



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA
ALDEA LO DE GÓMEZ, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**

Luis Marcelino Boc Canel

Asesorado por el Ing. Ángel Roberto Sic García

Guatemala, febrero de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA
ALDEA LO DE GÓMEZ, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

LUIS MARCELINO BOC CANEL

ASESORADO POR EL ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Wuillian Ricardo Yon Chavarría
EXAMINADOR	Ing. Marco Antonio García Díaz
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Gordillo García
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 DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA LO DE GÓMEZ, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 5 de octubre de 2011.



Luis Marcelino Boc Canel



Guatemala, 22 de octubre de 2013
Ref.EPS.DOC.1152.10.13

Ing. Juan Merck Cos
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Merck Cos.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Luis Marcelino Boc Canel** con carné No. **199515958**, de la Carrera de Ingeniería Civil, , procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA LO DE GÓMEZ, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA.**

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



c.c. Archivo
ARSG/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,
7 de noviembre de 2013

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 DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA LO DE GÓMEZ, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Luis Marcelino Boc Canel, con Carnet No. 199515958, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA/
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 14 de enero de 2014
Ref.EPS.D.03.01.14

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA LO DE GÓMEZ, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Luis Marcelino Boc Canel**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Ángel Roberto Sic García.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Ángel Roberto Sic García y del Coordinador de E.P.S. Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, al trabajo de graduación del estudiante Luis Marcelino Boc Canel, titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA LO DE GÓMEZ, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


 Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, febrero 2014

/bbdeb.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Contínua



Universidad de San Carlos
de Guatemala

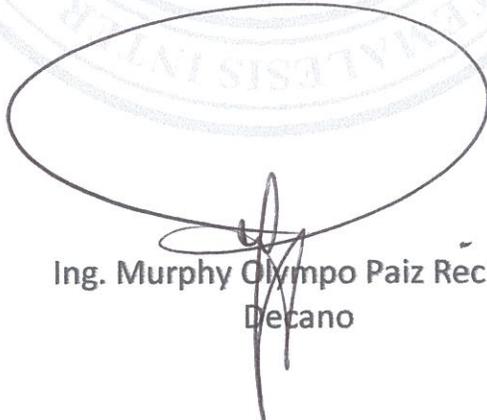


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 089 .2014

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 DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA LO DE GÓMEZ, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Luis Marcelino Boc Canel**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 26 de febrero de 2014

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres	Ambrosio Boc Locon (q.e.p.d.) y Julia Canel Yoc (q.e.p.d.)
Mi abuela	Genara Yoc Culajay (q.e.p.d.)
Mis hermanos	María Cristina y José Cruz (q.e.p.d.), Maria Izabel, Catalina, Natalia y Maria Josefina Boc Canel.
Mi esposa	Ericka Yaneth Hernández Bajxac.
Mis hijos	Fernando José, Luis Gerardo y Abner Isaac Boc Hernández.
Mis amigos	Ing. Héctor Aifan, Ing. César Corado, Ing. Jorge Argueta y todos los amigos de Facultad de Ingeniería.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Que me dio su amor, sabiduría, paciencia y porque sin la confianza y su voluntad, nada sobre la tierra se podría realizar.
Mis padres	Por brindarme su apoyo. Aquí está el fruto que ustedes cosecharon y sea esto motivo de orgullo y felicidad.
Mis hermanos	Por sus muestras de amor y apoyo a lo largo de mi carrera.
Mi esposa	Por su apoyo incondicional y amor que me brindó, porque sin ella sería muy difícil estar donde estoy.
Mis hijos	Para que este esfuerzo sea ejemplo de perseverancia para ellos.
Mi asesor	Por su apoyo y motivación.
Mis amigos	A todos los que de una u otra forma contribuyeron para que yo alcanzara este triunfo.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por mi formación académica.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Generalidades	1
1.1.1. Ubicación y localización.....	1
1.1.2. Accesos y comunicaciones.....	1
1.1.3. Topografía	2
1.1.4. Población e idioma	3
1.1.5. Actividades económicas	4
1.1.6. Aspectos climáticos	4
1.2. Principales necesidades del municipio	5
1.2.1. Descripción de las necesidades	5
1.2.2. Evaluación y priorización de necesidades	6
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	7
2.1. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Lo de Gómez, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.....	7
2.1.1. Descripción del proyecto	7
2.1.2. Especificaciones	7
2.1.3. Levantamiento topográfico	8

	2.1.3.1.	Altimetría	8
	2.1.3.2.	Planimetría	8
2.1.4.		Diseño del sistema	9
	2.1.4.1.	Descripción del sistema a utilizar	9
	2.1.4.2.	Período de diseño	10
	2.1.4.3.	Población de diseño	10
	2.1.4.4.	Dotación	11
	2.1.4.5.	Factor de retorno.....	12
	2.1.4.6.	Factor de flujo instantáneo	13
	2.1.4.7.	Caudal sanitario	14
		2.1.4.7.1. Caudal domiciliar.....	15
		2.1.4.7.2. Caudal comercial	15
		2.1.4.7.3. Caudal industrial	16
		2.1.4.7.4. Caudal de infiltración.....	17
		2.1.4.7.5. Caudal por conexiones ilícitas	17
	2.1.4.8.	Método racional.....	18
	2.1.4.9.	Factor de caudal medio	19
	2.1.4.10.	Factor de caudal máximo	19
	2.1.4.11.	Caudal de diseño	20
	2.1.4.12.	Selección del tipo de tubería	21
	2.1.4.13.	Diseño de secciones y pendientes	21
	2.1.4.14.	Velocidades máximas y mínimas	23
	2.1.4.15.	Cotas Invert.....	25
	2.1.4.16.	Diámetro de tubería.....	27
	2.1.4.17.	Pozos de visita	28
	2.1.4.18.	Conexiones domiciliarias.....	30
	2.1.4.19.	Principios hidráulicos.....	32
	2.1.4.20.	Relaciones hidráulicas	33

2.1.4.21.	Diseño de la red de alcantarillado sanitario	34
2.1.5.	Propuesta de tratamiento	39
2.1.5.1.	Diseño de fosa séptica	40
2.1.5.2.	Dimensiones de pozo de absorción.....	43
2.1.6.	Planos.....	46
2.1.7.	Presupuesto del proyecto	46
2.1.8.	Evaluación de Impacto Ambiental.....	51
2.1.9.	Evaluación socioeconómica.....	57
2.1.9.1.	Valor Presente Neto (VPN).....	57
2.1.9.2.	Tasa Interna de Retorno (TIR).....	59
CONCLUSIONES		61
RECOMENDACIONES		63
BIBLIOGRAFÍA.....		65
APÉNDICE.....		67
ANEXOS.....		75

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa 1:50,000 aldea lo de Gómez, San Juan Sacatepéquez	2
2.	Detalle de cota Invert	27
3.	Detalle de pozo de visita	30
4.	Detalle de conexión domiciliar.....	32
5.	Croquis de fosa séptica.....	42
6.	Pruebas de infiltración.....	43
7.	Saturación de los pozos	44

TABLAS

I.	Dotación de agua potable	12
II.	Especificaciones hidráulicas	33
III.	Parámetros de diseño fosa séptica	41
IV.	Cálculo de volumen para fosa séptica.....	41
V.	Dimensionamiento de fosa séptica	42
VI.	Resultados prueba de infiltración en pozos.....	44
VII.	Velocidades máximas para cálculo de infiltración de pozos de absorción.....	45
VIII.	Cálculo de pozo de absorción	45
IX.	Presupuesto renglones del 1 al 4.....	47
X.	Presupuesto renglones del 5 al 7	48
XI.	Presupuesto renglones 8 y 9.....	49

XII.	Integración de costos unitarios	50
XIII.	Simbología matriz de impacto ambiental	53
XIV.	Matriz medio abiótico	54
XV.	Matriz medio biótico	55
XVI.	Matriz medio cultural y socioeconómico	56
XVII.	Costo de operación sistema de alcantarillado	58

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
HI	Altura del instrumento
Q	Caudal
Qcom	Caudal comercial
Qci	Caudal de conexiones ilícitas
Qdis	Caudal de distribución
Qdom	Caudal de doméstico
Qinf	Caudal de infiltración
Qind	Caudal industrial
Qs	Caudal sanitario
cm²	Centímetro cuadrado
C	Coefficiente de capacidad hidráulica de la tubería
PVC	Cloruro de polivinilo
Ci	Cota inicial
Cf	Cota final
D	Diámetro de tubería
Ø	Diámetro de varilla
Dot	Dotación
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental
@	Espaciamiento entre varillas de refuerzo
e	Excentricidad
FQM	Factor caudal medio
FQmax	Factor caudal máximo
FH	Factor de Harmond

FR	Factor de retorno
hab	Habitante
kg	Kilogramo
kg-m	Kilogramo-metro
lb/pie²	Libra por pie cuadrado
l/h/d	Litro por habitante día
l/s	Litro por segundo
L	Longitud del tramo
m	Metro
m/s	Metro por segundo
S	Pendiente
n	Período de diseño
PV	Pozo de visita
Po	Población actual
Pf	Población futura
r	Tasa de crecimiento
ton	Tonelada
ton/m²	Tonelada por metro cuadrado
ton/m³	Tonelada por metro cúbico
Vs	Valor soporte del suelo
V	Velocidad del flujo de la tubería

GLOSARIO

Agua residual	Agua que se desecha luego de haber sido utilizada, puede ser doméstica, comercial o industrial.
Alcantarillado	Conjunto de tuberías y accesorios que transportan aguas residuales.
Altimetría	Parte de la topografía que enseña a medir alturas.
Amenaza	Probabilidad de ocurrencia de un evento, potencialmente, desastroso durante cierto período, en un sitio dado.
Azimut	Es el ángulo formado por la dirección horizontal y la del norte verdadero, determinado astronómicamente. El azimut se mide en el plano horizontal en el sentido de las agujas del reloj.
Caudal	Volumen de agua que produce una fuente.
Colector	Es la tubería que recibe y conduce las aguas residuales o aguas pluviales de una población hacia un área de descarga.
Cota del terreno	Elevación del terreno sobre un nivel de referencia.

Dotación	Cantidad de agua promedio que se le asigna diariamente a una persona o unidad consumidora.
Desinfección	Es la destrucción de casi todas las bacterias patógenas que existen en el agua por medio de sustancias químicas, calor, luz ultravioleta, etc.
Drenaje	Medio por el cual se evacúan las excretas lejos de donde se producen.
Estiaje	Época del año, en la que los caudales de las fuentes de agua descienden al nivel mínimo.
INE	Instituto Nacional de Estadística.
Parámetros de diseño	Bases técnicas adaptadas para el diseño del proyecto.
Presupuesto	Valor anticipado de una obra o proyecto.
Planimetría	Parte de la topografía que enseña a representar en una superficie plana una porción terrestre. Conjunto de operaciones necesarias para obtener esta proyección horizontal.
Riesgo	Grado de pérdidas esperadas y efectos provocados debido a la ocurrencia de un evento particular en función de la amenaza y la vulnerabilidad.

TIR	Tasa Interna de Retorno.
UNEPAR	Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales.
VPN	Valor Presente Neto.
Vulnerabilidad	Grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos que corren riesgo, como resultado de la probable ocurrencia de un evento desastroso, expresada en una escala desde 0, o sin daño, hasta 10, o pérdida total.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación es el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado realizado en la Asociación Integral de Desarrollo de Ciudad Quetzal y colonias aledañas (ASIDECQ). Efectuando un estudio monográfico y un diagnóstico, sobre necesidades y servicios básicos e infraestructura, se encontró que el principal problema es la falta de un sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Lo de Gómez, San Juan Sacatepéquez, Guatemala, ya que esta aldea no cuenta con el sistema.

Después de haber identificado el problema, se planteó a las autoridades de ASIDECQ, el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario, que en forma eficiente satisfaga las necesidades de los usuarios.

La propuesta consiste en el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario que cumpla con especificaciones y normas generales para este tipo de proyectos. El proyecto de drenaje sanitario contiene un colector principal, tubería secundaria, conexiones domiciliarias, candelas, pozos de visita y una propuesta de tratamiento.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario, de la aldea Lo de Gómez, San Juan Sacatepéquez, Guatemala, dándole así saneamiento ambiental a los habitantes del sector.

Específicos

1. Ejecutar una investigación monográfica y una descripción sobre necesidades de los servicios básicos e infraestructura, para la aldea Lo de Gómez, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.
2. Capacitar a los miembros del comité sobre la operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario.

INTRODUCCIÓN

A continuación se presenta el diseño de un proyecto desarrollado durante el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), de la Facultad de Ingeniería, el cual consiste en el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Lo de Gómez, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.

Ubicado aproximadamente a 21 kilómetros, de la ciudad capital y con una extensión territorial de 35 kilómetros cuadrados. El municipio de San Juan Sacatepéquez tiene como problemática, la falta de un sistema de alcantarillado para la aldea Lo de Gómez, afectando a la población de dicha comunidad.

Debido a la situación antes mencionada, surge como solución técnica y profesional diseñar un sistema de alcantarillado sanitario y una propuesta de tratamiento de las aguas servidas o domesticas, este sistema contiene pozos de visita, tubería principal de PVC de diámetro variable y las respectivas conexiones domiciliarias, que cumpla con normas y bases de diseño especiales para este tipo de proyectos.

Con este trabajo de graduación se pretende dar una solución que sea técnica, económica y factible al problema existente en la aldea Lo de Gómez, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Generalidades

Se determinará sobre la aldea Lo de Gómez, del municipio de San Juan Sacatepéquez, conceptos específicos tales como ubicación, vías de acceso, clima, topografía, comercio, población, idioma, etc.

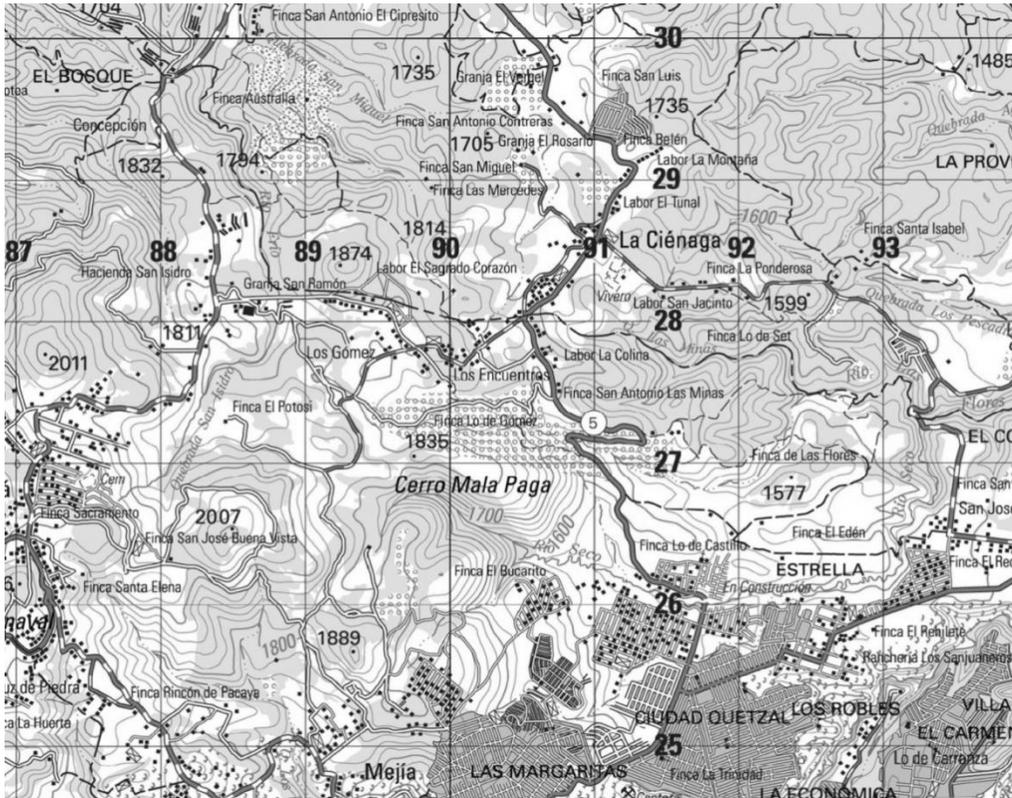
1.1.1. Ubicación y localización

La aldea Lo de Gómez se encuentra a 25 minutos de Ciudad Quetzal, sobre la ruta que conduce a San Raymundo, ruta nacional número cinco, una parte del trayecto es camino de terracería. Colinda al sur con el cerro Mala Paga, al norte con la finca Los Encuentros, al este colinda con la aldea Los Gómez y al oeste colinda con la finca San Antonio Las Minas. Las coordenadas son: 90° 45' 23.12" norte y 27° 12' 07.12" este.

1.1.2. Accesos y comunicaciones

La aldea Lo de Gómez, San Juan Sacatepéquez, tiene acceso sobre la Ruta a Ciudad Quetzal, carretera que se encuentra asfaltada, rumbo noroeste proveniente de la ciudad capital, teniendo acceso a la aldea por un camino de terracería de aproximadamente 3 kilómetros. Tiene otro acceso por la cabecera municipal de San Juan Sacatepéquez y San Raymundo, por medio de un camino asfaltado de aproximadamente veinticinco kilómetros que se encuentran en buen estado en tiempo de verano y en regular estado en tiempo de invierno.

Figura 1. **Mapa 1:50,000 aldea Lo de Gómez, San Juan Sacatepéquez**



Fuente: Instituto Geográfico Nacional.

1.1.3. Topografía

El suelo superficial de la aldea Lo de Gómez, San Juan Sacatepéquez está formado por arcilla de color oscuro, con una textura franca y suelta de un espesor aproximado de 20-30 centímetros, mientras que el subsuelo es de color café oscuro, con una consistencia suelta con un espesor aproximado de 40-50 centímetros. El relieve o topografía de los suelos es montañoso en la mayoría de la aldea, las tierras son fértiles en las cuales se cultiva: maíz, frijol, y gran variedad de verduras, flores y árboles frutales.

1.1.4. Población e idioma

La población de la aldea Lo de Gómez asciende a 502 habitantes. El crecimiento demográfico a nivel municipal, tiene un promedio del 4,1 por ciento anual, según censo realizado por el INE en el 2002.

- Servicios públicos

Los servicios públicos están a cargo de la Municipalidad de San Juan Sacatepéquez por lo que en años no ha tenido acceso a todos los servicios.

- Carreteras y caminos vecinales

Cuenta con una única entrada a la aldea, el resto de calles aun son de terracería, en la cual se puede notar la falta de mantenimiento, y el deterioro provocado por la erosión.

- Transporte

El único transporte extraurbano llega a Ciudad Quetzal luego la mayoría de las personas se transportan en mototaxis, caminando o en bicicleta. No cuentan con transporte extraurbano, hasta la comunidad.

- Escuela

Existe únicamente una escuela pública.

- Energía eléctrica

Toda la aldea cuenta con el servicio de energía eléctrica.

- Centros de salud

No existe un centro de salud el cual brinde servicio a las personas de escasos recursos.

- Cementerio

Cuenta con el servicio de cementerio general en la cabecera municipal.

1.1.5. Actividades económicas

La economía es impulsada principalmente por el sector agrícola y artesanal, estos varones se dedican a la elaboración de lazos y redes de hilos de maguey, los agricultores tienen el territorio destinado a la producción agrícola que se dedica a los siguientes cultivos:

- Granos: maíz, frijol. De estos la mayor parte del producto se destina al consumo familiar y los excedentes se comercializan localmente.
- Verduras y hortalizas: aguacate, zanahoria, rábano, arveja.

1.1.6. Aspectos climáticos

Esta población se caracteriza por tener un clima templado, alcanzando temperaturas máximas de 29,9 grados y temperaturas mínimas de 15,2 grados centígrados, el cual favorece a sus tierras por lo que son fértiles. El Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, (INSIVUMEH) cuenta con

una estación meteorológica en San Pedro Ayampuc, la cual es la más cercana al proyecto a una latitud de 14° 47' 23.12" y una longitud de 90° 27' 07.12".

1.2. Principales necesidades de la aldea

Se presenta una descripción básica sobre las necesidades de la aldea, evaluando cada una para determinar cual tiene prioridad en la investigación y llevar a cabo la solución y recomendaciones.

1.2.1. Descripción de las necesidades

Según miembros del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE), Asociación Integral de Desarrollo de Ciudad Quetzal y Colonias Aledañas (ASIDECQ) y la población, las necesidades más urgentes son:

- Sistema de alcantarillado sanitario

En algunas comunidades y aldeas del municipio aún no existe el sistema de alcantarillado, en especial en la aldea Lo de Gómez por lo que las aguas servidas corren a flor de tierra y ocasionas enfermedades y malos olores.

- Mejoramiento del sistema de distribución de agua potable

En la aldea Lo de Gómez, el sistema de abastecimiento de agua potable no es el adecuado, ya que durante el día solamente reciben agua una hora, existen fugas de agua en el trayecto del sistema.

- Adoquinado de calles

Es necesario adoquinar los callejones ubicados alrededor de la aldea, el ingreso principal, así como caminos vecinales ya que estos aún son de terracería, y sufren constante deterioro, por la erosión. Cuando es temporada de vientos estos ocasionan polvo, provocando enfermedades respiratorias.

- Sistema de recolección de basura

Esta necesidad surge, ya que existe un botadero municipal, pero no cuenta con un sistema adecuado de recolección de basura, actualmente solo existe un camión recolector, el cual no se da abasto, en el relleno sanitario no se lleva un control adecuado del tipo de desechos que se recolectan.

1.2.2. Evaluación y priorización de necesidades

De las necesidades anteriormente descritas se tomó como prioridad diseñar el sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Lo de Gómez, del municipio de San Juan Sacatepéquez, ya que sin un sistema adecuado de drenaje sanitario, la población sufre, aunado a las costumbres de la población; así como el nivel de vida y la educación, se citan los siguientes problemas:

- Enfermedades gastrointestinales por consumo de agua contaminada.
- Falta de higiene personal de los pobladores.
- Malos olores y contaminación en los suelos por correr las aguas negras superficialmente.
- Enfermedades pulmonares y de la piel.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Lo de Gómez, San Juan Sacatepéquez, Guatemala

Atendiendo las necesidades del municipio se procede al diseño del sistema de alcantarillado sanitario que cumpla con normas y especificaciones adecuadas para este tipo de proyecto.

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto consistirá en diseñar el sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Lo de Gómez, San Juan Sacatepéquez, la cual tiene una población de 502 habitantes.

Actualmente, esta parte de la población cuenta con letrinas y el agua de pilas y cocinas es expulsada a las calles, que recorren a flor de tierra. Se diseñará la red principal, así como también pozos de visita y conexiones domiciliarias, además se propondrá un programa de operación y mantenimiento.

2.1.2. Especificaciones

Para este tipo de proyectos se debe realizar una recolección de información para determinar algunos datos para el diseño, este tipo de información se puede determinar por medio de encuestas para conocer el número de población, tipo de viviendas, utilización del servicio.

2.1.3. Levantamiento topográfico

Al hacer el levantamiento topográfico del lugar donde se proyectará el sistema de alcantarillado sanitario, no solo hay que tomar en cuenta el área edificada en la actualidad, sino que también las que en un futuro puedan adherirse al sistema, incluyendo la localización exacta de todas las calles y zonas con o sin edificación; edificios, alineación municipal, ubicación de estos; carreteras, cementerios, todos los pavimentos, anotando la clase y estado; parques públicos, campos de deporte y todas aquellas estructuras naturales y artificiales que guarden relación con el problema a resolver e influyan en los diseños.

En conclusión, deben incluirse todos los accidentes geográficos existentes en el área del levantamiento topográfico, ya que de estos dependerá mucho el diseño de obras de arte y otros. En este proyecto se realizó una topografía de primer orden.

2.1.3.1. Altimetría

La altimetría permite conocer la sección vertical del terreno, y conocer la pendiente natural del terreno, para diseñar el tipo de obra que se desea construir, en este caso el diseño es de alcantarillado sanitario. El método empleado fue una nivelación compuesta, el equipo utilizado, un nivel de precisión marca FOIF con el respectivo estadal.

2.1.3.2. Planimetría

Este trabajo se realizó para obtener la representación gráfica en planta del terreno y de esta forma localizar la línea central, y la ubicación de los

servicios existentes en la vía principal de la comunidad. La planimetría que se realizó con el método de conservación del Azimut, por medio de una poligonal abierta, el equipo utilizado fue un teodolito Sokkisha TM 20 ES óptico mecánico con el respectivo estadal.

2.1.4. Diseño del sistema

Para la realización del diseño del sistema utilizaremos los criterios de diseño, es decir, los conceptos o normas establecidas por el INFOM y otras internacionales como la ASTM 3034, que ayudarán a realizar el diseño de cada parte del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Lo de Gómez, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.

2.1.4.1. Descripción del sistema a utilizar

El proyecto de alcantarillado sanitario está compuesto por un colector principal, tubería secundaria, conexiones domiciliarias, candelas, pozos de visita y una propuesta de tratamiento.

Por principio general, se ha de comenzar el diseño de un alcantarillado sanitario con tubería de 8 pulgadas, cuando se diseñe con tubería de concreto y con tubería de 6 pulgadas, cuando el diseño sea con tubería PVC. Se podría comenzar en el primer ramal o inicio del sistema de alcantarillado con tubería de diámetro menor, dicho diámetro funcionaría bien en lo que a hidráulica se refiere; sin embargo, el inconveniente se presenta al efectuar los trabajos de limpieza, ya que por el arrastre de basura u otros objetos puede producir taponamiento en la tubería de inicio. En este proyecto se utilizó tubería de PVC de 6 pulgadas.

2.1.4.2. Período de diseño

El período de diseño de un sistema de alcantarillado es el tiempo durante el cual el sistema dará un servicio con una eficiencia aceptable. Según las normas generales para el diseño de alcantarillados del INFOM los sistemas de alcantarillado serán proyectados para llenar adecuadamente la función durante el periodo de 20 a 40 años. Tomando esto en cuenta, el sistema se diseñará con un periodo de 21 años; periodo en el cual, el sistema de alcantarillado funcionará eficientemente, considerando no elevar demasiado los costos.

Deben considerarse los siguientes factores:

- El tiempo durante el cual la obra dará servicio a la población
- Durabilidad del material a utilizar
- Los costos y las tasas de interés vigentes
- Crecimiento de la población incluyendo posibles cambios en los desarrollos de la comunidad

2.1.4.3. Población de diseño

Para estimar la población se puede recurrir a varios métodos, pero el utilizado en este diseño es el geométrico. Este se acopla más a las poblaciones en vías de desarrollo pues crecen a un ritmo geométrico o exponencial, por lo que este método se adapta más a la realidad del lugar donde se realizó el estudio y diseño pues debe tomarse en cuenta que la aldea tiene lotes con suficiente área para poder expandirse.

Incremento geométrico

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

Donde:

Pf = población futura

Pa = población actual

n = período de diseño (21)

r = tasa de crecimiento 4,1% fuente del INE

2.1.4.4. Dotación

Es el volumen de agua que se le asigna a una persona, para el consumo en la unidad de tiempo. Usualmente, en el medio, la dotación se determina en litros que consume un habitante al día.

Es recomendable que la dotación se determina con base en estudios de demanda de agua de la población que se investiga, o poblaciones cercanas con características similares.

Los factores que influyen en la determinación de la dotación son: clima, nivel de vida, actividad productiva, número de habitantes, costumbres, existencia de abastecimientos privados.

La elección de la dotación es una gran responsabilidad que se ve reflejada en la eficiencia con que un acueducto preste el servicio futuro. La dotación debe satisfacer las necesidades de consumo de la población con la finalidad de que ésta desarrolle las actividades de la mejor forma posible.

Según la Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales (UNEPAR), la dotación mínima para el diseño de proyectos de agua potable es la siguiente:

Tabla I. **Dotaciones de agua potable**

Dotación de agua potable			
Tipo de zona	Clima	Dotación (litr/hab/día)	Tipo de conexión
Rural		40-60	Llena cántaros
	Frío	60-90	Predial
	Cálido	90-120	Predial
Urbana	Frío	120-150	Domiciliar
	Cálido	150-200	Domiciliar
Metropolitana		200-300	Domiciliar

Fuente: UNEPAR.

Por las condiciones que presenta el proyecto se asignó una dotación de 100 litros/habitante/día.

2.1.4.5. Factor de retorno

El factor de retorno es el porcentaje de agua, que después de ser utilizada, vuelve al drenaje. Este valor puede oscilar entre 0,70 a 0,90. La decisión de tomar cualquiera de estos valores influirá mucho en los costos del proyecto. Un valor mayor dará como resultado caudales y diámetros de tuberías grandes, lo que implicaría altos costos, por el contrario, un valor pequeño de este factor dará caudales pequeños y por consiguiente, diámetros de tuberías pequeños, por lo que se reducirían los costos.

El factor de retorno para el proyecto será de 0,80.

2.1.4.6. Factor de flujo instantáneo

Este factor consiste en la probabilidad de que todos los artefactos sanitarios de las viviendas se estén utilizando simultáneamente en la comunidad, siendo común que esto suceda en las horas pico, es decir en el momento en que todas las personas están haciendo uso del agua y descargando hacia el drenaje al mismo tiempo.

Su cálculo consiste en conocer el caudal máximo que fluye por las tuberías en un momento dado, y para ello, hay que efectuar el caudal medio por un valor de flujo que varía entre (1,5 y 4,5), según sea el tamaño de la población.

Para obtener el factor de flujo instantáneo, hay varias fórmulas, en este caso, se utilizará la fórmula de Harmond, esta es adimensional y viene dada por:

$$FH = \frac{18 + (p / 1000)^{1/2}}{4 + (p / 1000)^{1/2}}$$

Donde:

P = es la población del tramo que se va a servir, se expresa en miles de habitantes.

2.1.4.7. Caudal sanitario

La cantidad de caudal que puede transportar el drenaje está determinada por el diámetro, la pendiente y la velocidad que puede llegar a tener el flujo dentro de la tubería. El principio fundamental para el diseño de alcantarillados es que el drenaje funciona como un canal abierto, es decir que la tubería no funciona a presión.

El tirante máximo del flujo a transportar lo da la relación de tirantes d/D , en donde d es la altura del flujo y D es el diámetro interior de la tubería, esta relación debe ser mayor que 0,10 metros para que exista arrastre de las excretas y por ende no exista sedimentación, y menor que 0,75 para que trabaje como un canal abierto.

El caudal sanitario es la suma de los caudales que se describen a continuación su fórmula es:

$$Q_{\text{sanitario}} = Q_{\text{dom}} + Q_{\text{com}} + Q_{\text{ind}} + Q_{\text{CI}} + Q_{\text{inf}}$$

Donde:

$Q_{\text{sanitario}}$ = caudal sanitario

Q_{dom} = caudal domiciliar

Q_{com} = caudal comercial

Q_{ind} = caudal industrial

Q_{CI} = caudal conexiones ilícitas

Q_{inf} = caudal de infiltraciones

2.1.4.7.1. Caudal domiciliar

Es el agua que ha sido utilizada para la limpieza o producción de alimentos y es desechada y conducida a la red de alcantarillado; el agua de desecho doméstico está relacionada íntimamente con la dotación y el suministro de agua potable.

La fórmula para calcular el caudal domiciliar queda integrada de la siguiente manera:

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

En donde:

Dot = dotación (l/h/d)

No. Hab = número de habitantes futuros o población futura.

Qdom = caudal domiciliar (l/s)

FR = factor de retorno.

2.1.4.7.2. Caudal comercial

Este caudal está conformado por el agua desechada de comercios, restaurantes, hoteles, etc. La dotación comercial varía según el establecimiento a considerar y puede estimarse entre 600 a 3 000 litros/comercio/día. El caudal comercial se calcula de la siguiente manera

$$Q_{com} = \frac{\#comercios * Dot}{86\ 400}, \quad [l/s]$$

Donde:

- Qcom = caudal comercial (l/s)
#comercios = número de comercios (separado para cada tipo de comercios)
Dot = dotación comercial (l/comercio/d)

En este proyecto el caudal comercial no se considera ya que en esta comunidad no existe ningún comercio.

2.1.4.7.3. Caudal Industrial

Los caudales de aguas residuales de tipo industrial varían según el tipo y tamaño de la industria. Si no se cuenta con el dato de la dotación de agua suministrada, se puede calcular dependiendo del tipo de industria, el caudal puede oscilar entre 16 000 a 18 000 litros/industria/día.

$$Q_{ind} = \frac{\#industrias * Dot}{86\ 400}, \quad [l/s]$$

Donde:

- Qind = caudal industrial (l/s)
#industrias = número de industrias (separado para cada tipo de industria)
Dot = dotación industrial (l/industria/d)

En este proyecto el caudal industrial no se considera ya que en esta aldea no existe ninguna industria.

2.1.4.7.4. Caudal de infiltración

Este caudal incluye el agua del subsuelo que penetra en una red de alcantarillado, a través de tuberías defectuosas, juntas de tubería, conexiones y paredes de los pozos de registro. El potencial de la infiltración varía con:

- La altura del nivel freático sobre el fondo de las tuberías
- La precipitación pluvial y la permeabilidad del suelo
- La destreza en la construcción de pozos de visita, tendido de tuberías y su conexión a las viviendas o edificios.

Para este caso, el caudal de infiltración se desprecia ya que la tubería a utilizar será PVC y este tipo de tubería no permite infiltraciones por contar con juntas herméticas.

2.1.4.7.5. Caudal por conexiones ilícitas

Corresponde básicamente a la incorporación de los desagües pluviales (proveniente de techos y patios) a la red sanitaria; se debe evaluar tales caudales y adicionarlos al caudal de diseño. Para la estimación se recomienda calcularlo como un porcentaje del total de conexiones, como una función del área de techos y patios, y de la permeabilidad, así como de la intensidad de lluvia. Se estima un porcentaje de viviendas que pueden realizar estas conexiones ilícitas que varía entre 0,5 a 2,5 %.

Para calcular el caudal de conexiones ilícitas, se debe tener en cuenta el criterio que algunas instituciones ya han establecido, estos son:

- El INFOM, toma la conexión ilícita como el 10 % del caudal doméstico.
- Otros autores, determinan la conexión ilícita en 150 litros/habitante/día.
- La Municipalidad de Guatemala calcula la conexión ilícita en 100 litros/habitante/día.
- El método racional.

Como el caudal de conexiones ilícitas tiene relación con el caudal producido por las lluvias, para el cálculo se utiliza la fórmula dada por el método racional.

2.1.4.8. Método racional

Para el cálculo de este caudal se estima un porcentaje de viviendas que pueden hacer conexiones ilícitas que varía de 0,5 a 2,5 %. La ecuación de este método tiene la relación con el caudal producido por lluvias.

$$Q_{ci} = \left(\frac{CiA}{360} * 1\ 000 \right) * \%viviendas \quad [l/s]$$

Donde:

- Q_{ci} = caudal de conexiones ilícitas
- C = coeficiente de escorrentía
- i = intensidad de lluvia, dado en mm/hora
- A = área de techos y/o patios que es factible conectar ilícitamente, dada en hectáreas
- % viviendas = porcentaje estimado de viviendas que se pueden conectar ilícitamente

Debido a que en esta área no se cuenta con estación hidrométrica no se tienen datos precisos de la intensidad de lluvia, por lo tanto no se puede utilizar el método racional para este cálculo.

En este caso, se utilizó el método descrito en el inciso b) pues es el más conservador.

$$Q_{cl} = \frac{150 * \text{No.hab} * FR}{86\ 400}$$

2.1.4.9. Factor de caudal medio

Se considera como la suma de todos los caudales anteriormente descritos, dividido por el número de habitantes a servir, de acuerdo con las normas vigentes en el país, este factor debe ser mayor a 0,0020 y menor que 0,0050, si por alguna razón el valor calculado estuviera debajo de 0,0020 se adoptará éste; y si por el contrario el valor calculado estuviera arriba de 0,0050 se tomará como valor para el diseño 0,0050; considerando siempre que los valores no se alejen demasiado de los límites, ya que se podría caer en un sobre diseño o subdiseño, según sea el caso.

$$f_{qm} = \frac{Q_s}{\text{No. hab Futuro}}; \text{ donde } Q_s \text{ es el caudal sanitario}$$

2.1.4.10. Factor de caudal máximo

Se obtiene luego de haber encontrado el factor de caudal medio, y el factor de Harmond, mediante la siguiente fórmula:

$$FQ_{max} = FQM \times FH$$

2.1.4.11. Caudal de diseño

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

Para realizar la estimación de la cantidad de agua negra que transportará el alcantarillado en los diferentes puntos donde esta fluya, primero se tendrán que integrar los valores que se describen en las fórmulas siguientes:

- $Q_{dis.} = \# \text{ habitantes} * FH * F_{qm}$ (Método I)

Donde:

habitantes = población futura.

FH = factor de harmond.

Fqm = factor de caudal medio

- $Q_{dis.} = FH * (Q_d + Q_{otros})$ (Método II)

Donde:

FH = factor de harmond

Qd = caudal domiciliar [l/s]

Qotros = otros caudales (comercial, industrial, etc.)

La diferencia entre los dos incisos anteriores puede notarse cuando las poblaciones son muy grandes, aunque la segunda es mejor para integrar todos los caudales reales que se producen en un tramo de tubería.

Para el presente trabajo se utilizó la opción del inciso a, por adecuarse más a las circunstancias, se tomó en cuenta que en poblaciones pequeñas no se marca diferencia significativa.

En el proyecto para la aldea Lo de Gómez, San Juan Sacatepéquez, no se le dio importancia a los caudales comerciales, industriales y de infiltración, ya que al sistema no se conectará la industria, ni el comercio.

2.1.4.12. Selección del tipo de tubería

En la actualidad existe gran cantidad de materiales que se pueden emplearse para la fabricación de las tuberías que se utilizan para la construcción de sistemas de alcantarillado sanitario.

Para este proyecto en particular se optó por la utilización de tubería de PVC, ASTM 3034 que por las características resulta económica y técnicamente la más adecuada para diseñar y construir dicho proyecto.

2.1.4.13. Diseño de secciones y pendientes

- Diseño de secciones: al realizar el cálculo de las tuberías que trabajan a sección parcialmente llena y se agilizará, 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 deberán determinar los valores de la velocidad y caudal a sección llena por medio de las ecuaciones establecidas y se procederá a obtener la relación de caudales (q/Q), donde q es el caudal de diseño, entre el caudal a

sección llena (Q); el resultado obtenido se busca en las tablas de relaciones hidráulicas, donde también se podrán encontrar las relaciones (v/V) y (d/D).

Para el diseño del alcantarillado sanitario, y el respectivo cálculo de secciones, se debe contar con la información correspondiente a los valores de la velocidad y caudal de la sección llena de la tubería, que se está utilizando.

Para el cálculo de la velocidad y el caudal se emplean las siguientes fórmulas:

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

Donde:

Q = caudal a sección llena [m³/s]

A = área de la tubería [m²]

V = velocidad a sección llena [m/s]

n = rugosidad de la tubería (PVC = 0,010 y T.C. = 0,013)

D = diámetro de la tubería

S = pendiente de diseño

- Diseño de pendientes: se recomienda que la pendiente utilizada en el diseño sea la pendiente que tenga el terreno natural, así se evitará sobre costo por excesiva excavación, siempre y cuando cumpla con las relaciones hidráulicas y las velocidades permisibles.

No existe pendiente mínima en los colectores principales, ya que esta se determina con la velocidad, en colectores secundarios la pendiente mínima será del 2 %, lo que asegura un arrastre de excretas.

En cuanto a los tramos en que la pendiente natural del terreno sea tan pronunciada que pueda ocasionar velocidades mayores a las establecidas, se utilizará un sistema de tramos cortos con pendientes aceptables, conectados por estructuras de caída debidamente dimensionados.

2.1.4.14. Velocidades máximas y mínimas

La velocidad del flujo está determinada por la pendiente del terreno, el diámetro de la tubería y el tipo de tubería a utilizar (T.C. o PVC). La velocidad del flujo se determina por la fórmula de Manning y las relaciones hidráulicas de v/V , en donde v es la velocidad real del flujo y V es la velocidad del flujo a sección llena; según UNEPAR es recomendable que la velocidad del flujo en líneas de alcantarillados no sea menor de 0,60 m/s para tubería de concreto y 0,40 m/s para tubería PVC, para proporcionar una acción de autolimpieza es decir, capacidad de arrastre de partículas.

La velocidad máxima recomendable es de 4,00 m/s solo para tubería PVC y para tubería de concreto 3,00 m/s. Para velocidades mayores se debe tomar en cuenta ciertas consideraciones especiales para la disipación de energía, evitando la erosión de los pozos de visita o de cualquier estructura dentro del sistema.

- Ecuación de Manning: 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 usualmente presente en las aguas negras, no es suficiente para hacer que el comportamiento

hidráulico difiera al de agua limpia, siempre que se mantengan velocidades mínimas de autolimpieza.

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 empleada para canales es la de Chezy para flujos uniformes y permanentes.

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

Donde:

V = velocidad [m/s]

Rh = radio hidráulico

S = pendiente [m/m]

C = coeficiente

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:

$$V = \frac{1}{n} R h^{1/6} * S^{1/2}$$

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:

$$V = \frac{0.03429}{n} * D^{2/3} * S^{1/2} \rightarrow D \text{ [pulgadas]}$$

2.1.4.15. Cotas Invert

Es la distancia existente entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel inferior de la tubería, debe verificarse que la cota Invert sea al menos igual a la que asegure el recubrimiento mínimo necesario de la tubería. Para calcular las cotas Invert, se toma como base la pendiente del terreno y la distancia entre pozos, deben seguirse las siguientes reglas para el cálculo de las cotas Invert:

- La cota Invert de salida de un pozo se coloca a tres centímetros debajo de la cota Invert de la tubería que entra al pozo.

- Cuando el diámetro de la tubería que entra a un pozo es menor que el diámetro de la tubería que sale, la cota Invert de salida estará al menos a una altura igual a la diferencia de los diámetros, más baja que la cota Invert de entrada.

Las cotas Invert se calculan de la siguiente manera:

$$CI_{Salida} PZV1 = CT - H PZV1$$

$$CI_{Entrada} PZV2 = CI_{Salida} PZV1 - ((S\%tubo * DH)/100)$$

$$CI_{Salida} PZV2 = CI_{Entrada} PZV2 - 3$$

Donde:

$CI_{Salida} PZV1$ = cota Invert de salida del pozo de visita 1 (CIS)

CT = cota del terreno

HPZV1 = altura del pozo de visita 1

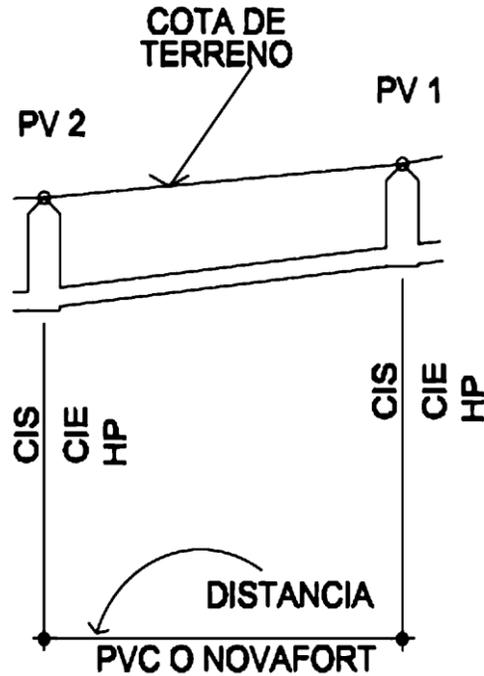
$CI_{Entrada} PZV2$ = cota Invert de entrada pozo de visita 2 (CIE)

$CI_{Salida} PZV2$ = cota Invert salida pozo de visita 2 (CIS)

S%tubo = pendiente del tubo

DH = distancia horizontal entre pozos

Figura 2. **Detalle de cota Invert**



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto CAD Civil 3D 2011.

2.1.4.16. **Diámetros de tubería**

En el diseño de alcantarillados, el diámetro de tubería es uno de los elementos que hay que calcular, se debe seguir ciertas normas para evitar que la tubería se obstruya. Según las normas del Instituto Nacional de Fomento Municipal, se debe utilizar para sistemas de drenaje sanitario un diámetro mínimo de 8 pulgadas cuando se utilice tubería de concreto y de 6 pulgadas cuando se utilice tubería de PVC, para las conexiones domiciliarias el diámetro mínimo con tubería de concreto es de 6 pulgadas y de 4 pulgadas para PVC.

Para este proyecto se utilizó tubería PVC de 6 pulgadas.

2.1.4.17. Pozos de visita

Los pozos de visita son parte de las obras accesorias de un sistema de alcantarillado y empleados como medios de inspección y limpieza.

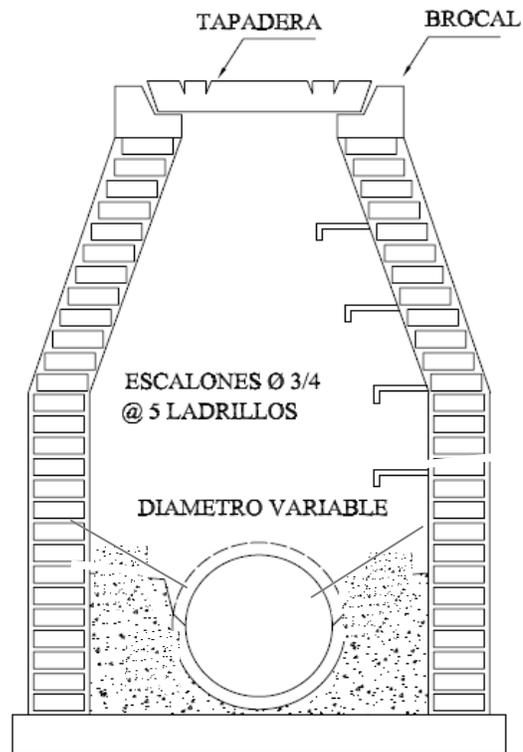
La forma constructiva de los pozos de visita se ha normalizado considerablemente y se han establecido diseños que se adoptan de un modo general. Están contruidos con ladrillos y concreto reforzado, de forma cilíndrica, que remata generalmente en su parte superior en forma de tronco cónico y con tapa removible, la cual se construye con el objeto de permitir el acceso y mantenimiento de la estructura. Las paredes del pozo deben estar impermeabilizadas con repello más un cernido liso, el fondo está conformado de concreto; para realizar la inspección o limpieza los pozos profundos se deben dejar escalones, los cuales serán de hierro y estarán empotrados a las paredes del pozo. La profundidad que poseen estos pozos es variable. La profundidad mínima para un pozo de visita será de 1,20 metros según especificaciones de UNEPAR.

Los pozos de visita serán diseñados para ubicarlos según el caso (sección 2.13 del INFOM):

- En cambios de diámetro
- En cambios de pendiente
- En cambios de dirección horizontal para diámetros menores de 24 ”
- En las intersecciones de las tuberías colectoras
- En los extremos superiores de los ramales iniciales

- A distancias no mayores de 100 metros en línea recta, en diámetro hasta de 24 pulgadas.
- A distancias no mayores de 300 metros, en diámetros superiores a 24 pulgadas.
- Especificaciones para pozos de visita: comúnmente los pozos de visita están en las intersecciones de las calles, entre 90 y 100 metros. El intervalo puede ser mayor en materiales como PVC; como el caso presente, que se refiere al diseño que se presenta; ya que permite substancialmente los problemas de limpieza y mantenimiento, comparado con otros tipos de tubería que tienen pobres características de flujo y son propensos a penetración de raíces y daños. Los pozos de visita se construirán con ladrillos de barro cocido con un acabado liso e impermeable, con sus respectivos escalones.
- Profundidad de los pozos de visita: para la construcción de los pozos de visita con tubería de concreto o PVC se sugiere que los diseños soporten el empuje del suelo. En el presente, se tienen pozos de visita de 7 y 11 metros de profundidad como máximo, esto debido a unas contrapendientes del terreno que provocaron que el diseño fuera de esta forma.

Figura 3. **Detalle de pozo de visita**



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto CAD Civil 3D 2011.

2.1.4.18. Conexiones domiciliarias

Es la tubería que lleva las aguas servidas desde una vivienda o edificios al alcantarillado central. Esta consta de las siguientes partes:

- Caja o candela
- Tubería secundaria
- Caja o candela: la conexión se realiza por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de concreto colocados verticalmente. El lado menor de la caja será de 45 centímetros.

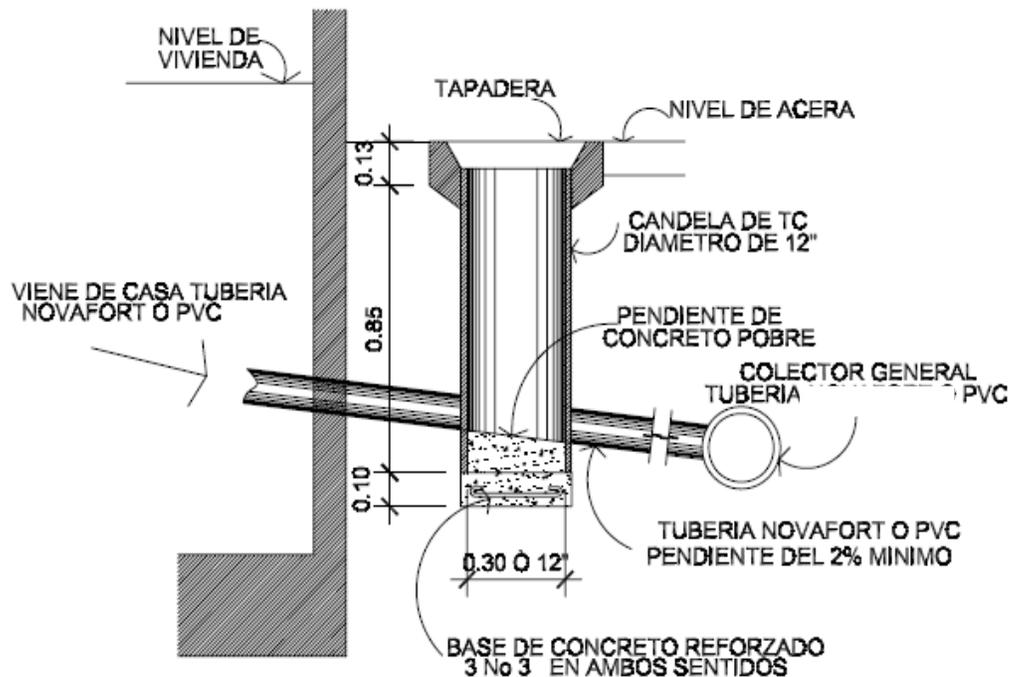
Si fuese circular tendrá un diámetro no menor de 12 pulgadas; éstos deben estar impermeabilizados por dentro y tener una tapadera para realizar inspecciones. El fondo tiene que ser fundido de concreto, dejando la respectiva pendiente para que las aguas fluyan por la tubería secundaria y puedan llevarlas al sistema de alcantarillado central. La altura mínima de la candela será de un metro.

- Tubería secundaria: la conexión de la candela domiciliar con la tubería central se hará por medio de la tubería secundaria, la cual tiene un diámetro mínimo de 4 pulgadas en tubería de PVC, y una pendiente mínima de 2 %, a efecto de evacuar adecuadamente los desechos. (Según las normas del INFOM).

La conexión con la alcantarilla central se hará en el medio diámetro superior y a un ángulo de 45° aguas abajo. Al realizar el diseño del alcantarillado deben considerarse las alturas en las cuales se encuentran las casas con relación a la alcantarilla central y con esto no profundizar demasiado la conexión domiciliar, aunque en algunos casos resulta imposible por la topografía del terreno, se consideran entonces, otras formas de realizar dicha conexión.

- Profundidad de la tubería: la profundidad de la parte superior de la tubería, con respecto al nivel de la superficie, es normalmente de 1,00 metro, salvo en climas extremadamente fríos donde se dan temperaturas inferiores a 0 °C y la penetración de heladas es profunda, entonces se coloca la tubería a mayor profundidad.

Figura 4. **Detalle de conexión domiciliar**



Fuente: elaboración propia, con programa de Auto CAD Civil 3D 2011.

2.1.4.19. **Principios hidráulicos**

Las alcantarillas basan el 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.

2.1.4.20. 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.

Se deben considerar las siguientes especificaciones hidráulicas:

Tabla II. Especificaciones hidráulicas

	Sanitario	Pluvial
Caudal	$Q_{dis} < Q$ sec llena	$q_{dis} < Q$ sec llena
Velocidad	$0,6 < v < 3,00$ (T.C)	$0,6 < v < 3,00$ (T.C)
	$0,4 < v < 5,00$ (PVC)	$0,4 < v < 5,00$ (PVC)
Tirante	$0,1 < d/D < 0,75$	$d/D \leq 0,90$
Diámetro	8 pulgadas (T.C)	10 pulgadas
	6 pulgadas (PVC)	

Fuente: Instituto de Fomento Municipal.

- Tirante o profundidad del flujo: La altura del tirante del flujo, deberá ser mayor que el 10 % del diámetro de la tubería y menor que el 75 % de la misma, estos parámetros aseguran el funcionamiento del sistema como un canal abierto y la funcionalidad en el arrastre de los sedimentos.

2.1.4.21. Diseño de la red de alcantarillado sanitario

A continuación se presenta un ejemplo para el diseño del tramo PV-1 al PV-2.

Datos

No. de viviendas acumuladas	=	3
Población actual acumulada	=	20
Población futura acumulada	=	47
Factor de Caudal Medio	=	$Q_{\text{sanitario}} / \text{población futura}$

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

$$Pf = 502 (1 + 0,041)^{21} = 1\ 167 \text{ habitantes futuros}$$

$$Q_s = Q_{\text{dom}} + Q_{\text{com}} + Q_{\text{ind}} + Q_{\text{Cl}} + Q_{\text{inf}}$$

FR está entre 0,70 y 0,80 para este proyecto se tomo 0,80

$$Q_{\text{dom}} = \frac{\text{Dot} * \text{No.hab} * \text{FR}}{86\ 400} = Q_{\text{dom}} = \frac{100 * 1\ 167 * 0,80}{86\ 400} = 1,08 \text{ l/s}$$

$Q_{\text{com}} = 0$ ya que no existen comercios en la aldea.

$Q_{\text{ind}} = 0$ ya que no existe ningún tipo de industria en la aldea.

$$Q_{\text{Cl}} = \frac{150 * \text{No.hab} * \text{FR}}{86\ 400} = Q_{\text{Cl}} = \frac{150 * 1167 * 0,80}{86\ 400} = 1,62 \text{ l/s}$$

$$Q_s = 2,70 \text{ l/s}$$

Factor de caudal medio

$$f_{qm} = Q_{\text{sanitario}} / \text{Población futura} = 2,70 / 1\ 167 = 0,0023$$

$$q_{\text{med}_{\text{actual}}} = f_{qm} * \text{No.hab.actuales}$$

$$q_{\text{med}_{\text{actual}}} = 0,0023 * 20$$

$$q_{\text{med}_{\text{actual}}} = 0,0462 \text{ lts/seg}$$

$$q_{\text{med}_{\text{futuro}}} = 0,0023 * 47$$

$$q_{\text{med}_{\text{futuro}}} = 0,1086 \text{ lts/seg}$$

Factor de Harmond

$$FH = \frac{18 + \sqrt{p/1000}}{4 + \sqrt{p/1000}}$$

$$FH_{\text{actual}} = \frac{18 + \sqrt{20/1000}}{4 + \sqrt{20/1000}} = 4.38$$

$$FH_{\text{futuro}} = \frac{18 + \sqrt{47/1000}}{4 + \sqrt{47/1000}} = 4.32$$

Caudal máximo o de diseño:

$$Q_{\text{DISEÑO}} = q_{\text{med}} * FH$$

$$Q_{\text{DISEÑO}_{\text{actual}}} = 0,0462 * 4,38 = 0,202 \text{ lts/seg}$$

$$Q_{\text{DISEÑO}_{\text{futuro}}} = 0,1086 * 4,32 = 0,469 \text{ lts/seg}$$

Luego se procede a calcular el caudal a sección llena para el tramo en estudio, con el objeto de verificar si se cumplen los requisitos de velocidad y tirante.

Para el cálculo del caudal y velocidad a sección llena se utiliza la fórmula de Manning, a partir de los siguientes datos:

PV – 1 cota de terreno inicial: 125,50 m

PV – 2 cota de terreno final: 125,10 m

Longitud del tramo: 33,50 m

Pendiente del terreno:

$$S = \left(\frac{\text{CotaInicial} \times \text{CotaFinal}}{\text{LongitudTramo}} \right) * 100 = \left(\frac{125,50 * 125,10}{33,50} \right) * 100 = 1,19\%$$

Pendiente del terreno 1,19 %

Pendiente de diseño 2,68 %

Diámetro de la tubería 6"

Velocidad

$$V = \frac{0,03429}{n} * D^{2/3} * S^{1/2} = \frac{0,03429}{0,010} * (6")^{2/3} * \left(\frac{2,68}{100} \right)^{1/2} = 1,85\text{m/s}$$

Caudal a sección llena:

$$Q = V * A$$

$$Q = 1,85 * \left[\frac{\pi}{4} * (6 * 0,0254)^2 \right] * 1000 = 33,75 \text{ l/s}$$

Conociendo el caudal y la velocidad de flujo a sección llena, se procede a verificar que el caudal de diseño cumpla con las especificaciones de diseño.

Primero se debe comprobar que:

$$Q_{\text{diseño}} < Q_{\text{lleno}}$$
$$0,469 \text{ l/s} < 33,75 \text{ l/s}$$

Relaciones hidráulicas:

$$\text{Actual } \frac{q}{Q} = \frac{0,202}{33,75} = 0,006$$

$$\text{Futuro } \frac{q}{Q} = \frac{0,469}{33,75} = 0,014$$

Relación v/V :

Tomando el valor de q/Q , se busca en las tablas de relaciones hidráulicas, v/V , se obtienen los siguientes valores:

$$\text{Actual } \frac{v}{V} = 0,289$$

$$\text{Futuro } \frac{v}{V} = 0,372$$

Despejando V queda:

$$V_{\text{actual}} = 0,53 \text{ m/s} \quad V_{\text{futura}} = 0,69 \text{ m/s}$$

(Cumple $0,40 < v < 4,00$)

Relación d/D:

Tomando el valor de q/Q , se busca en las tablas de relaciones hidráulicas d/D, se obtienen los siguientes valores:

$$\text{Actual } \frac{d}{D} = 0,06$$

$$\text{Futuro } \frac{d}{D} = 0,086 \quad (\text{No cumple } 0,10 < d/D < 0,75)$$

El chequeo anterior permite conocer si están dentro de los límites permisibles, por lo tanto, determinamos si el diseño cumple las especificaciones de velocidades y de tirantes máximos y mínimos.

Cálculo de la cota Invert:

Se procede de la siguiente forma:

$$\text{CIE} = \text{CIS}_{\text{pv1}} - \frac{\text{Stubo}}{100} * \text{DistH} = 125,10 - \frac{2,68}{100} * 33,50 = 124,20$$

Donde:

CIE = cota Invert de entrada al pozo

CISpv1 = cota Invert de salida del pozo de visita 1

Stubo = pendiente de la tubería

DistH = distancia horizontal

Altura del pozo:

$$H = CT - CIE = 125,50 - 124,20 = 1,30 \text{ m}$$

Para facilitar la tarea de los cálculos se utilizó el programa Excel, el cual calcula paso por paso cada renglón que se explicó anteriormente.

2.1.5. Propuesta de tratamiento

Las aguas negras son líquidos turbios que contienen sólidos en suspensión (desechos), provenientes de las actividades de los seres humanos; frescas son de color gris y olor a moho. Con el tiempo cambian a un color negro y el olor es ofensivo. Uno de los objetivos de diseño más importante de los sistemas de tratamiento individual es el tratamiento efectivo del agua residual, de modo que no provoque condiciones nocivas ni tenga impacto alguno, sobre los usos beneficiosos de las aguas subterráneas de la zona. Las razones para tratar las aguas negras se pueden resumir de la siguiente forma:

- Consideraciones higiénicas: eliminar o reducir al máximo los organismos patógenos de origen entérico, para evitar la contaminación que contribuya a trastornos orgánicos en las personas.

- Consideraciones estéticas: eliminar todas aquellas materias orgánicas o de otro tipo, que son ofensivas para el bienestar, agrado y salud de las comunidades y que inciden en el aspecto estético y urbanístico de los sectores cercanos en donde escurren las aguas negras.
- Consideraciones económicas: las aguas negras sin tratamiento, diluidas a un río, lago u otro podrían desvalorizar la propiedad, perjudicar los servicios de agua para consumo humano, industrial y disminuir la cantidad del agua de regadío.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores, se propone que el efluente pase un tratamiento primario o sea por una fosa séptica.

2.1.5.1. Diseño de la fosa séptica

Un proceso de tratamiento de las aguas residuales que suele usarse para los residuos domésticos es la fosa séptica. La fosa séptica consiste en tanques que permiten la sedimentación y eliminación de flotantes, actuando también como digestores anaerobios; para conseguir un correcto funcionamiento, las fosas sépticas, independientemente del material de construcción empleado, deben ser estructuralmente resistentes. Para limitar la descarga de sólidos en el efluente de la fosa séptica, se usan tanques de dos compartimientos.

El volumen de desechos y la cantidad de población que se tenga para las fosas sépticas tienen limitantes, el volumen máximo para una fosa séptica es de 37 m³ cuando se refiere a descarga y cuando de población se trata, se puede tomar entre 55 a 60 viviendas, no importando el número de personas que habitan en cada una. Por lo que se propone la fosa séptica siguiente.

Tabla III. **Parámetros de diseño fosa séptica**

PARÁMETROS DE DISEÑO	
POBLACIÓN ACTUAL	502 hab.
TASA DE CRECIMIENTO (%)	4,1
PERIODO DE DISEÑO (AÑOS)	21
POBLACIÓN FUTURA	1167 hab.
DOTACIÓN (LT/HAB/DÍA)	100
CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES (M3/Día)	
$Q = 0,80 * \text{Pob.} * \text{Dot.}/1,000$	93,38 m ³
(*) SI EL CAUDAL ES <20M3 USAR TANQUE SÉPTICO	

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Cálculo de volumen para fosa séptica**

CÁLCULO DE VOLUMEN FOSA SÉPTICA	
PERIODO DE RETENCIÓN (DIAS)	1
VOLUMEN DE SEDIMENTACIÓN (m ³)	
$V1 = Q (m^3/d) * PR (d)$	93,38
TASA DE ACUMULACIÓN DE LODOS (L/H/AÑO)	50
PERIODO DE LIMPIEZA (AÑOS)	0,5
VOLUMEN DE ACUMULACIÓN DE LODOS	
$V2 = \text{Pob} * \text{TAL} * \text{PL}/1000$	29,1816
VOLUMEN TOTAL V1 + V2	122,56

Fuente: elaboración propia.

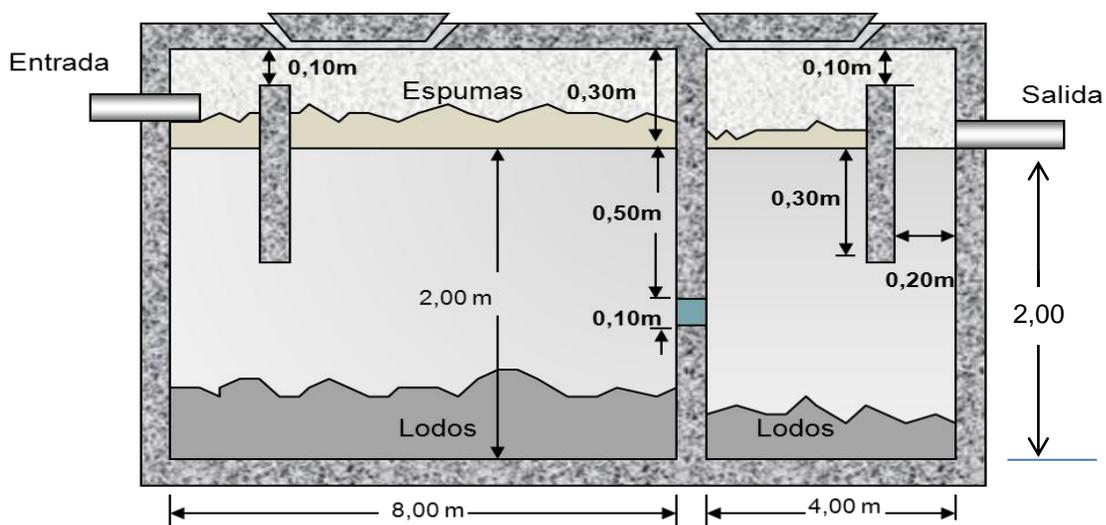
Tabla V. Dimensionamiento de fosa séptica

DIMENSIONAMIENTO DE FOSA SÉPTICA	
Tendrán 2 cámaras la primera a los 2/3 del área total y la segunda 1/3.	
ALTURA DEL TANQUE SÉPTICO (HASTA ESPEJO DE AGUA)	2,00 m
BORDE LIBRE	0,3 m
TOTAL AREA SUPERFICIAL	61,28 m ²
RELACIÓN ANCHO / LARGO	1/3
ANCHO	4,52 m
LARGO	13,56 m

Fuente: elaboración propia.

Por lo que a criterio, las dimensiones serán ancho de 5,00 metros, largo 12,00 metros y una altura de 2,00 metros.

Figura 5. Croquis de fosa séptica



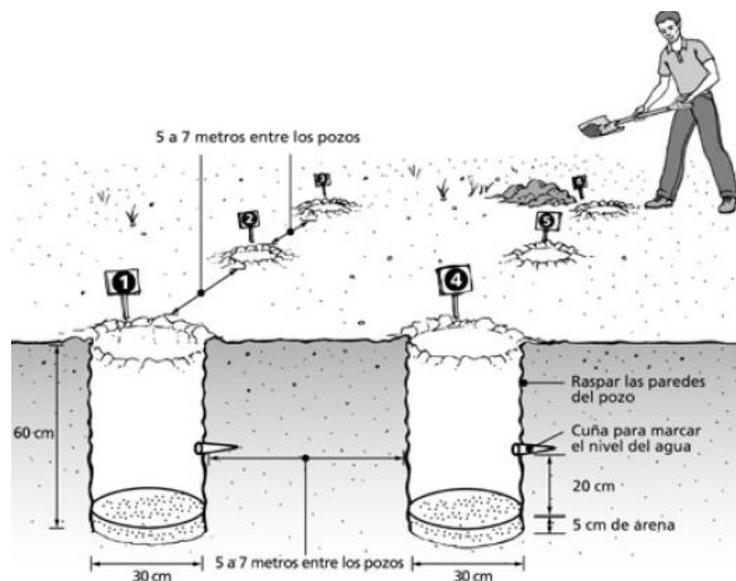
Fuente: elaboración propia, con programa de Auto CAD Civil 3D 2011.

2.1.5.2. Dimensionamiento de pozos de absorción

Para determinar el dimensionamiento de un pozo de absorción es necesario hacer pruebas de infiltración, las cuales consiste en hacer seis pozos de 0,60 metros de profundidad por un diámetro de 0,30 metros, se le deberá colocar una capa de arena de río de cinco centímetros, cada pozo deberá estar separado entre si en un promedio de 5 a 7 metros. Deberá colocarse una cuña a una medida de 20 centímetros respecto al fondo de cada pozo, luego se agrega agua durante 12 horas continuas procurando tener el agua arriba del nivel de los 20 centímetros.

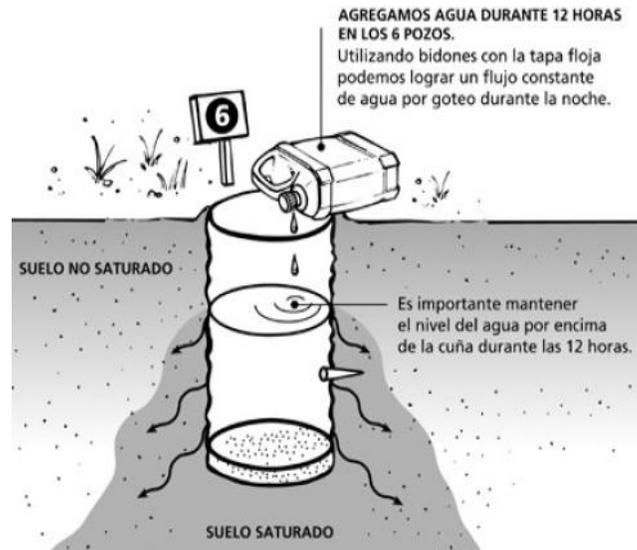
Luego se procede a recopilar los datos obtenidos en cada pozo, es decir medir cuanto tiene cada nivel de agua por pozo en intervalos de 30 minutos.

Figura 6. Pruebas de infiltración



Fuente: ROMERO ROJAS, José. Tratamiento de aguas residuales, p. 65.

Figura 7. **Saturación de los pozos**



Fuente: ROMERO ROJAS, José. Tratamiento de aguas residuales, p. 65.

Para este proyecto se tomaron las pruebas de infiltración en seis pozos dando como resultado lo siguiente:

Tabla VI. **Resultados prueba de infiltración en pozos**

POZO 1	POZO 2	POZO 3	POZO 4	POZO 5	POZO 6
1,5 min/cm	1,8 min/cm	2,00 min/cm	1,5 min/cm	1,6 min/cm	2,00 min/cm

SUMATORIA DE LOS POZOS	10,40
PROMEDIO	1,73 MINUTOS / CENTIMETRO

Se aproximó a 2 min/centímetro

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Velocidades máximas para cálculo de infiltración de pozos de absorción**

Velocidad de infiltración (tiempo en minutos)	Coefficiente Máximo Aplicable (Litros por m ² por día)
1 ó menos	189
2	130
3	109
4	94
5	83
10	60
15	49
30	34
45	30
60	22

Fuente: ROMERO ROJAS, José. Tratamiento de aguas residuales, p. 73.

Tabla VIII. **Cálculo de pozo de absorción**

CALCULO DE POZOS DE ABSORCIÓN		
$v_i =$	<input type="text" value="2,00"/>	[min/cm] (Velocidad de infiltración)
$C_{inf} =$	<input type="text" value="130,00"/>	[l/m ² /d] (Coeficiente infiltración. Tabla velocidad de infiltración)
$Dot =$	<input type="text" value="100,00"/>	[l/hab/d] (Dotación)
$Hab =$	<input type="text" value="502"/>	[habitantes] (Cantidad de habitantes actuales)
$Q_e =$	<input type="text" value="50200,00"/>	[l/d] (Caudal total o efluente de la fosa séptica)
$A_{in} = Q_e/C_{inf} =$	<input type="text" value="386,15"/>	[m ²] (Área de infiltración necesaria)
$h_{pa} =$	<input type="text" value="30,00"/>	[m] (Altura del pozo de absorción)
$d_{pa} =$	<input type="text" value="1,50"/>	[m] (Diámetro del pozo de absorción)
$A_{id} = \pi d_{pa} h_{pa} =$	<input type="text" value="141,37"/>	[m ²] (Área de infiltración disponible)
No. Pozos según área de inf. Disponible	<input type="text" value="2,73"/>	
Pozos recomendados	<input type="text" value="3,00"/>	

Fuente: elaboración propia.

Según los cálculos realizados es necesario construir 3 pozos de absorción que tengan 30,00 metros de profundidad y un diámetro de 1,50 metros, separados a una distancia mínima de 5,00 metros.

2.1.6. Planos

Los planos constructivos para el sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Lo de Gómez, San Juan Sacatepéquez, se presentan en los anexos correspondientes; siendo estos conformados por: planta general, planta y perfil del proyecto y detalles constructivos.

2.1.7. Presupuesto del proyecto

El presupuesto se integró con base en los precios unitarios, tomando como referencia los precios de materiales y mano de obra que se cotizan en el área donde se realizará el proyecto.

Tabla IX. Presupuesto renglones del 1 al 4

No.	COMPONENTE	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	MONTO
1	TRABAJOS PRELIMINARES				Q14 717,00
1.1	ROTULO DL PROYECTO	Unidad	1	Q4 000,00	Q4 000,00
1.2	REPLANTEO TOPOGRAFICO	M	1 531	Q7,00	Q10 717,00
	Total trabajos preliminares				Q14 717,00
2	COLECTOR TUBERIA DE PVC 6"	ML	573,85	Q104,39	Q59 904,00
	MATERIALES				
	Tubo de PVC de 6"	tubo	96	Q584,00	Q56 064,00
	Total Materiales				Q56 064,00
	MANO DE OBRA CALIFICADA				
	Instalación tubería de PVC 8"	tubo	96	Q40,00	Q3 840 ,00
	Total Mano de Obra Calificada				Q3 840 ,00
3	COLECTOR TUBERIA DE PVC 8"	ML	386,8	Q172,25	Q66 625,00
	MATERIALES				
	Tubo de PVC de 8"	tubo	65	Q975,00	Q63 375,00
	Total Materiales				Q63 375,00
	MANO DE OBRA CALIFICADA				
	Instalación tubería de PVC 8"	tubo	65	Q50,00	Q3 250,00
	Total Mano de Obra Calificada				Q3 250,00
4	COLECTOR TUBERIA DE PVC 10"	ML	247,2	Q259,28	Q64 095,00
	MATERIALES				
	Tubo de PVC de 10"	tubo	42	Q1 410,00	Q59 220,00
	Total Materiales				Q59 220,00
	MANO DE OBRA CALIFICADA				
	Instalación tubería de PVC 8"	tubo	65	Q75,00	Q4 875,00
	Total Mano de Obra Calificada				Q4 875,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. Presupuesto renglones del 5 al 7

No.	COMPONENTE	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	MONTO
5	COLECTOR TUBERIA DE PVC 12"	ML	223	Q362,78	Q80 900,00
	MATERIALES				
	Tubo de PVC de 12"	tubo	38	Q1 975,00	Q75 050,00
	Total Materiales				Q75 050,00
	MANO DE OBRA CALIFICADA				
	Intalación tubería de PVC 8"	tubo	65	Q90,00	Q5 850,00
	Total Mano de Obra Calificada				Q5 850,00
6	POZOS DE VISITA	U	35	Q9 314,36	Q326 002,00
	MATERIALES				
	Cemento	saco	275	Q75,00	Q20 625,00
	Arena de río	m³	35	Q150,00	Q5 250,00
	Piedrin	m³	35	Q210,00	Q7 350,00
	Hierro legítimo de 1/4"	varilla	90	Q11,00	Q990,00
	Hierro legítimo de 3/8"	varilla	105	Q29,00	Q3 045,00
	Hierro legítimo de 1/2" (tapadera, brocal y base)	varilla	90	Q42,00	Q3 780,00
	Hierro legítimo de 3/4" (escalones)	varilla	20	Q62,00	Q1 240,00
	Ladrillo Tayuyo 6.5x11x23 cms	unid	30 550	Q3,95	Q120 672,50
	Alambre de amarre	lb	100	Q7,00	Q700,00
	Clavo de Diversas Medidas	lb	50	Q7,00	Q350,00
	Total Materiales				Q164 002,50
	MANO DE OBRA CALIFICADA				
	Construccion de Pozos de Visita	unidad	35	Q4 200,00	Q147 000,00
	Total Mano de Obra Calificada				Q147 000,00
	MANO DE OBRA NO CALIFICADA				
	Excavacion a Mano	jornal	100	Q75,00	Q7 500,00
	Construccion de Pozo de Visita	jornal	100	Q75,00	Q7 500,00
	Total Mano de Obra No Calificada				Q15 000,00
7	CONEXIONES DOMICILIARES	Unidades	73	Q9 314,36	Q326 002,00
	MATERIALES				
	Tubo de pvc 4"	Unidad	73	Q275,00	Q20 075,00
	Piedrin	m3	3	Q210,00	Q630,00
	Arena de rio	m3	3	Q190,00	Q570,00
	Cemento	sacos	15	Q75,00	Q1 125,00
	Tubo de PVC de 6"	tubos	41	Q584,00	Q23 944,00
	Hierro No. 3	qq	7	Q410,00	Q2 870,00
	Alambre de amarre	lb	45	Q275,00	Q20 075,00
	Total Materiales				Q28 509,00
	MANO DE OBRA CALIFICADA				
	Conexion de domiciliars	unidad	73	Q250,00	Q18 250,00
	Total Mano de Obra Calificada				Q18 250,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. Presupuesto renglones 8 y 9

No.	COMPONENTE	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	MONTO
8	EXCAVACIÓN CON MÁQUINA	m³	4,290	Q10,40	Q44 625,00
	EQUIPO				
	Retroexcavadora	hora	105	Q300,00	Q31 500,00
	Combustible	galon	200	Q35,00	Q7 000,00
	Lubricantes	global	1	Q1 175,00	Q1 175,00
	Transporte de Maquinaria	global	1	Q3 000,00	Q3 000,00
	Total Materiales				Q42 675,00
	MANO DE OBRA CALIFICADA				
	Operador	jornal	13	Q150,00	Q1 950,00
	Total Mano de Obra Calificada				Q1 950,00
9	RELLENO Y COMPACTACION	m³	3,750	Q11,71	Q43 912,50
	Equipo				
	Compactación Mecanica	hora	187,5	Q200,00	Q37 500,00
	Combustible	galón	100	Q35,00	Q3 500,00
	Lubricante	litro	5,00	Q32,50	Q162,50
	Total Equipo				
	MANO DE OBRA NO CALIFICADA				
	Relleno y compactación	jornal	50	Q55,00	Q2 750,00
	Total Mano de Obra No Calificada				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. Integración de costos unitarios

No.	REGLON/DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	C. UNITARIO	TOTAL
1,0	TRABAJOS PRELIMINARES	1	global	Q14 717,00	Q14 717,00
2,0	COLECTOR TUBERIA DE PVC 6"	573,85	ml	Q104,39	Q59 904,00
3,0	COLECTOR TUBERIA DE PVC 8"	386,8	ml	Q172,25	Q66 625,00
4,0	COLECTOR TUBERIA DE PVC 10"	247,2	ml	Q259,28	Q64 095,00
5,0	COLECTOR TUBERIA DE PVC 12"	223	ml	Q362,78	Q80 900,00
6,0	POZOS DE VISITA	35	u	Q9 314,36	Q326 002,50
7,0	CONEXIONES DOMICILIARES	73	u	Q640,53	Q46 759,00
8,0	EXCAVACIÓN CON MÁQUINA	4 290	m ³	Q10,40	Q44 625,00
9,0	RELLENO Y COMPACTACION	3 750	m ³	Q11,71	Q43 912,50
COSTO DIRECTO DEL PROYECTO					Q747 540,00

INTEGRACION FINAL DE COSTOS

Costo directo		Q747 540,00
Fletes y acarreos		Q14 951,00
Impuestos		Q 89 704,80
Fianzas y aspectos legales		Q7 475,00
Supervisión		Q37 377,00
Utilidad empresarial		Q93 443,00
Imprevistos		Q7 475,00
TOTAL DEL PROYECTO		Q997 965,80

Fuente: elaboración propia.

2.1.8. Evaluación de Impacto Ambiental

Es cualquier alteración a las condiciones ambientales o creación de un nuevo conjunto de condiciones ambientales, adverso o benéfico, provocada por la acción humana o fuerzas naturales.

Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). Instrumento de política, gestión ambiental y toma de decisiones formado por un conjunto de procedimientos capaces de garantizar, desde el inicio de la planificación, que se efectúe un examen sistemático de los estudios ambientales de un proyecto, así como las medidas de mitigación o protección ambiental que sean necesarias para la opción a desarrollar. Los resultados deberán ser presentados a los tomadores de decisión para la consideración.

Descripción y procedimiento que debe de cumplir la evaluación de impacto ambiental. La base legal para realizar los EIA, devienen de la ordenanza contenida en el artículo 8 de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, el que a la letra indica:

Para todo proyecto, obra industria o cualquier otra actividad que por las características pueda producir deterioro a los recursos naturales, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos naturales, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente al desarrollo una evaluación de impacto ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por la Comisión Nacional de Medio Ambiente.

El funcionario que omitiere exigir el estudio de Evaluación de Impacto Ambiental, será responsable personalmente por incumplimiento de deberes, así

como el particular que omitiere cumplir con dicho estudio de impacto ambiental, será sancionado con una multa de Q. 5 000,00 a 100 000,00. En caso de no cumplir con este requisito en el término de seis meses de haber sido multado, el negocio será clausurado en tanto no cumpla.

En el medio ambiente natural se incluyen los siguientes aspectos:

- Suelo: erosión, deposición, sedimentación, contaminación por residuos, alteración vegetal de la cubierta vegetal, empobrecimiento del suelo, áreas de inundación.
- Aguas: superficiales y subterráneas.
- Aire: contaminación, efectos de la contaminación sobre la vegetación, el patrimonio histórico y artístico y los diferentes materiales; alteración del microclima.
- Contaminación térmica.
- Ruido.
- Olores molestos o pestilencias.
- Radiaciones ionizantes.
- Productos químicos tóxicos.
- Protección de la naturaleza: áreas protegidas (parques, reservas, áreas de interés especial, otras); fauna y flora especies en peligro de extinción o

escasa; incendios forestales; repoblaciones forestales, otros aspectos de la conservación de la naturaleza.

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) del sistema de alcantarillado sanitario para aldea Lo de Gómez, San Juan Sacatepéquez, Guatemala, causa mayores impactos positivos que negativos. Para el análisis de las consecuencias de la ejecución del proyecto, se utilizó la matriz de identificación e impactos ambientales tanto positivos como negativos.

Al observar los impactos ambientales negativos generados y las medidas de mitigación requeridas, se considera que el proyecto de agua potable es ambientalmente viable.

También, se prevé que habrá impactos sociales de carácter positivo, al mejorar la salud de los habitantes de la comunidad, al contar con agua sanitariamente segura para el consumo, además en la comunidad se generarán fuentes de trabajo, con la construcción del sistema de alcantarillado sanitario.

Tabla XIII. **Simbología matriz de impacto ambiental**

SIMBOLOGÍA		
CARACTERÍSTICA	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
Naturaleza del impacto	(+) , (-)	positivo, negativo
Indicador	B. M. A.	bajo, medio, alto
Duración	T. P.	temporal, permanente
Tipo de impacto	D. I.	directo, indirecto
Recuperación del impacto	Rc. IC.	recuperable, irrecuperable

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Matriz medio abiótico**

MATRIZ PARA LA IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES
MEDIO ABIÓTICO

	MEDIO ABIÓTICO				
	SUELO			AGUA	
	MORFOLOGÍA	USO POTENCIAL	COMPACTACIÓN	SUPERFICIAL	SUBTERRÁNEA
Localización y análisis del sitio					
Limpieza y desmontaje					
Acarreo de materiales					
Cortes y rellenos	(-)B.T.D.Rc		(-)B.T.D.Rc		
Explotación de bancos de materiales	(-)B.T.D.Rc				
Alteración al drenaje natural					
Estructura de concreto de mampostería	(-)B.T.D.Rc	(-)B.T.D.Rc	(-)B.T.D.Rc		
Remoción de derrumbes y otros					
Uso de maquinaria					
Disposición final de desechos				(+)A.T.D	
Suministros de agua					(-)B.T.D.Rc
Sistema de almacenaje					
Transporte de materiales					

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Matriz medio biótico**

MATRIZ PARA LA IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

MEDIO BIÓTICO

	MEDIO BIÓTICO				
	SUELO		FLORA	FAUNA	
	AIRE	RUIDO		MICRO	MACRO
Localización y análisis del sitio			(-)B.T.D.Rc		
Limpieza y desmontaje			(-)B.T.D.Rc		
Acarreo de materiales	(-)B.T.D.Rc	(-)B.T.D.Rc	(-)B.T.D.Rc		
Cortes y rellenos			(-)B.T.D.Rc		
Explotación de bancos de materiales					
Alteración al drenaje natural					
Estructura de concreto de mampostería					
Remoción de derrumbes y otros					
Uso de maquinaria					
Disposición final de desechos					
Suministros de agua					
Sistema de almacenaje					
Transporte de materiales	(-)B.T.D.Rc	(-)B.T.D.Rc			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Matriz medio cultural y socioeconómico**

MATRIZ PARA LA IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES
MEDIO CULTURAL Y SOCIOECONÓMICO

	MEDIO CULTURAL		MEDIO SOCIOECONÓMICO		
	SITIOS ARQUEOLÓG.	BELLEZA ESCÉNICA	MANO DE OBRA	INFRAESTRUCTURA	COMERCIO
Localización y análisis del sitio					(+)B.T.D
Limpieza y desmontaje					(+)B.T.D
Acarreo de materiales					
Cortes y rellenos					(+)B.T.D
Explotación de bancos de materiales					
Alteración al drenaje natural					
Estructura de concreto de mampostería					(+)B.T.D
Remoción de derrumbes y otros					
Uso de maquinaria					
Disposición final de desechos		(+)A.T.D			
Suministros de agua				(+)A.T.D	(+)B.T.D
Sistema de almacenaje					
Transporte de materiales					(+)B.T.D

Fuente: elaboración propia.

2.1.9. Evaluación socioeconómica

Los proyectos de sistemas de alcantarillado sanitario tienen un gran componente social, se deben considerar los efectos indirectos y de valorización social de beneficio y costo que conlleva su instalación y manejo. Sin embargo, una evaluación económica del proyecto ofrece indicadores de viabilidad para la realización.

La evaluación de proyectos por medio de métodos matemáticos y financieros es de utilidad para conocer la rentabilidad que generarán. Para ello se utilizarán los métodos del Valor Presente Neto y la Tasa Interna de Retorno, que se describen a continuación.

2.1.9.1. Valor Presente Neto (VPN)

El Valor Presente Neto (VPN) se utiliza para comparar alternativas de inversión. Consiste en transformar la inversión inicial, los ingresos y egresos anuales, así como valores de rescate futuros de un proyecto a un valor presente, a manera de determinar si este es rentable, al término del periodo de funcionamiento.

Por facilidad de diseño y construcción del proyecto, éste se dividió en renglones de trabajo, para que el proceso de búsqueda de financiamiento sea más factible y el proyecto pueda llevarse a cabo.

El costo total del proyecto es de Q 997 965,80 se deberá contratar una persona que de mantenimiento al sistema teniendo un sueldo de Q 2 250,00; además se estima tener los siguientes ingresos al momento de la construcción del proyecto, la instalación de la acometida será un pago único de Q 500,00 por

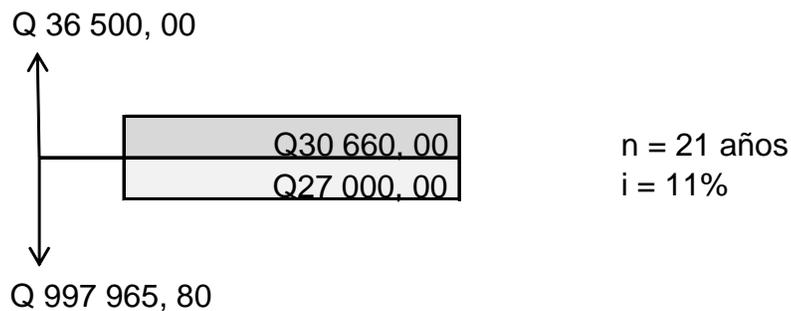
vivienda, la tarifa mensual por vivienda de Q 35,00. Suponiendo una tasa del 11 por ciento al final de los 21 años del período de diseño, se determinará la factibilidad del proyecto por medio del Valor Presente Neto.

Tabla XVII. **Costo de operación sistema de alcantarillado**

	OPERACIÓN	RESULTADO
Costo Inicial		Q 997 965,80
Ingreso Inicial	(Q500,00/Vivienda) x (73 viviendas)	Q 36 500,00
Costos anuales	(Q2 250,00/ Mes) x (12 meses)	Q 27 000,00
Ingresos anuales	(Q35,00/viv.-Mes) x (73 hab) x (12 meses)	Q 30 660,00
Periodo de diseño		21 años

Fuente: elaboración propia.

Realizando el procedimiento se tiene:



Costo de operación y mantenimiento:

$$VP = CA * \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n} \right]$$

$$VP = 27000 * \frac{(1+0,11)^{21} - 1}{0,11 * (1+0,11)^{21}} \quad VP = Q 211 140,00$$

Tarifa poblacional:

$$VP = IA * \frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n} \quad VP = 30\,660 * \frac{(1+0,11)^{21} - 1}{0,11 * (1+0,11)^{21}}$$

$$VP = Q. 239\,761,20$$

El Valor Presente Neto está dado por la sumatorias de ingresos menos los egresos, que se realizaron durante el período de funcionamiento del sistema.

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

$$VPN = 239\,761,20 - 997\,965,80$$

$$VPN = Q - 758\,204,60$$

Con la tarifa propuesta, el proyecto podrá cubrir todos los costos de operación y mantenimiento, que se necesitan durante el período de funcionamiento.

2.1.9.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno de una inversión es la tasa de rendimiento requerida, que produce como resultado un Valor Presente Neto de cero, cuando se le utiliza como tasa de descuento. Por eso se llama tasa interna de rentabilidad; el número es interno o inherente al proyecto y no depende de nada, excepto de los flujos de caja del proyecto.

Una inversión es aceptable, si su tasa interna de retorno excede al rendimiento requerido. De lo contrario, la inversión no es provechosa.

Debido a que este proyecto es de carácter social es imposible obtener una Tasa Interna de Retorno (TIR) atractiva; por lo que el análisis socioeconómico que se realiza a nivel municipal o social, para este tipo de inversión es de costo/beneficio, este se determina de la siguiente manera:

Costo = inversión inicial – VPN del costo de operación y mantenimiento

Costo = Q 997 965,80 – Q 211 140,00 = Q 786 825,80

Beneficio = número de habitantes beneficiados (a futuro)

Costo/beneficio = Q 786 825,80 / 1 167 habitantes

Costo/beneficio = Q 674,23 / habitante

De lo anterior se concluye que el proyecto, podrá ser considerado favorablemente por cualquiera de las instituciones tanto gubernamentales como no gubernamentales, para el financiamiento.

CONCLUSIONES

1. En la formación académica de los ingenieros es importante que realicen proyectos reales en las comunidades. Esto brinda la oportunidad de adquirir experiencia y criterios, a través de la resolución y solución a problemas reales. Deben ser apoyados en el conocimiento adquirido durante la formación académica. Se observa la importante y necesaria asesoría profesional proporcionada por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala por medio de los asesores asignados.
2. La construcción del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Lo de Gómez, San Juan Sacatepéquez, contribuirá para satisfacer las necesidades básicas de los pobladores, elevando el nivel y calidad de vida por cuanto tendrán un servicio de calidad y con la eficacia que se requiere para este tipo de proyecto.
3. Se considera que los beneficios que el proyecto dará son innumerables, por eso, tanto el gobierno central, municipalidad, entidades no gubernamentales y la población a beneficiarse, deben coordinar y apoyar la ejecución y sobre todo el buen funcionamiento del proyecto.

RECOMENDACIONES

1. Fomentar, en la Facultad de Ingeniería, la realización del Ejercicio Profesional Supervisado, ya que es de beneficio en la formación teórica/práctica del estudiante de Ingeniería.
2. De acuerdo al estudio presentado es necesario implementar capacitaciones, charlas y conferencias, dirigidas al comité de vecinos y a los usuarios del sistema, con el objetivo de introducirlos en los cambios necesarios para que el proyecto sea administrado y operado de una forma eficiente.
3. Construir el proyecto según lo planificado en este estudio.
4. Deberá implementarse la supervisión técnica, a través de un profesional de la ingeniería civil, para la construcción del proyecto, y así se utilicen los materiales indicados y que se rijan de acuerdo a los planos proporcionados.
5. El comité de la aldea Lo de Gómez, deberá desarrollar las siguientes actividades: llevar un registro de todos los usuarios y velar para que el sistema y la fosa séptica siempre tenga el mantenimiento correcto.

BIBLIOGRAFÍA

1. CABRERA RIEPLE, Ricardo Antonio. *Apuntes de ingeniería sanitaria II*
Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1989. 99 p.
2. NAWY, Edward G. *Concreto reforzado*. México: Prentice-Hall Hispanoamericana, 1992. 650 p.
3. RAMÍREZ SARAIVA, Gabriel de Jesús. *Sistema de disposición de excretas y aguas servidas en lugares que carecen de alcantarillado*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1980. 102 p.
4. ROMEO ROJAS, José. *Tratamiento de aguas residuales*. México: Harla, 1998. 250 p.

APÉNDICE

Apéndice 1. Libreta topográfica digital

Est.	P.O	Azimut			Distancia Horizontal	Parciales		Totales		
		Grados	Min.	Seg.		Norte	Este	Norte	Este	Cota
	0							1000 00	1000 00	500 00
1	1	77	46	30	33 50	7 094	32 740	1007 094	1032 740	125 500
2	2	75	46	30	79 50	19 536	77 062	1019 536	1077 062	125 100
2	2,1	18	3	0	33 50	3 185	1 038	1003 185	1001 038	124 700
2	2,2	127	50	0	50 70	- 3 110	4 004	996 890	1004 004	123 590
3	3	78	38	0	51 00	10 051	50 000	1010 051	1050 000	122 900
3	3,1	295	12	0	45 50	1 937	- 4 117	1001 937	995 883	119 810
3	3,2	44	9	0	39 50	2 834	2 751	1002 834	1002 751	116 390
3	3,3	128	9	0	60 50	- 3 737	4 758	996 263	1004 758	111 900
3	3,4	197	10	0	45 00	-4 300	- 1 328	995 700	998 672	110 400
3	a	166	41	0	31 50	-30 653	7 255	969 347	1007 255	103 450
3	a.1	164	21	0	37 00	-35 628	9 981	964 372	1009 981	95 510
3	a.2	174	18	0	16 10	-16 020	1 599	983 980	1001 599	94 150
3	4	82	49	30	44 55	5 564	44 201	1005 564	1044 201	100 030
4	4,1	73	59	0	22 97	6 338	22 078	1006 338	1022 078	100 800
4	5	83	2	0	00 00	0 000	0 000	1006 338	1022 078	102 850
5	6	83	2	0	55 50	6 732	55 090	1013 070	1077 169	103 650
6	7	82	23	30	76 10	10 076	75 430	1016 413	1097 508	100 150
7	8	87	8	30	45 50	2 269	45 443	1008 607	1067 522	95 650
8	8,1	175	6	0	31 50	-31 385	2 691	974 953	1024 769	89 650
8	8,2	175	44	0	85 20	-84 964	6 339	921 374	1028 417	72 700
8	8,3	130	51	0	52 50	-3 434	3 971	1002 904	1026 050	69 200
8	8,4	202	90	30	44 50	-4 081	-1 775	1002 257	1020 303	62 950
8	9	83	21	30	130 00	15 036	129 128	1021 374	1151 206	59 450
9	9,1	255	38	0	26 00	-6 451	-25 187	999 887	996 891	56 950
9	9,2	276	8	0	14 10	1 506	-14 019	1007 844	1008 059	52 450
9	9,3	0	15	0	21 50	2 150	0 009	1009 994	1008 068	48 450
9	10	99	50	0	43 00	-7 344	42 368	1000 501	1050 427	46 450
10	11	126	40	0	58 00	-34 635	46 523	973 209	1054 582	42 950
11	11,1	26	0	0	20 00	1 798	0 877	1009 642	1008 936	39 450
11	11,2	200	35	0	58 00	-5 430	-2 039	1004 212	1006 897	36 450
11	12	143	8	30	90 50	-72 411	54 285	937 231	1063 221	34 700
12	12,1	79	40	0	39 00	0 700	3 837	1010 341	1012 773	32 450

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Cálculos hidráulicos

TRAMO		No DE VIVIENDAS	POBLACION ACTUAL POR TRAMO	POBLACION FUTURA POR TRAMO	POBLACION ACUMULADA ACTUAL	POBLACION ACUMULADA FUTURA
DE	A					
PV-1	PV-2	3	20	47	20	47
PV-2	PV-3	2	14	33	34	80
PV-3	PV-4	1	8	19	42	99
PV-4	PV-6	1	8	19	50	118
PV-5	PV-4	4	26	60	26	60
PV-6	PV-7	4	26	60	76	178
PV-7	PV-8	6	40	93	116	271
PV-8	PV-9	4	26	60	142	331
PV-9	PV-10	4	26	60	168	391
PV12	PV11	4	26	60	26	60
PV11	PV10	1	8	19	34	79
PV-10	PV-10a	5	34	79	202	549
PV-10a	PV-13	5	34	79	60	688
PV-13	PV-14	3	20	47	222	735
PV-14	PV-15	0	0	0	222	735
PV-15	PV-16	3	20	47	242	782
PV-16	PV-17	0	0	0	242	782
PV-17	PV-18	0	0	0	242	782
PV-18	PV-19	3	20	47	262	829
PV-19	PV-20	2	14	33	276	862
PV-20	PV-21	3	20	47	296	909
PV-21	PV-22	2	14	33	310	942
PV-22	PV-23	0	0	0	310	942
PV-23	PV-24	1	8	19	318	961
PV-24	PV-25	2	14	33	332	994
PV-25	PV-26	0	0	0	332	994
PV-26	PV-27	0	0	0	332	994
PV-27	PV-28	0	0	0	332	994
PV-28	PV-29	2	14	33	346	1027
PV-29	PV-30	2	14	33	360	1060
PV-30	PV-31	0	0	0	360	1060
PV-31	PV-32	2	14	33	374	1093
PV-32	PV-33	1	8	19	382	1112
PV-33	PV-34	3	20	47	402	1159

Continuación del apéndice 2.

TRAMO		CAUDAL MEDIO		FACTOR HARDMON	
DE	A	Actual	Futuro	FH actual	FH futuro
PV-1	PV-2	0.0462 lt/seg	0.1086 lt/seg	4.38	4.32
PV-2	PV-3	0.0785 lt/seg	0.1848 lt/seg	4.4	4.35
PV-3	PV-4	0.097 lt/seg	0.2287 lt/seg	4.42	4.38
PV-4	PV-6	0.1155 lt/seg	0.2726 lt/seg	4.42	4.38
PV-5	PV-4	0.1756 lt/seg	0.4112 lt/seg	4.36	4.3
PV-6	PV-7	0.1756 lt/seg	0.4112 lt/seg	4.36	4.3
PV-7	PV-8	0.268 lt/seg	0.626 lt/seg	4.33	4.25
PV-8	PV-9	0.3281 lt/seg	0.7646 lt/seg	4.36	4.3
PV-9	PV-10	0.3882 lt/seg	0.9032 lt/seg	4.36	4.3
PV12	PV11	0.0601 lt/seg	0.1386 lt/seg	4.36	4.3
PV11	PV10	0.0786 lt/seg	0.1825 lt/seg	4.42	4.38
PV-10	PV-10a	0.4667 lt/seg	1.0857 lt/seg	4.35	4.27
PV-10a	PV-13	0.1386 lt/seg	0.3211 lt/seg	4.35	4.27
PV-13	PV-14	0.5129 lt/seg	1.1943 lt/seg	4.38	4.32
PV-14	PV-15	0.5129 lt/seg	1.1943 lt/seg	4.5	4.5
PV-15	PV-16	0.5591 lt/seg	1.3029 lt/seg	4.38	4.32
PV-16	PV-17	0.5591 lt/seg	1.3029 lt/seg	4.5	4.5
PV-17	PV-18	0.5591 lt/seg	1.3029 lt/seg	4.5	4.5
PV-18	PV-19	0.6053 lt/seg	1.4115 lt/seg	4.38	4.32
PV-19	PV-20	0.6376 lt/seg	1.4877 lt/seg	4.4	4.35
PV-20	PV-21	0.6838 lt/seg	1.5963 lt/seg	4.38	4.32
PV-21	PV-22	0.7161 lt/seg	1.6725 lt/seg	4.4	4.35
PV-22	PV-23	0.7161 lt/seg	1.6725 lt/seg	4.5	4.5
PV-23	PV-24	0.7346 lt/seg	1.7164 lt/seg	4.42	4.38
PV-24	PV-25	0.7669 lt/seg	1.7926 lt/seg	4.4	4.35
PV-25	PV-26	0.7669 lt/seg	1.7926 lt/seg	4.5	4.5
PV-26	PV-27	0.7669 lt/seg	1.7926 lt/seg	4.5	4.5
PV-27	PV-28	0.7669 lt/seg	1.7926 lt/seg	4.5	4.5
PV-28	PV-29	0.7992 lt/seg	1.8688 lt/seg	4.4	4.35
PV-29	PV-30	0.8315 lt/seg	1.945 lt/seg	4.4	4.35
PV-30	PV-31	0.8315 lt/seg	1.945 lt/seg	4.5	4.5
PV-31	PV-32	0.8638 lt/seg	2.0212 lt/seg	4.4	4.35
PV-32	PV-33	0.8823 lt/seg	2.0651 lt/seg	4.42	4.38
PV-33	PV-34	0.9285 lt/seg	2.1737 lt/seg	4.38	4.32

Continuación del apéndice 2.

TRAMO		CAUDAL DE DISEÑO		COTA DE TERRENO		LONGITUD
DE	A	Qd actual	Qd futuro	DE	A	
PV-1	PV-2	0.202 lt/seg	0.469 lt/seg	125.50	125.10	33.50
PV-2	PV-3	0.547 lt/seg	1.273 lt/seg	125.10	124.70	79.50
PV-3	PV-4	0.976 lt/seg	2.275 lt/seg	124.70	123.59	51.00
PV-4	PV-6	1.487 lt/seg	3.469 lt/seg	123.59	122.90	44.55
PV-5	PV-4	2.253 lt/seg	5.237 lt/seg	125.39	123.59	31.50
PV-6	PV-7	2.253 lt/seg	5.237 lt/seg	122.90	119.81	55.50
PV-7	PV-8	3.413 lt/seg	7.898 lt/seg	119.81	116.39	72.50
PV-8	PV-9	4.844 lt/seg	11.186 lt/seg	116.39	111.90	76.10
PV-9	PV-10	6.537 lt/seg	15.07 lt/seg	111.90	110.40	45.50
PV12	PV11	0.262 lt/seg	0.596 lt/seg	109.70	109.85	53.70
PV11	PV10	0.609 lt/seg	1.395 lt/seg	109.85	110.40	31.50
PV-10	PV-10a	8.567 lt/seg	19.706 lt/seg	110.40	107.36	65.00
PV-10a	PV-13	0.865 lt/seg	1.967 lt/seg	107.36	103.45	65.00
PV-13	PV-14	10.814 lt/seg	24.865 lt/seg	103.45	95.51	43.00
PV-14	PV-15	13.122 lt/seg	30.239 lt/seg	95.51	94.15	58.00
PV-15	PV-16	15.571 lt/seg	35.868 lt/seg	94.15	100.03	90.50
PV-16	PV-17	18.087 lt/seg	41.731 lt/seg	100.03	100.80	38.00
PV-17	PV-18	20.603 lt/seg	47.594 lt/seg	100.80	102.85	27.32
PV-18	PV-19	23.254 lt/seg	53.692 lt/seg	102.85	103.65	73.50
PV-19	PV-20	26.059 lt/seg	60.163 lt/seg	103.65	100.15	36.50
PV-20	PV-21	29.054 lt/seg	67.059 lt/seg	100.15	95.65	31.00
PV-21	PV-22	32.205 lt/seg	74.334 lt/seg	95.65	89.65	26.00
PV-22	PV-23	35.427 lt/seg	81.86 lt/seg	89.65	72.70	58.20
PV-23	PV-24	38.674 lt/seg	89.378 lt/seg	72.70	69.20	22.00
PV-24	PV-25	42.048 lt/seg	97.176 lt/seg	69.20	62.95	38.00
PV-25	PV-26	45.499 lt/seg	105.243 lt/seg	62.95	59.45	8.50
PV-26	PV-27	48.95 lt/seg	113.31 lt/seg	59.45	56.95	25.70
PV-27	PV-28	52.401 lt/seg	121.377 lt/seg	56.95	52.45	23.35
PV-28	PV-29	55.917 lt/seg	129.506 lt/seg	52.45	48.45	25.00
PV-29	PV-30	59.576 lt/seg	137.967 lt/seg	48.45	46.45	19.26
PV-30	PV-31	63.318 lt/seg	146.72 lt/seg	46.45	42.95	12.18
PV-31	PV-32	67.119 lt/seg	155.512 lt/seg	42.95	39.45	21.00
PV-32	PV-33	71.019 lt/seg	164.557 lt/seg	39.45	36.45	16.00
PV-33	PV-34	75.086 lt/seg	173.947 lt/seg	36.45	32.45	34.08

Continuación del apéndice 2.

TRAMO		PENDIENTE			DIAMETRO TUBERIA
DE	A	PENDIENTE TERRENO	PENDIENTE TUBERIA	PENDIENTE DE DISEÑO	
PV-1	PV-2	1.19	2	2.68	6
PV-2	PV-3	0.5	1	1.11	6
PV-3	PV-4	2.18	3	2.13	6
PV-4	PV-6	1.55	2	1.51	6
PV-5	PV-4	5.71	6	6	6
PV-6	PV-7	5.57	6	3.8	6
PV-7	PV-8	4.72	5	3.34	6
PV-8	PV-9	5.9	6	4.58	6
PV-9	PV-10	3.3	4	3.28	6
PV12	PV11	0.28	1	1.58	6
PV11	PV10	1.75	2	2	6
PV-10	PV-10a	4.68	5	1.57	6
PV-10a	PV-13	6.02	7	4.48	6
PV-13	PV-14	18.47	19	11.48	8
PV-14	PV-15	2.34	3	2.34	8
PV-15	PV-16	-6.5	-6	1.08	8
PV-16	PV-17	-2.03	-2	0.55	8
PV-17	PV-18	-7.5	-7	1.57	8
PV-18	PV-19	-1.09	-1	0.76	10
PV-19	PV-20	9.59	10	0.77	10
PV-20	PV-21	14.52	15	1.22	10
PV-21	PV-22	23.08	24	2.46	10
PV-22	PV-23	29.12	30	11.08	10
PV-23	PV-24	15.91	16	6.81	10
PV-24	PV-25	16.45	17	9.86	10
PV-25	PV-26	41.18	42	16.23	10
PV-26	PV-27	9.73	10	5.83	10
PV-27	PV-28	19.27	20	7.79	10
PV-28	PV-29	16	17	9.6	12
PV-29	PV-30	10.38	11	5.19	12
PV-30	PV-31	28.74	29	15.59	12
PV-31	PV-32	16.67	17	7.14	12
PV-32	PV-33	18.75	19	6.25	12
PV-33	PV-34	11.74	12	5.86	12

Continuación del apéndice 2.

TRAMO		SECCION LLENA		RELACION q/Q	
DE	A	VELOCIDAD (m/s)	CAUDAL SEC. LLENA	Actual (q/Q)	Futuro (q/Q)
PV-1	PV-2	1,85	33,75 lt/seg	0,006	0,014
PV-2	PV-3	1,19	21,71 lt/seg	0,025	0,059
PV-3	PV-4	1,65	30,1 lt/seg	0,032	0,076
PV-4	PV-6	1,39	25,36 lt/seg	0,059	0,137
PV-5	PV-4	2,77	50,53 lt/seg	0,045	0,104
PV-6	PV-7	2,21	40,31 lt/seg	0,056	0,13
PV-7	PV-8	2,07	37,76 lt/seg	0,09	0,209
PV-8	PV-9	2,42	44,14 lt/seg	0,11	0,253
PV-9	PV-10	2,05	37,4 lt/seg	0,175	0,403
PV12	PV11	1,42	25,9 lt/seg	0,01	0,023
PV11	PV10	1,6	29,19 lt/seg	0,021	0,048
PV-10	PV-10a	1,42	25,9 lt/seg	0,331	0,761
PV-10a	PV-13	2,4	43,78 lt/seg	0,02	0,045
PV-13	PV-14	4,65	150,8 lt/seg	0,072	0,165
PV-14	PV-15	2,1	68,1 lt/seg	0,193	0,444
PV-15	PV-16	1,43	46,37 lt/seg	0,336	0,774
PV-16	PV-17	1,02	33,08 lt/seg	0,547	1,262
PV-17	PV-18	1,72	55,78 lt/seg	0,369	0,853
PV-18	PV-19	1,39	70,43 lt/seg	0,33	0,762
PV-19	PV-20	1,4	70,94 lt/seg	0,367	0,848
PV-20	PV-21	1,76	89,18 lt/seg	0,326	0,752
PV-21	PV-22	2,5	126,68 lt/seg	0,254	0,587
PV-22	PV-23	5,3	268,56 lt/seg	0,132	0,305
PV-23	PV-24	4,15	210,28 lt/seg	0,184	0,425
PV-24	PV-25	5	253,35 lt/seg	0,166	0,384
PV-25	PV-26	6,41	324,8 lt/seg	0,14	0,324
PV-26	PV-27	3,84	194,58 lt/seg	0,252	0,582
PV-27	PV-28	4,44	224,98 lt/seg	0,233	0,54
PV-28	PV-29	5,57	406,42 lt/seg	0,138	0,319
PV-29	PV-30	4,09	298,43 lt/seg	0,2	0,462
PV-30	PV-31	7,1	518,06 lt/seg	0,122	0,283
PV-31	PV-32	4,8	350,24 lt/seg	0,192	0,444
PV-32	PV-33	4,49	327,62 lt/seg	0,217	0,502
PV-33	PV-34	4,35	317,4 lt/seg	0,237	0,548

Continuación del apéndice 2.

TRAMO		RELACION d/D (0.10 < d/D < 0.8)				RELACION v/V (0.40 < v/V < 4.00)		
DE	A	Actual (d/D)	Futuro (d/D)	CUMPLE		Actual (v/V)	Futuro (v/V)	Vel. Actual (m/s)
PV-1	PV-2	0.06	0.089	NO	NO	0.289	0.372	0.53
PV-2	PV-3	0.09	0.14	NO	SI	0.38	0.49	0.7
PV-3	PV-4	0.12	0.19	SI	SI	0.43	0.6	0.8
PV-4	PV-6	0.16	0.24	SI	SI	0.53	0.67	0.98
PV-5	PV-4	0.145	0.218	SI	SI	0.506	0.647	0.94
PV-6	PV-7	0.18	0.28	SI	SI	0.58	0.75	1.07
PV-7	PV-8	0.24	0.35	SI	SI	0.67	0.84	1.24
PV-8	PV-9	0.27	0.43	SI	SI	0.73	0.93	1.35
PV-9	PV-10	0.32	0.5	SI	SI	0.8	1	1.48
PV12	PV11	0.08	0.117	SI	SI	0.34	0.442	0.63
PV11	PV10	0.101	0.151	SI	SI	0.4036	0.516	0.75
PV-10	PV-10a	0.279	0.435	SI	SI	0.745	0.939	1.38
PV-10a	PV-13	0.279	0.435	SI	SI	0.745	0.939	1.38
PV-13	PV-14	0.161	0.243	SI	SI	0.539	0.689	1
PV-14	PV-15	0.28	0.436	SI	SI	0.747	0.94	1.38
PV-15	PV-16	0.257	0.396	SI	SI	0.711	0.897	1.32
PV-16	PV-17	0.368	0.597	SI	SI	0.865	1.07	1.6
PV-17	PV-18	0.284	0.444	SI	SI	0.752	0.948	1.39
PV-18	PV-19	0.369	0.598	SI	SI	0.866	1.071	1.6
PV-19	PV-20	0.222	0.341	SI	SI	0.6541	0.8315	1.21
PV-20	PV-21	0.279	0.435	SI	SI	0.745	0.939	1.38
PV-21	PV-22	0.345	0.557	SI	SI	0.836	1.04	1.55
PV-22	PV-23	0.247	0.38	SI	SI	0.695	0.879	1.29
PV-23	PV-24	0.292	0.456	SI	SI	0.764	0.96	1.41
PV-24	PV-25	0.277	0.431	SI	SI	0.742	0.936	1.37
PV-25	PV-26	0.254	0.393	SI	SI	0.707	0.894	1.31
PV-26	PV-27	0.343	0.549	SI	SI	0.834	1.038	1.54
PV-27	PV-28	0.33	0.527	SI	SI	0.287	1.022	0.53
PV-28	PV-29	0.252	0.389	SI	SI	0.703	0.889	1.3
PV-29	PV-30	0.305	0.479	SI	SI	0.783	0.981	1.45
PV-30	PV-31	0.237	0.365	SI	SI	0.679	0.861	1.26
PV-31	PV-32	0.297	0.468	SI	SI	0.771	0.971	1.43
PV-32	PV-33	0.318	0.502	SI	SI	0.801	1.001	1.48
PV-33	PV-34	0.333	0.529	SI	SI	0.821	1.02	1.52

Continuación del apéndice 2.

TRAMO		RELACION v/V (0.40 < V < 4.00)			TIRANTE (m)	COTA INVERT		ALTURA DE POZO (m)
DE	A	Vel. futuro (m/s)	CUMPLE			ENTRADA (m)	SALIDA (m)	
PV-1	PV-2	0.69	SI	SI	0.014	123.60	123.58	1.52
PV-2	PV-3	0.91	SI	SI	0.021	122.70	122.68	2.02
PV-3	PV-4	1.11	SI	SI	0.029	121.59	121.57	2.02
PV-4	PV-6	1.24	SI	SI	0.037	120.90	119.90	3.00
PV-5	PV-4	1.2	SI	SI	0.033	122.50	122.48	1.11
PV-6	PV-7	1.39	SI	SI	0.043	117.79	117.77	2.04
PV-7	PV-8	1.55	SI	SI	0.053	115.35	115.33	1.06
PV-8	PV-9	1.72	SI	SI	0.066	111.84	111.82	0.08
PV-9	PV-10	1.85	SI	SI	0.076	110.33	110.31	0.09
PV12	PV11	0.82	SI	SI	0.018	107.85	107.83	2.02
PV11	PV10	0.95	SI	SI	0.023	107.2	107.18	3.22
PV-10	PV-10a	1.74	SI	SI	0.066	109.29	109.27	-1.91
PV-10a	PV-13	1.74	SI	SI	0.066	104.92	104.90	-1.45
PV-13	PV-14	1.27	SI	SI	0.049	104.33	104.31	-8.80
PV-14	PV-15	1.74	SI	SI	0.089	102.95	102.93	-8.78
PV-15	PV-16	1.66	SI	SI	0.08	101.95	101.93	-1.90
PV-16	PV-17	1.98	SI	SI	0.121	101.72	101.70	-0.90
PV-17	PV-18	1.75	SI	SI	0.09	101.27	101.25	1.60
PV-18	PV-19	1.98	SI	SI	0.152	100.69	100.67	2.98
PV-19	PV-20	1.54	SI	SI	0.087	100.39	100.37	-0.22
PV-20	PV-21	1.74	SI	SI	0.11	99.99	99.97	-4.32
PV-21	PV-22	1.92	SI	SI	0.141	99.33	99.31	-9.66
PV-22	PV-23	1.63	SI	SI	0.097	92.86	92.84	-20.14
PV-23	PV-24	1.78	SI	SI	0.116	91.34	91.32	-22.12
PV-24	PV-25	1.73	SI	SI	0.109	87.57	87.55	-24.60
PV-25	PV-26	1.65	SI	SI	0.1	86.17	86.15	-26.70
PV-26	PV-27	1.92	SI	SI	0.139	84.65	84.63	-27.68
PV-27	PV-28	1.89	SI	SI	0.134	82.81	82.79	-30.34
PV-28	PV-29	1.64	SI	SI	0.119	80.39	80.37	-31.92
PV-29	PV-30	1.81	SI	SI	0.146	79.37	79.35	-32.90
PV-30	PV-31	1.59	SI	SI	0.111	77.45	77.43	-34.48
PV-31	PV-32	1.8	SI	SI	0.143	75.93	75.91	-36.46
PV-32	PV-33	1.85	SI	SI	0.153	74.91	74.89	-38.44
PV-33	PV-34	1.89	SI	SI	0.161	72.89	72.87	-40.42

Fuente: elaboración propia.

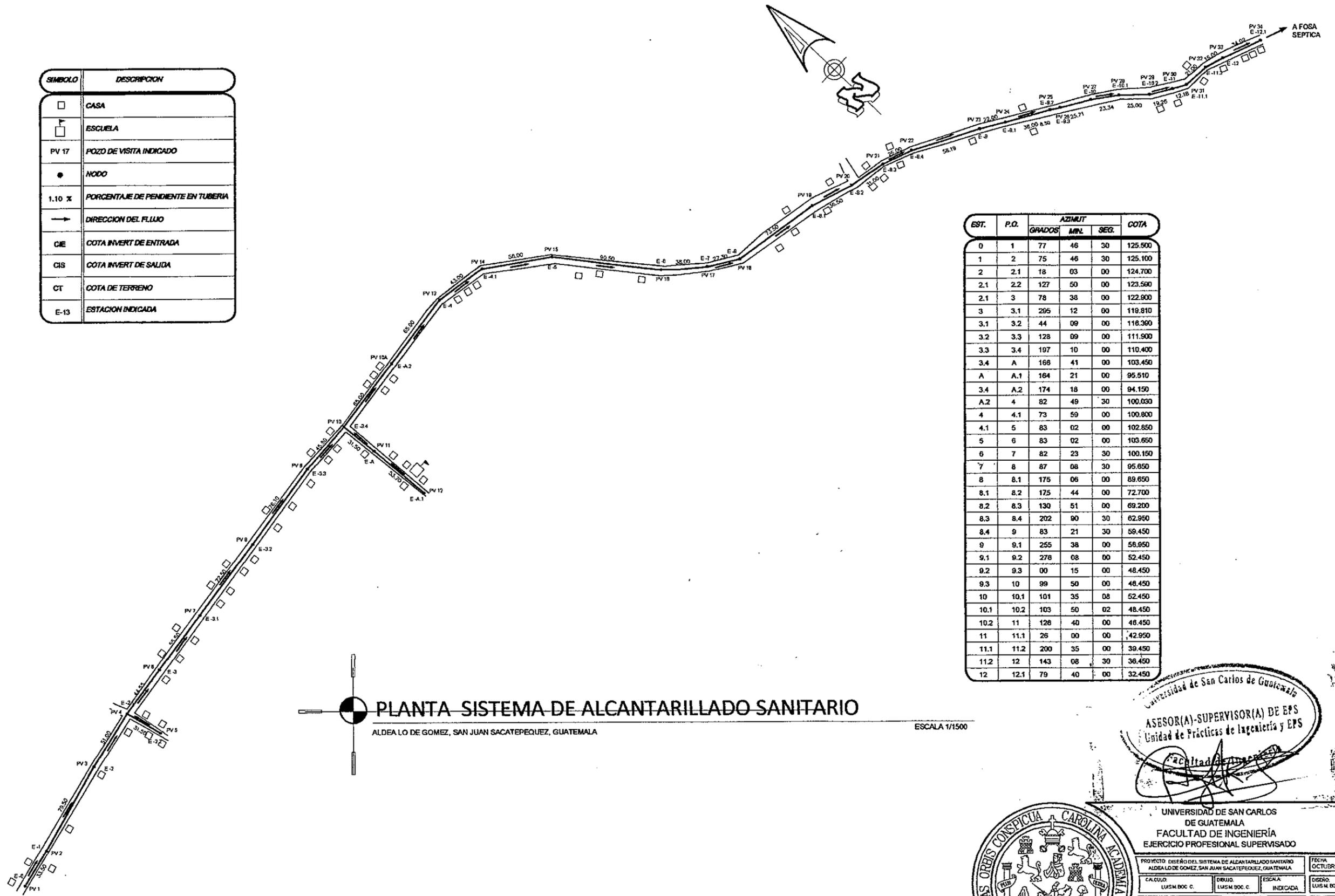
ANEXOS

Anexo 1. Tabla de relaciones hidráulicas

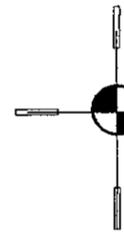
d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0.0050	0.00060	0.050	0.000030	0.1325	0.07855	0.479	0.037625	0.470	0.46178	0.973	0.44931
0.0075	0.00110	0.074	0.000081	0.1350	0.08071	0.484	0.039064	0.480	0.47454	0.983	0.46647
0.0100	0.00167	0.088	0.000147	0.1375	0.08289	0.490	0.040616	0.490	0.48742	0.991	0.48303
0.0125	0.00237	0.103	0.000244	0.1400	0.08509	0.495	0.042120	0.500	0.50000	1.000	0.50000
0.0150	0.00310	0.116	0.000360	0.1425	0.08632	0.501	0.043247	0.510	0.51258	1.009	0.51719
0.0175	0.00391	0.129	0.000604	0.1450	0.08954	0.507	0.045397	0.520	0.52546	1.016	0.53387
0.0200	0.00447	0.141	0.000672	0.1475	0.09129	0.511	0.046649	0.530	0.53822	1.023	0.55060
0.0225	0.00469	0.152	0.000865	0.1500	0.09406	0.517	0.048629	0.540	0.55087	1.029	0.56685
0.0250	0.00665	0.163	0.001084	0.1525	0.09638	0.522	0.050310	0.550	0.56355	1.033	0.58215
0.0275	0.00768	0.174	0.001336	0.1550	0.09864	0.528	0.052082	0.560	0.57621	1.049	0.60444
0.0300	0.00874	0.184	0.001608	0.1575	0.10095	0.533	0.053806	0.570	0.58882	1.058	0.62297
0.0325	0.00985	0.194	0.001911	0.1600	0.10328	0.538	0.055665	0.580	0.60142	1.060	0.63750
0.0350	0.01100	0.203	0.002233	0.1650	0.10796	0.548	0.059162	0.590	0.61396	1.066	0.65488
0.0375	0.01219	0.212	0.002584	0.1700	0.11356	0.560	0.068594	0.600	0.62646	1.072	0.67157
0.0400	0.01342	0.221	0.002966	0.1750	0.11754	0.568	0.667630	0.610	0.63892	1.078	0.68876
0.0425	0.01468	0.230	0.003376	0.1800	0.12241	0.577	0.070630	0.620	0.65131	1.083	0.70537
0.0450	0.01599	0.239	0.003822	0.1850	0.12733	0.587	0.074743	0.630	0.66363	1.089	0.72269
0.0475	0.01732	0.248	0.004295	0.1900	0.13229	0.596	0.078845	0.640	0.67593	1.094	0.73947
0.0500	0.01870	0.256	0.004787	0.1950	0.13725	0.605	0.083036	0.650	0.68770	1.098	0.75510
0.0525	0.02010	0.264	0.005306	0.2000	0.14238	0.615	0.087564	0.660	0.70053	1.104	0.77339
0.0550	0.02154	0.273	0.005880	0.2050	0.14750	0.624	0.091040	0.670	0.71221	1.108	0.78913
0.0575	0.02300	0.281	0.006463	0.2100	0.15266	0.633	0.096634	0.680	0.72413	1.112	0.80523
0.0600	0.02449	0.289	0.007078	0.2150	0.15786	0.644	0.101662	0.690	0.73596	1.116	0.82133
0.0625	0.02603	0.297	0.007731	0.2200	0.16312	0.651	0.106191	0.700	0.74769	1.120	0.83741
0.0650	0.02768	0.305	0.008412	0.2250	0.16840	0.659	0.110976	0.710	0.75957	1.124	0.85376
0.0675	0.02916	0.312	0.009098	0.2300	0.17356	0.669	0.116112	0.720	0.77079	1.126	0.86791
0.0700	0.03078	0.320	0.009850	0.2350	0.17913	0.676	0.121092	0.730	0.78216	1.130	0.88384
0.0725	0.03231	0.327	0.010565	0.2400	0.18455	0.684	0.126232	0.740	0.79340	1.132	0.89734
0.0750	0.03407	0.334	0.011379	0.2450	0.19000	0.692	0.131480	0.750	0.80450	1.134	0.91230
0.0775	0.03576	0.341	0.012194	0.2500	0.19552	0.702	0.137260	0.760	0.81544	1.136	0.92634
0.0800	0.03747	0.348	0.013040	0.2600	0.20660	0.716	0.147930	0.770	0.82623	1.137	0.93942
0.0825	0.03922	0.355	0.013923	0.2700	0.21784	0.730	0.159020	0.780	0.83688	1.139	0.95321
0.0850	0.04098	0.361	0.014794	0.2800	0.22921	0.747	0.171220	0.790	0.85101	1.140	0.97015
0.0875	0.04277	0.368	0.015739	0.2900	0.24070	0.761	0.183170	0.800	0.86760	1.140	0.98906
0.0900	0.04459	0.375	0.016721	0.3000	0.25232	0.776	0.195800	0.810	0.87759	1.140	1.00040
0.0925	0.04642	0.381	0.017819	0.3100	0.26403	0.790	0.208580	0.820	0.87759	1.140	1.00050
0.0950	0.04827	0.388	0.018729	0.3200	0.27587	0.804	0.221800	0.830	0.88644	1.139	1.00970
0.0975	0.05011	0.393	0.019693	0.3300	0.28783	0.817	0.235160	0.840	0.89672	1.139	1.02140
0.1000	0.05204	0.401	0.020863	0.3400	0.29978	0.830	0.248820	0.850	0.90594	1.138	1.03100
0.1025	0.05396	0.408	0.022016	0.3500	0.31230	0.843	0.263270	0.860	0.91491	1.136	1.04740
0.1050	0.05584	0.414	0.023118	0.3600	0.32411	0.856	0.277440	0.870	0.92361	1.134	1.04740
0.1075	0.05783	0.420	0.024289	0.3700	0.32637	0.868	0.291970	0.880	0.93202	1.131	1.05410
0.1100	0.05986	0.426	0.025500	0.3800	0.34828	0.879	0.306490	0.890	0.94014	1.128	1.06030
0.1125	0.06186	0.432	0.026724	0.3900	0.36108	0.891	0.321920	0.900	0.94796	1.124	1.06550
0.1150	0.06388	0.439	0.028043	0.4000	0.37354	0.902	0.336930	0.910	0.95541	1.120	1.07010
0.1175	0.05910	0.444	0.029274	0.4100	0.38604	0.913	0.352460	0.920	0.96252	1.116	1.07420
0.1200	0.06797	0.450	0.030587	0.4200	0.39858	0.921	0.367090	0.930	0.96922	1.109	1.07490
0.1225	0.07005	0.456	0.031943	0.4300	0.40890	0.934	0.381910	0.940	0.97544	1.101	1.07410
0.1250	0.07214	0.463	0.033401	0.4400	0.42379	0.943	0.399630	0.950	0.98130	1.094	1.07350
0.1275	0.07426	0.468	0.034754	0.4500	0.43645	0.955	0.411681	0.960	0.98658	1.086	1.07140
0.1300	0.07640	0.473	0.036137	0.4600	0.44913	0.964	0.432960	0.970	0.99126	1.075	1.06560

Fuente: CABRERA RIEPLE, Ricardo Antonio. Apuntes de Ingeniería Sanitaria II
Trabajo de graduación de Ing. Civil. p. 90.

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
□	CASA
□	ESCUELA
PV 17	POZO DE VISITA INDICADO
●	NODO
1.10 %	PORCENTAJE DE PENDIENTE EN TUBERÍA
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
CT	COTA DE TERRENO
E-13	ESTACION INDICADA



EST.	P.O.	AZIMUT			COTA
		GRADOS	MPL	SEG.	
0	1	77	46	30	125.500
1	2	75	46	30	125.100
2	2.1	18	03	00	124.700
2.1	2.2	127	50	00	123.500
2.1	3	78	38	00	122.900
3	3.1	295	12	00	118.810
3.1	3.2	44	09	00	118.300
3.2	3.3	128	09	00	111.900
3.3	3.4	107	10	00	110.400
3.4	A	168	41	00	103.450
A	A.1	164	21	00	95.510
3.4	A.2	174	18	00	94.150
A.2	4	82	49	30	100.030
4	4.1	73	59	00	100.800
4.1	5	83	02	00	102.850
5	6	83	02	00	103.650
6	7	82	23	30	100.150
7	8	87	08	30	95.850
8	8.1	175	06	00	89.650
8.1	8.2	175	44	00	72.700
8.2	8.3	130	51	00	69.200
8.3	8.4	202	90	30	62.950
8.4	9	83	21	30	59.450
9	9.1	255	38	00	56.950
9.1	9.2	278	08	00	52.450
9.2	9.3	00	15	00	48.450
9.3	10	99	50	00	48.450
10	10.1	101	35	08	52.450
10.1	10.2	103	50	02	48.450
10.2	11	126	40	00	48.450
11	11.1	26	00	00	42.950
11.1	11.2	200	35	00	39.450
11.2	12	143	08	30	36.450
12	12.1	79	40	00	32.450



PLANTA SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

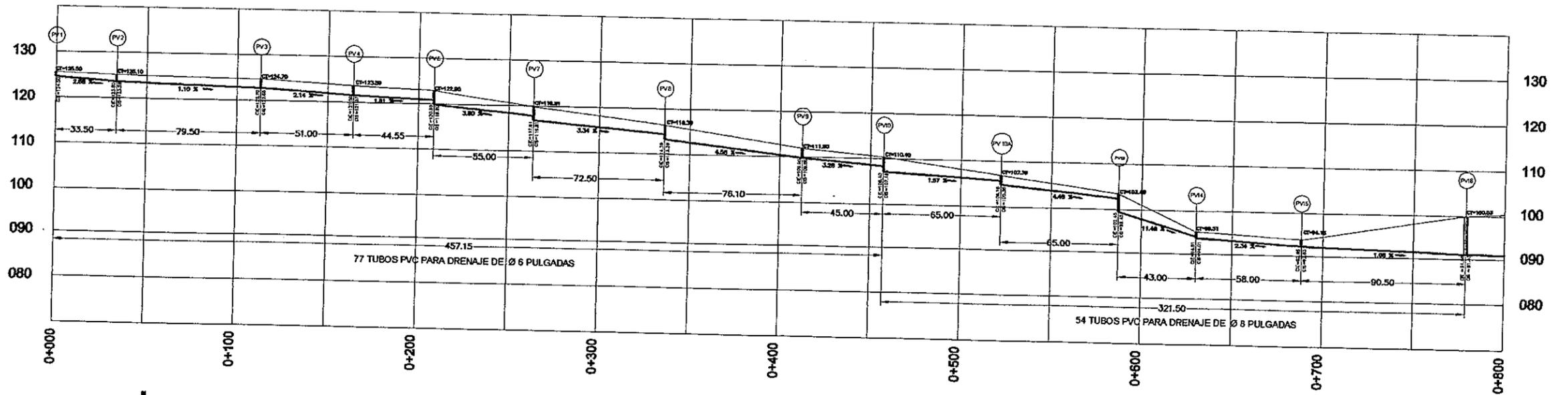
ALDEA LO DE GOMEZ, SAN JUAN SACATEPEQUEZ, GUATEMALA

ESCALA 1/1500

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		FECHA	
FACULTAD DE INGENIERÍA		OCTUBRE 2013	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		DISEÑO	
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA LO DE GOMEZ, SAN JUAN SACATEPEQUEZ, GUATEMALA	CALCULO: LUIS M. BOC C.	DIBUJO: LUIS M. BOC C.	ESCALA: INDICADA
CONTENIDO		HOJA	
PLANTA GENERAL DE ALCANTARILLADO		01 / 05	
ING. ANGEL SIC ASESOR DE EPS		LUIS MARCELINO BOC CANEL EPSISTA	

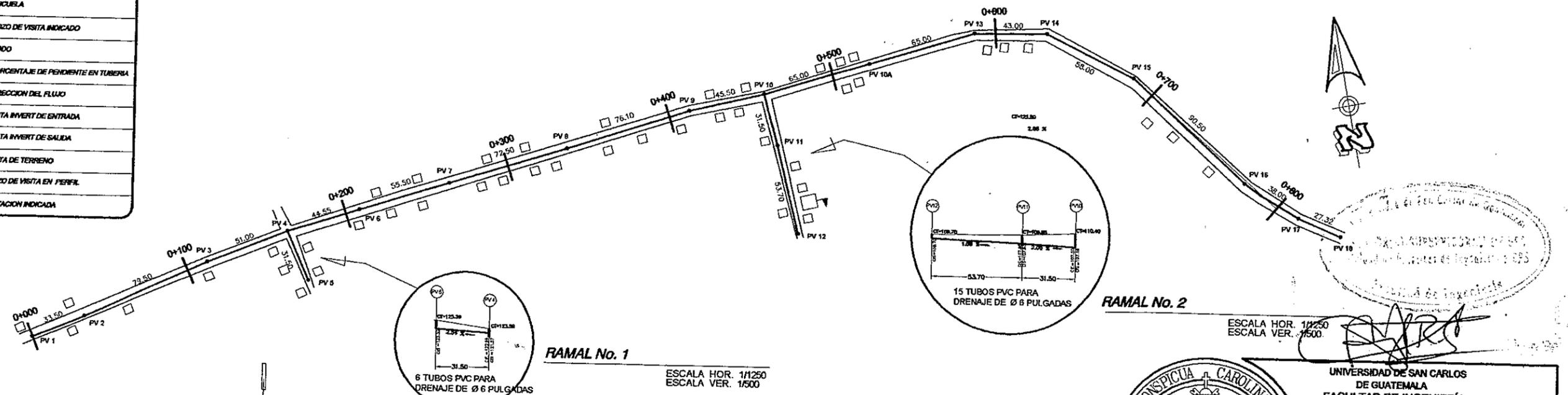


PERFIL DRENAJE PV-1 A PV-16

DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA LO DE GOMEZ, SAN JUAN SACATEPEQUEZ, GUATEMALA

ESCALA HOR. 1/1250
ESCALA VER. 1/500

SIMBOLO	DESCRIPCION
	CASA
	ESCUELA
	POZO DE VISITA INDICADO
	NODO
1.10 %	PORCENTAJE DE PENDIENTE EN TUBERIA
	DIRECCION DEL FLUIDO
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
CT	COTA DE TERRENO
	POZO DE VISITA EN PERFIL
E-13	ESTACION INDICADA



PLANTA DRENAJE SANITARIO

ALDEA LO DE GOMEZ, SAN JUAN SACATEPEQUEZ, GUATEMALA

ESCALA 1/1500

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA LO DE GOMEZ, SAN JUAN SACATEPEQUEZ, GUATEMALA
FECHA: OCTUBRE 2013

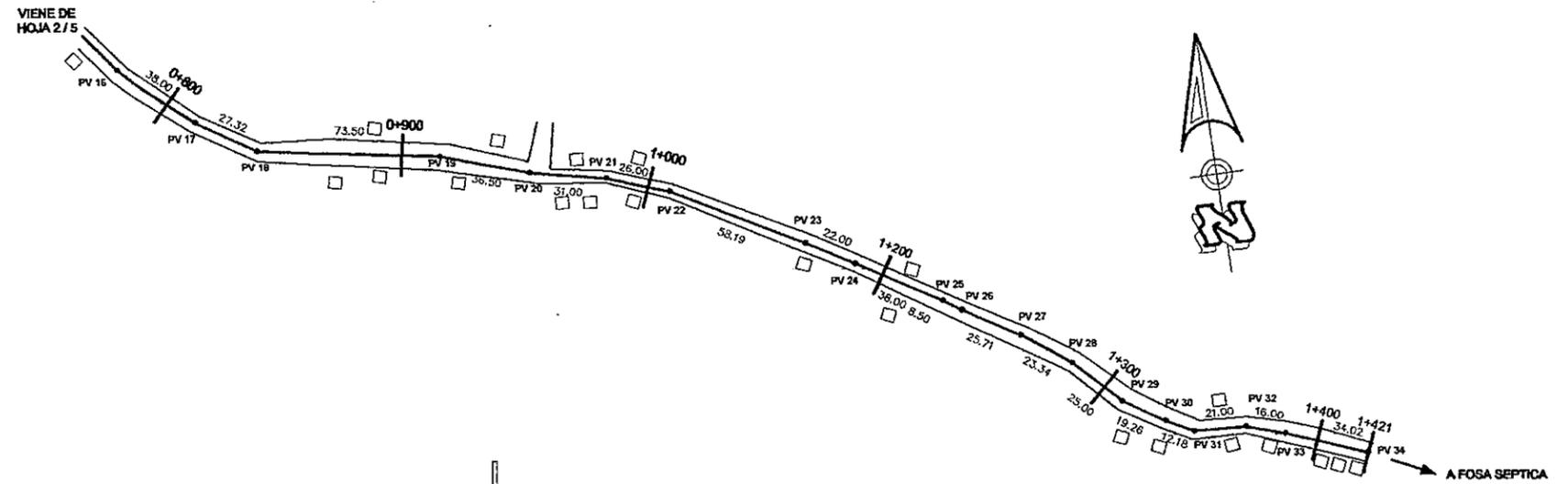
CALCULO: LUIS M. BOC. C. DISEÑO: LUIS M. BOC. C. ESCALA: INDICADA DISEÑO: LUIS M. BOC. C.

CONTENIDO: PLANTA PERFIL, ALCANTARILLADO SANITARIO

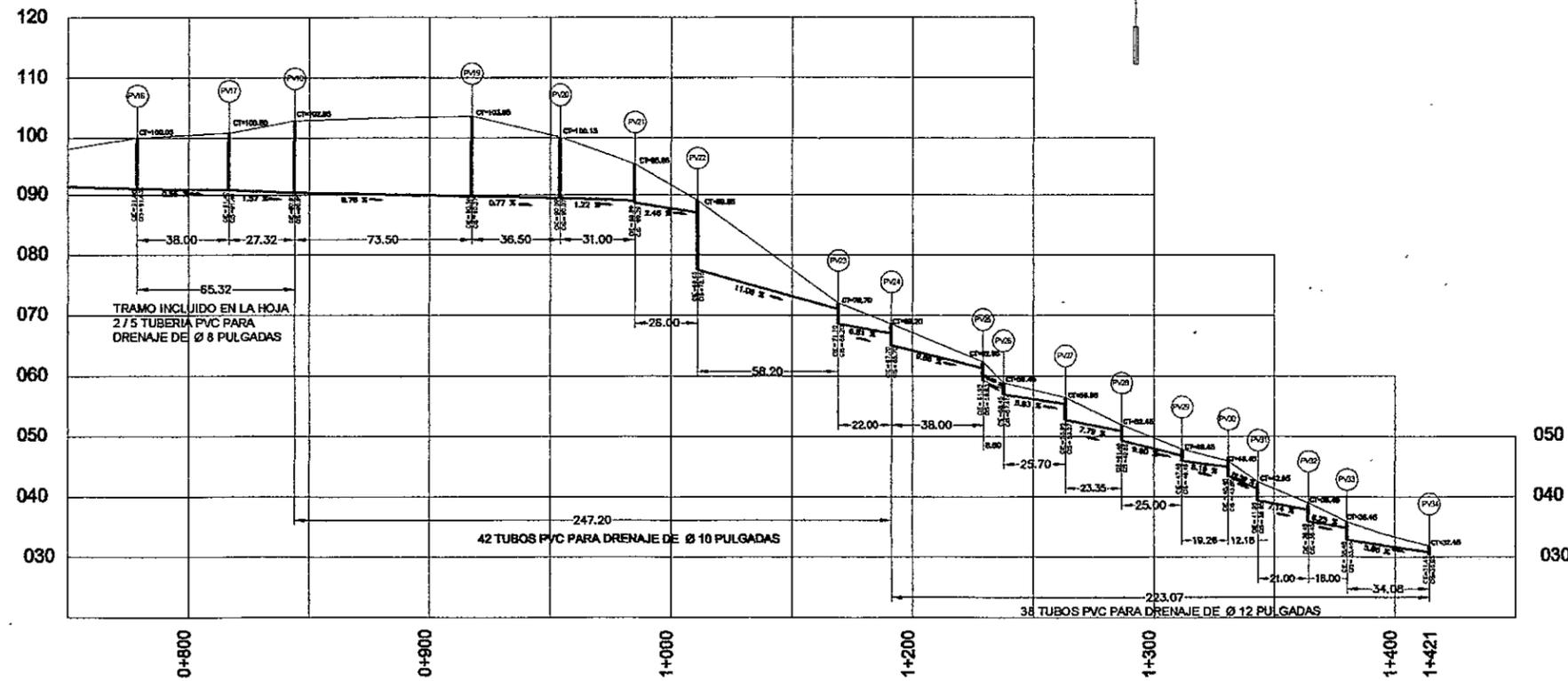
HOJA 02/05

ING. ANGEL BOC ARBOL DE EPS
LUIS MARDELINO BOC CAJEL EPERITA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
□	CASA
□	ESCUELA
PV 17	POZO DE VISITA INDICADO
●	NODO
1.10 ‰	PORCENTAJE DE PENDIENTE EN TUBERÍA
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO
CE	COTA INVERT DE ENTRADA
CS	COTA INVERT DE SALIDA
CT	COTA DE TERRENO
○	POZO DE VISITA EN PERFIL
E-13	ESTACION INDICADA



PLANTA DRENAJE SANITARIO
ALDEA LO DE GOMEZ, SAN JUAN SACATEPEQUEZ, GUATEMALA
ESCALA 1/1500



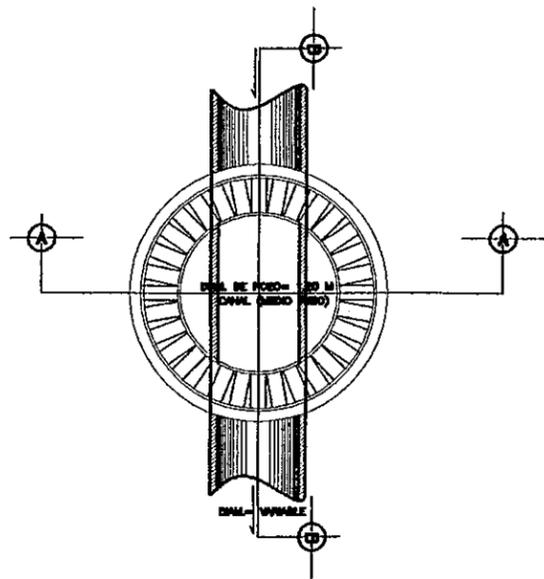
PERFIL DRENAJE PV-1 A PV-16
DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA LO DE GOMEZ, SAN JUAN SACATEPEQUEZ, GUATEMALA
ESCALA HOR. 1/1250
ESCALA VER. 1/500



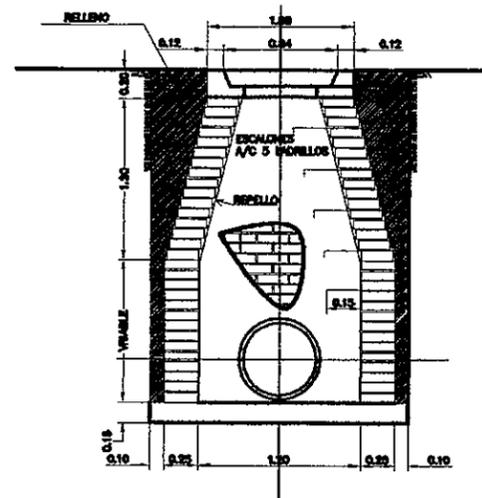
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA LO DE GOMEZ, SAN JUAN SACATEPEQUEZ, GUATEMALA		FECHA: OCTUBRE 2013
CALCULO: LUIS M. BOC C.	DISEÑO: LUIS M. BOC C.	INDICADA: LUIS M. BOC C.
CONTENIDO: PLANTA PERFIL ALCANTARILLADO SANITARIO		HOJA 03/05
ING. ANGEL SIC ASESOR DE EPS		LUIS MARCELINO BOC CANEL ESPERABA

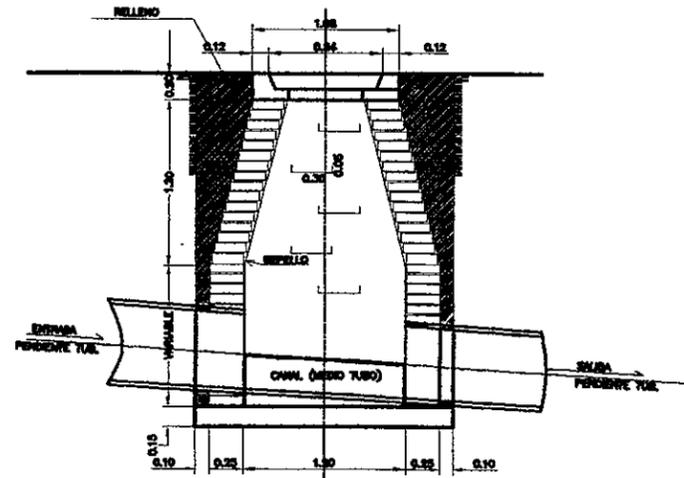
POZO DE VISITA TÍPICO



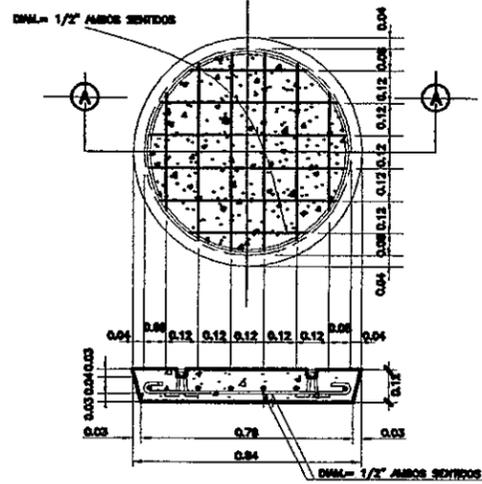
PLANTA
ESC. 1: 20



CORTE A - A
ESC. 1: 20

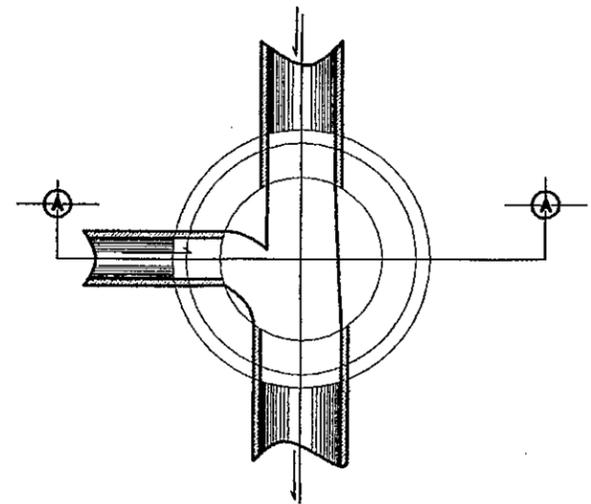


CORTE B - B
ESC. 1: 20

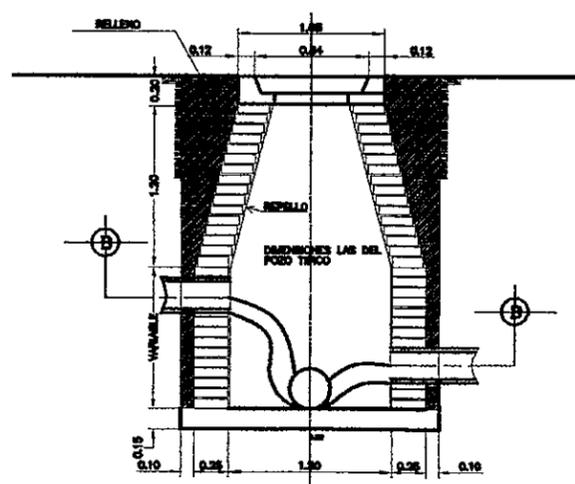


TAPADERA DE POZO
ESC. 1: 20

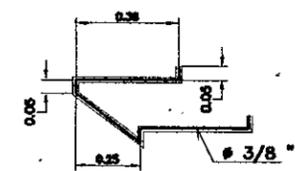
DETALLE DE POZO CON 3 ENTRADAS



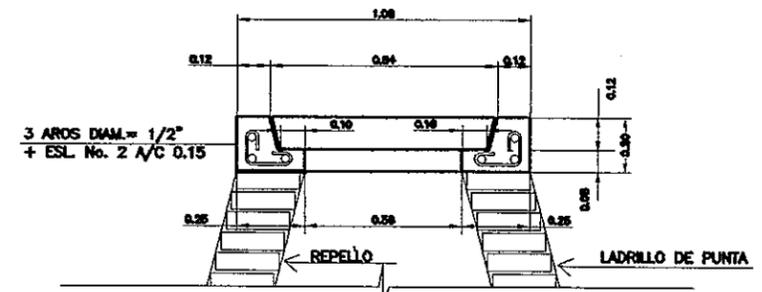
PLANTA B - B
ESC. 1: 20



CORTE A - A
ESC. 1: 20

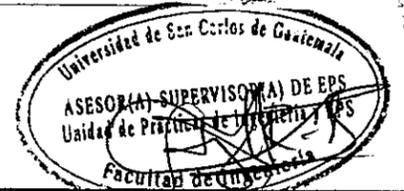


DETALLE DE ESCALON
ESC. 1: 10



DETALLE BROCAL POZO
ESC.: 1 : 20

NOTAS:
- LAS TAPADERAS DE LOS POZOS DE VISITA DEBERAN IDENTIFICARSE CON LA NOMENCLATURA DEL PLANO DE LA RED GENERAL.
- LA TUBERIA DE CAIDA EN POZOS DE VISITA PARA COLECTORES HASTA DE 24" SERA DE 8". PARA COLECTORES MAYORES DE 24" SERA DE 12"

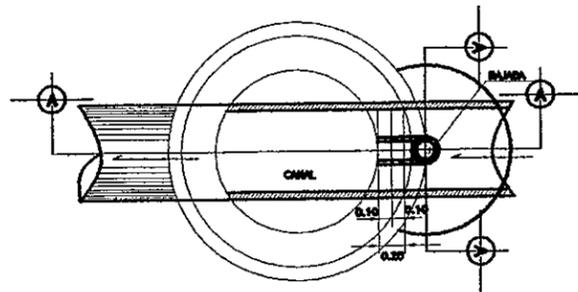


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		FACULTAD DE INGENIERÍA		EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO:	DESIGNO DEL SISTEMA DE ALCANTRILLADO SANITARIO ALDEA DE GOMEZ, SAN ANTONIO DE LA PEREZA, GUATEMALA	FECHA:	OCTUBRE 2013		
CLIENTE:	LUM M. BOC. C.	DISEÑO:	LUM M. BOC. C.	REVISADO:	LUM M. BOC. C.
CONTENIDO:	DETALLES DE OBRAS DE ARTE				
					HOJA
					04
					05



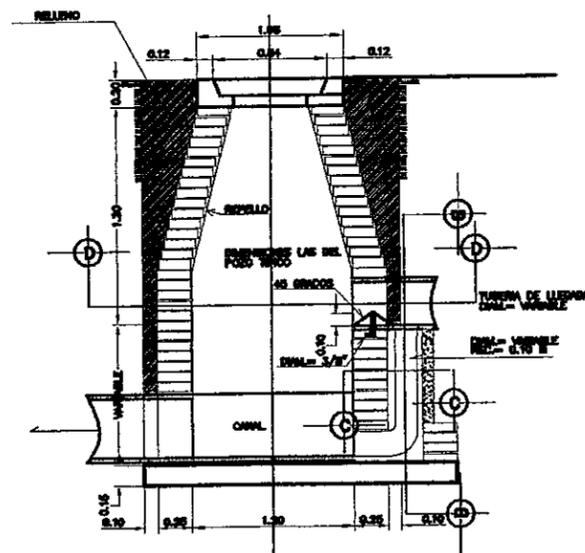
ING. ANGEL SIO
ASESOR DE EPS
LOS MARCELOS BOC CANEL
EPS-EPN

DETALLE DE POZO CON CAIDA
CAIDA DE 1.70 M



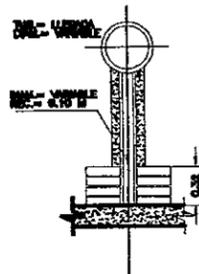
PLANTA D-D

ESC. 1:30



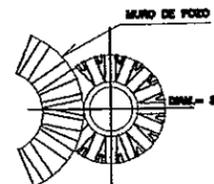
CORTE A-A

ESC. 1:30



CORTE B-B

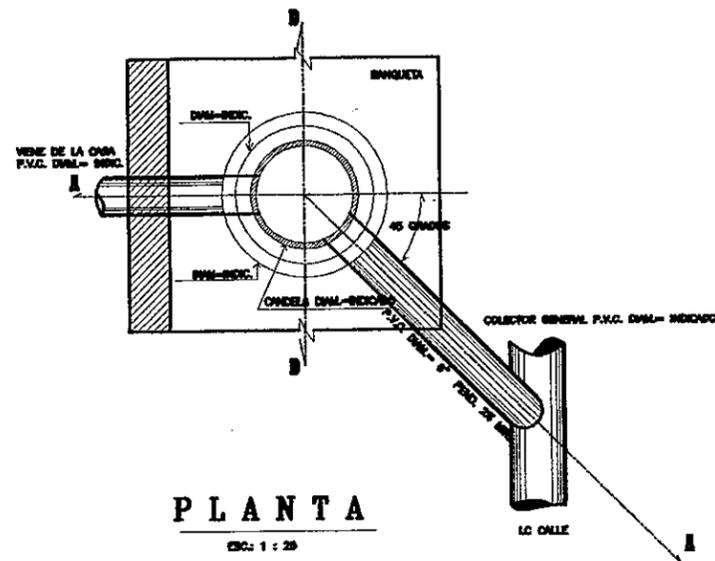
ESC. 1:20



CORTE C-C

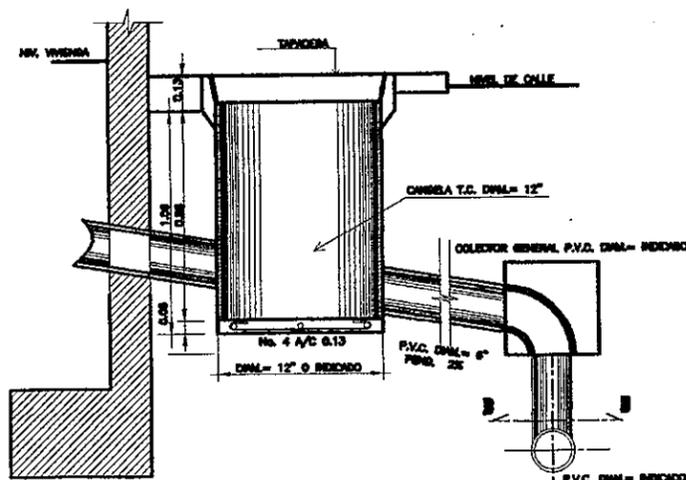
ESC. 1:20

DETALLE CONEXIONES DOMICILIARES



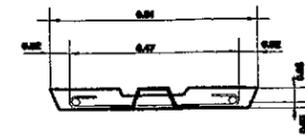
PLANTA

ESC. 1:20



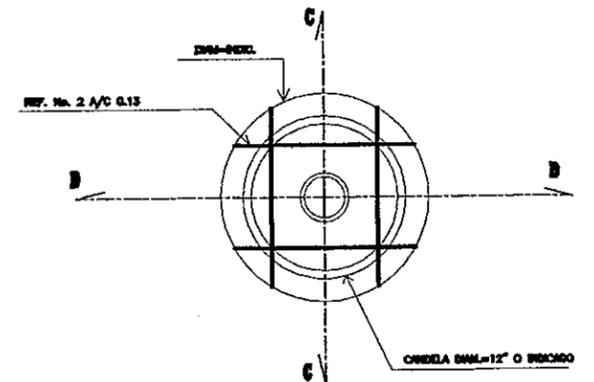
SECCION A-A

ESC. 1:20

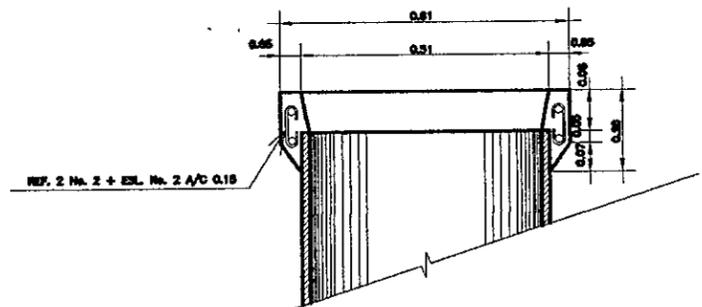


SECCION C-C

SIN ESCALA

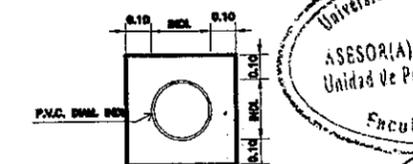


PLANTA DE TAPADERA



SECCION D-D

ESC. 1:10



SECCION B-B

ESC. 1:20

Universidad de San Carlos de Guatemala
ASESORIA-SUPERVISOR(A) DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
	PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA LO DE GOMEZ, SAN JUAN SACATEPEQUEZ, GUATEMALA	FECHA: OCTUBRE 2013	
	DISEÑADO: LUIS M. BOC. C.	DIBUJADO: LUIS M. BOC. C.	REVISADO: LUIS M. BOC. C.
	CONTENIDO: DETALLES OBRAS DE ARTE		
ING. ANGEL SAC ASESOR DE EPS			
LUIS MARCELINO BOC CANEL EPSISTA			HOJA 05 / 05