 = 4,00 \text{ m}$  (distancia entre vigas)

ancho =  $6,00 \text{ m}$

relación  $a/b = 4,00/6,00 = 0,67$

como  $a/b > 0,5$  la losa debe diseñarse en dos sentidos.

espesor  $t = 2 * (a + b) / 180 \text{ m} = 2 * (4,00 + 6,00) / 180 = 0,11 \text{ m}$

según el ACI, para losas en dos sentidos:  $0,09 < t < 0,15$

se utilizará  $t = 0,12 \text{ m}$

cargas:

carga muerta (Cm):

$$\text{peso propio de la losa: } 2400 \text{ kg/m}^3 * 0,12 \text{ m} = 288 \text{ kg/m}$$

$$\text{peso de acabados} = \underline{90 \text{ kg/m}}$$

$$Cm = 378 \text{ kg/m}$$

$$\text{carga viva (Cv)} = 80 \text{ kg/m}$$

$$\text{carga \u00faltima (Cu)} = 1,4 * Cm + 1,7 * Cv$$

$$Cu = 1,4 * 378 \text{ kg/m}^2 + 1,7 * 80 \text{ kg/m}^2$$

$$Cu = 665,20 \text{ kg/m}$$

Se utiliza el “M\u00e9todo 3” del ACI para el c\u00e1lculo de los momentos positivos y negativos, se dise\u00f1a como “Caso 1”, seg\u00fan el Instituto Americano del Concreto ACI, por ser una losa discontinua en los cuatro lados:

$$M(+)_a = C_{a,d}w_dL_a^2 + C_{a,l}w_lL_a^2$$

$$M(+)_b = C_{b,d}w_dL_b^2 + C_{b,l}w_lL_b^2$$

Ca y Cb = coeficientes de momento tabulados

w = carga uniforme factorada

la , lb = longitud de luz libre en direcciones corta y larga, respectivamente

$$M(+)_a = (0,074 * 529,20 \text{ kg/m}^2 * (4,00 \text{ m})^2) + (0,074 * 136,00 \text{ kg/m}^2 * (4,00 \text{ m})^2)$$

$$M(+)_a = 787,13 \text{ kg-m}$$

$$M(+)_b = (0,013 * 529,20 \text{ kg/m}^2 * (6,00 \text{ m})^2) + (0,013 * 136,00 \text{ kg/m}^2 * (6,00 \text{ m})^2)$$

$$M(+)_b = 331,31 \text{ kg-m}$$

$$M(-)a = M(+ )a / 3$$

$$M(-)b = M(+ )b / 3$$

$$M(-)a = 787,13 \text{ kg-m} / 3 = 262,53 \text{ kg-m}$$

$$M(-)b = 331,31 \text{ kg-m} / 3 = 135,60 \text{ kg-m}$$

### Cálculo del refuerzo

Datos:

resistencia a compresión del concreto:  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

esfuerzo de ruptura del acero:  $Fy = 2810 \text{ kg/cm}^2$

$b = 100 \text{ cm}$

$t = 12 \text{ cm}$

$\emptyset = 3/8" = 0,95 \text{ cm}$

$d = t - R - \emptyset/2 = 12 - 2 - (0,95/2)$

$d = 9,525 \text{ cm}$

asumiendo:  $\emptyset = 3/8"$

$$As_{\text{mín}} = (14,1 / Fy) * b * d$$

$$As_{\text{mín}} = (14,1 / 2810) * 100 * 9,525$$

$$As_{\text{mín}} = 4,78 \text{ cm}^2$$

$$S_{\text{máx}} = 3 * t = 3 * 0,12 \text{ m} = 0,30 \text{ m}$$

$$As = \left[ b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0,003825 * F'c}} \right] * \frac{0,85 * F'c}{Fy}$$

$$A_s = \left[ 100 * 9,525 - \sqrt{(100 * 9,525)^2 - \frac{787,13 * 100}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2 * 810}$$

$$A_s = 3,36 \text{ cm}^2$$

Como  $A_s < A_{s \text{ min}}$ , usar  $A_{s \text{ min}}$

$$4,78 \text{ cm}^2 \text{ --- } 1 \text{ m}$$

$$0,71 \text{ cm}^2 \text{ --- } S$$

$$S = 0,15 \text{ m} < S \text{ máx}$$

Usar varillas de hierro No. 3 ( $\varnothing = 3/8''$ ) @ 0,15 m en cada sentido

Diseño de viga

Predimensionamiento

El método ACI 318 en el capítulo 9, tabla 9,5 (a), da diferentes situaciones para predimensionamiento. Para este caso se considera una viga simplemente apoyada. Ver tabla VI.

Tabla VI. **Alturas o espesores mínimos de vigas no preesforzadas**  
**código ACI –318-05**

	Espesor mínimo (h)			
	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.			
Losas macizas en una dirección.	$\frac{l}{20}$	$\frac{l}{24}$	$\frac{l}{28}$	$\frac{l}{10}$
Vigas o losas nervadas en una dirección.	$\frac{l}{16}$	$\frac{l}{18,5}$	$\frac{l}{21}$	$\frac{l}{8}$

Fuente: ACI 318-05.

longitud de viga critica = 6,00 m

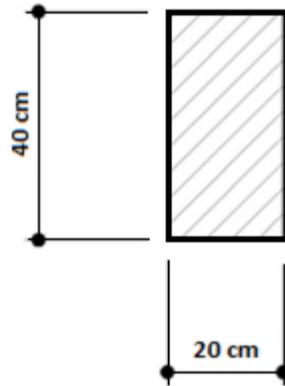
h<sub>viga</sub> = L / 16 = 6,00 / 16 = 0,375 m

h<sub>viga</sub> = 0,40 m

b = h/2 = 0,40 / 2 = 0,20 m

Utilizar una sección de viga de 20 cm x 40 cm

Figura 8. **Dimensión de viga**



Fuente: elaboración propia.

- Cargas

carga muerta:

peso propio de viga:  $2\,400\text{ kg/m}^3 * (0,20 * 0,40) = 192\text{ kg/m}$

peso área que tributa en viga:  $(665,20\text{ kg/m} * 15,75\text{ m}^2) / 6\text{ m} = 1\,747,36\text{ kg/m}$

sobre carga =

$$\frac{90\text{ kg/m}}{\text{Cm} = 2\,029,36\text{ kg/m}}$$

carga viva:

$C_v = 200\text{ kg/m}$

carga última:  $C_u = 1,4 * C_m + 1,7 * C_v$

$C_u = 1,4 (2\,029,36) + 1,7 (200)$

$C_u = 3\,181,00\text{ kg/m}$

momento último:

$M_u = W * L^2 / 8$

$M_u = (3\,181,00) * 6,00^2 / 8 = 14\,314,50\text{ kg-m}$

- Refuerzo longitudinal

cama inferior

asumiendo 4 cm de recubrimiento

$$d = h - R_c = 40 - 4 = 36 \text{ cm}$$

acero mínimo:

$$A_s \text{ mín} = \frac{14,1}{2810} * (20 * 36) = 3,61 \text{ cm}^2$$

acero máximo:

$$A_s \text{ máx} = \rho_{\text{máx}} * b * d$$

$$\rho_{\text{máx}} = \rho_b = \frac{\beta_1 * 0,85 * f'_c * 6090}{f_y (f_y + 6090)}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 * 0,85 * 210 * 6090}{2810 (2810 + 6090)} = 0,03695$$

$$A_s \text{ máx} = 0,03695 * 20 * 36 = 26,60 \text{ cm}^2$$

área de acero:

$$A_s = [b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0,003825 * F'_c}}] * \frac{0,85 * F'_c}{F_y}$$

$$A_s = [20 * 36 - \sqrt{(20 * 36)^2 - \frac{14314,50 * 20}{0,003825 * 210}}] * \frac{0,85 * 210}{2810}$$

$$A_s = 20,17 \text{ cm}^2$$

utilizando hierro No. 8 (1")

$$\text{no. varillas} : 20,17 \text{ cm}^2 / 5,07 \text{ cm}^2 = 3,97 = 4 \text{ varillas}$$

utilizar 2 varillas no. 8 corridas

más 2 bastones no. 8 de L/4 a 3L/4 de la longitud de la viga

cama superior

se usara el 33% del área de acero calculado para la cama inferior como mínimo:

$A_s = 33\% A_s$  en cama inferior

$$A_s = 0,33 * 20,17 \text{ cm}^2 = 6,70 \text{ cm}^2$$

Utilizar 2 No. 7 corridos = 7,74 cm<sup>2</sup>

- Refuerzo transversal

corte resistente:  $V_{cu} = \Theta * 0,85 * \sqrt{f'_c} * b * d$

$$V_{cu} = 0,53 * 0,85 * \sqrt{210} * 20 * 36$$

$$V_{cu} = 4\,700,00 \text{ kg}$$

corte máximo:

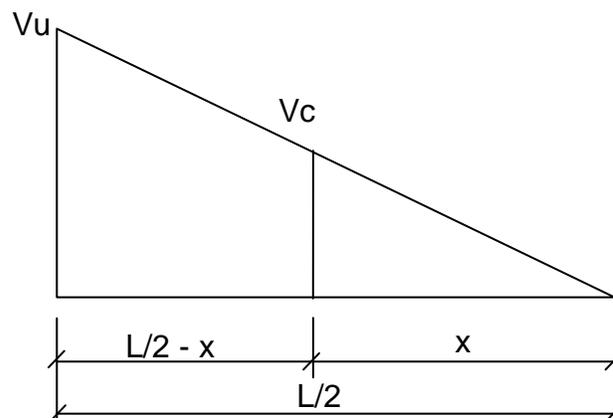
debido a que es una viga simplemente apoyada, su corte máximo se da en los extremos o apoyos:

$$V_u = \frac{W * L}{2}$$

$$V_u = \frac{3\,181 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 6,00 \text{ m}}{2} = 9543,00 \text{ kg}$$

Según el diagrama de corte de la viga a L/2, ver figura 9:

Figura 9. Diagrama de corte de viga a L/2



Fuente: elaboración propia.

según relación de triángulos:

$$\frac{x}{V_c} = \frac{L/2}{V_u}$$

$$x = \frac{V_c * L/2}{V_u}$$

$$x = \frac{4\,700,00 \text{ kg} * \frac{6,00}{2} \text{ m}}{9\,543,00 \text{ kg}}$$

$$x = 1,48 \text{ m}$$

$$L/2 - x = 1,52 \text{ m}$$

espaciamiento en tramo  $L/2 - x$ :

asumiendo hierro No.3 (3/8"):

$$S = \frac{2 * A_s * v * f_y * d}{V_u}$$

$$S = \frac{2 * 0,71 * 2\,810 * 36}{9\,543,00} = 15 \text{ cm}$$

estribo No. 3 @ 0,15 cm

espaciamiento en tramo x:

$$S \text{ máx} = \frac{d}{2}$$

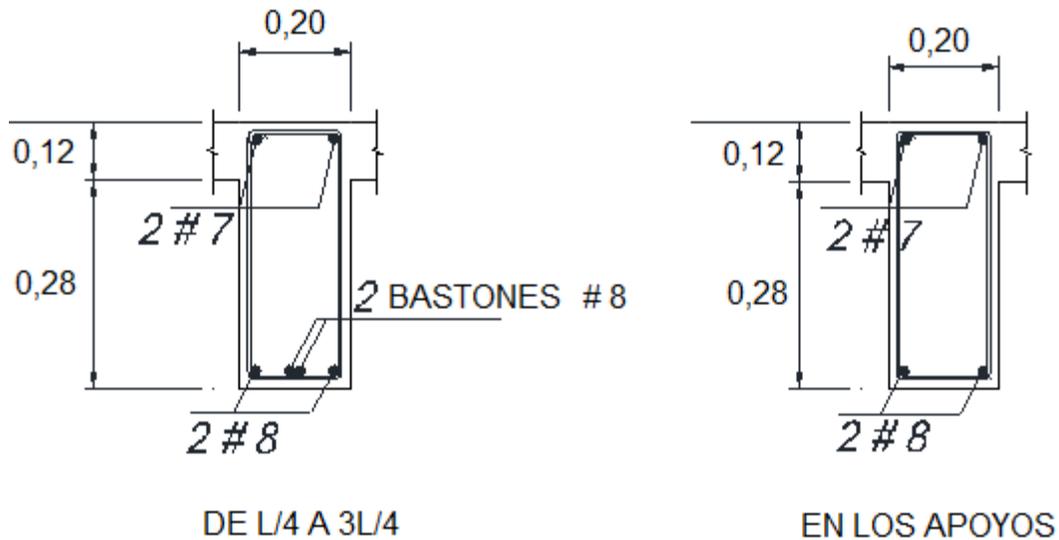
$$S \text{ máx} = \frac{36}{2}$$

$$S \text{ máx} = 18 \text{ cm}$$

estribo No. 3 @ 0,15 cm

- Armado de viga.

Figura 10. **Detalles de viga para fosa séptica**



Fuente: elaboración propia.

#### Diseño de muro de fosa séptica

Para el diseño del tanque, en este caso enterrado (ver figura 7), la condición crítica se da cuando el mismo está vacío y actúa sobre los muros el empuje del suelo.

según la teoría de *Rankine*:

$$K_a = (1 - \text{seno de } 30^\circ) / (1 + \text{seno de } 30^\circ)$$

$$K_a = 0,33333$$

empuje del suelo:

$$P_s = [(S_s * H_m^2) / 2] * K_a$$

datos:

peso específico del suelo ( $S_s$ ) = 1,6 ton/m<sup>3</sup>

peso específico del concreto ( $S_c$ ) = 2,4 ton/m<sup>3</sup>

peso específico de concreto ciclópeo = 2,0 ton/m<sup>3</sup>

ángulo de fricción ( $\emptyset$ ) = 30°

valor soporte del suelo ( $V_s$ ) = 14,0 ton/m<sup>3</sup> (asumido de proyectos aledaños)

$$P_s = [(1,6 \text{ ton/m}^3 * (2,90 \text{ m})^2) / 2] * 0,33333$$

$$P_s = 2,24 \text{ ton/m}$$

momento de empuje que causa el suelo ( $M_s$ ) viene dado por:

$$M_s = P_s * H_m / 3$$

$$M_s = 2,24 \text{ ton/m} * (2,90 \text{ m}) / 3$$

$$M_s = 2,16 \text{ ton-m/m}$$

cálculo del momento que produce el peso propio del muro:

Tabla VII. **Momentos producidos por el peso propio del muro**

<u>Sección</u>	<u>S * A = Wr (ton/m)</u>	<u>Brazo (metros)</u>	<u>Mr (ton-m/m)</u>
1	$2,0 * 1,88 = 3,76$	$0,30 + (1/3 * 1,45) = 0,78$	2,933
2	$2,0 * 0,78 = 1,56$	$0,30 / 2 = 0,15$	0,234
3	$2,0 * 0,52 = 1,04$	$1,75 / 2 = 0,88$	0,915
4	$1,6 * 1,95 = 3,00$	$0,30 + (2/3 * 1,45) = 1,27$	3,81
	9,36		7,90

Fuente: elaboración propia.

carga uniformemente distribuida:

$W_{\text{losa + viga}}$  sobre el muro:

$$\text{área tributaria (At)} = (2 * (0,5 * 2,15 * 2,15)) + (2,30 * 2,15) = 9,57 \text{ m}^2$$

$$W_{\text{losa + viga}} = (665,20 \text{ kg/m}^2 * 9,57 \text{ m}^2 / 6,60 \text{ m}) + (2 \text{ 400 kg/m}^3 * 0,20 \text{ m} * 0,40 \text{ m})$$

$$W_{\text{losa + viga}} = 1,16 \text{ ton/m}$$

$$\text{peso total del muro (Wtm)} = W_r + W_{\text{losa + viga}}$$

$$W_{tm} = 9,36 \text{ ton/m} + 1,16 \text{ ton/m} = 10,52 \text{ ton/m}$$

se considera  $W_{[\text{losa + viga}]}$  como carga puntual:

$$P_c = 1,16 \text{ ton/m} * 1,75 \text{ m} = 2,03 \text{ ton}$$

el momento que ejerce la carga puntual respecto al punto "o" es:

$$M_c = 2,03 \text{ ton} * (1/2 * 0,30 \text{ m}) = 0,30 \text{ ton-m}$$

Verificación de estabilidad contra volteo ( $F_{sv} > 1,5$ ):

$$F_{sv} = (M_r + M_c) / M_s$$

$$F_{sv} = (7,90 + 0,30) / 2,16 = 3,80$$

3,80 > 1,5 la estructura resiste el volteo.

Verificación de estabilidad contra deslizamiento ( $F_{sd} > 1,5$ ):

$$F_d = W_{tm} * \text{coeficiente de fricción}$$

$$F_d = 10,52 * 0,90 * \tan 30^\circ = 5,47 \text{ ton}$$

$$F_{sd} = F_d / P_s$$

$$F_{sd} = 5,47 / 2,24 = 2,44$$

2,44 > 1,5 la estructura no se desliza.

Verificación de la presión máxima bajo la base del muro ( $P_{\text{máx}} < V_s$ ):

$$a = (M_r + M_c - M_s) / W_{tm}$$

$$a = (7,90 + 0,30 - 2,16) / 10,52 = 0,60$$

longitud de la base del muro donde actúa la presión positiva:

$$3 * a = 3 * 0,60 = 1,80 \text{ m}$$

$$\text{base del muro (Bm)} = 1,75 \text{ m}$$

$$1,80 \text{ m} > 1,75 \text{ m}$$

$$3 * a > B_m$$

Como la distancia total de la presión positiva ( $3 * a$ ) es mayor que la base del muro, entonces, debajo del muro no hay presiones negativas.

excentricidad "e":

$$e = (Bm/2) - a$$

$$e = (1,75 \text{ m} / 2) - 0,60 \text{ m} = 0,275 \text{ m}$$

módulo de sección por metro lineal ( $S_x$ ) es:

$$S_x = [(Bm^2) / 6] * L$$

$$S_x = [(1,75 \text{ m})^2 / 6] * 1,00 \text{ m} = 0,51 \text{ m}^3$$

presiones vienen dadas por:

$$q = Wtm / (Bm * L) \quad +/- \quad (Wtm * e) / S_x$$

$$q = \frac{10,52 \text{ ton/m}}{1,75 \text{ m} * 1 \text{ m}} \quad +/- \quad \frac{10,52 \text{ ton/m} * 0,275 \text{ m}}{0,51 \text{ m}^3}$$

$$q \text{ máx} = 6,01 \text{ ton/m}^2 + 5,67 \text{ ton/m}^2 = 11,68 \text{ ton/m}^2 < 14 \text{ ton/m}^2 \text{ ----- O.K.}$$

$$q \text{ min} = 6,01 \text{ ton/m}^2 - 5,67 \text{ ton/m}^2 = 0,34 \text{ ton/m}^2 > 0 \text{ ----- O.K.}$$

Según los cálculos realizados se demuestra que con una base de 1,75 m, el muro cumple las verificaciones necesarias.

### 2.1.15.3. Dimensionamiento de pozos de absorción

El tratamiento secundario del efluente de una fosa séptica, se basa en la oxidación de la materia orgánica por la actividad de las bacterias aeróbicas. Estas materias proliferan en la capa superior del terreno y en los lechos de arena y piedra, a través de cuyos poros pasa de modo natural el oxígeno del aire. En las zonas filtrantes, la aeración natural del suelo se facilita por medio de las tuberías de desagüe y, en los sistemas de irrigación del subsuelo, por medio de un tubo de ventilación de un pozo de filtración instalado en el extremo inferior del terreno.

El pozo de absorción consiste en una excavación en el terreno, por lo general de 1,50 a 2,50 metros de diámetro y una profundidad que generalmente varía de 6 a 12 metros, al cual se vierten las aguas negras sedimentadas provenientes de la fosa séptica. Para determinar la profundidad del pozo debe hacerse la prueba de absorción a diferentes profundidades.

Tabla VIII. **Coefficiente de absorción del terreno para pozos**

Tiempo en mín. para que el nivel baje 2,5 metros	Superficie de filtración requerida hab. Y por día/m <sup>2</sup> (K1)
1	0,88
2	1,08
5	1,44
10	2,25
30	4,50
Más de 30	Terreno inadecuado

Fuente: CABRERA, Ricardo Antonio. Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2. p. 128.

Para efectuar la prueba de absorción a medida que se va excavando, se hacen excavaciones de 0,30 por 0,30 m de base por 0,35 m de profundidad y se le colocan en el fondo 0,05 de arena gruesa o grava; luego se llena de agua y se deja que se filtre totalmente.

Después se vuelve a llenar, de manera que el agua permanezca en él por lo menos 4 horas, de preferencia por la noche, para que el terreno se sature. Posteriormente se ajusta el agua hasta una profundidad de 0,15 m y se determina el tiempo que tarda en bajar 2,5 cm. ó velocidad de filtración.

Para calcular las dimensiones del pozo no debe tomarse en cuenta el fondo de la excavación, porque se colmata rápidamente, sino sólo el área lateral. Una vez conocido el coeficiente de absorción y el diámetro, la profundidad del pozo se puede calcular con la siguiente relación:

$$H = \frac{K1 * N}{N * D}$$

H= profundidad del pozo (m)

K1= coeficiente de absorción (m<sup>2</sup>/ha/día)

N= número de personas servidas

D= diámetro del pozo (m)

Si la profundidad no cumple con la distancia mínima del 1,50 m que debe de haber desde el fondo del pozo al nivel de la capa freática, se puede pensar en 2 o más pozos, dividiendo la altura encontrada entre el número de pozos deseados, siempre que se deje una distancia mínima horizontal de 6 metros ó diámetros, medidos a partir de los rostros exteriores de los mismos.

### **2.1.16. Administración, operación y mantenimiento**

A medida que pasa el tiempo se produce el envejecimiento de los sistemas de alcantarillado, el riesgo de deterioro, obstrucciones y derrumbes se convierte en una consideración muy importante. Por esta razón la limpieza y la inspección de los colectores de agua residual son fundamentales para el mantenimiento y funcionamiento correcto del sistema.

Para que el sistema de alcantarillado sanitario del cantón El Guayacán, funcione adecuadamente durante su período de diseño, es necesario promover el mantenimiento necesario.

Técnicas de inspección: se requieren programas de inspección para determinar la condición actual del alcantarillado y tener la planificación de una estrategia de mantenimiento. Idealmente las inspecciones del alcantarillado deben realizarse en condiciones de bajo caudal. De presentarse condiciones de flujo que pudieran alterar las inspecciones, estas deben llevarse a cabo durante los períodos de menor caudal entre la media noche y las cinco de la mañana, o se puede hacer un taponamiento temporal del colector para reducir el caudal.

Las conexiones domiciliarias presentan generalmente problemas de tubería obstruida (parcial o total) y conexión de aguas pluviales, por lo que habrá que verificar las condiciones de la candela y su tapadera y, en caso de ser necesario, repararlas o cambiarlas y evitar que se introduzca tierra o basura y provoque algún taponamiento. Si existiera conexión de aguas pluviales, ésta se debe cancelar y así evitar que la tubería se sature ya que no fue diseñada para conducir aguas pluviales.

La línea o colector principal presenta también problemas de obstrucción, por lo que se puede proceder de las siguientes formas: debe bajar por lo menos una persona a cada pozo de visita entre el tramo a evaluar, colocar una linterna alumbrando hacia la tubería, la otra persona percibirá clara o parcialmente el reflejo, indicando si existe algún taponamiento en el tramo. Otra forma de proceder consiste en verter una cantidad determinada de agua en el pozo de visita, chequear el corrimiento del agua hacia el siguiente pozo, esperando que éste sea normal.

Si es muy lento es que existe algún taponamiento y si no sale agua en el pozo, existe una obstrucción total, por lo que se introducirá una guía para localizarla y si es necesario, se excavará hasta descubrir la tubería para retirar los residuos acumulados.

### **2.1.17. Elaboración de planos**

Después de realizar los procedimientos descritos en las secciones anteriores, es necesario plasmar los resultados en planos. Éstos son representaciones gráficas que detallan todas las partes y los trabajos a realizar en el proyecto. Sirven para presupuestar, contratar y construir los diferentes elementos del mismo. Los planos elaborados para el drenaje sanitario se presentan en el apéndice 1, y son:

- Planta densidad de vivienda
- Planta general
- Planta – perfil primera avenida
- Planta – perfil segunda avenida
- Planta – perfil primera avenida “A” y segunda calle

- Planta – perfil tercera y cuarta calle
- Planta – perfil quinta y quinta calle “A”
- Detalles constructivos de pozos de visita
- Detalles constructivos de pozos de visita tipo 2 y conexión domiciliar
- Detalles de fosa séptica y pozos de absorción

#### **2.1.18. Elaboración de presupuesto**

El presupuesto se elaboró a base de precios unitarios, en los que se tomaron en cuenta los precios de materiales y mano de obra calificada y no calificada de la región.

La mano de obra calificada y no calificada se consideró con base a las cantidades de los renglones de trabajo, la integración de costos indirectos se basó en la estimación de gastos administrativos, imprevistos y utilidades.

Se aplicó un porcentaje del 5% en imprevisto y el 30% en indirectos. El presupuesto del drenaje está descrito en la tabla IX.

Tabla IX: **Presupuesto de alcantarillado sanitario para el cantón El Guayacán**

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
<b>1</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				
1,1	Replanteo topográfico	Km	1,55	Q1.508,80	Q2.344,50
1,2	Excavación	M³	1575,37	Q52,63	Q82.911,72
1,3	Relleno	M³	1547,66	Q32,69	Q50.593,01
1,5	Retiro	M³	28,06	Q32,69	Q917,28
					<b>Q136.767,00</b>
<b>2</b>	<b>INSTALACION TUBERIA</b>				
2,1	Instalación tubería PVC de 6"	M	1539	Q184,74	Q284.222,49
2,2	Acometida domiciliar	Unidad	154	Q2.124,64	Q327.194,56
					<b>Q611.417,00</b>
<b>3</b>	<b>POZOS DE VISITA</b>				
3,1	Pozo de visita de 1,00 m a 2,00 m de profundidad	Unidad	18	Q4.277,87	Q77.001,74
3,2	Pozo de visita de 2,00 m a 3,00 m de profundidad	Unidad	2	Q5.677,33	Q11.354,66
3,3	Pozo de visita de 3,00 m a 4,00 m de profundidad	Unidad	2	Q10.131,85	Q20.263,70
3,4	Pozo de visita de 5,00 m a 6,00 m de profundidad	Unidad	1	Q14.758,35	Q14.758,35
					<b>Q123.378,00</b>
<b>4</b>	<b>SISTEMA DE TRATAMIENTO</b>				
4,1	Excavación	M³	748,8	Q52,63	Q39.409,34
4,2	Relleno	M³	104,4	Q32,69	Q3.412,84
4,3	Retiro	M³	644,4	Q32,69	Q21.065,44
4,4	Fosa séptica (12.00*6.00*2.60)	Unidad	4	Q185.800,99	Q743.203,96
4,5	Pozos de absorción	Unidad	4	Q17.706,73	Q70.826,93
					<b>Q877.919,00</b>
<b>TOTAL ALCANTARILLADO SANITARIO</b>					<b>Q1.749.481,00</b>

Fuente: elaboración propia.

## **2.1.19. Evaluación socioeconómica**

### **2.1.19.1. Valor presente neto**

El método del valor presente neto es bastante utilizado por dos razones: la primera porque es de muy fácil aplicación, la segunda porque todos los ingresos y egresos futuros se transforman al presente y así puede verse fácilmente, si los ingresos son mayores que los egresos.

Cuando el VPN es menor que cero, implica que hay una pérdida a una cierta tasa de interés, o por el contrario, si el VPN es mayor que cero representa una ganancia.

$$\text{VPN} = \text{ingresos} - \text{egresos}$$

Debido a que este es un proyecto de carácter social, no se contempla ningún tipo de utilidad (no hay ingresos), los egresos se establecen como el costo total del proyecto.

$$\text{VPN} = 0 - \text{costo total del proyecto.}$$

$$\text{VPN} = - \text{costo total del proyecto.}$$

### **2.1.19.2. Tasa interna de retorno**

La tasa interna de retorno, como su nombre lo indica es el interés que hace que los ingresos y los egresos tengan el mismo valor, cuando se analiza una alternativa de inversión.

Para este proyecto, por ser de carácter social, no se prevé ningún tipo de ingreso, por lo que no se puede hacer el cálculo de la TIR, mediante el uso de alguna fórmula.

### **2.1.20. Evaluación de impacto ambiental**

Es el análisis de las posibles consecuencias de un proyecto sobre la salud ambiental, la integridad de los ecosistemas y la calidad de los servicios ambientales. Actualmente se han visto afectados los ríos que rodean al municipio de San Gabriel, ya que la población dirige sus aguas residuales a zanjonés que van a dar a los ríos, por lo que la población está teniendo una participación negativa para el ambiente.

Este proyecto no tendrá impacto ambiental negativo permanente, ya que solo sucederá durante la época de construcción, donde el suelo sufrirá un leve cambio, por ser removido al momento de la excavación y este a su vez provocará polvo, que afectará a las personas que viven cerca de donde pasará el sistema de alcantarillado, debido a las condiciones del clima, del viento, etc.

Como impacto ambiental positivo, se menciona la eliminación de aguas servidas, que fluyen sobre la superficie del suelo del lugar, la eliminación de fuentes de proliferación de mosquitos y zancudos y la disminución de enfermedades que estos puedan transmitir a los habitantes del lugar; además las aguas servidas que sean transportadas por el sistema de alcantarillado, recibirán un tratamiento primario, antes de ser evacuadas a su destino final.

## **2.2. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el cantón San Antonio Chimulbuá, del municipio de San Gabriel, Suchitepéquez**

### **2.2.1. Descripción del proyecto a desarrollar**

Este proyecto consistirá en diseñar el sistema de alcantarillado sanitario para el cantón San Antonio Chimulbuá, conformado por una red 1 111,21 metros, 17 pozos de visita y 111 conexiones domiciliarias. La tubería a utilizar será de PVC y tendrá un diámetro mínimo de 6” para el colector principal y de 4” para la conexión domiciliar, las cuales deben cumplir con las normas ASTM F-949. El servicio tendrá una cobertura de 678 habitantes actuales y 1 326 habitantes a futuro. Además se le brindará un tratamiento primario a las aguas residuales por medio de fosas sépticas y pozos de absorción.

### **2.2.2. Levantamiento topográfico**

Se realizaron los levantamientos topográficos siguientes: planimétrico y altimétrico utilizando para este trabajo aparatos de precisión.

#### **2.2.2.1. Planimetría**

Para la planimetría se utilizó el método de conservación del azimut con vuelta de campana, el equipo utilizado fue:

- Teodolito *Sokkisha* TM20ES
- Estadal
- Cinta métrica de 30 metros de longitud
- Plomada
- Estacas, pintura y clavos

### **2.2.2.2. Altimetría**

El levantamiento altimétrico se realizó aplicando taquimetría, el equipo utilizado fue:

- Teodolito *Sokkisha* TM20ES
- Estadal
- Estacas, pintura y clavos

### **2.2.3. Descripción del sistema a utilizar**

El sistema a diseñar es un alcantarillado sanitario, del cual están excluidos los caudales de agua de lluvia provenientes de la calle, techos y otras superficies.

### **2.2.4. Partes de un alcantarillado sanitario**

#### **2.2.4.1. Pozos de visita**

Para la realización de este proyecto en estudio, se ubicaron los pozos de visitas según el reglamento del INFOM.

#### **2.2.4.2. Colectores**

Los colectores a diseñar son:

- Colector principal
- Colector secundario

### **2.2.4.3. Conexiones domiciliarias**

Serán diseñados a base lo especificado en el inciso 2.1.4.3.

### **2.2.5. Período de diseño**

El período de diseño adoptado para todos los componentes del sistema de este proyecto es de 30 años.

### **2.2.6. Población futura**

Se calculará la población futura por medio del método de incremento geométrico, por ser el más apto y el que se apega a la realidad del crecimiento poblacional de nuestro medio.

Se utilizará una tasa de crecimiento poblacional de 2,26%, dato proporcionado por el Puesto de Salud del municipio de San Gabriel. La población actual es de 678 habitantes.

### **2.2.7. Determinación de caudales**

#### **2.2.7.1. Población tributaria**

Método de incremento geométrico

$$Pf = Po \cdot (1 + R)^n$$

Pf = población futuro

Po= población actual = 678 ha  
R = tasa de crecimiento = 2,26%  
n = años proyectados = 30 años  
Pf =  $678 * (1 + 0,028)^{30}$   
Pf = 1 326 habitantes.

### **2.2.7.2. Dotación de agua**

La dotación que se tomó es de 180 l/ha/día, de acuerdo a la asignación que la municipalidad de San Gabriel tiene por vivienda.

### **2.2.7.3. Factor de retorno al sistema**

Se consideró un factor de retorno al sistema del 80%.

### **2.2.7.4. Caudal sanitario**

Los caudales que integran el caudal de diseño son el domiciliar, comercial, industrial, conexiones ilícitas e infiltración.

$$Q_{\text{sanit.}} = Q_{\text{dom}} + Q_{\text{com}} + Q_{\text{ind}} + Q_{\text{inf}} + Q_{\text{cnx}}$$

#### **2.2.7.4.1. Caudal domiciliar**

Para este proyecto se estimó el caudal domiciliar de la siguiente manera:

$$Q_{\text{dom}} = \frac{180 \text{ l/ha/día} * 1\,326 \text{ Ha} * 0,80}{86\,400 \text{ s}}$$

$$Q_{\text{dom}} = 2,21 \text{ l/s}$$

#### **2.2.7.4.2. Caudal industrial**

En este caso el caudal industrial, es igual a cero.

#### **2.2.7.4.3. Caudal comercial**

En este caso el caudal comercial, es igual a cero.

#### **2.2.7.4.4. Caudal de conexiones ilícitas**

Se aplicó un porcentaje de conexiones ilícitas del 50% del caudal domiciliar, lo cual el caudal de conexiones ilícitas se estimó de la siguiente manera:

$$Q_{ci} = \frac{50\% * 2,21 \text{ l/s}}{100}$$

$$Q_{ci} = 1,10 \text{ l/s}$$

#### **2.2.7.4.5. Caudal por infiltración**

Para este proyecto se utilizó el parámetro sobre nivel freático, calculado de la siguiente manera:

$$Q_{inf} = 0,01 * 6''$$

$$Q_{inf} = 0,06 \text{ l/s}$$

#### **2.2.7.5. Caudal medio**

El caudal medio es la cantidad de agua residual que una población en un día transmite a un drenaje sanitario. Este caudal se obtiene sumando los caudales domésticos, de infiltración, por conexiones ilícitas, caudal comercial e industrial.

$$Q_{\text{medio}} = Q_{\text{dom}} + Q_{\text{ind}} + Q_{\text{com}} + Q_{\text{ci}} + Q_{\text{inf}}$$

Por lo cual el caudal medio se estimó de la siguiente manera:

$$Q_m = Q_{\text{dom}} + Q_{\text{ci}}$$

$$Q_m = 2,21 \text{ l/s} + 1,10 \text{ l/s} + 0,06 \text{ l/s}$$

$$Q_m = 3,37 \text{ l/s}$$

#### **2.2.7.6. Factor de caudal medio**

El factor de caudal medio se calculó de la siguiente manera:

$$F_{qm} = \frac{3,37 \text{ l/s}}{1 \text{ 326 ha}}$$

$$1 \text{ 326 ha}$$

$$F_{qm} = 0,003$$

#### **2.2.7.7. Factor de *Harmond***

Utilizando la población futura se estimó el factor de *Harmond*:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{1\ 326}{1\ 000}}}{4 + \sqrt{\frac{1\ 326}{1\ 000}}} = 3,7176$$

#### 2.2.7.8. Caudal de diseño

Es el caudal para el cual se diseña un tramo del sistema de alcantarillado o drenaje, debe cumplir con los requerimientos de velocidad y tirante hidráulico.

$$Q_{\text{diseño}} = \text{no.ha} * f_{\text{qm}} * FH$$

$$Q_{\text{diseño}} = 1\ 326 * 0,003 * 3,7176 = 14,79 \text{ l/s}$$

### 2.2.8. Fundamentos hidráulicos

Las alcantarillas basan su funcionamiento en transportar el agua de desecho en conductos libres, que están en contacto con el aire, a los cuales se les conoce como canales. El flujo queda determinado por la pendiente del canal y la superficie del material del cual está construido.

#### 2.2.8.1. Ecuación de *Manning* para flujo de canales

Para conductos circulares y unidades mixtas se utiliza la fórmula siguiente:

$$V = \frac{0,03429}{n} * D^{2/3} * S^{1/2}$$

#### 2.2.8.2. Relaciones de diámetros y caudales

La relación q/Q deberá ser menor o igual a 0,75, la relación d/D debe ser mayor o igual a 0,10 y menor o igual a 0,75 para alcantarillado sanitario.

### **2.2.8.3. Relaciones hidráulicas**

Se desarrolló aplicando los contenidos expuestos en el inciso 2.1.8.3.

### **2.2.9. Parámetros de diseño hidráulico**

#### **2.2.9.1. Coeficiente de rugosidad**

El coeficiente de rugosidad para tuberías de PVC, es igual a 0,01.

#### **2.2.9.2. Sección llena y parcialmente llena**

Para facilitar este cálculo se utilizará las tablas que han sido elaborados con la fórmula de *Manning*.

#### **2.2.9.3. Velocidades máximas y mínimas**

La velocidad del flujo debe estar comprendida entre el siguiente rango, para evitar problemas de taponamiento y desgaste en la tubería que se utilice.

Tabla X. **Velocidades máximas y mínimas**

Tipo de tubería	Velocidad mínima	Velocidad máxima
Concreto	0,60 m/s	3,00 m/s
PVC	0,40 m/s	4,00 m/s

Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.9.4. Diámetro del colector**

Para el diseño de este sistema de alcantarillado se utilizó tubería de PVC de 6" de diámetro.

#### **2.2.9.5. Profundidad del colector**

##### **2.2.9.5.1. Profundidad mínima del colector**

Se utilizó una profundidad mínima de 1,40 metros para inicio de colector.

##### **2.2.9.5.2. Ancho de zanja**

El ancho de zanja mínimo utilizado en este proyecto es de 0,60 metros según las especificaciones dadas en el inciso 2.1.2.9.5.2.

##### **2.2.9.5.3. Volumen de excavación**

El cálculo se realizó a través de lo mencionado en el inciso 2.1.9.5.3.

#### **2.2.10. Ubicación de pozos de visita**

Según las normas para construcción de alcantarillados, se recomienda colocar pozos de visita en los siguientes casos:

- En toda intercepción de colectores
- Al comienzo de todo colector
- En todo cambio de sección o diámetro
- En todo cambio de dirección o de pendiente

- En tramos rectos, a distancias no mayores de 100 o 120 metros
- En las curvas de colectores visitables, a no más de 30 metros

### **2.2.11. Profundidad de pozos de visita**

La profundidad mínima utilizada es de 1,40 m y una máxima de 4,27 m.

### **2.2.12. Características de las conexiones domiciliarias**

Se diseñó de acuerdo a lo establecido en el inciso 2.1.12.

### **2.2.13. Diseño hidráulico**

De acuerdo a lo establecido al inciso 2.1.13 del diseño hidráulico para el cantón El Guayacán.

### **2.2.14. Ejemplo de diseño de un tramo**

A continuación se da el diseño hidráulico de un tramo:

Cálculo del tramo PV1 a PV2

Datos generales

población actual	En el año 2010 (72 Ha)
población futura	Proyección para el año 2040 (141Ha)
cota inicio de terreno PV-1	1002,31
cota final de terreno PV-2	1000,55
distancia horizontal	92,40 m
período de diseño	30 años

material a utilizar	Tubos de PVC Norma ASTM F-949 con diámetro de 6"
factor de caudal medio	0,003
coeficiente de rugosidad	0,010

#### Cálculo de la pendiente del terreno

$$\text{S\% terreno} = \frac{1002,31 - 1000,55}{92,40} * 100 = 1,90\%$$

s% Tubo (supuesta) =	2,00%
no. de casas del tramo =	12
no. de casas acumuladas =	12
densidad de Ha/Vivienda =	6
población actual del tramo =	72 habitantes
razón de incremento geométrico =	2,26% = 0,026
población futura del tramo =	$72 \text{ ha} * (1 + 0,0226)^{30} = 141 \text{ habitantes}$

#### Factor de *Harmond*

$$\text{factor de } \textit{Harmond} \text{ actual} = FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{P}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{P}{1000}}} = 4,2800$$

$$\text{factor de } \textit{Harmond} \text{ futuro} = FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{P}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{P}{1000}}} = 4,1999$$

## Caudal de diseño

caudal de diseño actual

$$Q_{dis} = \text{No. Habitantes} * f_{qm} * FH_{actual}$$

$$Q_{dis} = 72 \text{ ha} * 0,003 * 4,2800$$

$$Q_{dis} = 0,9245 \text{ l/s}$$

caudal de diseño futuro

$$Q_{dis} = \text{No. Habitantes} * f_{qm} * FH_{futuro}$$

$$Q_{dis} = 141 \text{ ha} * 0,003 * 4,1999$$

$$Q_{dis} = 1,7736 \text{ l/s}$$

## Diseño hidráulico

diámetro del tubo: 6" PVC

pendiente del tubo: 2,00%

## Velocidad a sección llena

$$V_{sección\ llena} = (0,03429 / 0,010) * D^{2/3} * S^{1/2}$$

$$V_{sección\ llena} = (0,03429 / 0,010) * (6")^{2/3} * (0,02)^{1/2}$$

$$V_{sección\ llena} = 1,6012 \text{ m/s}$$

## Caudal a sección llena

$$Q_{sección\ llena} = V * A$$

$$Q_{sección\ llena} = 1,6012 \text{ m/s} * (((6"/2) * 0,0254)^2 * \pi) * 1000$$

$$Q_{sección\ llena} = 29,2086 \text{ l/s}$$

### Relaciones hidráulicas

$$q/Q = \begin{cases} \text{actual} = 0,9245 / 29,2086 = 0,031651 \\ \text{futuro} = 1,7736 / 29,2086 = 0,060723 \end{cases}$$

Cumple con la condición  $q < Q$ , de la tabla de relaciones hidráulicas se obtiene los siguientes valores:

actual

$$v/V = 0,454641 \quad d/D = 0,122$$

$$V_{\text{actual}} = 0,454641 * 1,6012 \text{ m/s} = 0,73 \text{ m/s}$$

futuro

$$v/V = 0,565762 \quad d/D = 0,174$$

$$V_{\text{actual}} = 0,565762 * 1,6012 \text{ m/s} = 0,91 \text{ m/s}$$

### Altura de tirante

Donde:  $0,10 \leq d/D \leq 0,75$

### cotas invert

Para efecto del diseño se tomó una cota invert de inicio con una profundidad de 1,40 metros debido al tránsito.

$$CIS_{\text{inicial}} = Cota_{\text{inicio terreno}} - H_{\text{inicio}}$$

$$\text{CIS}_{\text{inicial}} = 1\,002,31 - 1,40 = 1\,000,91$$

$$\text{CIE}_{\text{final}} = \text{CIS} - \text{DH} * \text{S\%}_{\text{tubería}}$$

$$\text{CIE}_{\text{final}} = 1\,000,91 - 92,40 * 0,02 = 999,06$$

### Profundidad del pozo de visita

#### Pozo de visita Pv-1

$$\text{cota invert inicial} = 1\,000,91 \text{ m}$$

$$\text{cota de terreno al principio} = 1\,002,31 \text{ m}$$

$$\text{altura del pozo inicial} = 1\,002,31 - 1\,000,91 = 1,40 \text{ m}$$

#### Pozo de visita Pv-2

$$\text{cota invert final} = 999,06 \text{ m}$$

$$\text{cota de terreno} = 1\,000,55 \text{ m}$$

$$\text{altura del pozo} = 1\,000,55 - 999,06 = 1,49 \text{ m}$$

### Volumen de excavación

Para efecto del volumen de excavación se tomó el ancho de zanja según indica la tabla de ancho de zanja libre según profundidad y diámetro de tubería. Para el tramo de Pv-1 a Pv-2 el ancho de zanja indicado es de 0,60 metros.

$$V_{\text{Exc}} = \text{ancho de zanja} * \text{D.H.} * \text{promedio de profundidad de pozo Pv-1 y Pv-2}$$

$$V_{\text{Exc}} = 0,60 * 92,40 * ((1,40 + 1,49) / 2)$$

$$V_{\text{Exc}} = 80,06 \text{ m}^3$$

## **2.2.15. Tratamiento**

Para este proyecto de alcantarillado sanitario se eligió usar una batería de fosas sépticas y pozos de absorción como un tratamiento primario.

### **2.2.15.1. Ubicación**

Se ubicó el tratamiento al final de la línea central de tubería del alcantarillado sanitario.

### **2.2.15.2. Diseño de fosa séptica**

Cálculo de volumen

Para la realización del cálculo se consideró:

no. de casas =  $P_f / 6 \text{ ha/casa}$

no. de casas =  $1\ 326 \text{ ha} / 6 \text{ ha/casa}$

no. de casas = 221

Como una fosa séptica tiene una capacidad máxima de 60 casas, se optó para el diseño 55 casas:

No. fosas =  $221 \text{ casa} / 55 \text{ casa} / \text{fosa}$

No. fosas = 4

Por lo cual, la batería de fosas sépticas estará compuesto por 4 fosas sépticas.

Para el cálculo de las dimensiones de una fosa séptica se tomó en consideración los datos siguientes:

período de retención	24 h = 1 día
dotación	180 l/ha/día
factor de retorno	0,80
habitantes a servir	330 ha
período de limpieza	4 años
relación largo/ancho (L/A)	2
lodos acumulados	50 l/ha/año

cálculo del volumen para líquidos:  $V_{liq} = N * Dot. * F.R. * T$

T = período de retención y N = habitantes a futuro

$$V_{liq} = N * Dot. * F.R. * T = 330 \text{ ha} * 180 \text{ l/ha/día} * 0,80 * 1 \text{ día}$$

$$V_{liq} = 47\ 520 \text{ l} = 47,52 \text{ m}^3$$

cálculo del volumen para lodos:  $V_{lod} = N * \text{lodos acum.} * \text{Período limpieza}$

$$V_{lod} = N * \text{lodos acum.} * \text{período limpieza} = 330 \text{ hab} * 50 \text{ l/ha/año} * 4 \text{ años}$$

$$V_{lod} = 66\ 000 \text{ l} = 66,00 \text{ m}^3$$

Volumen total:  $V = V_{liq} + V_{lod}$

$$V = V_{liq} + V_{lod} = 47,52 \text{ m}^3 + 66,00 \text{ m}^3 = 113,52 \text{ m}^3$$

como volumen = largo \* ancho \* altura y  $L/A = 2$ ,  $L = 2A$

tomando un  $H = 2,20 \text{ m}$  (como criterio propio)

$$V = L * A * H = 2 * A * A * H = 2 * A^2 * H$$

$$\text{despejando } A, A = \sqrt{\frac{\text{Vol}}{2 * H}} = \sqrt{\frac{113,52 \text{ m}^3}{2 * 2,20 \text{ m}}}$$

$$A = 5,00 \text{ m}$$

$$\text{como } L = 2 * A = 2 * 5,00 \text{ m} = 10,00 \text{ m}$$

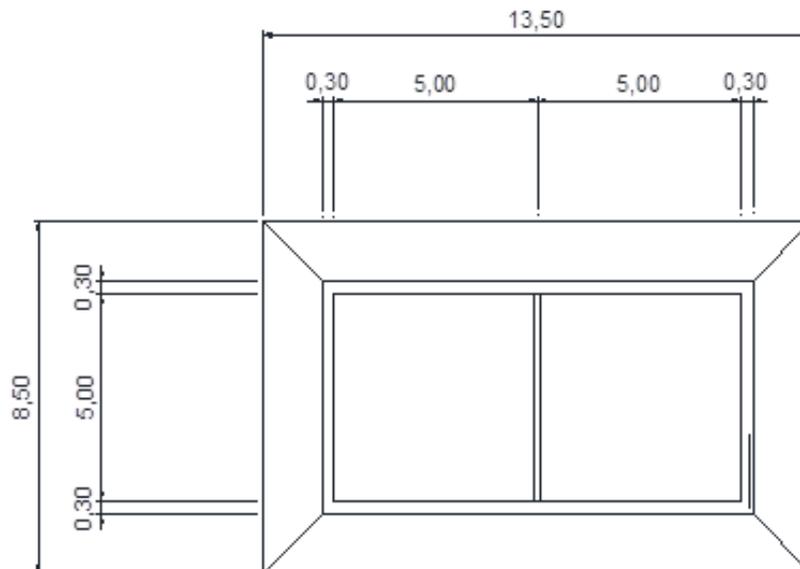
Las dimensiones para la fosa séptica son las siguientes:

Largo = 10,00 metros, ancho = 5,00 metros, altura = 2,20 metros, medidas interiores y la altura es la del líquido.

Medidas de fosa séptica

Largo = 10,00 m, ancho = 5,00 m, altura = 2,60 m

Figura 11. **Planta de fosa séptica**

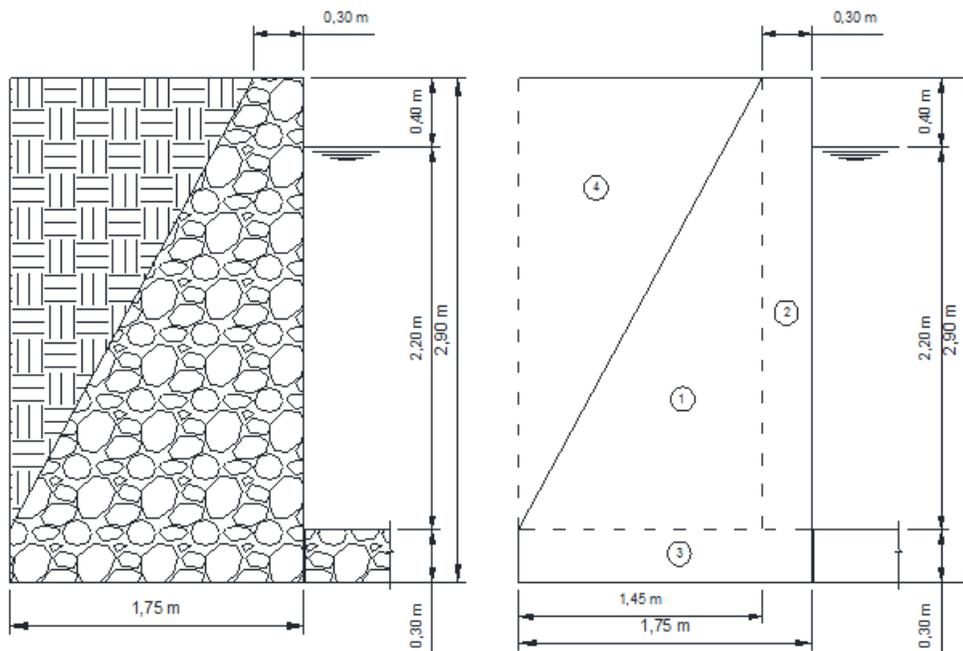


Fuente: elaboración propia.

### Cálculo del diseño estructural

Para el diseño estructural de la fosa séptica se eligió muros por gravedad enterrados de concreto ciclópeo y losa de concreto reforzado. Ver figura 12.

Figura 12. Muro de la fosa séptica



Fuente: elaboración propia.

### Diseño de la losa superior del tanque

losa superior:

largo =  $10,00 \text{ m} / 2 = 5,00 \text{ m}$  (distancia entre vigas)

ancho = 5,00 m

relación  $a/b = 5,00 / 5,00 = 1,00$

como  $a/b > 0,5$  la losa debe diseñarse en dos sentidos.

espesor  $t = 2 * (a + b) / 180 \text{ m} = 2 * (5,00 + 5,00) / 180 = 0,11 \text{ m}$

según el ACI, para losas en dos sentidos:  $0,09 < t < 0,15$

se utilizará  $t = 0,12 \text{ m}$

cargas:

carga muerta (Cm):

peso propio de la losa:  $2400 \text{ kg/m}^3 * 0,12 \text{ m} = 288 \text{ kg/m}$

peso de acabados =  $90 \text{ kg/m}$

Cm =  $378 \text{ kg/m}$

carga viva (Cv) =  $80 \text{ kg/m}$

carga última (Cu) =  $1,4 * Cm + 1,7 * Cv$

Cu =  $1,4 * 378 \text{ kg/m}^2 + 1,7 * 80 \text{ kg/m}^2$

Cu =  $665,20 \text{ kg/m}$

Se utiliza el "Método 3" del ACI

$$M(+)_a = C_{a,d} w_d L_a^2 + C_{a,l} w_l L_a^2$$

$$M(+)_b = C_{b,d} w_d L_b^2 + C_{b,l} w_l L_b^2$$

Ca y Cb = coeficientes de momento tabulados

w = carga uniforme factorada

la , lb = longitud de luz libre en direcciones corta y larga, respectivamente

$$M(+)_a = (0,036 * 529,20 \text{ kg/m}^2 * (5,00 \text{ m})^2) + (0,036 * 136,00 \text{ kg/m}^2 * (5,00 \text{ m})^2)$$

$$M(+)_a = 598,68 \text{ kg-m}$$

$$M(+)_b = (0,036 * 529,20 \text{ kg/m}^2 * (5,00 \text{ m})^2) + (0,036 * 136,00 \text{ kg/m}^2 * (5,00 \text{ m})^2)$$

$$M(+)_b = 598,68 \text{ kg-m}$$

$$M(-)_a = M(+)_a / 3$$

$$M(-)_b = M(+)_b / 3$$

$$M(-)_a = 598,68 \text{ kg-m} / 3 = 199,56 \text{ kg-m}$$

$$M(-)_b = 598,68 \text{ kg-m} / 3 = 199,56 \text{ kg-m}$$

cálculo del refuerzo:

resistencia a compresión del concreto:

$$F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

esfuerzo de ruptura del acero:

$$F_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$t = 12 \text{ cm}$$

$$\emptyset = 3/8'' = 0,95 \text{ cm}$$

$$d = t - R - \emptyset/2 = 12 - 2 - (0,95/2)$$

$$d = 9,525 \text{ cm}$$

asumiendo:  $\emptyset = 3/8''$

$$A_{s \text{ min}} = (14,1 / F_y) * b * d$$

$$A_{s \text{ min}} = (14,1 / 2810) * 100 * 9,525$$

$$A_{s \text{ min}} = 4,78 \text{ cm}^2$$

$$S \text{ máx} = 3 * t = 3 * 0,12 \text{ m} = 0,30 \text{ m}$$

$$A_s = [b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0,003825 * F'_c}}] * \frac{0,85 * F'_c}{F_y}$$

$$A_s = \left[ 100 * 9,525 - \sqrt{(100 * 9,525)^2 - \frac{598,68 * 100}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2 * 810}$$

$$A_s = 2,54 \text{ cm}^2$$

como  $A_s < A_{s \text{ min}}$ , se usará  $A_{s \text{ mín}}$

$$4,78 \text{ cm}^2 \text{ --- } 1 \text{ m}$$

$$0,71 \text{ cm}^2 \text{ --- } S$$

$$S = 0,15 \text{ m} < S \text{ máx}$$

Usar varillas de hierro No. 3 ( $\varnothing = 3/8''$ ) @ 0,15 m en cada sentido

Diseño de viga

Predimensionamiento

El método ACI 318 en el capítulo 9, tabla 9,5 (a), da diferentes situaciones para predimensionamiento. Para este caso se considera una viga simplemente apoyada. tabla VI.

$$\text{longitud de viga crítica} = 5,00 \text{ m}$$

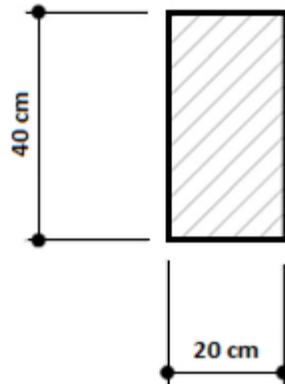
$$h_{\text{viga}} = L / 16 = 5,00 / 16 = 0,32 \text{ m}$$

$$h_{\text{viga}} = 0,40 \text{ m}$$

$$b = h/2 = 0,40 / 2 = 0,20 \text{ m}$$

utilizar una sección de viga de 20 cm x 40 cm

Figura 13. **Dimensión de viga**



Fuente: elaboración propia.

- Cargas

carga muerta:

peso propio de viga:  $2\,400\text{ kg/m}^3 * (0,20 * 0,40) = 192\text{ kg/m}$

peso área que tributa en viga:  $(665,20\text{ kg/m} * 12,14\text{ m}^2) / 5\text{ m} = 1615,11\text{ kg/m}$

sobre carga =

$$\frac{90\text{ kg/m}}{\text{Cm} = 1\,897,11\text{ kg/m}}$$

carga viva:

$$\text{Cv} = 200\text{ kg/m}$$

carga última:  $\text{Cu} = 1,4 * \text{Cm} + 1,7 * \text{Cv}$

$$\text{Cu} = 1,4 (1\,897,11) + 1,7 (200)$$

$$\text{Cu} = 2\,996,00\text{ kg/m}$$

momento último:  $\text{Mu} = \text{W} * \text{L}^2 / 8$

$$\text{Mu} = (2\,996,00) * 5,00^2 / 8 = 9\,362,50\text{kg.m}$$

- Refuerzo longitudinal

cama inferior:

asumiendo 4 cm de recubrimiento

$$d = h - R_c = 40 - 4 = 36 \text{ cm}$$

acero mínimo:

$$A_s \text{ mín} = \frac{14,1}{2810} * (20 * 36) = 3,61 \text{ cm}^2$$

acero máximo:

$$A_s \text{ max} = \rho_{\text{max}} * b * d$$

$$\rho_{\text{max}} = \rho_b = \frac{\beta_1 * 0,85 * f'_c * 6090}{f_y (f_y + 6090)}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 * 0,85 * 210 * 6090}{2810 (2810 + 6090)} = 0,03695$$

$$A_s \text{ max} = 0,03695 * 20 * 36 = 26,60 \text{ cm}^2$$

área de acero:

$$A_s = [b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0,003825 * F'_c}}] * \frac{0,85 * F'_c}{F_y}$$

$$A_s = [20 * 36 - \sqrt{(20 * 36)^2 - \frac{9362,50 * 20}{0,003825 * 210}}] * \frac{0,85 * 210}{2810}$$

$$A_s = 11,80 \text{ cm}^2$$

utilizando hierro No. 6 (3/4")

No. Varillas :  $11,80 \text{ cm}^2 / 2,85 \text{ cm}^2 = 4$  varillas

utilizar 2 varillas No. 6 corridas

más 2 batones No. 6 de L/4 a 3L/4 de la longitud de la viga

cama superior:

Se usará el 33% del área de acero calculado para la cama inferior como mínimo:

$$A_s = 33\% A_s \text{ en cama inferior}$$

$$A_s = 0,33 * 11.80 \text{ cm}^2 = 3,89 \text{ cm}^2$$

Utilizar 2 No. 5 corridos = 3,96 cm<sup>2</sup>

- Refuerzo transversal.

corte resistente:  $V_{cu} = \Theta * 0,85 * \sqrt{f'_c} * b * d$

$$V_{cu} = 0,53 * 0,85 * \sqrt{210} * 20 * 36$$

$$V_{cu} = 4\,700,00 \text{ kg}$$

corte máximo:

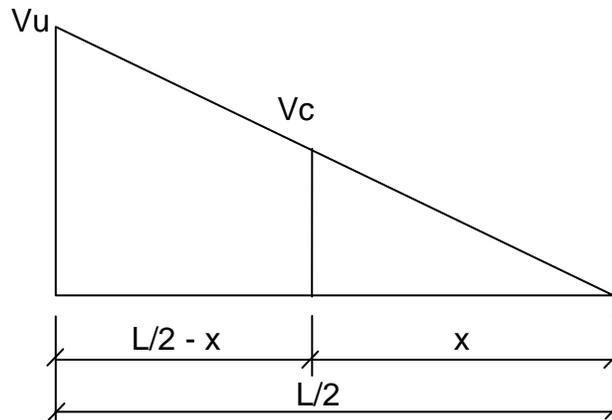
Debido a que es una viga simplemente apoyada, su corte máximo se da en los extremos o apoyos:

$$V_u = \frac{W * L}{2}$$

$$V_u = \frac{2\,996 * 5,00 \text{ m}}{2} = 7\,490,00 \text{ kg}$$

diagrama de corte de la viga:

Figura 14. Diagrama de corte de viga a L/2



Fuente: elaboración propia.

según relación de triángulos:

$$\frac{x}{V_c} = \frac{L/2}{V_u}$$

$$x = \frac{V_c \cdot L/2}{V_u}$$

$$x = \frac{4\,700,00 \text{ kg} \cdot \frac{5,00}{2} \text{ m}}{7\,490,00 \text{ kg}}$$

$$x = 1,56 \text{ m}$$

$$L/2 - x = 0,94 \text{ m}$$

espaciamiento en tramo L/2 - x:

asumiendo hierro No.3 (3/8"):

$$S = \frac{2 \cdot A_s \cdot \text{var} \cdot f_y \cdot d}{V_u}$$

$$S = \frac{2 \cdot 0,71 \cdot 2\,810 \cdot 36}{7\,490,00} = 19 \text{ cm}$$

estribo No3 @ 0,15 cm

Espaciamiento en tramo x:

$$S_{max} = \frac{d}{2}$$

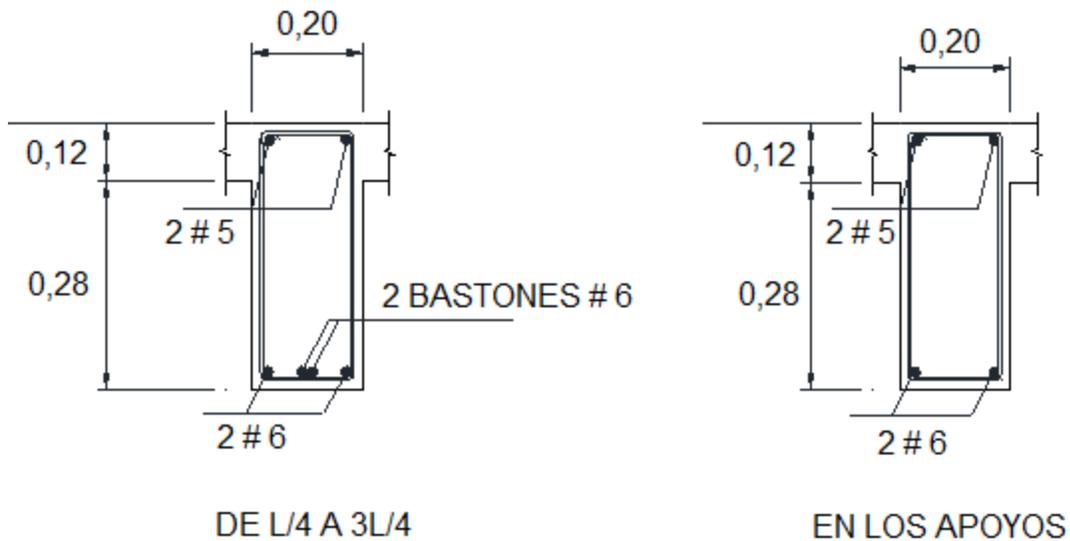
$$S_{max} = \frac{36}{2}$$

$$S_{max} = 18 \text{ cm}$$

estribo No3 @ 0,15 cm

- Armado de viga.

Figura 15. **Detalles de viga fosa séptica**



Fuente: elaboración propia.

## Diseño de muro de fosa séptica

El tanque, es enterrado, la condición crítica se da cuando el mismo está vacío y actúa sobre los muros el empuje del suelo, ver figura 12.

Según la teoría de *Rankine*:

$$K_a = (1 - \text{seno de } 30^\circ) / (1 + \text{seno de } 30^\circ)$$

$$K_a = 0,33333$$

Empuje del suelo viene dado por:

$$P_s = [(S_s * H_m^2) / 2] * K_a$$

peso específico del suelo ( $S_s$ ) = 1,6 ton/m<sup>3</sup>

peso específico del concreto ( $S_c$ ) = 2,4 ton/m<sup>3</sup>

peso específico del concreto ciclópeo = 2,0 ton/m<sup>3</sup>

ángulo de fricción ( $\emptyset$ ) = 30°

valor soporte del suelo ( $V_s$ ) = 14,0 ton/m<sup>3</sup> (asumido según proyectos aledaños)

$$P_s = [(1,6 \text{ ton/m}^3 * (2,90 \text{ m})^2) / 2] * 0,33333$$

$$P_s = 2,24 \text{ ton/m}$$

momento de empuje que causa el suelo ( $M_s$ ) viene dado por:

$$M_s = P_s * H_m / 3$$

$$M_s = 2,24 \text{ ton/m} * (2,90 \text{ m}) / 3$$

$$M_s = 2,16 \text{ ton-m/m}$$

Cálculo del momento que produce el peso propio del muro:

Tabla XI: **Momentos producidos por el peso propio del muro**

<u>Sección</u>	<u>S * A = Wr (ton/m)</u>	<u>Brazo (metros)</u>	<u>Mr (ton-m/m)</u>
1	2,0 * 1,88 = 3,76	0,30 + (1/3 * 1,45) = 0,78	2,933
2	2,0 * 0,78 = 1,56	0,30 / 2 = 0,15	0,234
3	2,0 * 0,52 = 1,04	1,75 / 2 = 0,88	0,915
4	1,6 * 1,95 = 3,00	0,30 + (2/3 * 1,45) = 1,27	3,81
	9,36		7,90

Fuente: elaboración propia.

Carga uniformemente distribuida:

$W_{\text{losa + viga}}$  sobre el muro:

$$\text{área tributaria (At)} = (2 * (0,5 * 2,45 * 2,45)) + (2,45 * 0,70) = 7,72 \text{ m}^2$$

$$W_{\text{losa + viga}} = (665,20 \text{ kg/m}^2 * 7,72 \text{ m}^2 / 5,60 \text{ m}) + (2400 \text{ kg/m}^3 * 0,20 \text{ m} * 0,40 \text{ m})$$

$$W_{\text{losa + viga}} = 1,11 \text{ ton/m}$$

$$\text{peso total del muro (Wtm)} = W_r + W_{\text{losa + viga}}$$

$$W_{\text{tm}} = 9,36 \text{ ton/m} + 1,11 \text{ ton/m} = 10,47 \text{ ton/m}$$

se considera  $W_{[\text{losa + viga}]}$  como carga puntual:

$$P_c = 1,11 \text{ ton/m} * 1,75 \text{ m} = 1,94 \text{ ton}$$

momento que ejerce la carga puntual respecto al punto "o" es:

$$M_c = 1,94 \text{ ton} * (1/2 * 0,30 \text{ m}) = 0,30 \text{ ton-m}$$

Verificación de estabilidad contra volteo ( $F_{sv} > 1,5$ ):

$$F_{sv} = (M_r + M_c) / M_s$$

$$F_{sv} = (7,90 + 0,30) / 2,16 = 3,80$$

3,80 > 1,5 la estructura resiste el volteo.

Verificación de estabilidad contra deslizamiento ( $F_{sd} > 1,5$ ):

$$F_d = W_{tm} * \text{coeficiente de fricción}$$

$$F_d = 10,47 * 0,90 * \tan 30^\circ = 5,44 \text{ ton}$$

$$F_{sd} = F_d / P_s$$

$$F_{sd} = 5,44 / 2,24 = 2,43$$

2,43 > 1,5 la estructura no se desliza.

Verificación de la presión máxima bajo la base del muro ( $P_{\text{máx}} < V_s$ ):

$$a = (M_r + M_c - M_s) / W_{tm}$$

$$a = (7,90 + 0,30 - 2,16) / 10,47 = 0,60$$

longitud de la base del muro donde actúa la presión positiva:

$$3 * a = 3 * 0,60 = 1,80 \text{ m}$$

$$\text{base del muro } (B_m) = 1,75 \text{ m}$$

$$1,80 \text{ m} > 1,75 \text{ m}$$

$$3 * a > B_m$$

Como la distancia total de la presión positiva ( $3 * a$ ) es mayor que la base del muro, entonces, debajo del muro no hay presiones negativas.

excentricidad "e":

$$e = (Bm/2) - a$$

$$e = (1,75 \text{ m} / 2) - 0,60 \text{ m} = 0,275 \text{ m}$$

módulo de sección por metro lineal ( $S_x$ ) es:

$$S_x = [(Bm^2) / 6] * L$$

$$S_x = [(1,75 \text{ m})^2 / 6] * 1,00 \text{ m} = 0,51 \text{ m}^3$$

Las presiones vienen dadas por:

$$q = Wtm / (Bm * L) \text{ +/- } (Wtm * e) / S_x$$

$$q = \frac{10,47 \text{ ton/m}}{1,75 \text{ m} * 1 \text{ m}} \text{ +/- } \frac{10,47 \text{ ton/m} * 0,275 \text{ m}}{0,51 \text{ m}^3}$$

$$q \text{ máx} = 6,98 \text{ ton/m}^2 + 5,64 \text{ ton/m}^2 = 11,62 \text{ ton/m}^2 < 14 \text{ ton/m}^2 \text{ ---- O.K.}$$

$$q \text{ mín} = 6,98 \text{ ton/m}^2 - 5,64 \text{ ton/m}^2 = 0,34 \text{ ton/m}^2 > 0 \text{ ----- O.K.}$$

Según los cálculos realizados se demuestra que con una base de 1,75 m, el muro cumple las verificaciones necesarias.

### **2.2.15.3. Dimensionamiento de pozos de absorción**

Ver inciso 2.1.15.3.

### **2.2.16. Administración, operación y mantenimiento**

Para este proyecto se aplican los contenidos descrito en el inciso 2.1.16 del diseño de alcantarillado del cantón El Guayacán.

### **2.2.17. Elaboración de planos**

Los planos para este proyecto son: (ver apéndice 2)

- Planta densidad de vivienda
- Planta general
- Planta – perfil de Pv-1 a Pv-7
- Planta – perfil de Pv-7 a Pv-13
- Planta – perfil de Pv-16 a Pv-3 y de Pv-18 a Pv-4
- Detalles constructivos de pozos de visita
- Detalles constructivos de pozos de visita tipo 2 y conexión domiciliar
- Detalles de fosa séptica y pozos de absorción

### **2.2.18. Elaboración de presupuesto**

Se aplicó los parámetros establecidos en el inciso 2.1.18.

Tabla XII: **Presupuesto de alcantarillado sanitario para el cantón San Antonio Chimulbuá**

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
<b>1</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				
1,1	Replanteo topográfico	Km	1,12	Q1.508,80	Q1.693,36
1,2	Excavación	M <sup>3</sup>	1747,48	Q52,63	Q91.970,03
1,3	Relleno	M <sup>3</sup>	1721,16	Q32,69	Q56.264,83
1,4	Retiro	M <sup>3</sup>	26,32	Q32,69	Q860,39
					<b>Q150.789,00</b>
<b>2</b>	<b>INSTALACIÓN TUBERÍA</b>				
2,1	Instalación tubería PVC de 6"	M	690	Q184,74	Q127.470,60
2,2	Instalación tubería PVC de 8"	M	432	Q278,08	Q120.130,56
2,3	Acometida domiciliar	Unidad	111	Q2.124,64	Q235.835,04
					<b>Q483.436,00</b>
<b>3</b>	<b>POZOS DE VISITA</b>				
3,1	Pozo de visita de 1, 0 m a 2,00 m de profundidad	Unidad	6	Q4.977,49	Q29.864,92
3,2	Pozo de visita de 2,00 m a 3,00 m de profundidad	Unidad	5	Q6.377,11	Q31.885,55
3,3	Pozo de visita de 3,00 m a 4,00 m de profundidad	Unidad	5	Q9.172,05	Q45.860,24
3,4	Pozo de visita de 4,00 m a 5,00 m de profundidad	Unidad	1	Q11.971,85	Q11.971,85
					<b>Q119.583,00</b>
<b>4</b>	<b>SISTEMA DE TRATAMIENTO</b>				
4,1	Excavación	M <sup>3</sup>	520,00	Q52,63	Q27.367,60
4,2	Relleno	M <sup>3</sup>	87,00	Q32,69	Q2.844,03
4,3	Retiro	M <sup>3</sup>	433,00	Q32,69	Q14.154,77
4,4	Fosa séptica (10.00*5.00*2.60)	Unidad	4	Q143.717,60	Q574.870,40
4,5	Pozos de absorción	Unidad	4	Q17.706,73	Q70.826,93
					<b>Q690.064,00</b>
<b>TOTAL ALCANTARILLADO SANITARIO</b>					<b>Q1.443.872,00</b>

Fuente: elaboración propia.

## **2.2.19. Elaboración socioeconómica**

### **2.2.19.1. Valor presente neto**

Debido a que este es un proyecto de carácter social, no se contempla ningún tipo de utilidad (no hay ingresos), los egresos se establecen como el costo total del proyecto.

$VPN = 0 - \text{costo total del proyecto.}$

$VPN = - \text{costo total del proyecto.}$

### **2.2.19.2. Tasa interna de retorno**

Para este proyecto, por ser de carácter social, no se prevé ningún tipo de ingreso, por lo que no se puede hacer el cálculo de la TIR, mediante el uso de alguna fórmula.

## **2.2.20. Evaluación de impacto ambiental**

Es el análisis de las posibles consecuencias de un proyecto sobre la salud ambiental, la integridad de los ecosistemas y la calidad de los servicios ambientales.

Actualmente se han visto afectados los ríos que rodean al municipio de San Gabriel, ya que la población dirige sus aguas residuales a zanjonés que van a dar a los ríos, por lo que la población está teniendo una participación negativa para el ambiente.

Este proyecto no tendrá impacto ambiental negativo permanente, ya que solo sucederá durante la época de construcción, donde el suelo sufrirá un leve cambio, por ser removido al momento de la excavación y este a su vez provocará polvo, que afectará a las personas que viven cerca de donde pasará el sistema de alcantarillado, debido a las condiciones del clima, del viento, etc.

Como impacto ambiental positivo, se menciona la eliminación de aguas servidas, que fluyen sobre la superficie del suelo del lugar, la eliminación de fuentes de proliferación de mosquitos y zancudos y la disminución de enfermedades que estos puedan transmitir a los habitantes del lugar; además las aguas servidas que sean transportadas por el sistema de alcantarillado, recibirán un tratamiento primario, antes de ser evacuadas a su destino final.

## CONCLUSIONES

1. Un sistema de alcantarillado sanitario se considera un servicio básico, sin embargo, la cobertura de estos sistemas en los municipios de países en desarrollo es muy escaso, lo cual repercute directamente en la salubridad de una población, dicho problema afecta a los habitantes del cantón El Guayacán. Para brindarle una solución a esta población se propone el diseño de alcantarillado sanitario para el cantón El Guayacán, conformado por una red de alcantarillado de 1 538,50 m de tubería de PVC (policloruro de vinilo), 23 pozos de visita y 154 conexiones domiciliarias, el cual beneficiará a una población actual de 924 habitantes y 1 416 habitantes a futuro; con un costo de Q. 1 749 481,00 (un millón setecientos cuarenta y nueve mil cuatrocientos ochenta y uno quetzales exactos).
2. Los habitantes del cantón San Antonio Chimulbuá se ven afectados constantemente por enfermedades gastrointestinales, esto debido a que sus aguas residuales se encuentran a flor de tierra, ocasionando que éstas se estanquen, por no contar con un adecuado sistema de alcantarillado sanitario y pluvial. Para mejorar el nivel de vida de esta población se propone el diseño de alcantarillado sanitario para el cantón San Antonio Chimulbuá, conformado por 1 111.21 m de tubería PVC, 17 pozos de visita y 111 conexiones domiciliarias, con un costo de Q. 1 443 872,00 (un millón cuatrocientos cuarenta y tres mil ochocientos setenta y dos quetzales exactos), con el cual se beneficiará a 678 personas actuales y a 1 326 personas a futuro.

3. Las aguas servidas a flor de tierra también afectan directamente al medio ambiente, lo cual con los sistemas propuestos se eliminaría este problema. Pero es de suma importancia el estudio de impacto ambiental, ya que afectará al medio ambiente y a la comunidad durante el período de construcción, con ruido, polvo entre otros aspectos, por lo que se debe contar con una solución técnica para así poder evitar el impacto ambiental.

## RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de San Gabriel:

1. Velar porque se ejecute, con base a lo diseñado en los planos y especificaciones técnicas, para asegurar el buen funcionamiento de las obras y así asegurar el período de vida útil para los cuales fueron diseñados.
2. Es importante la realización de una campaña de educación sanitaria para los usuarios de los sistemas de alcantarillado, para concientizar y regular el adecuado uso del mismo.
3. Monitorear el funcionamiento de los sistemas de alcantarillado sanitario, para darles el mantenimiento correspondiente.



## BIBLIOGRAFÍA

1. CABRERA RIEPELE, Ricardo Antonio. *“Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2”*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1989. 146 p.
2. Instituto de Fomento Municipal. *Manual para el diseño de alcantarillados*. Guatemala: INFOM, 2001. 29 p.
3. HERNÁNDEZ ÁLVAREZ, Víctor Genaro. *“Diseño de alcantarillado sanitario de la aldea Los Pocitos”, del municipio de Villa Canales, departamento de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2003. 114 p.
4. RUIZ LÓPEZ, José David. *“Diseño de alcantarillado sanitario de la aldea Santo Domingo, aldea Piedra Parada Cristo Rey del municipio de Santa Catarina Pínula, departamento de Guatemala”*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2005. 74 p.



## **APÉNDICE 1**

**CÁLCULO HIDRÁULICO Y PLANOS DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO  
PARA EL CANTÓN EL GUAYACÁN, MUNICIPIO DE SAN GABRIEL, DEPARTAMENTO DE  
SUCHITEPÉQUEZ**



EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

ASESOR: ING. JUAN MERCK COS

CÁLCULO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO,

CANTÓN EL GUAYACÁN,

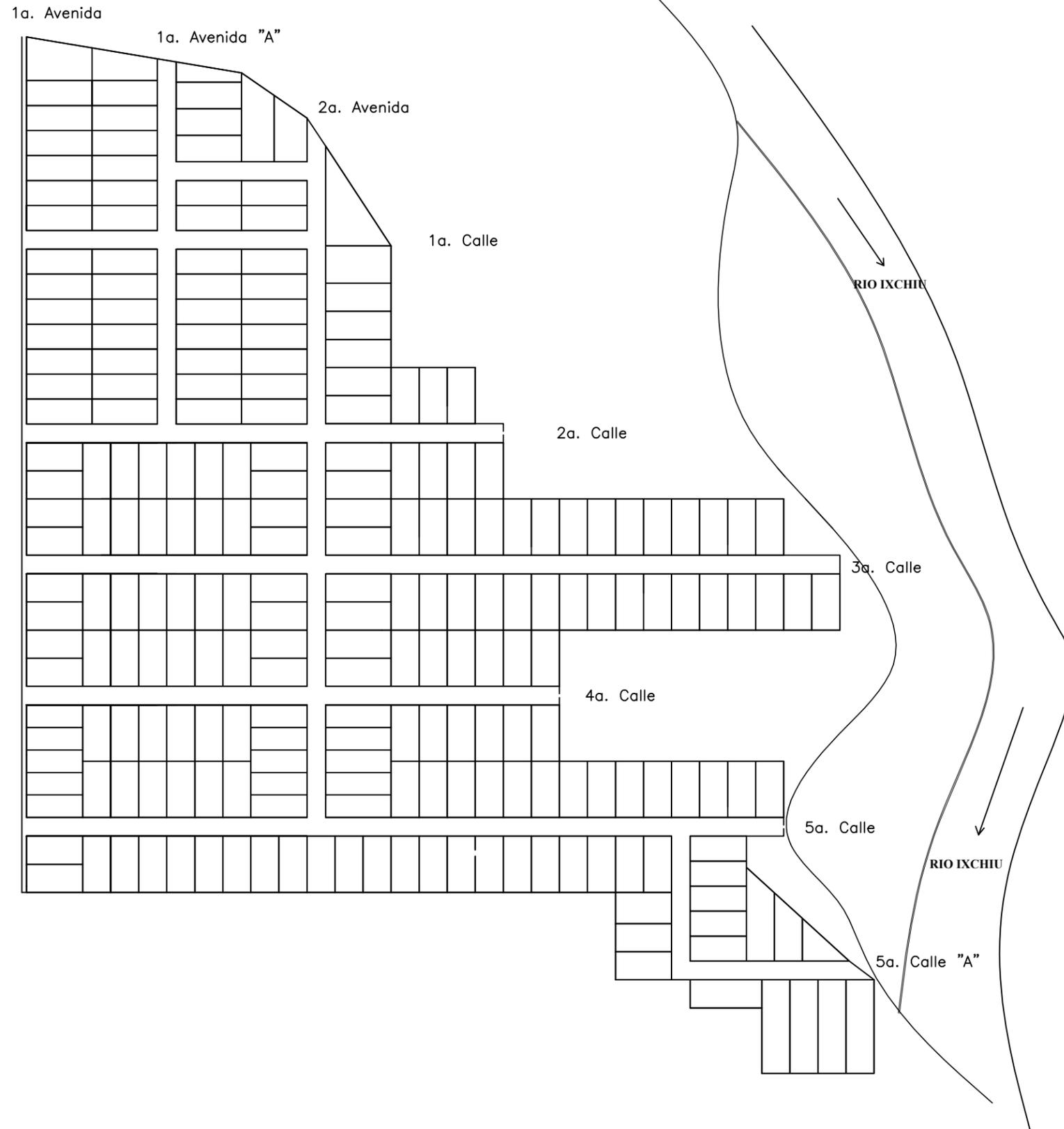
SAN GABRIEL, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ

DE	A	COT.TERRENO		D.H. (mts)	S(%) Terreno	No. CASAS				HAB.SERVIR		F.Q.M. L/s/hab	F. HARMOND		Q diseño (lt/s)		DIÁMETRO PVC(pulg)	S(%) Tubería	SECC. LLENA		RELACIÓN q/Q		RELACIÓN v/V		RELACIÓN d/D		v (m/s)		COT.INVERT		PROF.POZO		ANCHO ZANJA	EXCAV. m³	RELLENO m³	RETIRO m³
		Inicio	Final			Actual	Acum.	Local	Acum.	Actual	Futuro		Actual	Futuro	Actual	Futuro			Actual	Futura	Actual	Futura	Actual	Futura	Actual	Futura	Actual	Futura	Actual	Futura	Inicio	Final				
1	2	99.53	98.83	113.00	0.62	8	8	14	14	48	84	0.003	4.3183	4.2635	0.6218	1.0744	6	1.00	1.1322	20.6536	0.030107	0.052020	0.447612	0.527293	0.119	0.155	0.51	0.60	98.13	97.00	1.40	1.83	0.60	109.50	107.44	2.06
2	4	98.83	97.23	45.75	3.50	2	10	3	17	60	102	0.003	4.2980	4.2412	0.7736	1.2978	6	2.50	1.7902	32.6562	0.023691	0.039742	0.416210	0.486457	0.106	0.136	0.75	0.87	96.97	95.83	1.86	1.40	0.60	44.79	43.96	0.83
3	4	99.36	97.23	112.50	1.89	19	19	27	27	114	162	0.003	4.2276	4.1800	1.4458	2.0315	6	2.00	1.6012	29.2086	0.049500	0.069551	0.518904	0.575528	0.151	0.179	0.83	0.92	97.96	95.71	1.40	1.52	0.60	98.55	96.50	2.05
4	6	97.23	96.41	48.00	1.71	1	30	3	47	180	282	0.003	4.1644	4.0898	2.2488	3.4600	6	2.00	1.6012	29.2086	0.076990	0.118457	0.590864	0.671122	0.187	0.232	0.95	1.07	95.68	94.72	1.55	1.69	0.60	46.66	45.78	0.88
5	6	99.47	96.41	84.00	3.64	15	15	18	18	90	108	0.003	4.2558	4.2343	1.1491	1.3719	6	4.00	2.2645	41.3072	0.027818	0.033212	0.438117	0.461593	0.115	0.125	0.99	1.05	98.07	94.71	1.40	1.70	0.60	78.12	76.59	1.53
6	7	96.41	90.95	33.00	16.55	2	47	2	67	282	402	0.003	4.0898	4.0211	3.4600	4.8495	6	15.00	4.3851	79.9911	0.043254	0.060625	0.499629	0.551845	0.142	0.167	2.19	2.42	94.68	89.73	1.73	1.22	0.60	29.21	28.60	0.60
7	8	90.95	85.84	27.00	18.93	1	48	5	72	288	432	0.003	4.0860	4.0061	3.5303	5.1918	6	19.00	4.9353	90.0270	0.039214	0.057670	0.484236	0.543761	0.135	0.163	2.39	2.68	89.70	84.57	1.25	1.27	0.60	20.41	19.92	0.49
8	FS1	85.84	85.1	12.50	5.92		48		72	288	432	0.003	4.0860	4.0061	3.5303	5.1918	6	0.50	0.8006	14.6043	0.241729	0.355501	0.823763	0.915317	0.335	0.412	0.66	0.73	84.54	84.48	1.30	0.62	0.60	7.21	6.98	0.23
2	9	98.83	97.37	42.00	3.48	3	3	4	4	18	24	0.003	4.3864	4.3695	0.2369	0.3146	6	3.00	1.9611	35.7731	0.006621	0.008794	0.282879	0.307527	0.058	0.066	0.55	0.60	97.43	96.17	1.40	1.20	0.60	32.76	31.99	0.77
9	10	97.37	95.1	93.75	2.42	9	12	12	16	72	96	0.003	4.2800	4.2484	0.9245	1.2235	6	2.50	1.7902	32.6562	0.028309	0.037467	0.440505	0.477526	0.116	0.132	0.79	0.85	96.14	93.80	1.23	1.30	0.60	71.26	69.55	1.71
6	10	96.41	95.1	42.00	3.12	7	7	8	8	42	48	0.003	4.3294	4.3183	0.5455	0.6218	6	3.00	1.9611	35.7731	0.015249	0.017383	0.364475	0.380479	0.086	0.092	0.71	0.75	95.01	93.75	1.40	1.35	0.60	34.65	33.88	0.77
10	11	95.1	90.91	33.00	12.70	1	20	2	26	120	156	0.003	4.2210	4.1855	1.5196	1.9588	6	12.50	4.0030	73.0215	0.020810	0.026825	0.401157	0.433332	0.1	0.113	1.61	1.73	93.72	89.60	1.38	1.32	0.60	26.68	26.08	0.60
11	12	90.91	82.69	63.00	13.05	5	25	14	40	150	240	0.003	4.1910	4.1181	1.8860	2.9650	6	13.00	4.0823	74.4676	0.025326	0.039816	0.426042	0.486457	0.11	0.136	1.74	1.99	89.57	81.38	1.35	1.32	0.60	50.27	49.12	1.15
12	13	82.69	78.26	63.00	7.03	0	25	14	54	150	324	0.003	4.1910	4.0640	1.8860	3.9502	6	7.00	2.9956	54.6443	0.034513	0.072289	0.466185	0.581320	0.127	0.182	1.40	1.74	81.35	76.94	1.35	1.33	0.60	50.46	49.31	1.15
13	FS2	78.26	77.35	10.00	9.10		25		54	150	324	0.003	4.1910	4.0640	1.8860	3.9502	6	1.00	1.1322	20.6536	0.091314	0.191259	0.622332	0.770431	0.204	0.296	0.70	0.87	76.91	76.81	1.36	0.55	0.60	5.70	5.52	0.18
9	14	97.37	95.45	42.00	4.57	3	3	4	4	18	24	0.003	4.3864	4.3695	0.2369	0.3146	6	5.00	2.5317	46.1829	0.005129	0.006812	0.263528	0.286029	0.052	0.059	0.67	0.72	96.17	94.07	1.20	1.38	0.60	32.51	31.74	0.77
14	15	95.45	94.16	93.75	1.38	11	14	12	16	84	96	0.003	4.2635	4.2484	1.0744	1.2235	6	1.50	1.3867	25.2954	0.042475	0.048370	0.495268	0.516790	0.14	0.15	0.69	0.72	94.04	92.63	1.41	1.53	0.60	82.58	80.87	1.71
10	15	95.1	94.16	42.00	2.24	6	6	8	8	36	48	0.003	4.3415	4.3183	0.4689	0.6218	6	2.50	1.7902	32.6562	0.014358	0.019042	0.359039	0.390908	0.084	0.096	0.64	0.70	93.90	92.85	1.20	1.31	0.60	31.63	30.86	0.77
15	16	94.16	91.42	33.00	8.30	5	25	2	26	150	156	0.003	4.1910	4.1855	1.8860	1.9588	6	8.00	3.2024	58.4172	0.032284	0.033531	0.456967	0.461593	0.123	0.125	1.46	1.48	92.60	89.96	1.56	1.46	0.60	29.82	29.22	0.60
16	17	91.42	85.68	45.00	12.76	0	25	10	36	150	216	0.003	4.1910	4.1357	1.8860	2.6799	6	13.00	4.0823	74.4676	0.025326	0.035988	0.426042	0.473014	0.11	0.13	1.74	1.93	89.93	84.08	1.49	1.60	0.60	41.61	40.79	0.82
17	FS3	85.68	84.42	14.00	9.00		25		36	150	216	0.003	4.1910	4.1357	1.8860	2.6799	6	1.00	1.1322	20.6536	0.091314	0.129755	0.622332	0.689339	0.204	0.243	0.70	0.78	84.05	83.91	1.63	0.51	0.60	8.96	8.70	0.26
14	18	95.45	94.51	42.00	2.24	5	5	5	5	30	30	0.003	4.3547	4.3547	0.3919	0.3919	6	3.00	1.9611	35.7731	0.010956	0.010956	0.331034	0.331034	0.074	0.074	0.65	0.65	94.25	92.99	1.20	1.52	0.60	34.27	33.51	0.77
18	19	94.51	93.79	93.75	0.77	15	20	16	21	120	126	0.003	4.2210	4.2147	1.5196	1.5932	6	1.00	1.1322	20.6536	0.073574	0.077137	0.583240	0.592756	0.183	0.188	0.66	0.67	92.96	92.02	1.55	1.77	0.60	93.30	91.59	1.71
15	19	94.16	93.79	42.00	0.88	9	9	10	10	54	60	0.003	4.3078	4.2980	0.6979	0.7736	6	1.00	1.1322	20.6536	0.033789	0.037458	0.463893	0.477526	0.126	0.132	0.53	0.54	92.96	92.54	1.20	1.25	0.60	30.87	30.10	0.77
19	20	93.79	92.14	117.00	1.41	21	50	23	54	300	324	0.003	4.0785	4.0640	3.6706	3.9502	6	2.00	1.6012	29.2086	0.125669	0.135241	0.682774	0.697453	0.239	0.248	1.09	1.12	91.99	89.65	1.80	2.49	0.60	150.40	148.27	2.13
22	21	89.46	90.78	53.00	-2.49	2	2	8	8	12	48	0.003	4.4067	4.3183	0.1586	0.6218	6	2.00	1.6012	29.2086	0.005431	0.021289	0.266810	0.403692	0.053	0.101	0.43	0.65	88.46	87.40	1.00	3.38	0.70	81.25	80.28	0.97
21	20	90.78	92.14	46.00	-2.96	3	5	8	16	30	96	0.003	4.3547	4.2484	0.3919	1.2235	6	1.10	1.1875	21.6617	0.018093	0.056484	0.383103	0.539682	0.093	0.161	0.45	0.64	87.37	86.86	3.41	5.28	0.70	139.84	139.01	0.84
20	23	92.14	90.42	33.00	5.21	1	56	4	74	336	444	0.003	4.0570	4.0002	4.0895	5.3283	6	0.50	0.8006	14.6043	0.280017	0.364844	0.857850	0.921742	0.362	0.418	0.69	0.74	86.83	86.67	5.31	3.75	0.75	112.08	111.48	0.60
23	FS4	90.42	87.1	19.50	17.03		56		74	336	444	0.003	4.0570	4.0002	4.0895	5.3283	6	0.50	0.8006	14.6043	0.280017	0.364844	0.857850	0.921742	0.362	0.418	0.69	0.74	86.64	86.54	3.78	0.56	0.75	31.73	31.38	0.36



A SAN GABRIEL ↑

↓ A SAN LORENZO



ESPECIFICACIONES TECNICAS DE DISEÑO

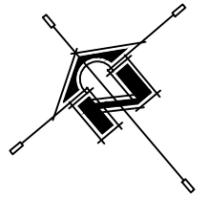
- TUBERÍA CON DIÁMETRO DE 6" SERÁ NOVAFORT DE P.V.C. NORMA ASTM F-949
- TIPO DE RED: ALCANTARILLADO SANITARIO POR GRAVEDAD.
- POBLACIÓN ACTUAL: 924 HAB. EN 154 FAMILIAS.
- MÉTODO DE POBLACIÓN: POR SATURACIÓN
- PERIODO DE DISEÑO: 30 AÑOS.
- POBLACIÓN FUTURA: 1416 HABITANTES.
- DOTACIÓN: 180 L/HAB/DÍA
- FACTOR DE CAUDAL MEDIO: 0.002
- COEFICIENTE DE RUGOSIDAD PARA P.V.C.: 0.010
- FORMULA DE DISEÑO: MANNING  

$$V = 0.03429 D^{2/3} S^{1/2} / N$$
- RELACIONES HIDRÁULICAS: Q=A\*V
- REALIZAR UN TRATAMIENTO PRIMARIO POR MEDIO DE FOSAS SÉPTICAS.

**PLANTA DENSIDAD DE VIVIENDA**

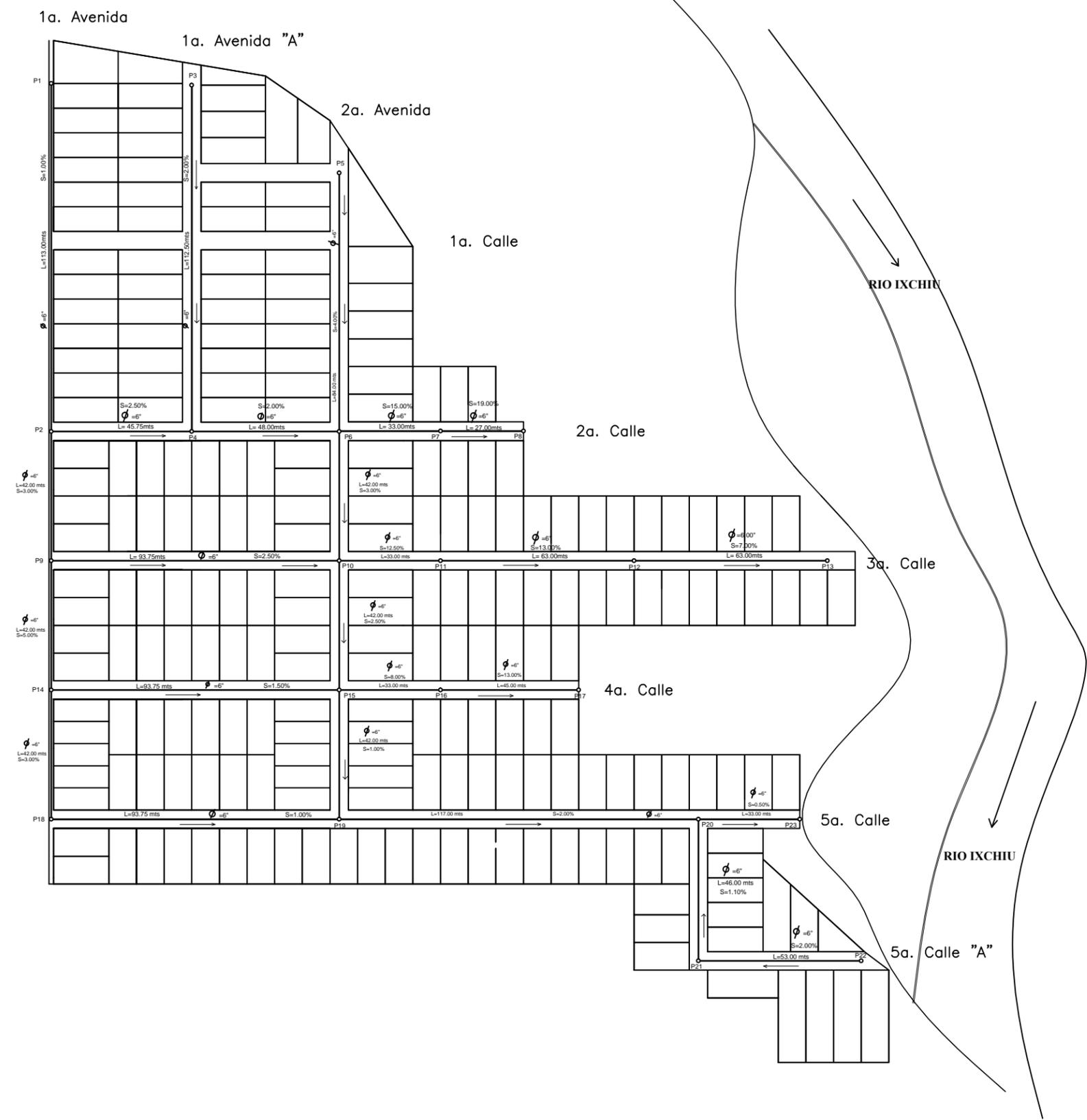
ESCALA: 1:750

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO CANTON EL GUAYACAN	
EPS	PLANO DE: PLANTA DENSIDAD DE VIVIENDA	
DISEÑO: DOBLAS LOPEZ	PROPIEDAD DE: MUNICIPALIDAD DE SAN GABRIEL, SUCHITEPEZ	
CALCULO: DOBLAS LOPEZ	ESPECIETA: DOBLAS EMILIO LOPEZ PRETZANON	Comis 2024-2026
PLANO: DOBLAS LOPEZ	VoBO:	FECHA
ESCALA: INDICADA	NO. LINEA HERRERA LOS SUPERVISOR - SUPERVISOR EPS	DOBLAS LOPEZ ESPECIETA
FECHA: ENERO 2025		1/10



A SAN GABRIEL  
↑

↓  
A SAN LORENZO



ESPECIFICACIONES TECNICAS DE DISEÑO

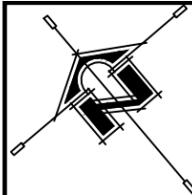
- TUBERÍA CON DIÁMETRO DE 6" SERÁ NOVAFORT DE P.V.C. NORMA ASTM F-949
- TIPO DE RED: ALCANTARILLADO SANITARIO POR GRAVEDAD.
- POBLACIÓN ACTUAL: 924 HAB. EN 154 FAMILIAS.
- MÉTODO DE POBLACIÓN: POR SATURACIÓN
- PERIODO DE DISEÑO: 30 AÑOS.
- POBLACIÓN FUTURA: 1416 HABITANTES.
- DOTACIÓN: 180 L/HAB/DÍA
- FACTOR DE CAUDAL MEDIO: 0.002
- COEFICIENTE DE RUGOSIDAD PARA P.V.C.: 0.010
- FORMULA DE DISEÑO: MANNING  

$$V = 0.03429 D^{2/3} S^{1/2}$$
- RELACIONES HIDRÁULICAS: Q=A\*V
- REALIZAR UN TRATAMIENTO PRIMARIO POR MEDIO DE FOSAS SÉPTICAS.

**PLANTA GENERAL DE DRENAJE SANITARIO**

ESCALA: 1:750

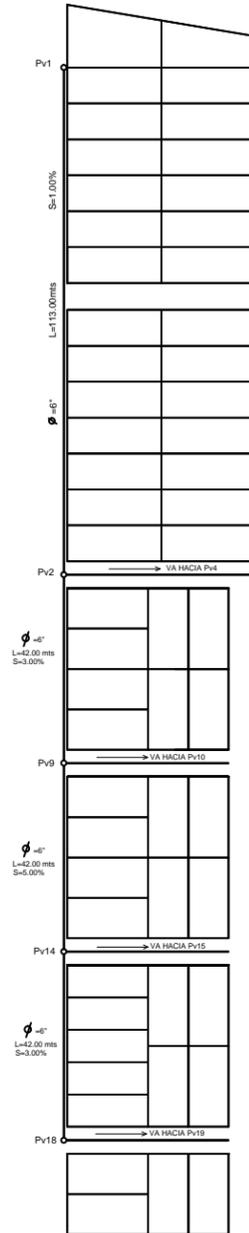
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO CANTON EL GUAYACAN	
EPS	PLANO DE: PLANTA GENERAL	
DISEÑO: DOBELAS LOPEZ	PROPIEDAD DE: MUNICIPALIDAD DE SAN GABRIEL, SUCHITEPEQUEZ	
CALCULO: DOBELAS LOPEZ	EFECTORIA: DOBELAS EMILIO LOPEZ PRETZANON	Comis: 2024-2026
REVISOR: DOBELAS LOPEZ	VoBO:	FECHA: 2
ESCALA: INDICADA	NO. LINEA: 1000	2
FECHA: ENERO 2025	SUPERVISOR - SUPERVISOR EPS: DOBELAS LOPEZ	10



A SAN GABRIEL

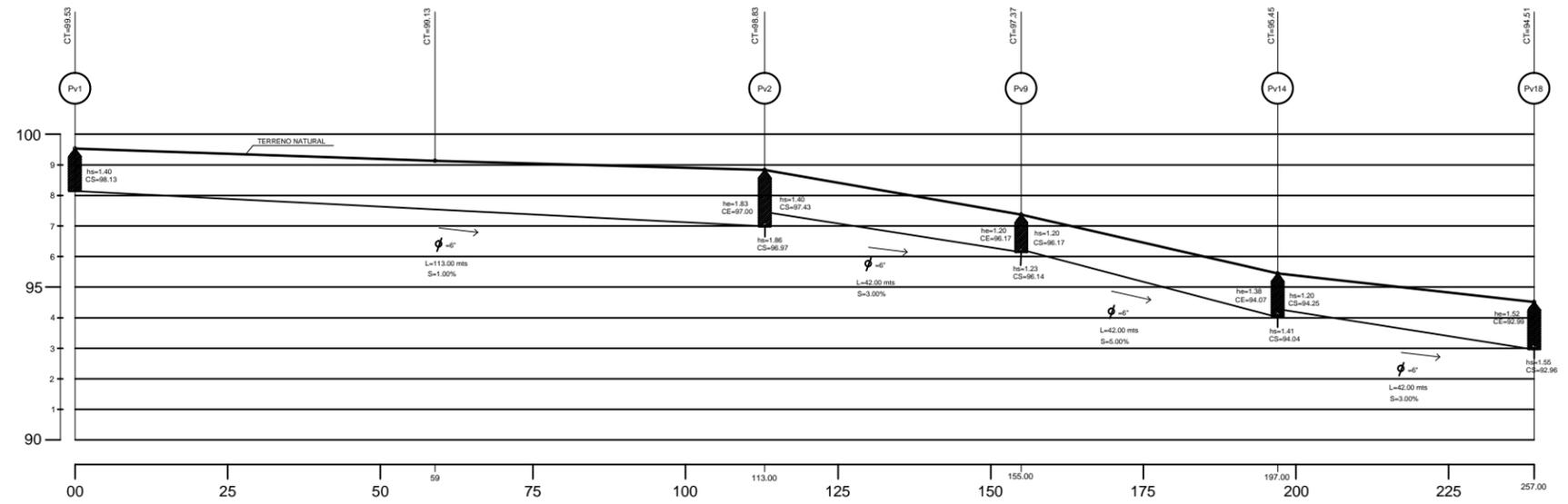
A SAN LORENZO

1a. Avenida



**PLANTA PRIMERA AVENIDA**

ESCALA 1:750

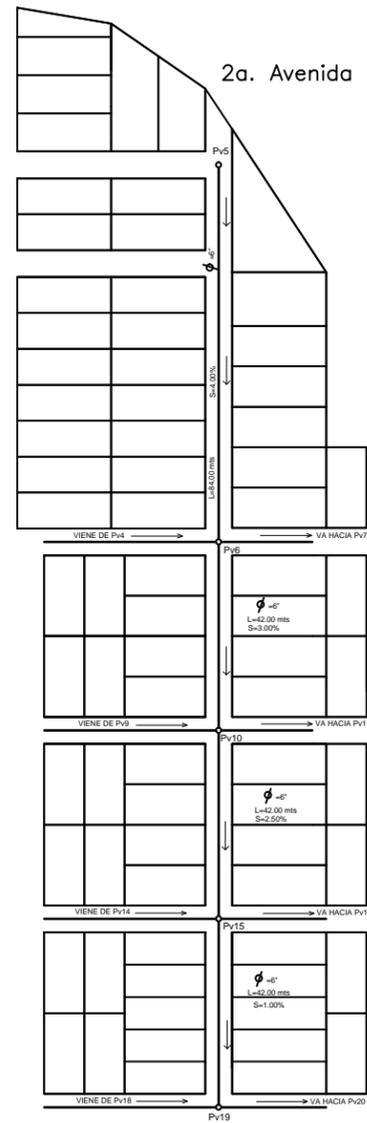


**PERFIL PRIMERA AVENIDA**

ESCALA VERTICAL 1:100  
ESCALA HORIZONTAL 1:500

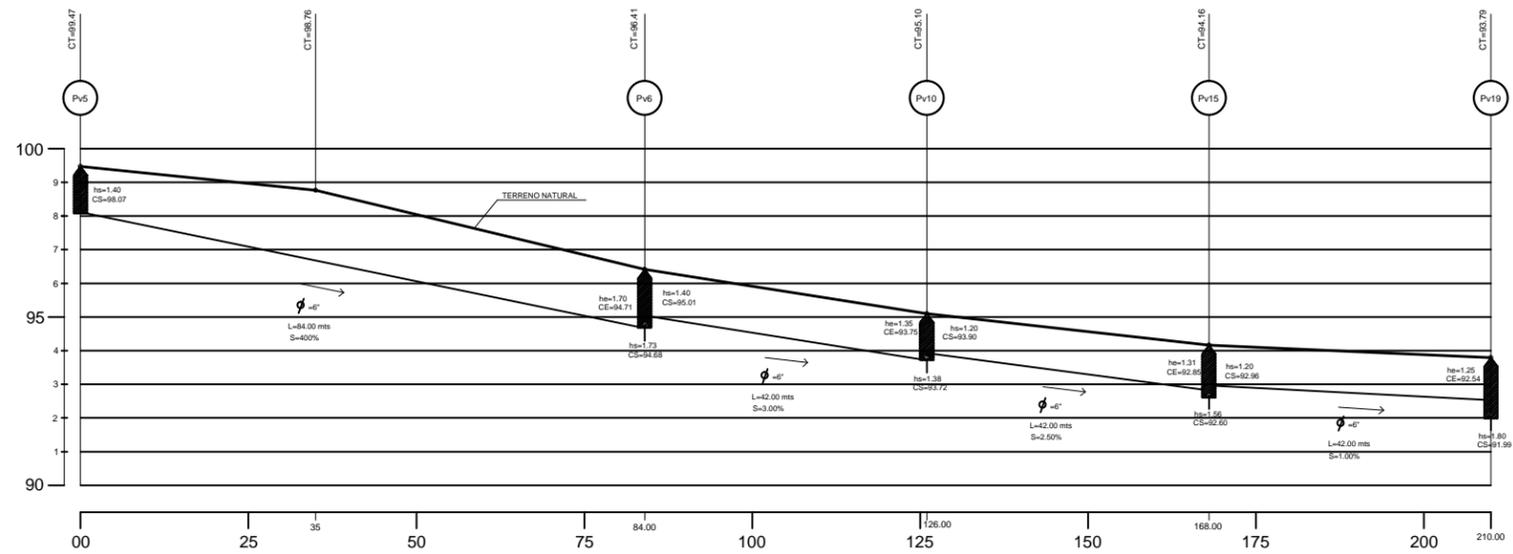
- Pv1 = POZO DE VISITA 1 (NUMERO DE POZO)
- CE = COTA DE ENTRADA
- CS = COTA DE SALIDA
- he = ALTURA DE ENTRADA
- hs = ALTURA DE SALIDA
- L = LONGITUD DE TRAMO
- S = PENDIENTE EN %
- Ø = DIAMETRO DE TUBO PVC
- Ø = DIAMETRO DE TUBO PVC
- TODA LA TUBERIA SERA NOVAFORT DE P.V.C. ASTM F-949

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO CANTON EL GUAYACAN	PLANO DE: PLANTA - PERFIL 1a. AVENIDA
DISEÑO: DABELAS LOPEZ	PROPIEDAD DE: MUNICIPALIDAD DE SAN GABRIEL, SUCHITEPEQUEZ	OPONENTE: DABELAS EMILIO LOPEZ PRETZANGIN
CALCULO: DABELAS LOPEZ	FECHA: ENERO 2012	DIBUJA: DABELAS LOPEZ PRETZANGIN ESCALA: INDICADA FECHA: ENERO 2012
SUPERVISOR: DABELAS LOPEZ PRETZANGIN EPS	SUPERVISOR: DABELAS LOPEZ PRETZANGIN EPS	DIBUJA: DABELAS LOPEZ PRETZANGIN ESCALA: INDICADA FECHA: ENERO 2012



### PLANTA SEGUNDA AVENIDA

ESCALA 1:750

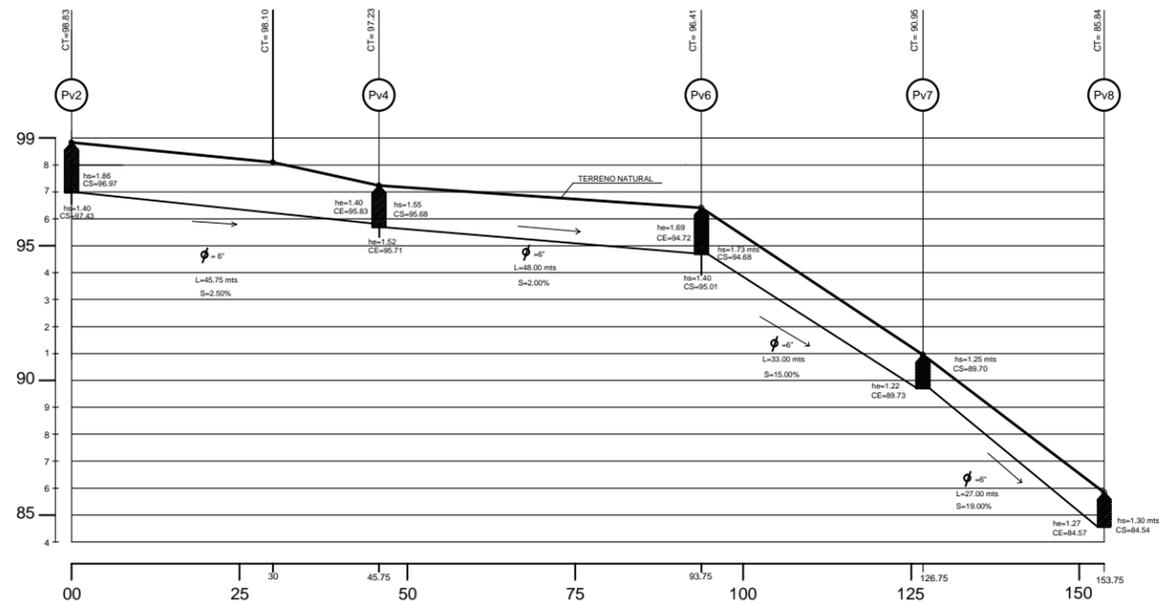


### PERFIL SEGUNDA AVENIDA

ESCALA VERTICAL 1:100  
ESCALA HORIZONTAL 1:500

- Pv3 = POZO DE VISITA 3 (NUMERO DE POZO)
- CE = COTA DE ENTRADA
- CS = COTA DE SALIDA
- he = ALTURA DE ENTRADA
- hs = ALTURA DE SALIDA
- L = LONGITUD DE TRAMO
- S = PENDIENTE EN %
- Ø = DIAMETRO DE TUBO PVC
- TODA LA TUBERIA SERA NOVAFORT DE P.V.C. ASTM F-949

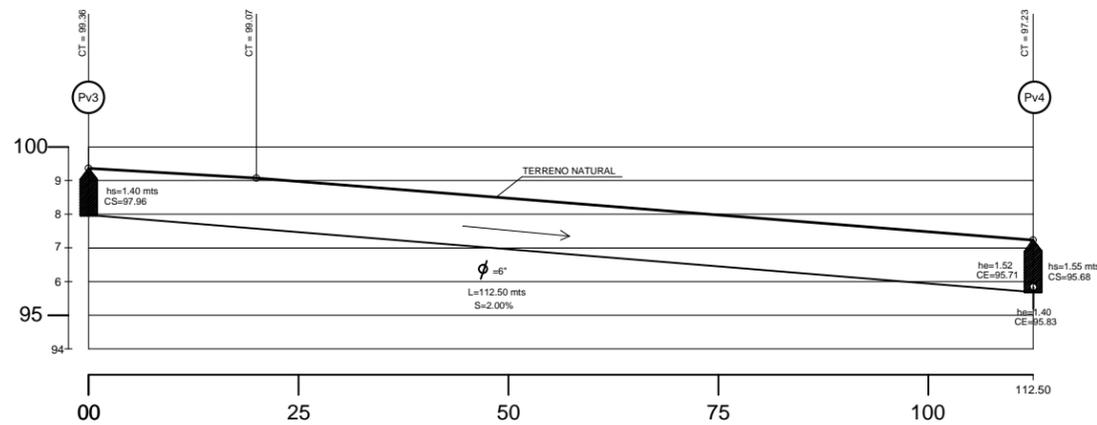
<p>EPS</p>	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO CANTON EL GUAYACAN PLANO DE: PLANTA - PERFIL 2a. AVENIDA	
DISEÑO: DOUGLAS LOPEZ CALZADA: DOUGLAS LOPEZ DIBUJO: DOUGLAS LOPEZ ESCALA: INDICADA FECHA: ENERO 2021	PROPIEDAD DE: MUNICIPALIDAD DE SAN GABRIEL, GUATEMALA ESPECIALISTA: DOUGLAS EMILIO LOPEZ PRETZANIN Com: 2024-19992 Voto:	
	ING. JUAN MERCA COS SUPERVISOR - SUPERVISOR EPS	DOUGLAS LOPEZ ESPECIALISTA EPS



### PERFIL 2da CALLE

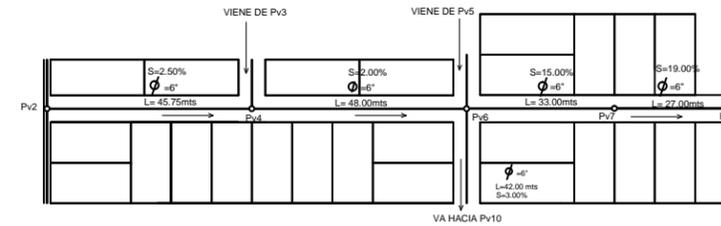
ESCALA VERTICAL 1:125  
ESCALA HORIZONTAL 1:500

- Pv2 = POZO DE VISITA 2 (NUMERO DE POZO)
- CE = COTA DE ENTRADA
- CS = COTA DE SALIDA
- he = ALTURA DE ENTRADA
- hs = ALTURA DE SALIDA
- L = LONGITUD DE TRAMO
- S = PENDIENTE EN %
- Ø = DIAMETRO DE TUBO PVC
- TODA LA TUBERIA SERA NOVAFORT DE P.V.C. ASTM F-949



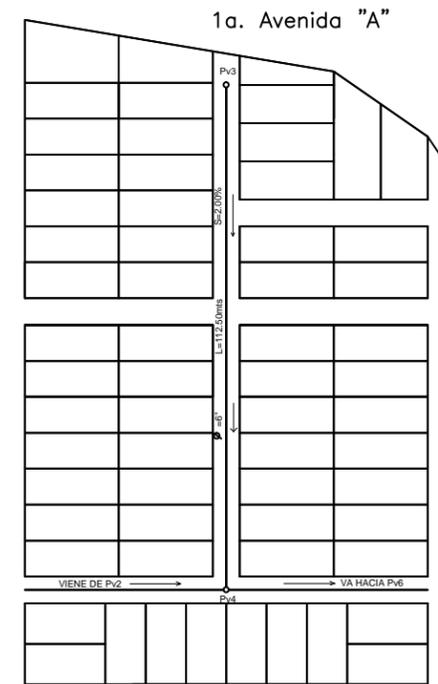
### PERFIL PRIMERA AVENIDA "A"

ESCALA VERTICAL 1:100  
ESCALA HORIZONTAL 1:400



### PLANTA 2da CALLE

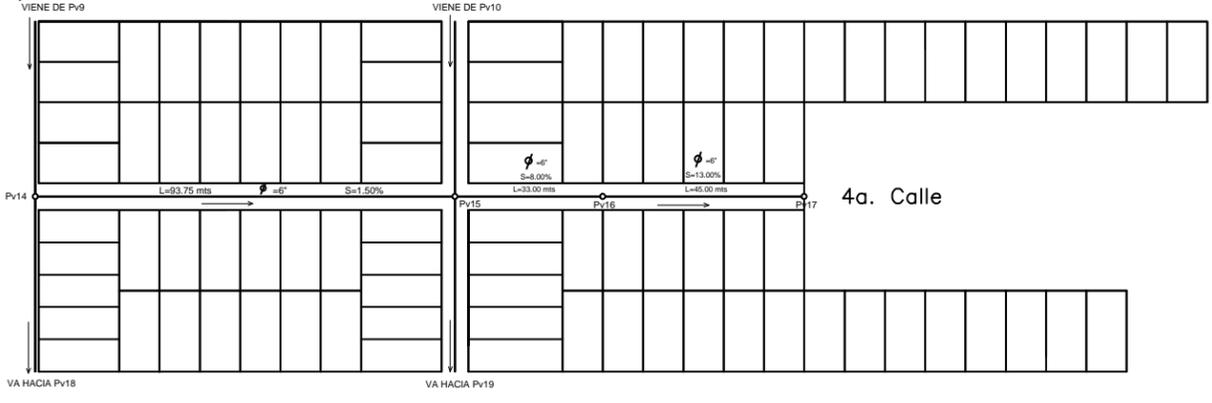
ESCALA 1:750



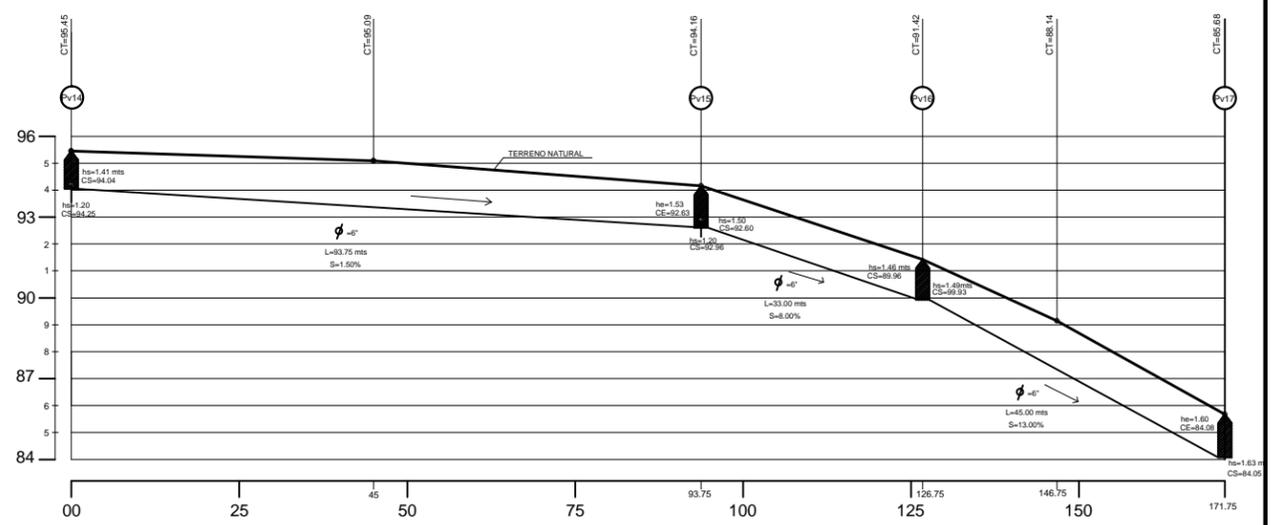
### PLANTA PRIMERA AVENIDA "A"

ESCALA 1:750

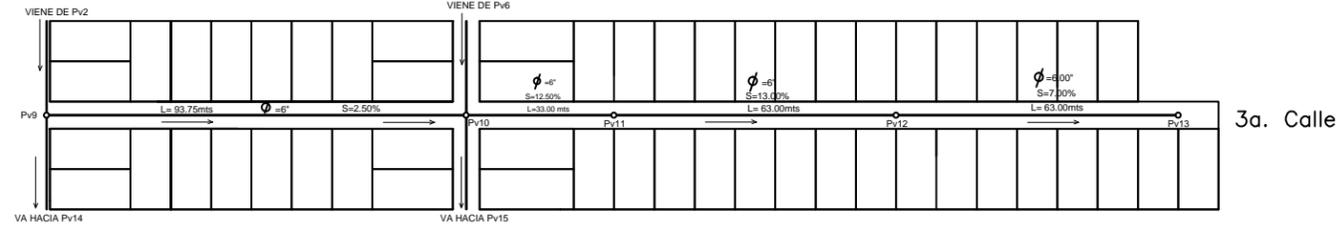
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO CANTON EL GUAYACAN	
PLANO DE: PLANTA - PERFIL 1a AVENIDA "A" Y 2a CALLE		PROPIEDAD DE: MUNICIPALIDAD DE SAN GABRIEL SUCHITEPEQUEZ
PROYECTO: DOUBLAS LOPEZ	ESPECIETA: DOUBLAS EMILIO LOPEZ PRETZANAN	Correó: 2004-19992
ESCALA: INDICADA	FECHA: ENERO 2011	HOJA: 5/10



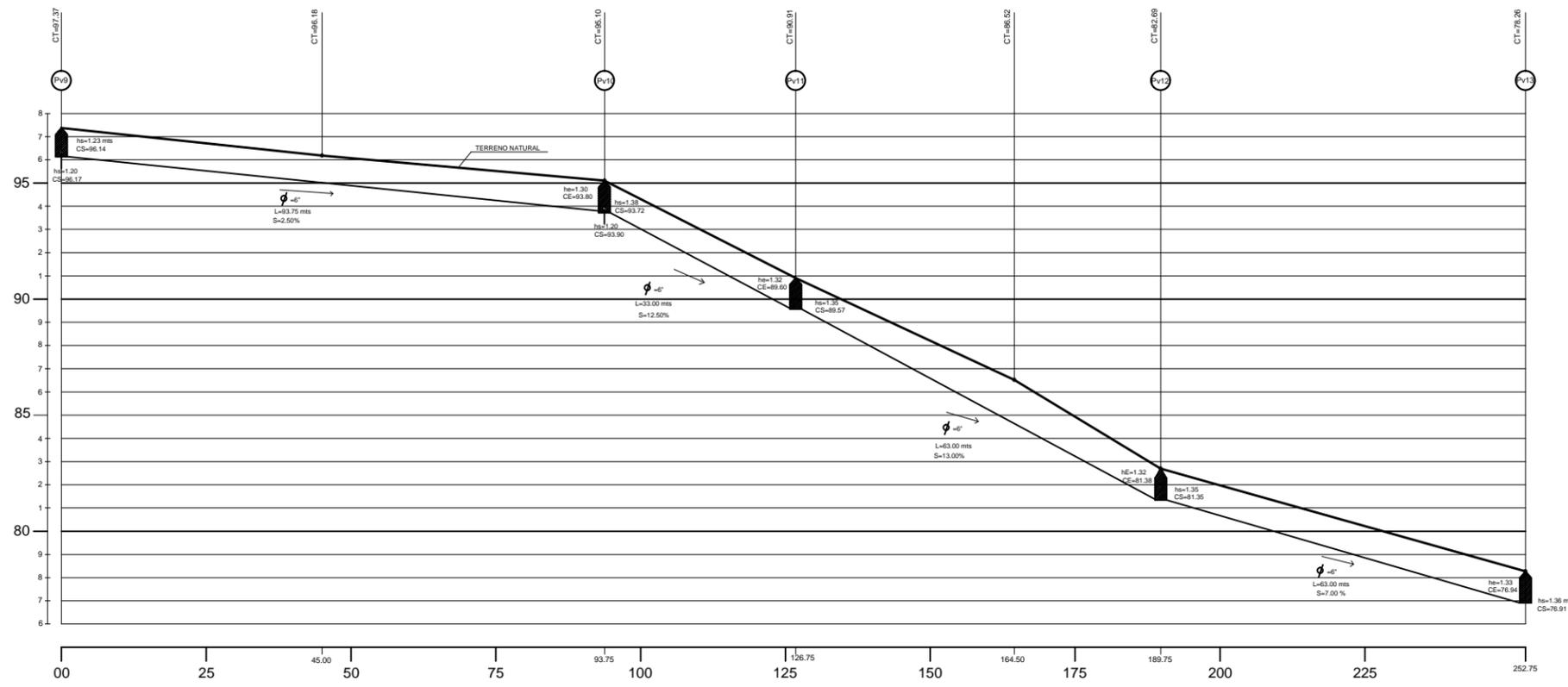
**PLANTA 4ta CALLE**  
ESCALA 1:750



**PERFIL 4ta CALLE**  
ESCALA HORIZONTAL 1:500  
ESCALA VERTICAL 1:125



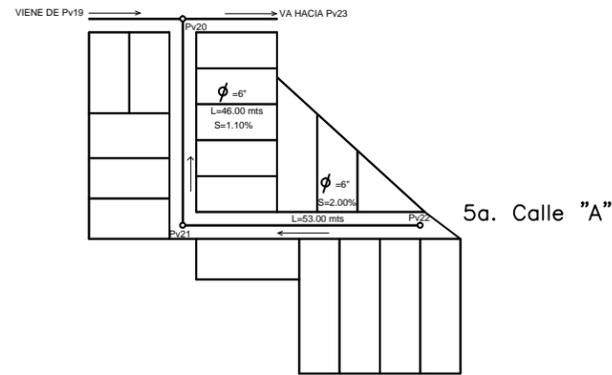
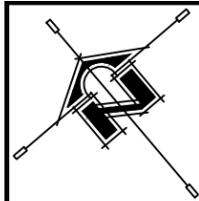
**PLANTA 3ra CALLE**  
ESCALA 1:750



**PERFIL 3ra CALLE**  
ESCALA VERTICAL 1:125  
ESCALA HORIZONTAL 1:500

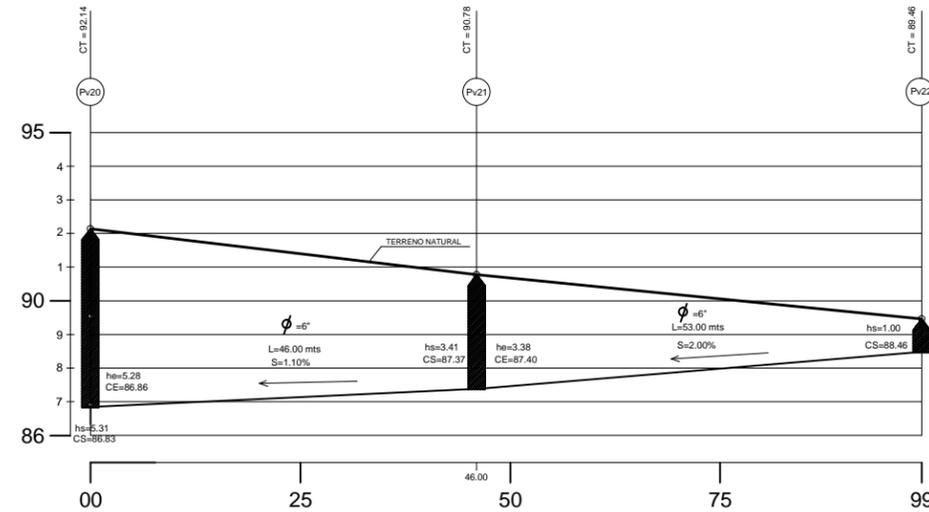
- Pv14 = POZO DE VISITA 14 (NUMERO DE POZO)
- CE = COTA DE ENTRADA
- CS = COTA DE SALIDA
- he = ALTURA DE ENTRADA
- hs = ALTURA DE SALIDA
- L = LONGITUD DE TRAMO
- S = PENDIENTE EN %
- Ø = DIAMETRO DE TUBO PVC
- TODA LA TUBERIA SERA NOVAFORT DE P.V.C. ASTM F-949

<p>EPS</p>	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO CANTON EL GUAYACAN PLANO DE: PLANTA - PERFIL 3a CALLE Y 9a CALLE	
DISEÑO: DOUELAS LOPEZ	PROPIEDAD DE: MUNICIPALIDAD DE SAN GABRIEL GUATEMALA	
CALZOS: DOUELAS LOPEZ	ESPECIALISTA: DOUELAS EMILIO LOPEZ PRETZANON	Carné 2004-1992
DIBUJO: DOUELAS LOPEZ	Verbo:	FECHA
ESCALA: INDICAR	NO. JUN. NIVEL. COS. SUPERVISOR - SUPERVISOR	DOUELAS LOPEZ ESPECIALISTA
FECHA: ENERO 1/21		



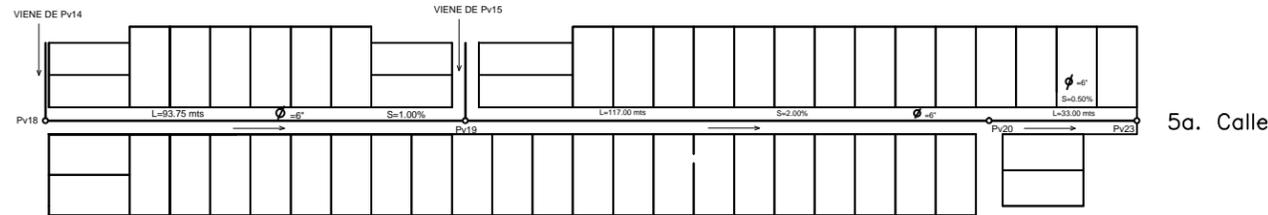
### PLANTA 5ta CALLE "A"

ESCALA 1:750



### PERFIL 5ta CALLE "A"

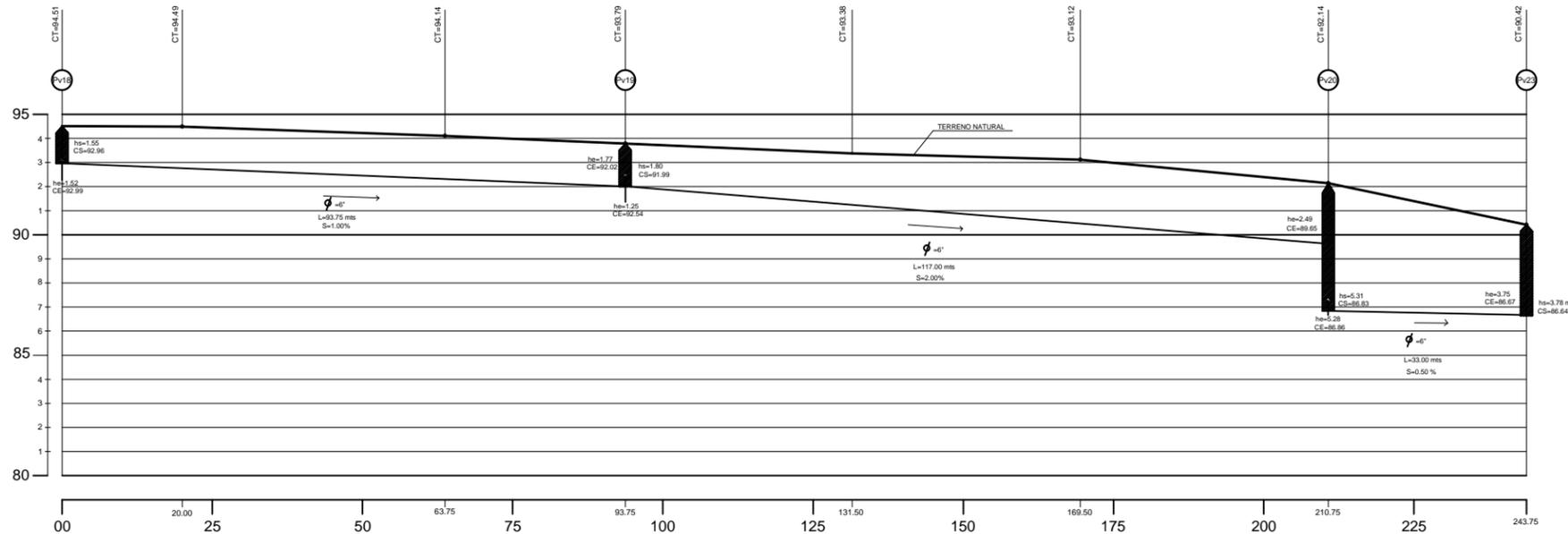
ESCALA VERTICAL 1:00  
ESCALA HORIZONTAL 1:400



### PLANTA 5ta CALLE

ESCALA 1:750

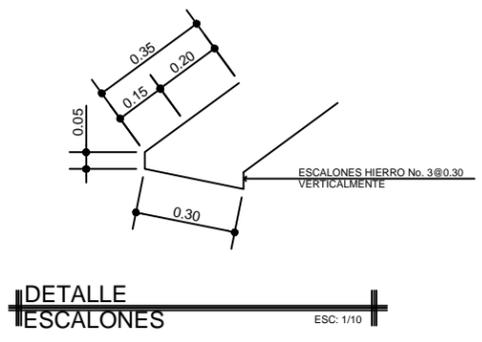
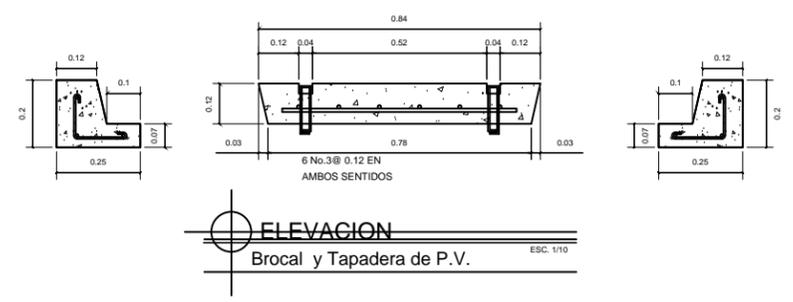
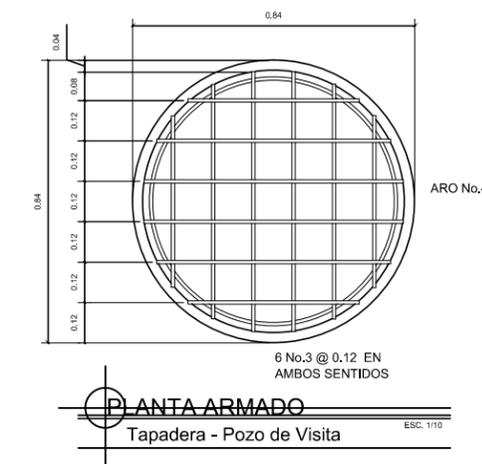
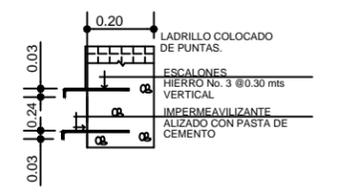
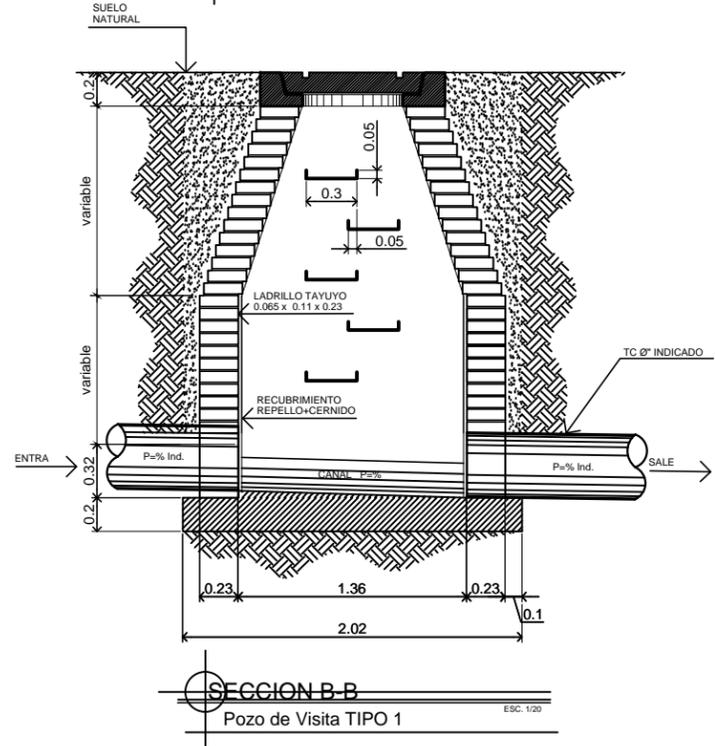
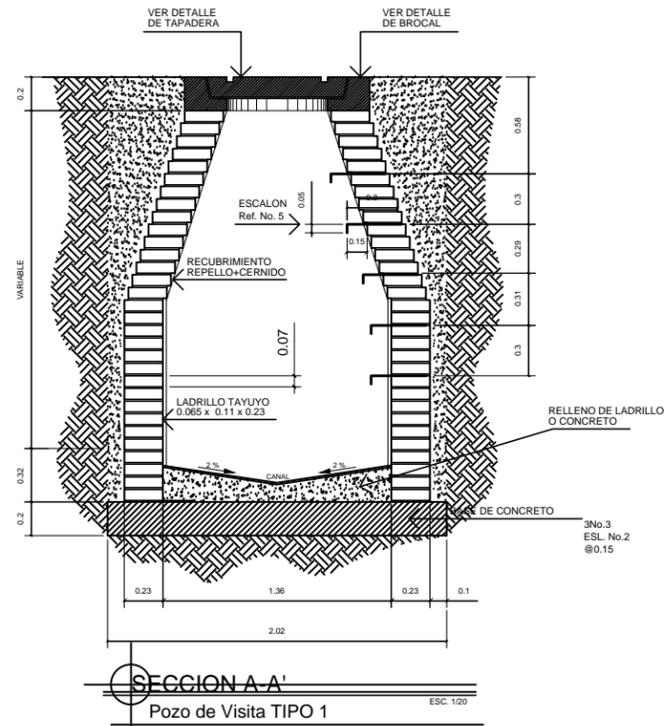
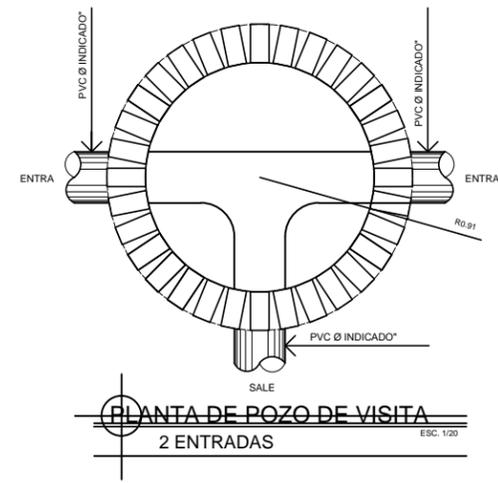
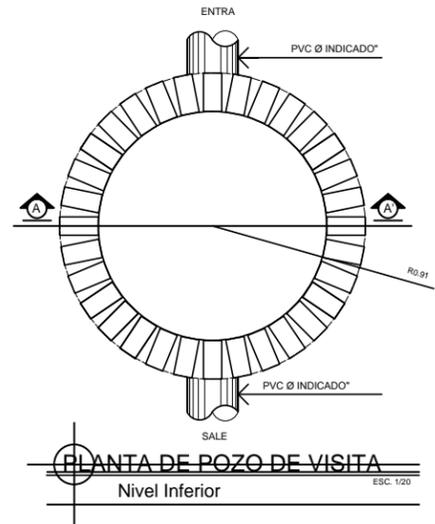
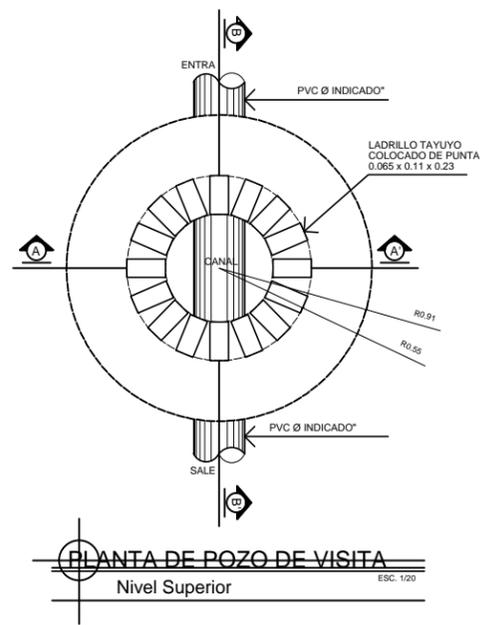
- Pv20 = POZO DE VISITA 20 (NUMERO DE POZO)
  - CE = COTA DE ENTRADA
  - CS = COTA DE SALIDA
  - he = ALTURA DE ENTRADA
  - hs = ALTURA DE SALIDA
  - L = LONGITUD DE TRAMO
  - S = PENDIENTE EN %
  - ø = DIAMETRO DE TUBO PVC
- TODA LA TUBERIA SERA NOVAFORT DE P.V.C. ASTM F-949



### PERFIL 5ta CALLE

ESCALA VERTICAL 1:125  
ESCALA HORIZONTAL 1:500

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
		PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO CANTON EL GUAYACAN PLANO DE: PLANTA - PERFIL 5ta CALLE Y 5a CALLE "A"	
DISEÑO: DOBLAS LOPEZ	PROYECTO DE: MUNICIPALIDAD DE SAN GABRIEL, SUCHITEPEQUEZ	PRESENTA: DOBLAS EMILIO LOPEZ PRETZANZIN	DOMINIO: 2004-19592
CALLE: DOBLAS LOPEZ	VOBO: INGENIERO EN SANEAMIENTO BÁSICO	ESCALA: INDICADA	FECHA: ENERO 2011
		SUPERVISOR - SUPERVISOR EPS	DOBLAS LOPEZ EPESBTA



**ACERO:**  
1. EL ACERO DEBERÁ TENER UN FY DE 2800 KG/CM<sup>2</sup>

**CONCRETO:**  
1. EL CONCRETO DEBERÁ TENER UN FC DE 240 KG/CM<sup>2</sup>  
2. EL RECUBRIMIENTO MÍNIMO PARA LA BASE SERÁ DE 7 CENTÍMETROS, EL BROCAL Y LA TAPADERA SERÁN DE 3 A 5 CENTÍMETROS.

**CAREAS (RESISTENCIA)**  
CONCRETO 2.400 KG/CM<sup>2</sup>  
CODIGOS DE DISEÑO ACI 318 / 2005

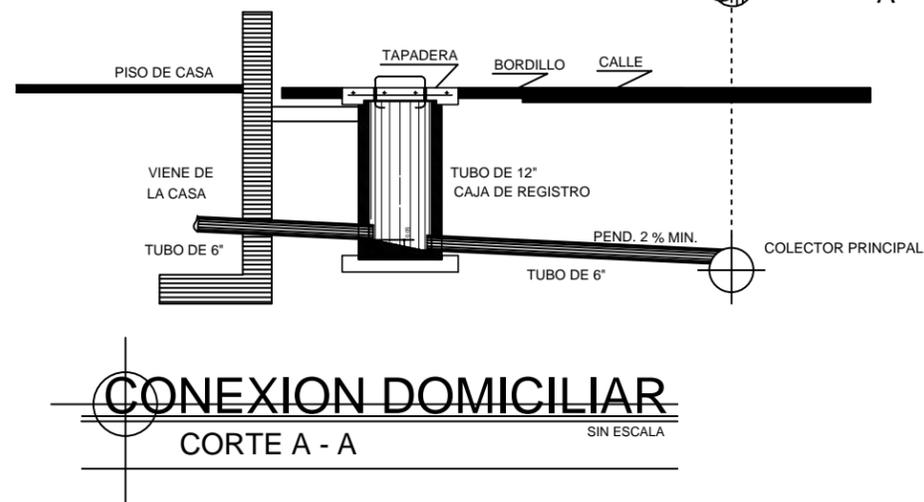
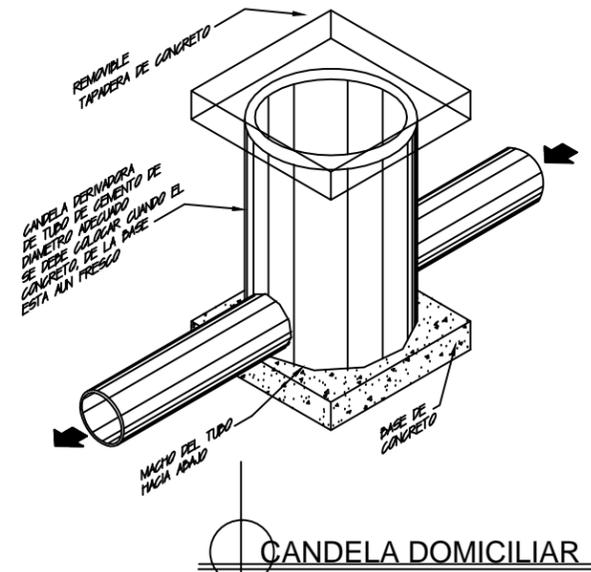
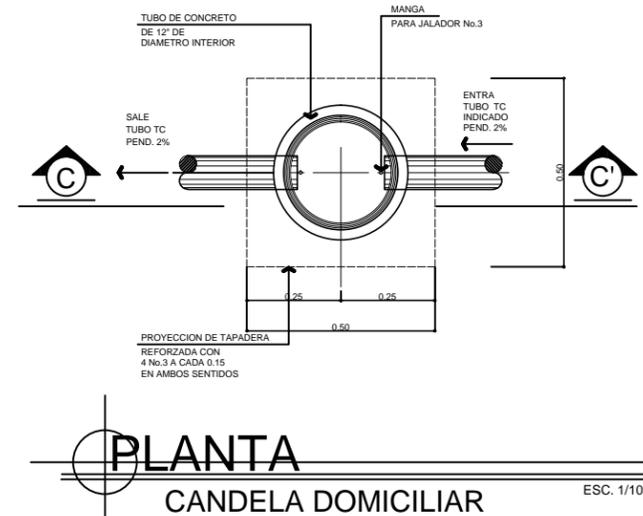
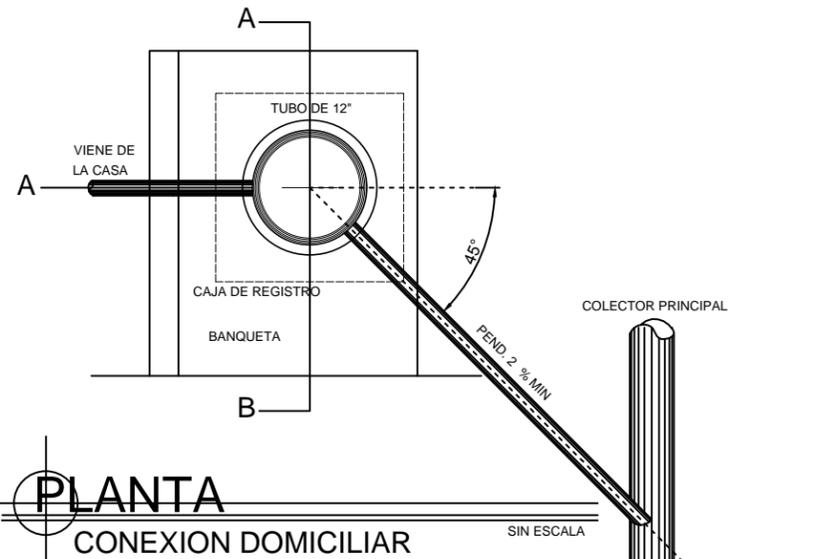
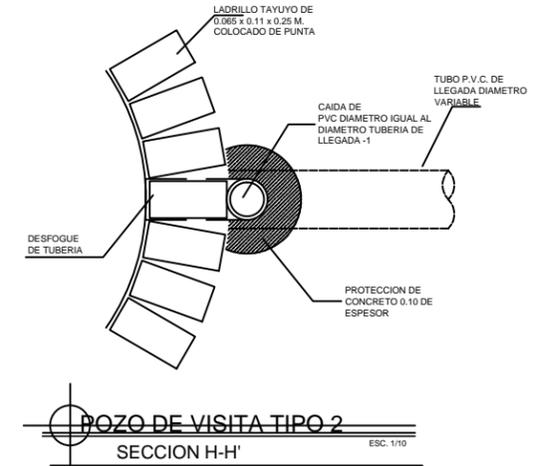
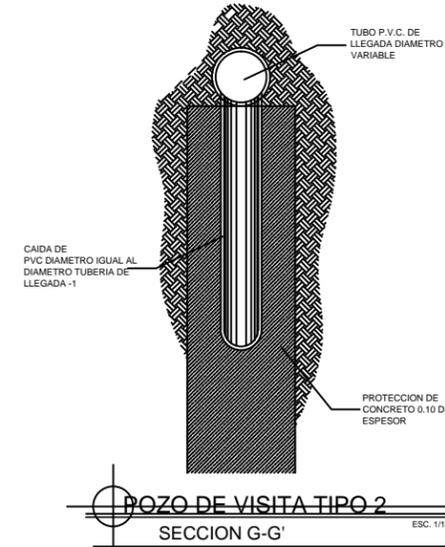
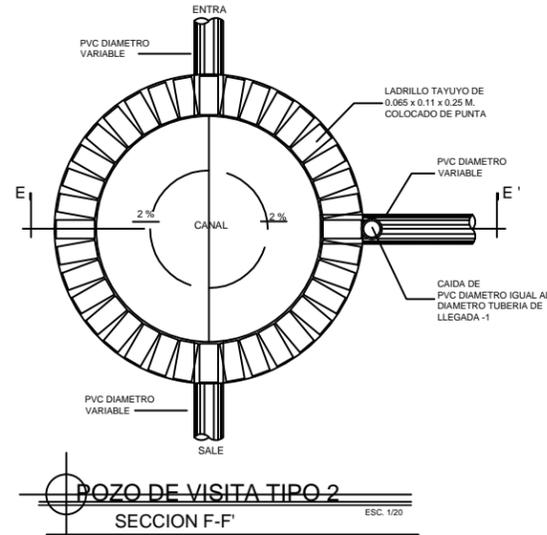
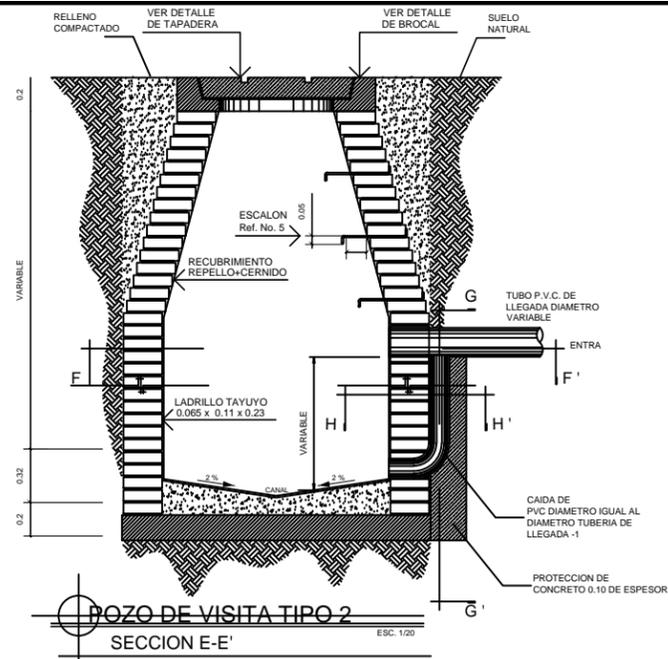
**MAMPOSTERIA**  
1. LA MAMPOSTERIA SERÁ DE ACUERDO A LA NORMA C-82 DE LA ASTM.  
2. SE UTILIZARÁ LADRILLO TAYUYO DE 0.065 X 0.11 X 0.23 O LADRILLO PERFORADO DE IGUAL DIMENSIÓN  
3. EL ÁREA DE VACIOS EN LADRILLOS PERFORADOS, NO DEBERÁ SER MAYOR DEL 25% DEL ÁREA TOTAL  
4. EL LADRILLO TENDRÁ UNA RESISTENCIA DE 84 KG/CM<sup>2</sup>

**MORTERO ( SABIETA )**  
1. PROPORCIÓN 1:3 (1 DE CEMENTO + 3 DE ARENA DE RÍO)  
2. EL AGUA A USARSE DEBERÁ SER LIMPIA Y LIBRE DE ÁCIDOS, ACEITE, SAL Y SUSTANCIAS DÁRINAS  
3. EL CEMENTO A USARSE SERÁ PORTLAND TIPO I CONFORME LA NORMA C-144C DE LA ASTM

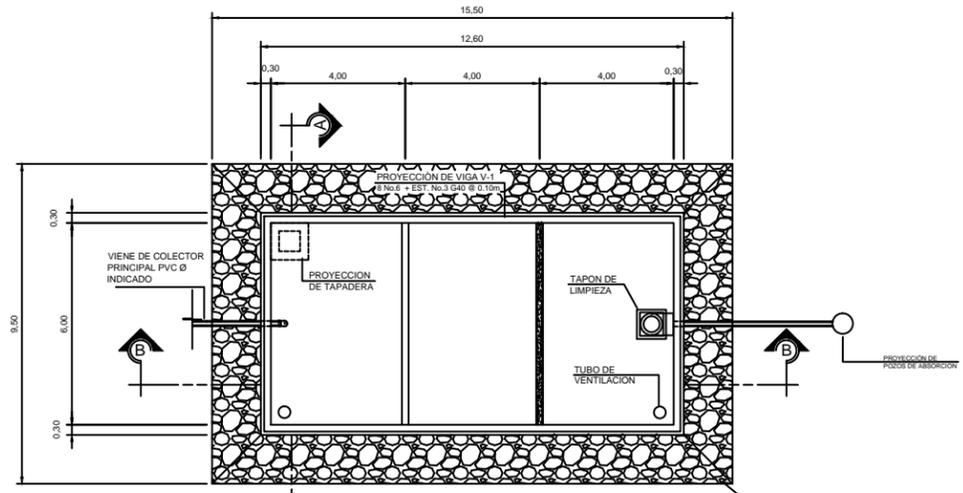
**TUBERÍA DE PVC**  
1. LA TUBERÍA DEBERÁ CUMPLIR CON LA NORMA DE FABRICACIÓN ASTM F-949, NO DEBE USARSE TUBERÍA DE DIÁMETRO MENOR A LA INDICADA EN LOS PLANOS  
2. TODA LA TUBERÍA SE COLOCARÁ ALINEADA CON EL DESNIVEL INDICADO EN LOS PLANOS

**NOTAS**  
LOS BROCALES Y TAPADERAS DE LOS POZOS DEBERÁN CURARSE SEGÚN ESPECIFICACIONES ACI ANTES DE SU INSTALACIÓN, ADEMÁS COLOCARLES NOMENCLATURA

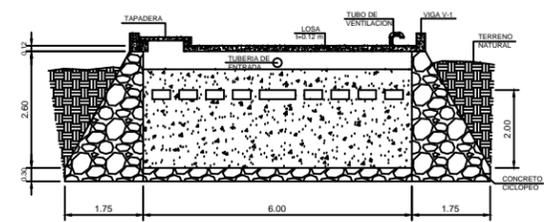
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO CANTON EL GUAYACAN	PLANO DE: DETALLES CONSTRUCTIVOS DE POZOS DE VISITA
PROPIEDAD DE: MUNICIPALIDAD DE SAN GABRIEL, SUCHITEPEQUEZ	PROYECTA: DOBLEAS EMILIO LOPEZ PRETZANGIN
FECHA: ENERO 2012	FECHA: 2004-1999
ING. JUAN MORALES COS SUPERVISOR - SUPERVISOR EPS	ING. DOBLEAS LOPEZ EPS
EPS	10



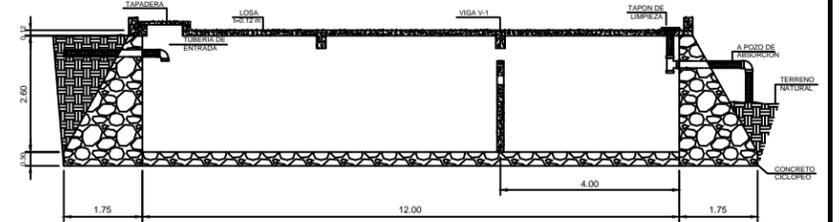
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO CANTON EL GUAYACAN PLANO DE: DETALLES CONSTRUCTIVOS DE POZOS DE VISITA TIPO 2 Y CONEXION DOMICILIAR	
DISEÑO: DOBELAS LOPEZ CALCULO: DOBELAS LOPEZ REVISOR: DOBELAS LOPEZ ESCALA: INDICADA FECHA: ENERO 2010	PROPIEDAD DE: MUNICIPALIDAD DE SAN GABRIEL, SUCHITEPEQUEZ PROMOTOR: DOBELAS EMILIO LOPEZ PRETZANGIN No. 2004-19992	DISEÑO: DOBELAS LOPEZ SUPERVISOR: DOBELAS LOPEZ EPS



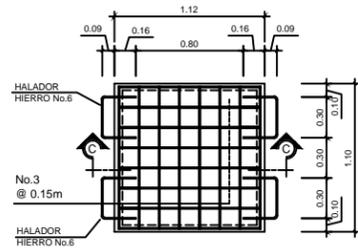
PLANTA  
ESCALA: 1:100



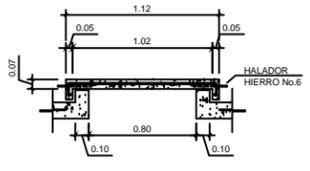
SECCIÓN A - A  
ESCALA 1:75



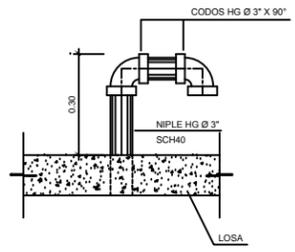
SECCIÓN B - B  
ESCALA 1:75



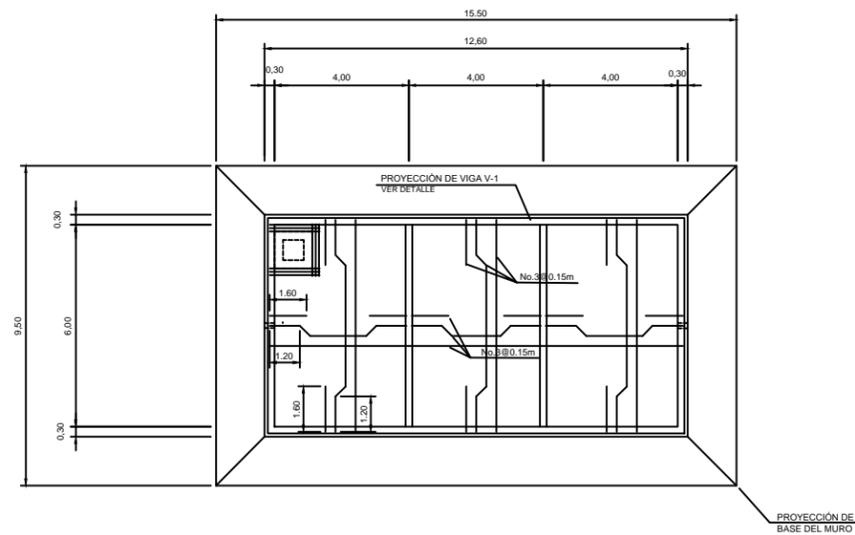
PLANTA  
ESCALA 1:25



SECCIÓN C - C  
ESCALA 1:25

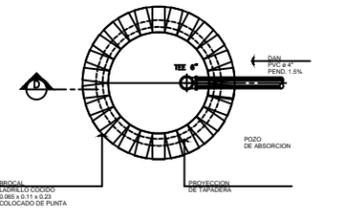


DETALLE DE VENTILACION DE TANQUE  
ESCALA 1:10

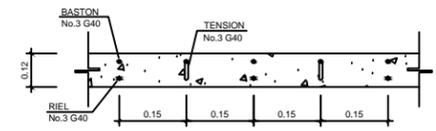


PLANTA ARMADO DE LOSA SUPERIOR  
ESCALA 1:100

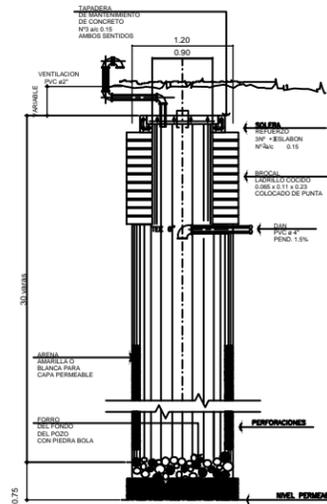
DETALLE DE TAPADERA DE CONCRETO  
ESCALA INDICADA



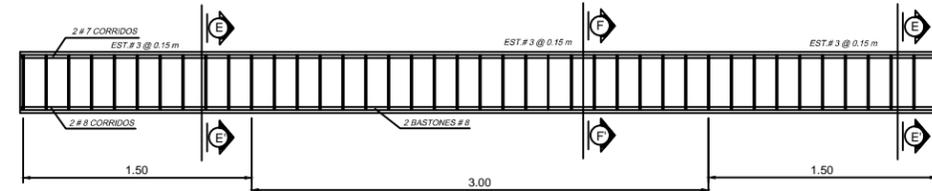
PLANTA POZO DE ABSORCION  
ESCALA 1:50



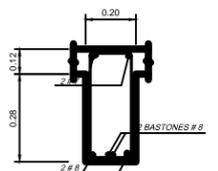
DETALLE ARMADO DE LOSA SUPERIOR  
ESCALA 1:10



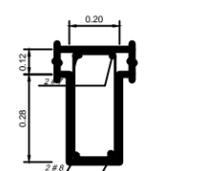
SECCIÓN D - D  
ESCALA 1:25



ARMADO DE VIGA V-1



SECCIÓN F - F'



SECCIÓN E - E'

NOTAS GENERALES

- MATERIALES**
- CONCRETO PARA VIGAS Y LOSAS: SE USARÁ CONCRETO CON ESFUERZO DE RUPTURA A COMPRESION DE 210 kg/cm<sup>2</sup> A LOS 28 DIAS.
  - ACERO DE REFUERZO: SE USARÁ ACERO DE REFUERZO DE Fy= 2.810 Kg/cm<sup>2</sup> (GRADO 40) ESPECIFICACION ASTM A615.
  - SOBRE LA LOSA SUPERIOR DEBERA FORMARSE UNA PENDIENTE DE 1% HACIA LOS LADOS.
  - EL CONCRETO CICLOPEO PARA LOS MUROS Y LOSA INFERIOR SERA 33% PIEDRA BOLA, 67% CONCRETO Fc = 210 Kg/cm<sup>2</sup>.
  - LOS MUROS DEBERAN IMPERMEABILIZARSE INTERNAMENTE: PROPORCION DE SABIETA PARA ALISADO 1:2 (CEMENTO: ARENA DE RIO), ESPESOR 0.5cm
  - EL TERRENO BAJO LA LOSA DEL INFERIOR DEBERA SER CONVENIENTEMENTE COMPACTADO.
  - TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN METROS, EXCEPTO DONDE SE INDIQUE OTRA UNIDAD.
  - VALOR SOPORTE DEL SUELO: Vs = 14 Ton/m<sup>2</sup> (ASUMIDO)

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
		FACULTAD DE INGENIERIA	
EPS		EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
		PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO CANTON EL GUAYACAN	
DISEÑO: DOBELAS LOPEZ CALCALO: DOBELAS LOPEZ REVISOR: DOBELAS LOPEZ		PLANO DE: DETALLES DE POZA SEPTICA Y POZOS DE ABSORCION	
		PROPIEDAD DE: MUNICIPALIDAD DE SAN GABRIEL, SUCHITEPEQUEZ	
ESCALA: INDICADA FECHA: ENERO 2025		PROYECTISTA: DOBELAS EMILIO LOPEZ PRETZANGIN CORTE: 2004-19992 HOJA: 10/10	
		ING. JUAN MEXIA COSA SUPERVISOR - SUPERVISOR EPS DOBELAS LOPEZ ESPERITA	

## **APÉNDICE 2**

**CÁLCULO HIDRÁULICO Y PLANOS DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO  
PARA EL CANTÓN SAN ANTONIO CHIMULBUÁ, MUNICIPIO DE SAN GABRIEL,  
DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**



**EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO**  
**ASESOR: ING. JUAN MERCK COS**  
**CÁLCULO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO,**  
**CANTÓN SAN ANTONIO CHIMULBUÁ,**  
**SAN GABRIEL, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ**

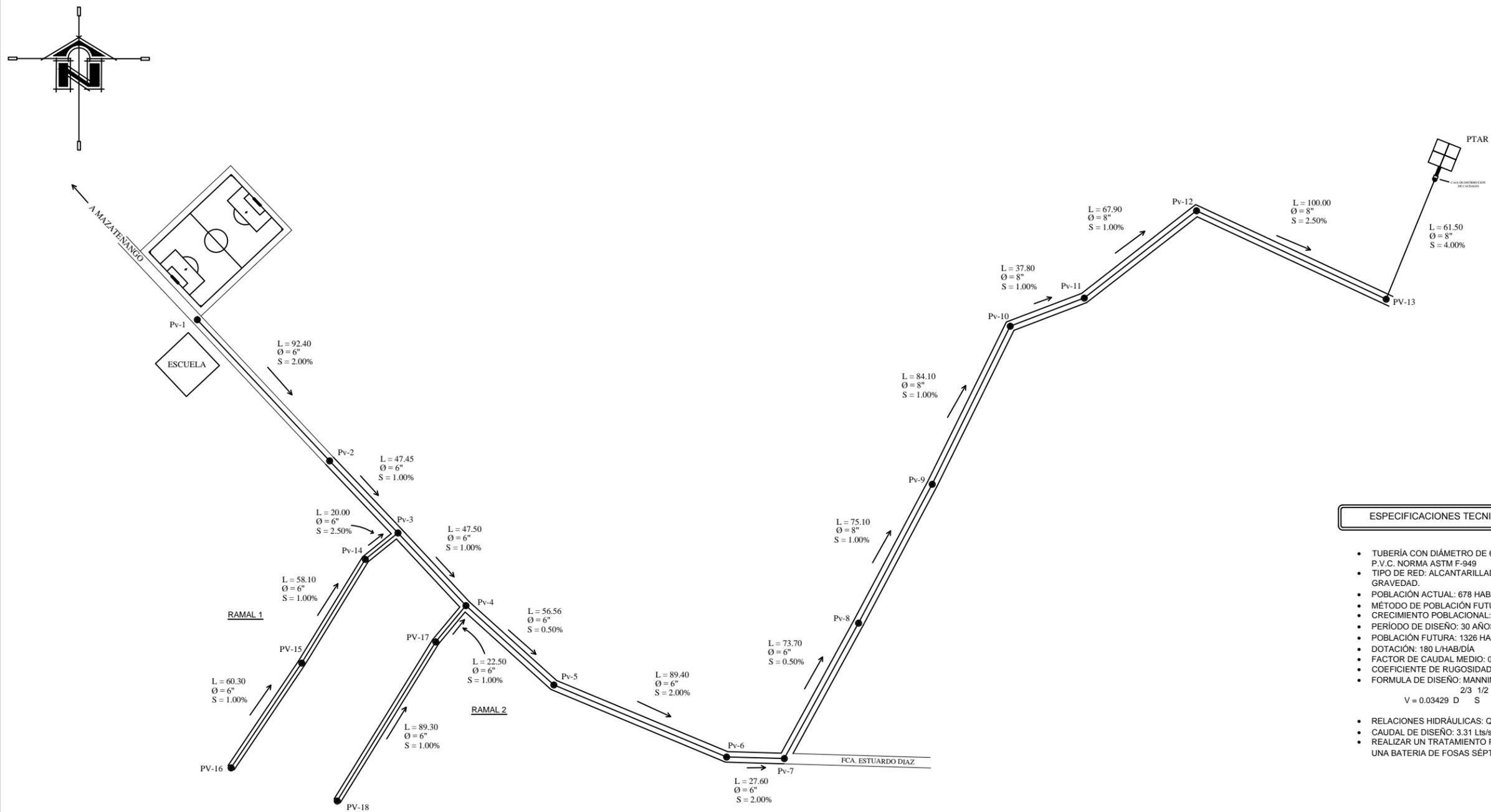
DE	A	COT.TERREO		D.H.	S(%)	No. CASAS		HAB.SERVIR		F.Q.M.	F. HARMOND		Q diseño (lt/s)		DIÁMETRO	S(%)	SECC. LLENA		RELACIÓN q/Q		RELACIÓN v/V		RELACIÓN d/D		v (m/s)		COT.INVERT		PROF.POZO		ANCHO	EXCAV.	RELLENO	RETIRO
		P.V.	P.V.			Inicio	Final	Terreno	Actual		Acum.	Actual	Futuro	L/s/hab			Actual	Futuro	Actual	Futuro	P.V.C. (pulg)	Tubería	Vel.(m/s)	Q (lt/s)	Actual	Futura	Actual	Futura	Actual	Futura				
1	2	1002.31	1000.55	92.40	1.90	12	12	72	141	0.003	4.2800	4.1999	0.9245	1.7736	6	2.00	1.6012	29.2086	0.031651	0.060723	0.454641	0.565762	0.122	0.174	0.73	0.91	1000.91	999.06	1.40	1.49	0.60	80.06	78.37	1.69
2	3	1000.55	1000.05	47.45	1.05	3	15	90	176	0.003	4.2558	4.1678	1.1491	2.2001	6	1.00	1.1322	20.6536	0.055635	0.106524	0.537633	0.650652	0.160	0.220	0.61	0.74	999.03	998.56	1.52	1.49	0.60	42.85	41.99	0.87
16	15	1001.19	1001.02	60.30	0.28	11	11	66	129	0.003	4.2888	4.2116	0.8492	1.6304	6	1.00	1.1322	20.6536	0.041115	0.078938	0.490877	0.596526	0.138	0.190	0.56	0.68	999.79	999.19	1.40	1.83	0.60	58.48	57.39	1.10
15	14	1001.02	1000.9	58.10	0.21	7	18	108	211	0.003	4.2343	4.1394	1.3719	2.6221	6	1.00	1.1322	20.6536	0.066425	0.126957	0.567726	0.686065	0.175	0.241	0.64	0.78	999.16	998.58	1.86	2.32	0.60	72.98	71.92	1.06
14	3	1000.9	1000.05	20.00	4.25	3	21	126	246	0.003	4.2147	4.1136	1.5932	3.0401	6	2.50	1.7902	32.6562	0.048786	0.093095	0.516790	0.625939	0.150	0.206	0.93	1.12	998.55	998.05	2.35	2.00	0.60	26.15	25.78	0.36
3	4	1000.05	999.49	47.50	1.18	4	40	240	469	0.003	4.1181	3.9883	2.9650	5.6142	6	1.00	1.1322	20.6536	0.143560	0.271828	0.710225	0.850467	0.256	0.356	0.80	0.96	998.02	997.54	2.03	1.95	0.60	56.76	55.89	0.87
18	17	999.56	999.15	89.30	0.46	11	11	66	129	0.003	4.2888	4.2116	0.8492	1.6304	6	1.00	1.1322	20.6536	0.041115	0.078938	0.490877	0.596526	0.138	0.190	0.56	0.68	998.16	997.27	1.40	1.88	0.60	87.95	86.32	1.63
17	4	999.15	999.49	22.50	-1.51	2	13	78	152	0.003	4.2716	4.1887	0.9995	1.9163	6	1.00	1.1322	20.6536	0.048396	0.092784	0.516790	0.625939	0.150	0.206	0.59	0.71	997.24	997.01	1.91	2.48	0.65	32.11	31.70	0.41
4	5	999.49	999.52	56.56	-0.05	4	57	342	669	0.003	4.0536	3.9059	4.1590	7.8351	6	0.50	0.8006	14.6043	0.284776	0.536496	0.861502	1.017271	0.365	0.521	0.69	0.81	996.98	996.70	2.51	2.82	0.65	97.95	96.92	1.03
5	6	999.52	996.59	89.40	3.28	10	67	402	786	0.003	4.0211	3.8650	4.8495	9.1132	6	2.00	1.6012	29.2086	0.166029	0.312005	0.741066	0.884015	0.276	0.384	1.19	1.42	996.67	994.88	2.85	1.71	0.65	132.48	130.85	1.63
6	7	996.59	995.8	27.60	2.86	3	70	420	821	0.003	4.0120	3.8535	5.0551	9.4930	6	2.00	1.6012	29.2086	0.173070	0.325008	0.750026	0.893183	0.282	0.392	1.20	1.43	994.85	994.30	1.74	1.50	0.60	26.82	26.32	0.50
7	8	995.8	995.58	73.70	0.30	8	78	468	915	0.003	3.9888	3.8245	5.6003	10.4983	6	0.50	0.8006	14.6043	0.383470	0.718852	0.934299	1.088249	0.430	0.628	0.75	0.87	994.27	993.90	1.53	1.68	0.60	70.98	69.63	1.34
8	9	995.58	996.52	75.10	-1.25	6	84	504	985	0.003	3.9724	3.8041	6.0063	11.2455	8	1.00	1.3716	44.4801	0.135034	0.252821	0.697453	0.834096	0.248	0.343	0.96	1.14	993.87	993.12	1.71	3.40	0.70	134.31	131.87	2.44
9	10	996.52	996.49	84.10	0.04	9	93	558	1091	0.003	3.9492	3.7753	6.6110	12.3561	8	1.00	1.3716	44.4801	0.148629	0.277789	0.718079	0.855401	0.261	0.360	0.98	1.17	993.09	992.25	3.43	4.24	0.70	225.81	223.09	2.73
10	11	996.49	995.21	37.80	3.39	3	96	576	1126	0.003	3.9418	3.7661	6.8115	12.7237	8	1.00	1.3716	44.4801	0.153135	0.286054	0.724292	0.862713	0.265	0.366	0.99	1.18	992.22	991.84	4.27	3.37	0.70	101.09	99.86	1.23
11	12	995.21	994.39	67.90	1.21	6	102	612	1197	0.003	3.9275	3.7484	7.2108	13.4553	8	1.00	1.3716	44.4801	0.162113	0.302501	0.735019	0.875843	0.272	0.377	1.01	1.20	991.81	991.13	3.40	3.26	0.70	158.22	156.02	2.20
12	13	994.39	991.54	100.00	2.85	9	111	666	1302	0.003	3.9069	3.7232	7.8060	14.5439	8	2.50	2.1687	70.3292	0.110993	0.206797	0.659259	0.788769	0.225	0.309	1.43	1.71	991.10	988.60	3.29	2.94	0.70	217.93	214.69	3.24
13	PTAR	991.54	988.93	61.50	4.24	0	111	666	1302	0.003	3.9069	3.7232	7.8060	14.5439	8	4.00	2.7432	88.9602	0.087747	0.163487	0.615060	0.736536	0.200	0.273	1.69	2.02	988.57	986.11	2.97	2.82	0.70	124.56	122.56	1.99



# PLANTA DENSIDAD DE VIVIENDA

ESCALA: 1:1000

 EPS	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO CANTON SAN ANTONIO CHIMLELUA	
DISEÑO: DOUELAS LOPEZ CALCALO: DOUELAS LOPEZ DIBUJO: DOUELAS LOPEZ	PLANO DE: PLANTA DENSIDAD DE VIVIENDA	
ESCALA: INDICADA	PROPIEDAD DE: MUNICIPALIDAD DE SAN GABRIEL GUCHITEPEQUEZ	
FECHA: ENERO 2021	INGENIERO SUPERVISOR: DOUELAS LOPEZ EPS	CAMBIO: 2024-15592 HOJA: 1/1



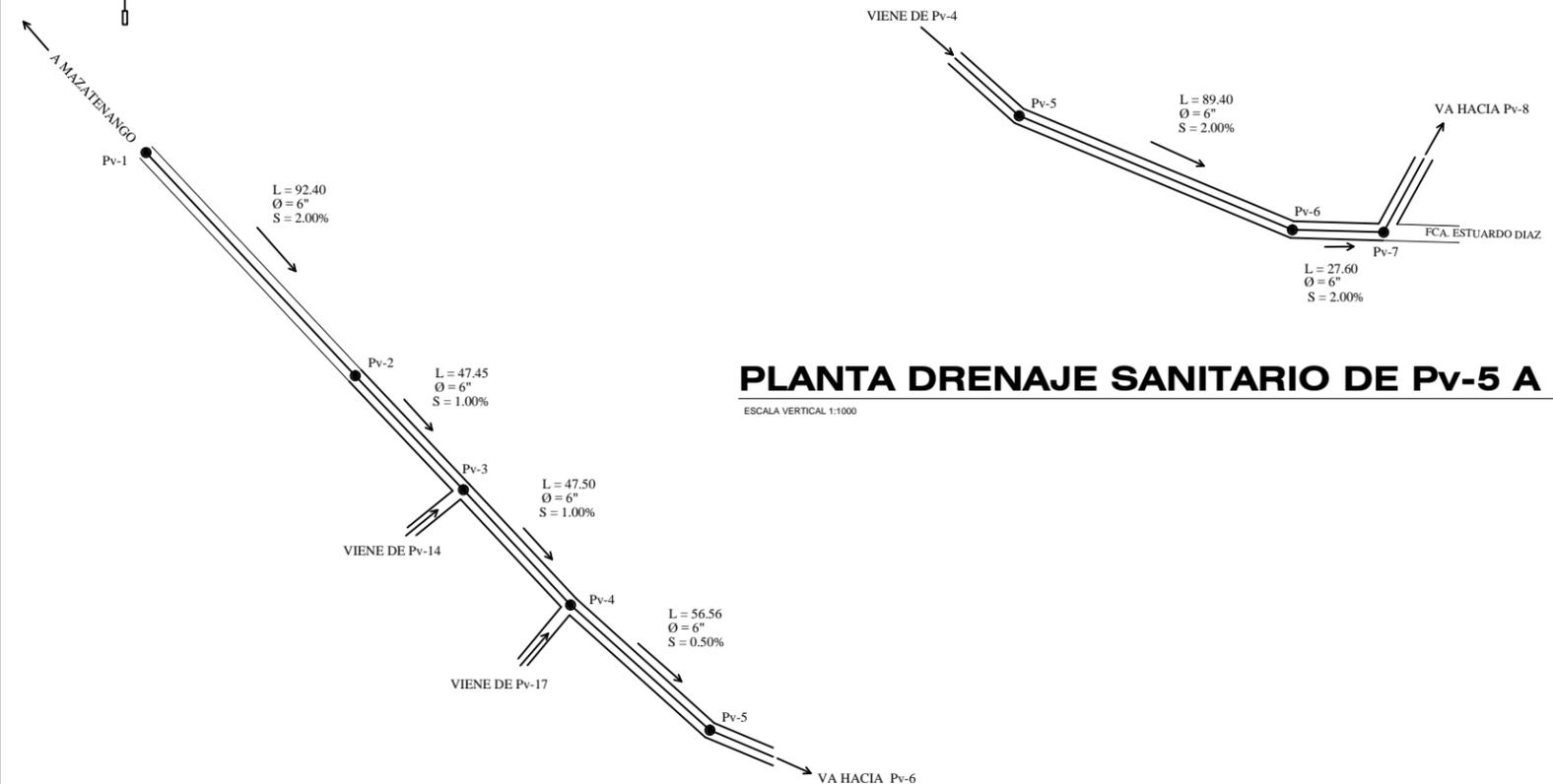
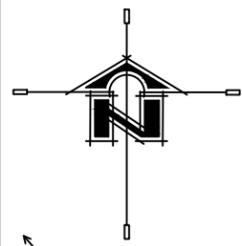
**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE DISEÑO**

- TUBERÍA CON DIÁMETRO DE 6" Y 8" SERÁ NOVAFORT DE P.V.C. NORMA ASTM F-949
- TIPO DE RED: ALCANTARILLADO SANITARIO POR GRAVEDAD.
- POBLACIÓN ACTUAL: 678 HAB. EN 113 FAMILIAS.
- MÉTODO DE POBLACIÓN FUTURA: GEOMÉTRICO
- CRECIMIENTO POBLACIONAL: 2.26%
- PERÍODO DE DISEÑO: 30 AÑOS.
- POBLACIÓN FUTURA: 1326 HABITANTES.
- DOTACIÓN: 180 L/HAB/DÍA
- FACTOR DE CAUDAL MEDIO: 0.003
- COEFICIENTE DE RUGOSIDAD PARA P.V.C.: 0.010
- FORMULA DE DISEÑO: MANNING
 
$$V = 0.03429 D^{2/3} S^{1/2} / N$$
- RELACIONES HIDRÁULICAS: Q=A\*V
- CAUDAL DE DISEÑO: 3.31 Lts/seg
- REALIZAR UN TRATAMIENTO PRIMARIO POR MEDIO DE UNA BATERIA DE FOSAS SÉPTICAS.

**PLANTA GENERAL DE DRENAJE SANITARIO**

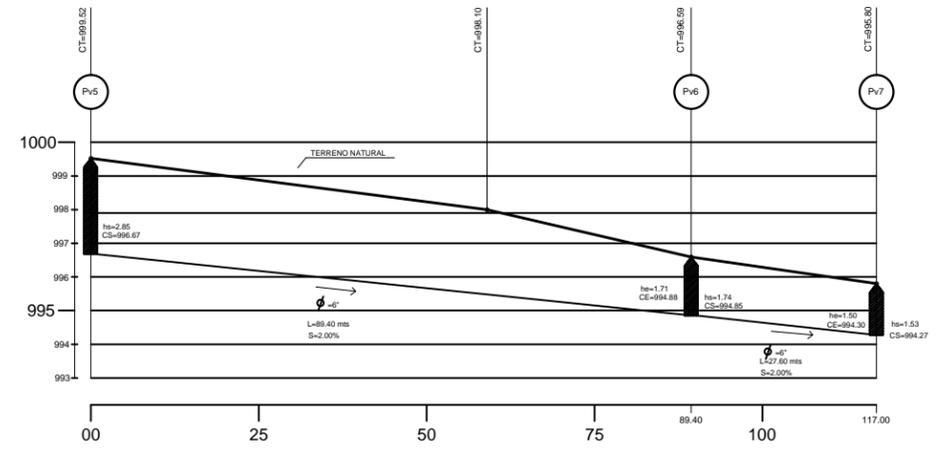
ESCALA: 1:1000

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	PROYECTO:	ALCANTARILLADO SANITARIO CANTON SAN ANTONIO CHIMULLELA
DISEÑO: DOUELAS LOPEZ CALCALO: DOUELAS LOPEZ DIBUJO: DOUELAS LOPEZ ESCALA: INDICADA FECHA: ENERO 2012	PROPIEDAD DE:	MUNICIPALIDAD DE SAN GABRIEL GUCHITEPEQUEZ
	EFESISTA:	DOUELAS EMILIO LOPEZ PRETZANEN Com4
	FECHA:	2004-19992
	VALOR:	2
	NO. JUN. HERRERA GONZ. SUPERVISOR - SUPERVISOR EPS	DOUELAS LOPEZ EFESISTA



**PLANTA DRENAJE SANITARIO DE Pv-5 A Pv-7**

ESCALA VERTICAL 1:1000

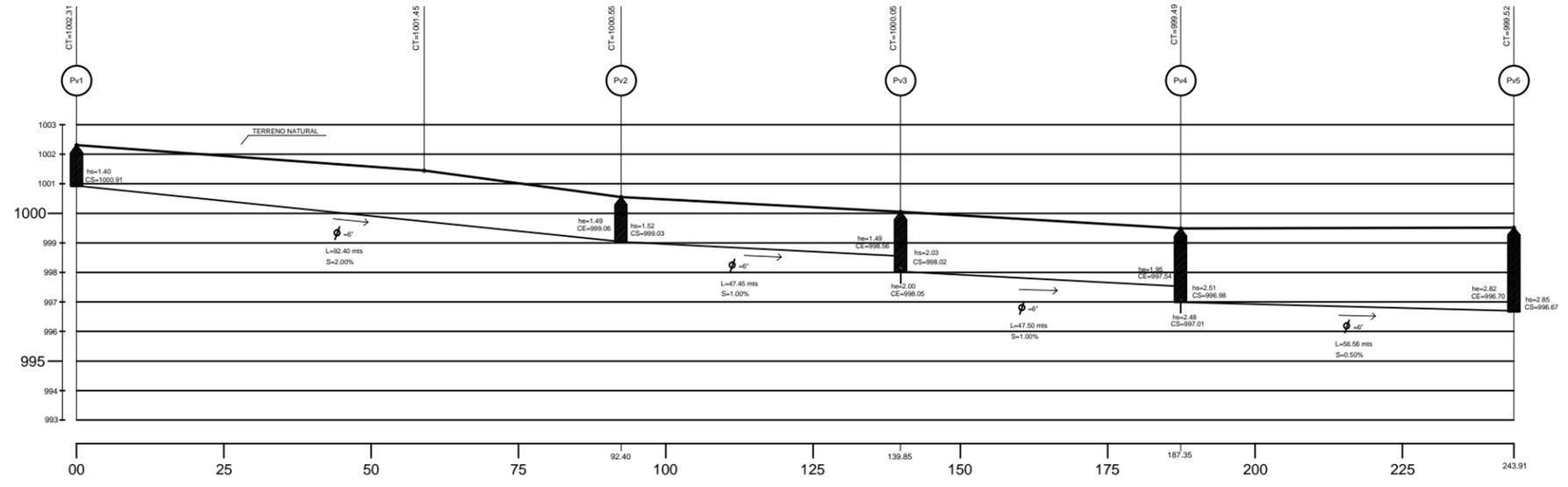


**PERFIL DRENAJE SANITARIO DE Pv-5 A Pv-7**

ESCALA VERTICAL 1:100  
ESCALA HORIZONTAL 1:500

**PLANTA DRENAJE SANITARIO DE Pv-1 A Pv-5**

ESCALA VERTICAL 1:1000

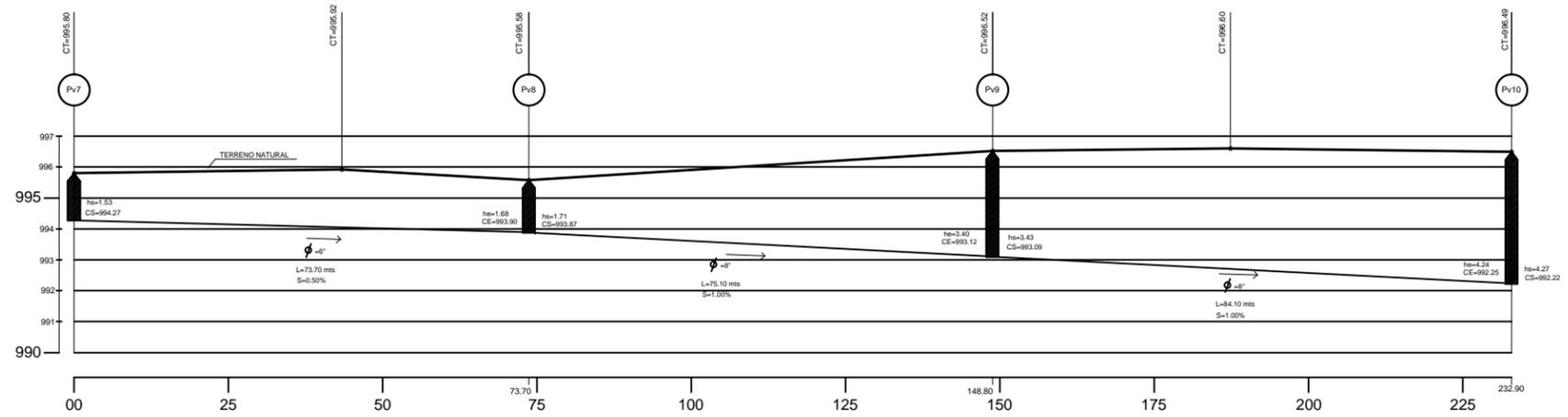
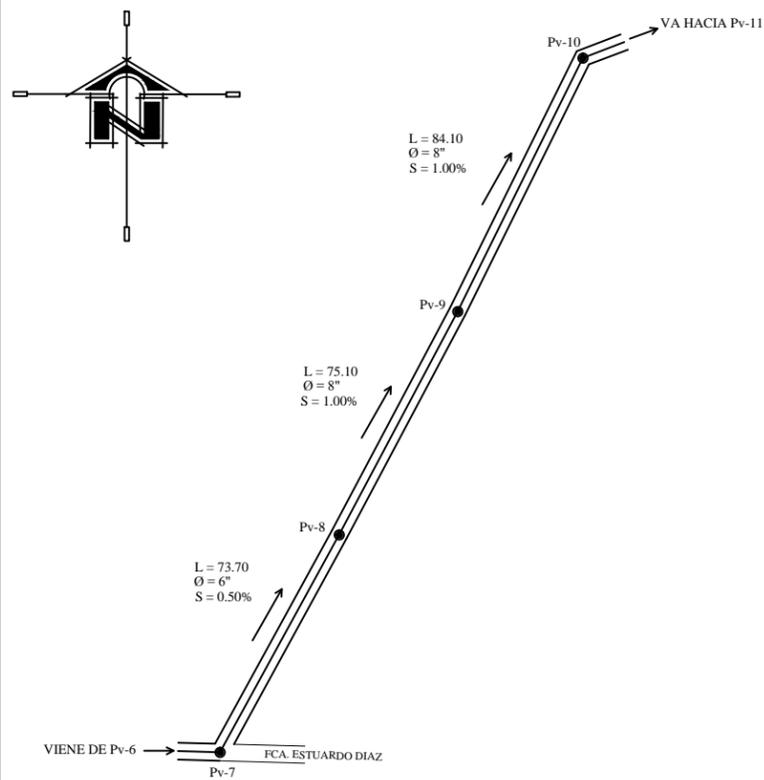


**PERFIL DRENAJE SANITARIO DE Pv-1 A Pv-5**

ESCALA VERTICAL 1:100  
ESCALA HORIZONTAL 1:500

- Pv-1 = POZO DE VISITA 1 (NUMERO DE POZO)
- CE = COTA DE ENTRADA
- CS = COTA DE SALIDA
- he = ALTURA DE ENTRADA
- hs = ALTURA DE SALIDA
- L = LONGITUD DE TRAMO
- S = PENDIENTE DE TUBERIA EN %
- Ø = DIAMETRO DE TUBO PVC
- TODA LA TUBERIA SERA NOVAFORT DE P.V.C. ASTM F-949

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	PROYECTO:	ALCANTARILLADO SANITARIO CANTON SAN ANTONIO CHIMULUJA
PLANO DE:	PLANTA - PERFIL Pv-1 a Pv-7	
PROPIEDAD DE:	MUNICIPALIDAD DE SAN GABRIEL GUCHITEPEQUEZ	
EPESISTA:	DOUELAS LOPEZ	Carné 2004-19992
FECHA:	INDICADA	NOVA
PROYECTISTA:	DOUELAS LOPEZ	3
REVISOR:	DOUELAS LOPEZ	8

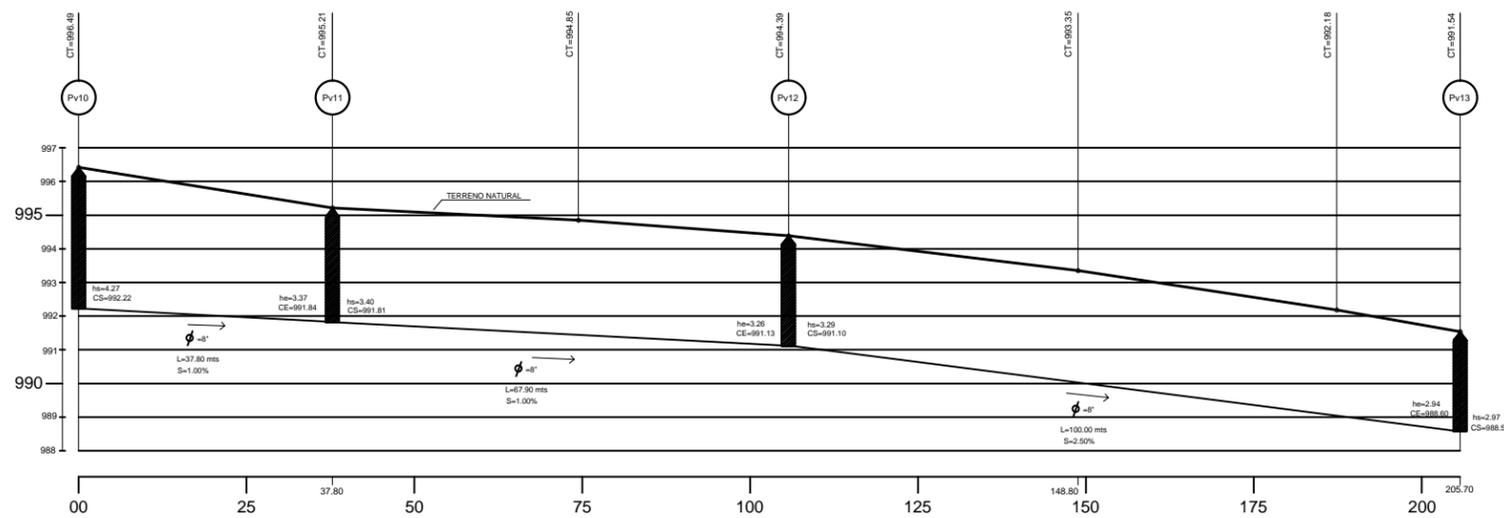


### PLANTA DRENAJE SANITARIO DE Pv-7 A Pv-10

ESCALA VERTICAL 1:1000

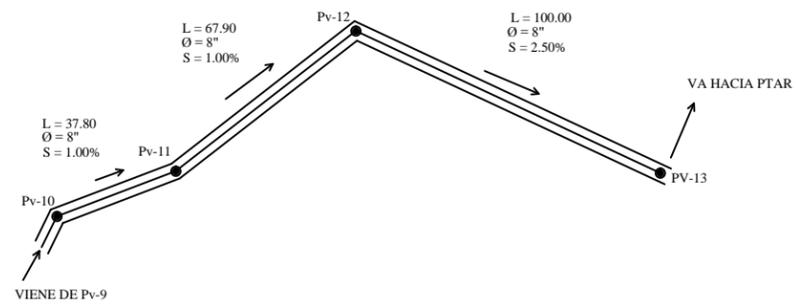
### PERFIL DRENAJE SANITARIO DE Pv-7 A Pv-10

ESCALA VERTICAL 1:100  
ESCALA HORIZONTAL 1:500



### PERFIL DRENAJE SANITARIO DE Pv10 A Pv-13

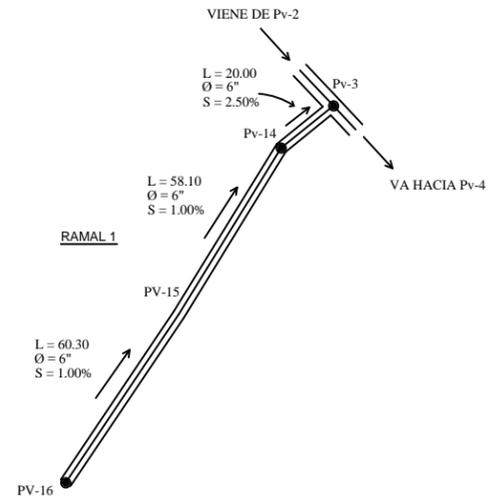
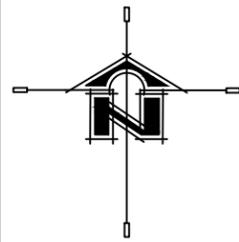
ESCALA VERTICAL 1:100  
ESCALA HORIZONTAL 1:500



### PLANTA DRENAJE SANITARIO DE Pv-10 A Pv-13

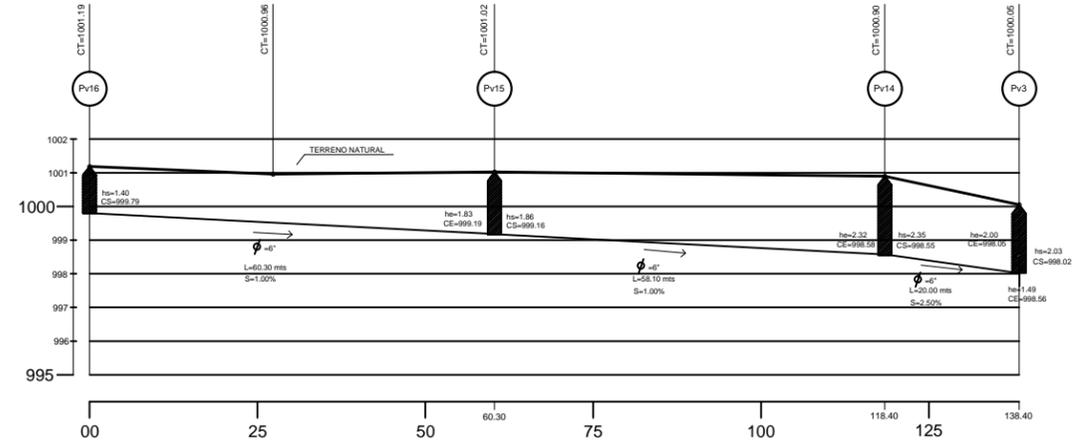
ESCALA VERTICAL 1:1000

 EPS	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO CANTON SAN ANTONIO CHIMULUPA	PLANO DE: PLANTA - PERFIL Pv-7 a Pv-13
DISEÑO: DOUELAS LOPEZ	PROPIEDAD DE: MUNICIPALIDAD DE SAN GABRIEL GUCHITEPEQUEZ	FECHA: 2024-10-22
CALCALO: DOUELAS LOPEZ	EFECTUADO POR: DOUELAS EMILIO LOPEZ PRETZANON	CORTE: 4
DIBUJO: DOUELAS LOPEZ	VALOR: NO. JUN. MENSUR. COS. SUPERVISOR - SUPERVISOR EPS	HOJA: 4
ESCALA: INDICADA	DISEÑADO POR: DOUELAS LOPEZ EFECTUADO POR: DOUELAS LOPEZ	8
FECHA: ENERO 2024		



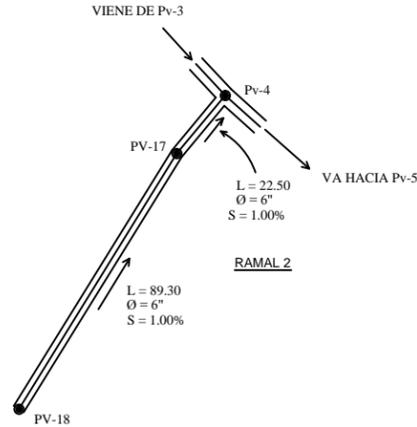
### PLANTA DRENAJE SANITARIO DE Pv-16 A Pv-3

ESCALA VERTICAL 1:1000



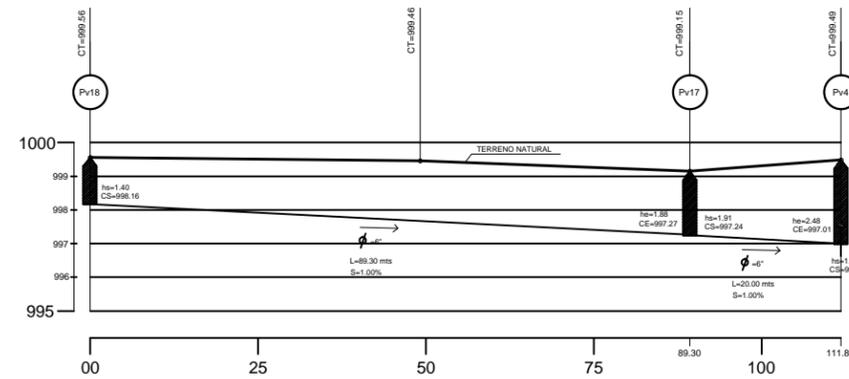
### PERFIL DRENAJE SANITARIO DE Pv-16 A Pv-3

ESCALA VERTICAL 1:100  
ESCALA HORIZONTAL 1:500



### PLANTA DRENAJE SANITARIO DE Pv-18 A Pv-4

ESCALA VERTICAL 1:1000

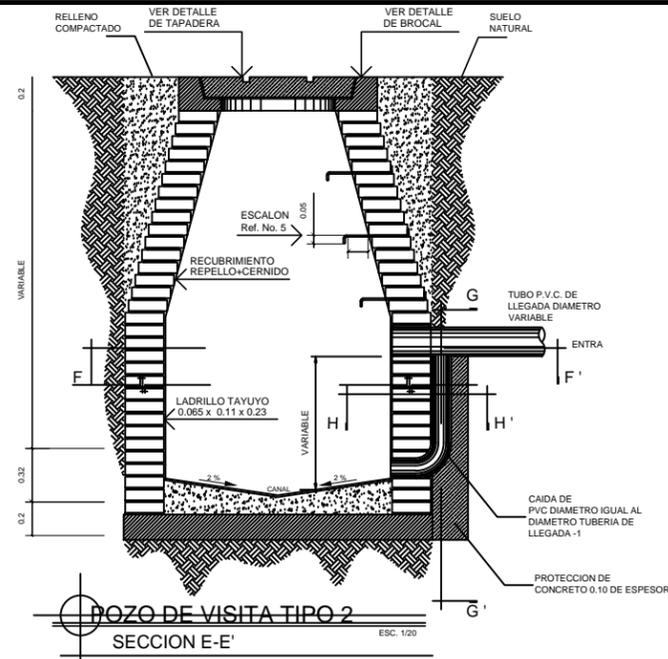


### PERFIL DRENAJE SANITARIO DE Pv-18 A Pv-4

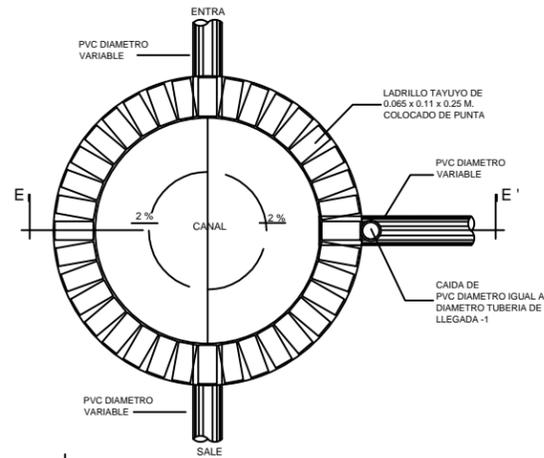
ESCALA VERTICAL 1:100  
ESCALA HORIZONTAL 1:500

<p>EPS</p>	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO CANTON SAN ANTONIO CHIMULUJA	
PLANO DE PLANTA - PERFIL Pv-16 a Pv-3 y Pv-18 a Pv-4		Com4 2024-1992
PROPIEDAD DE: MUNICIPALIDAD DE SAN GABRIEL GUCHITEPEQUEZ		
DISEÑO: DOUELAS LOPEZ CALAZO: DOUELAS LOPEZ DIBUJO: DOUELAS LOPEZ ESCALA: INDICADA FECHA: ENERO 2024	VOTO:	INGA 5 8
INGA JUN MERRICK GOS SUPERVISOR - SUPERVISOR EPS		DOUELAS LOPEZ INGENIERA

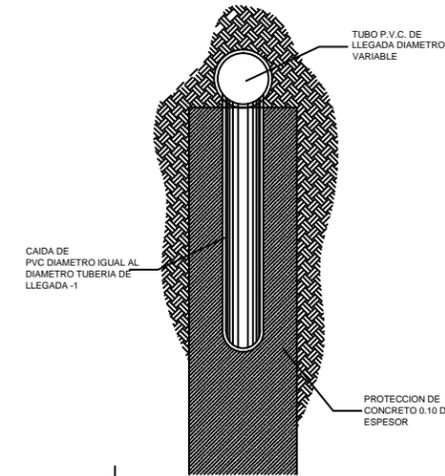




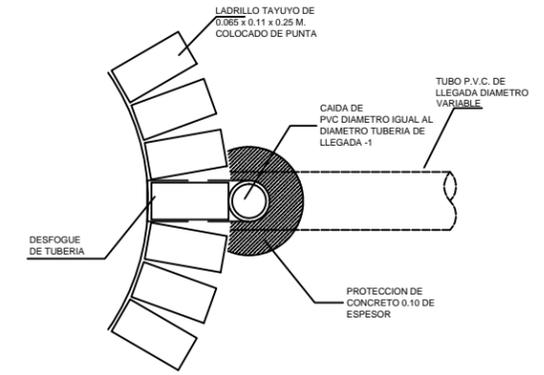
POZO DE VISITA TIPO 2  
SECCION E-E'



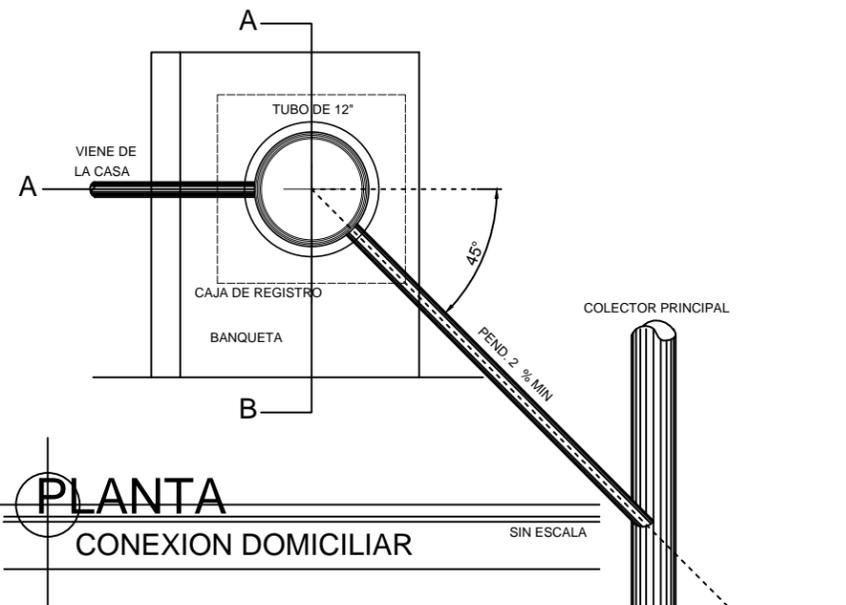
POZO DE VISITA TIPO 2  
SECCION F-F'



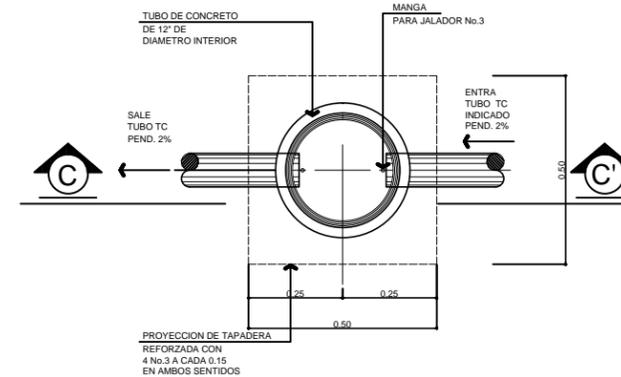
POZO DE VISITA TIPO 2  
SECCION G-G'



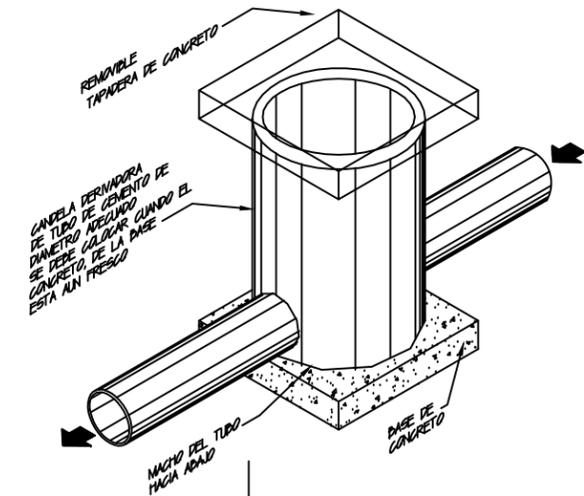
POZO DE VISITA TIPO 2  
SECCION H-H'



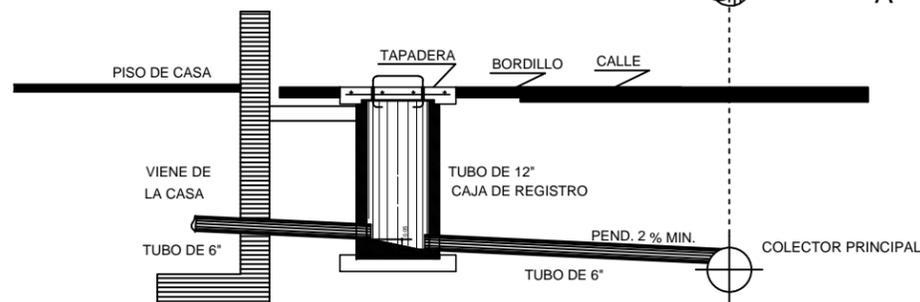
PLANTA  
CONEXION DOMICILIAR



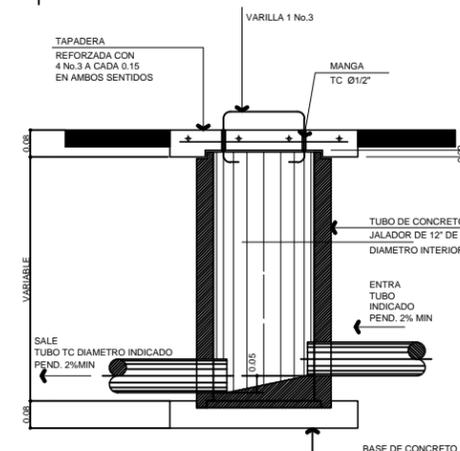
PLANTA  
CANDELA DOMICILIAR



CANDELA DOMICILIAR



CONEXION DOMICILIAR  
CORTE A - A



SECCION C-C'  
CANDELA DOMICILIAR

EPS	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
	PROYECTO:	ALCANTARILLADO SANITARIO CANTON SAN ANTONIO CHIMULUBA	
DISEÑO:	DAULAS LOPEZ	PROPIEDAD DE:	MUNICIPALIDAD DE SAN GABRIEL, SUCHITEPEQUEZ
CALCULO:	DAULAS LOPEZ	EPESISTA:	DAULAS EMILIO LOPEZ FRETZANON
PLANO:	DAULAS LOPEZ	Com#	2004-19992
ESCALA:	REDUCIDA	VOLVO	1/20
FECHA:	ENERO 2011	ING. JUAN MERCA COS SUPERVISOR - SUPERVISOR EPS	DAULAS LOPEZ EPESISTA
			7/8

