



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO PARA
LA ALDEA ZORZOYA, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ**

Ligia María Corado Paiz

Asesorado por la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra

Guatemala, agosto de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO PARA
LA ALDEA ZORZOYA, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LIGIA MARÍA CORADO PAIZ

ASESORADO POR LA INGA. MAYRA REBECA GARCÍA SORIA DE SIERRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA CIVIL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2013

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. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADORA	Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
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 PLUVIAL Y SANITARIO PARA
LA ALDEA ZORZOYA, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,
con fecha 25 de septiembre de 2012.



Ligia María Corado Paiz



Guatemala, 24 de julio de 2013
Ref.EPS.DOC.788.07.13

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

Estimado Ingeniero Merck Cos.

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), de la estudiante universitaria **Ligia María Corado Paiz** con carné No. **200714459**, de la Carrera de Ingeniería Civil, , procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO PARA LA ALDEA ZORZOYA, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ”**.

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”

Inga. Mayra REF. *(Firma)* Leticia Soria de Sierra
Asesora Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Civil
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS



c.c. Archivo
MRGSdS/ra



Guatemala,
30 de julio 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 PLUVIAL Y SANITARIO PARA LA ALDEA ZORZOYA, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Ligia María Corado Paiz, con Carnet No. 200714459, quien contó con la asesoría de la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra.

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, 31 de julio de 2013
Ref.EPS.D.526.07.13

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 PLUVIAL Y SANITARIO PARA LA ALDEA ZORZOYA, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Ligia María Corado Paiz**, quien fue debidamente asesorada y supervisada por la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora - Supervisora 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. Juan Merck Cos
Director Unidad de EPS



JMC/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 de la Asesora Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra y del Coordinador de E.P.S. Ing. Juan Merck Cos, al trabajo de graduación de la estudiante Ligia María Corado Paiz, titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO PARA LA ALDEA ZORZOYA, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


 Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, agosto 2013

/bbdeb.

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



Universidad de San Carlos
de Guatemala

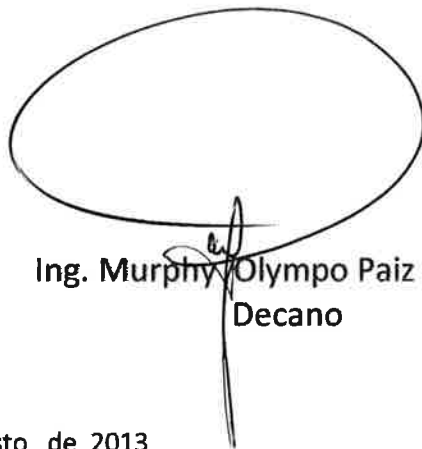


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 591.2013

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 PLUVIAL Y SANITARIO PARA LA ALDEA ZORZOYA, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ**, presentado por la estudiante universitaria **Ligia María Corado Paiz**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, 27 de agosto de 2013

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por hacerme sentir su amor y darme la fortaleza, sabiduría y templanza a lo largo de mi vida.
María Auxiliadora	Por ser una buena madre, llevándome de la mano a una casa salesiana y enseñarme a seguir a Dios por medio de Don Bosco.
Mis padres	Walther Roberto Corado Argueta, Ligia Ester Paiz de Corado, por su amor incondicional, apoyo, orientación y verdadero ejemplo de superación.
Mi hermano	Walther Andreé Corado Paiz, por todo su amor y compañía en este viaje de la vida.
Mi abuela	Marta Elena Paiz, por su amor, comprensión y cuidados incondicionales.
Mis epristas	Compañeros en la aventura de ser salesianos de Don Bosco, por su amor y alegría de siempre.
Mis tíos y primos	Por su cariño, apoyo y comprensión a lo largo de este camino.

AGRADECIMIENTOS A:

**La Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser mi casa de estudios.

**La Facultad de
Ingeniería**

Por el privilegio de estudiar y egresar de sus salones.

**Mis amigos de la carrera
de Ingeniería Industrial**

Luis Fernando Mateo, Nelson Leal, Diana Ruiz, Jorge Rodríguez, Lucia Pinto, Karina de León, por ser verdaderos amigos y compañeros en este sueño de ser profesionales.

**Mis amigos de la carrera
de Ingeniería Civil**

Analili Vega, Estuardo Chay, Alberto Filippi, José Ovalle, Juan José Peña, Carola Flores, Lenin Hernández, Maynor Mucia, Jorge López, Eduardo González, por el honor de compartir la aventura de querer transformar el mundo con obras civiles.

Mi mejor amiga

Alejandra Grajeda, por enseñarme el valor de la verdadera amistad y estar orgullosa de mí.

Mi padrino

Ing. Guillermo Melini, por ser ejemplo de perseverancia, por su amistad y apoyo.

Mi tío

Edwin Corado Argueta, por su apoyo incondicional e inculcarme la pasión por las obras de construcción.

Mi asesora

Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra, por su asesoría y apoyo incondicional en la realización de este trabajo.

Mis hermanos Bomberos Municipales

Por el apoyo incondicional, esa hermandad que nos une y nos permite ser verdaderos amigos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía del municipio de San Lucas, Sacatepéquez.....	1
1.1.1. Aspectos históricos de la comunidad	1
1.1.2. Aspectos físicos	1
1.1.3. Ubicación y localización	2
1.1.4. Población actual	3
1.1.5. Topografía	3
1.1.6. Clima	3
1.1.7. Colindancias.....	4
1.1.8. Hidrología	4
1.1.9. Distribución territorial.....	5
1.1.10. Fiesta titular.....	5
1.1.11. Aspectos de infraestructura.....	5
1.1.11.1. Vías de acceso	5
1.1.11.2. Tipología de las viviendas.....	6
1.1.11.3. Distribución de viviendas	6
1.1.12. Economía	6
1.1.13. Educación.....	7

1.1.14.	Agua potable	7
1.1.15.	Energía eléctrica domiciliar	8
1.1.16.	Alumbrado público	8
1.1.17.	Sistema de recolección de basura	8
1.1.18.	Centros de salud	8
1.1.19.	Disposición de aguas servidas.....	9
1.2.	Planteamiento del problema	9
1.2.1.	Principales necesidades detectadas	9
1.2.2.	Descripción y evaluación de las necesidades detectadas	9
1.2.3.	Priorización de las necesidades.....	10
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	13
2.1.	Diseño del sistema de alcantarillado pluvial para la aldea Zorzoya, San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez	13
2.1.1.	Descripción del proyecto.....	13
2.1.2.	Levantamiento topográfico.....	13
2.1.2.1.	Planimetría	14
2.1.2.2.	Altimetría	14
2.1.3.	Descripción del sistema a utilizar	15
2.1.4.	Normas y especificaciones de diseño de drenaje pluvial.....	15
2.1.4.1.	Tuberías	16
2.1.4.2.	Diámetro mínimo	17
2.1.4.3.	Velocidades mínimas y máximas	17
2.1.4.4.	Profundidad de las tuberías.....	17
2.1.4.5.	Pozos de visita	17
2.1.4.6.	Diseño de tragantes.....	18
2.1.4.7.	Área de influencia.....	18

	2.1.4.8.	Velocidad de diseño.....	19
	2.1.4.9.	Punto de desfogue.....	19
2.1.5.		Métodos para calcular el drenaje pluvial	19
	2.1.5.1.	Método de comparación.....	20
	2.1.5.2.	Método de procedimiento empírico	20
	2.1.5.3.	Método racional	20
2.1.6.		Caudal de diseño	21
	2.1.6.1.	Área tributaria	21
	2.1.6.2.	Tiempo de concentración de la cuenca	22
	2.1.6.3.	Intensidad de lluvia	22
	2.1.6.4.	Coeficiente de escorrentía	23
	2.1.6.5.	Período de retorno	23
2.1.7.		Diseño de secciones y pendientes	26
2.1.8.		Velocidad de flujo a sección llena	26
2.1.9.		Ejemplo de cálculo de tramo de alcantarillado pluvial	27
2.1.10.		Presupuesto	31
2.1.11.		Estudio de Impacto Ambiental.....	34
	2.1.11.1.	Definición	34
	2.1.11.2.	Estudio de Impacto Ambiental del proyecto de drenaje pluvial	34
	2.1.11.3.	Medidas de mitigación	35
	2.1.11.4.	Evaluación socioeconómica.....	35
		2.1.11.4.1. Valor Presente Neto... (VPN)	36
		2.1.11.4.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)	38
2.2.		Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea	

2.2.8.1.	Ecuación de Manning para flujo en canales	52
2.2.8.2.	Relaciones hidráulicas	53
2.2.9.	Parámetros de diseño hidráulico	56
2.2.9.1.	Coefficiente de rugosidad	56
2.2.9.2.	Sección llena y parcialmente llena.....	57
2.2.9.3.	Velocidad máxima y mínima	57
2.2.9.4.	Diámetro colector.....	60
2.2.9.5.	Profundidad del colector	60
2.2.9.5.1.	Profundidad mínima del colector.....	61
2.2.9.5.2.	Ancho de zanja	61
2.2.9.5.3.	Volumen de excavación .	65
2.2.9.5.4.	Cotas Invert.....	65
2.2.10.	Ubicación de pozos de visita	66
2.2.11.	Profundidad de los pozos de visita	66
2.2.12.	Características de las conexiones domiciliarias	71
2.2.13.	Ejemplo de cálculo de drenaje sanitario	72
2.2.14.	Propuesta de tratamiento	78
2.2.14.1.	Diseño de fosas sépticas	78
2.2.15.	Presupuesto	100
2.2.16.	Evaluación socioeconómica	102
2.2.17.	Valor Presente Neto (VPN)	102
2.2.18.	Tasa Interna de Retorno (TIR)	104
2.2.19.	Estudio de Impacto Ambiental.....	105
2.2.19.1.	Definición	105
2.2.19.2.	Estudio de Impacto Ambiental del proyecto de drenaje sanitario.....	105
2.2.19.3.	Medidas de mitigación	106

CONCLUSIONES.....	109
RECOMENDACIONES	111
BIBLIOGRAFÍA.....	113
APÉNDICES.....	115

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa de localización, aldea Zorzoya, San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez	2
2.	Tipos de tubería a utilizar	16
3.	Lluvia máxima diaria, período de retorno 10 años	25
4.	Tubería Novafort	60
5.	Tipos de zanja según estabilidad del suelo.....	62
6.	Fabricación de zanja	62
7.	Relleno de zanja	63
8.	Caso 1, pozos de visita	67
9.	Caso 2, pozos de visita	68
10.	Caso 3, pozos de visita	68
11.	Caso 5, pozos de visita	70
12.	Caso 6, pozos de visita	71

TABLAS

I.	Coordenadas geográficas y UTM	2
II.	Porcentaje de población.....	3
III.	Parámetros climáticos.....	4
IV.	Porcentajes de estudiantes por nivel académico	7
V.	Aplicación del período de retorno	24
VI.	Integración de costos de alcantarillado pluvial	32
VII.	Relaciones hidráulicas para sección circular	54

VIII.	Factores de rugosidad	56
IX.	Capacidad de tuberías Novafort a sección plena diámetros de 4” a 24”	58
X.	Profundidad mínima de tubería.....	61
XI.	Ancho de zanja	63
XII.	Integración de costos alcantarillado sanitario	101
XIII.	Matriz de Leopold modificada en la fase de construcción	107
XIV.	Matriz de Leopold modificada en la fase de operación.....	108

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
AT	Área total
Q	Caudal a sección llena
q dis	Caudal de diseño
Qm	Caudal medio
Qmd	Caudal medio diario
q	Caudal real a sección parcialmente llena
QT	Caudal total
C	Coefficiente de escorrentía
n	Coefficiente de rugosidad
CP	Cota piezométrica
CII	Cota Invert Inicial
CIF	Cota Invert Final
Est	Estación
FH	Factor de Harmond
Ha	Hectáreas
I	Intensidad de lluvia
Lts/hab/d	Litros por habitante al día
Lts/s	Litros por segundo
m/seg	Metros por segundo
mm/h	Milímetros por hora
S%	Pendiente en porcentaje
Po	Población inicial
Pf	Población futura

PV	Pozo de visita
PO	Punto observado
a/A	Relación de áreas
q/Q	Relación de caudales
v/V	Relación de velocidades
d/D	Relación de tirantes

GLOSARIO

Aeróbico	Condición en la cual hay presencia de aire u oxígeno libre.
Agua domiciliar	Son las aguas utilizadas en domicilio, es decir, las que ya han pasado por un proceso de contaminación.
Aguas pluviales	Son las aguas que provienen de las lluvias. Corren a través de las zonas urbanas y sus alrededores.
Agua servida	El agua que se desecha. Puede ser doméstica, comercial o industrial, también se les llama aguas negras.
Anaeróbico	Condición en la cual hay ausencia de aire u oxígeno libre.
Azimut	Es el ángulo formado por su dirección horizontal y la del norte verdadero, determinado astronómicamente.
Candela	Accesorio hidráulico donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que conduce al sistema de drenaje.

Colector	Conjunto de tuberías, canales, pozos de visita y obras accesorias para el desalojo de aguas negras o pluviales.
Cota Invert	Altura de la parte inferior del tubo ya instalado.
Descarga	Lugar hacia donde se vierten las aguas negras del sistema.
Diámetro	Línea recta que pasa por el centro y une dos puntos opuestos de una circunferencia, una superficie esférica o una curva cerrada.
Dotación	Estimación de la cantidad de agua que consume cada habitante por día.
Grava	Conjunto de materiales procedentes de erosiones meteorológicas que se encuentra en yacimientos.
Latitud	Distancia de un lugar al ecuador, determinada por el arco del meridiano que va de dicho lugar al ecuador.
Permeabilidad	Propiedad que tienen los suelos de dejar pasar el agua a través de sus poros.
Período de diseño	Período durante el cual el sistema prestará un servicio eficiente.

Planimetría	Parte de la topografía que enseña a medir las proyecciones horizontales de una superficie.
PVC	Es el producto de la polimerización del monómero de cloruro de vinilo a policloruro de vinilo. Es el derivado del plástico más versátil. Este se pueden producir mediante cuatro procesos diferentes: suspensión, emulsión, masa y solución.
Tirante	Altura de las aguas negras dentro de la alcantarilla.

RESUMEN

La aldea de Zorzoya, San Lucas Sacatepéquez, en el departamento de Sacatepéquez, posee áreas que carecen de los servicios básicos para la población, por lo cual se diagnosticaron, analizaron y priorizaron las necesidades de saneamiento ambiental, con el fin de aportar soluciones adecuadas, funcionales y de carácter técnico.

A través de la investigación monográfica y el diagnóstico de las necesidades de saneamiento ambiental de la población, se determinó que la aldea cuenta con un sistema de alcantarillado pluvial y sanitario, para disminuir la contaminación, erosión y enfermedades provocadas por las aguas pluviales y aguas residuales; asimismo es necesario complementar el mismo con un tratamiento primario para ser vertidas al cuerpo receptor, por lo que se realizarán ambos diseños basándose en especificaciones técnicas, factores de seguridad y normas de diseño para el correcto cálculo, cuidando de esta manera el medio ambiente existente en la zona.

OBJETIVOS

General

Diseñar la infraestructura para la conducción de las aguas pluviales y residuales para la aldea Zorzoya, San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez.

Específicos

1. Diseñar un sistema de alcantarillado pluvial.
2. Diseñar un sistema de alcantarillado sanitario.
3. Definir el tipo de tratamiento que se le dará a las aguas residuales.
4. Utilizar los códigos y normas para el diseño de ambos proyectos.
5. Capacitar en educación ambiental a los pobladores de la aldea.

INTRODUCCIÓN

El Ejercicio Profesional Supervisado se realizó en la Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez. Tomando en cuenta la información proporcionada por dicha dirección, la Oficina de Catastro y la Oficina de Aguas, sobre las necesidades y prioridades existentes en este municipio de acuerdo a los aspectos sociales, culturales y económicos.

Se puede concluir que el saneamiento ambiental de la aldea Zorzoya del municipio de San Lucas Sacatepéquez, departamento de Sacatepéquez es un problema actual, ya que no cuentan con un sistema de conducción de aguas pluviales y residuales ni un tratamiento para las mismas, como consecuencia se generan varios inconvenientes, entre los cuales se pueden mencionar: contaminación, malos olores, enfermedades gastrointestinales, insectos, etc.

El proyecto mejorará las condiciones actuales de saneamiento de la aldea, proveerá de una red de captación de aguas pluviales y residuales que además contarán con un tratamiento primario para luego ser descargadas al río. Dichos proyectos serán ejecutados con fondos designados por la municipalidad y los vecinos facilitarán el almacenamiento de los materiales, herramienta y equipo, además de proporcionar los servicios de energía eléctrica y agua potable.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de San Lucas, Sacatepéquez

El nombre del municipio está formado por dos palabras: San Lucas en honor a uno de los 12 apóstoles y Sacatepéquez que es una composición de los voces *náhuatl zacat* que significa hierba y *tepet* que quiere decir cerro, en conclusión el nombre completo significa “cerro de hierbas”.

1.1.1. Aspectos históricos de la comunidad

El municipio fue reconocido como tal, a partir del 11 de octubre de 1825 fecha en que la Asamblea Constituyente del Estado de Guatemala se formaba, por esa parte surgió también la primera Constitución Política que en la Ley 4ta. crea el Distrito No. 8 llamado Sacatepéquez que incluye a San Lucas Sacatepéquez.

1.1.2. Aspectos físicos

Tiene una extensión territorial de aproximadamente 24,5 kilómetros cuadrados (según datos obtenidos por la Unidad Técnica Jurídica en el 2001). Tiene una elevación en el valle de 2 100 msnm, con una cobertura vegetal superior al 60%. La zona de vida predominante en el municipio de San Lucas Sacatepéquez es el bosque húmedo Montano bajo subtropical.

1.1.3. Ubicación y localización

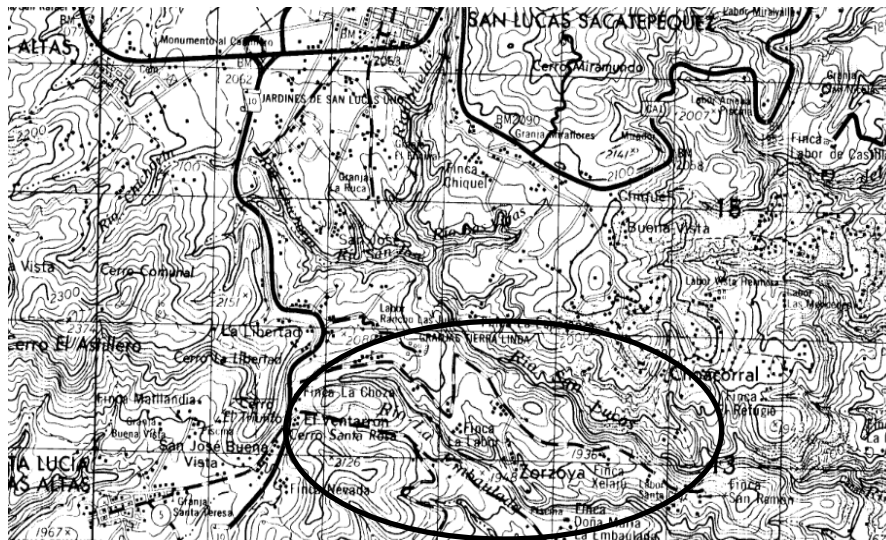
La distancia a la cabecera departamental Antigua Guatemala es de 14 kilómetros y a la ciudad capital es de 29 kilómetros. Las coordenadas son:

Tabla I. **Coordenadas geográficas y UTM**

Coordenadas geográficas	Coordenadas UTM	
14°36'35"N	X	175896,00564929913
	Y	1549780,3923160234
90°39'25"W	Zona	46
	Hemisferio	Norte

Fuente: <http://googleearth/aldeazorzoya.com>. Consulta: 16 de agosto de 2012.

Figura 1. **Mapa de localización, aldea Zorzoya, San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez**



Fuente: mapa 1:50,000 ciudad de Guatemala, Guatemala. Consulta: 17 de julio de 2013.

1.1.4. Población actual

El municipio de San Lucas Sacatepéquez cuenta con 25 798 pobladores aproximadamente entre hombre, mujeres y niños.

Tabla II. **Porcentaje de población**

	Porcentaje (%)
Hombres	48,97%
Mujeres	51,03%

Fuente: Departamento de Catastro, Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez.

1.1.5. Topografía

Su topografía es irregular, ya que pertenece al complejo montañoso del Altiplano Central. Las alturas oscilan entre 2 000 y 2 200 metros sobre el nivel del mar. Posee varios cerros y montañas. Entre los cerros más conocidos están: Lomalarga, Chimix, Santa Catarina, Chilayon, Buena Vista, Faldas de San Antonio, Alux, El Astillero, Loma de Manzanillo, Chinaj, La bandera, Alanzo, Cruz Grande. Mira mundo y Bella Vista. Las montañas Chimot, el ahorcado y Chicle.

1.1.6. Clima

Se caracteriza por tener un clima frío, una temperatura ambiente que oscila de los 12 a los 17 grados centígrados y una humedad elevada.

Tabla III. **Parámetros climáticos**

Temperatura media en °C	16,1
Temperatura máxima en °C	22,9
Temperatura mínima en °C	9,4
Temperatura máxima absoluta en °C	29,0
Temperatura mínima absoluta en °C	2,0
Lluvia en mm	1 406,5
Evaporación en mm	3,5
Humedad relativa en %	76,0
Brillo solar en horas	202,5
Radiación solar en Cal/cm2/min	0,34
Velocidad del viento en km/h	10,2
Dirección del viento	NE
Presión atmosférica en mmHG	640,4
Nubosidad en Octas	6,0

Fuente: INSIVUMEH. Consulta: 29 de julio de 2013

1.1.7. Colindancias

Colinda al norte con San Bartolomé Milpas Altas (Sacatepéquez), al sur con Santa Lucía Milpas Altas (Sacatepéquez), al este con Mixco (Guatemala) y al oeste con San Bartolomé Milpas Altas y Antigua Guatemala (Sacatepéquez).

1.1.8. Hidrología

El municipio de San Lucas Sacatepéquez se ubica dentro de la cuenca hidrográfica de los ríos María Linda, Motagua y Achiguate, San Lucas cuenta

con el paso de algunos ríos, los más conocidos por la población son río Chichorin, Chiteco, La Embaulada, Las Vigas, El Helado y San José.

1.1.9. Distribución territorial

Su distribución territorial consta de cuatro aldeas: Choacorrall, Zorzoya, El Manzanillo y La Embaulada, tres caseríos: San José, Chichorin y Chiquel, una comunidad agraria llamada Pachalí, diecisiete fincas entre las que destacan: La Suiza, La Cruz Grande, San Juan, Santa Marta, La Esmeralda, San Ramón, California, los Ángeles, Xelajú, Lourdes, y cincuenta granjas, las cuales pertenecen a familias capitalinas.

1.1.10. Fiesta titular

La fiesta titular se celebra del 17 al 19 de octubre, siendo el 18 el día principal, en honor a San Lucas Evangelista. Durante la fiesta se presentan los bailes folklóricos moros, torito y convite.

1.1.11. Aspectos de infraestructura

Son las obras civiles que sirven de soporte para el desarrollo de otras actividades y su funcionamiento.

1.1.11.1. Vías de acceso

Por la carretera Interamericana CA-1 o ruta nacional 1, de la capital al oeste son unos 14 km. al entronque al lado sur de la entrada a la cabecera municipal de Mixco. De allí a la cabecera de San Lucas Sacatepéquez hay

unos 13 km. Cuenta también con caminos, roderas y veredas que unen a sus poblados y propiedades rurales entre sí y con los municipios vecinos.

1.1.11.2. Tipología de las viviendas

El 74,92% de las viviendas del municipio están construidas con paredes de block, el 5,95% de madera, el 4,61% de lámina, el 3,84% de ladrillo y el 10,68% de otros materiales (concreto, adobe, bajareque). El 64,3% de las viviendas posee techo de lámina, el 23% losa fundida y el 12,7% otros materiales como teja y láminas de asbesto cemento.

1.1.11.3. Distribución de viviendas

El casco urbano y sus alrededores son los sectores con densidades poblacionales más altas, sin embargo, actualmente se están construyendo urbanizaciones y residenciales fuera del límite urbano del casco, incrementando la población en las aldeas.

1.1.12. Economía

La mayoría de la población se dedica a trabajar en la agricultura y negocios locales tales como tiendas de artículos de artesanía y ventas de comida. La mayor parte de las personas asalariadas laboran en industrias, tanto en las ubicadas cerca de la comunidad como las de la ciudad capital. Los pequeños cultivos son de maíz y frijol, pero la producción es solamente para consumo interno.

La comunidad tiene su principal potencialidad en el comercio, el cual posee un importante movimiento derivado del funcionamiento de cuatro centros

comerciales y por lo menos 285 negocios comerciales, incluyendo los locales del mercado del Monumento. Esto debido a que está rodeada por varias aldeas y es una población en constante crecimiento.

Por otro lado del total de viviendas el 80% son dueños de su vivienda y el otro 20% las reciben en usufructo o las alquilan.

1.1.13. Educación

El 87,81% de la población es alfabeto; mientras que el 12,19% es población analfabeta.

Tabla IV. **Porcentajes de estudiantes por nivel académico**

Educación	Porcentaje (%)
Pre-primaria	1,41 %
Primaria	55,88 %
Media	14,63 %
Diversificado	15,66 %
Universitaria	12,42 %

Fuente: Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez.

1.1.14. Agua potable

La municipalidad suministra los servicios de desarrollo municipal civil, dentro de los cuales cuenta con servicio de agua potable, del cual el 90% de la población tiene acceso a él y el 10% no lo posee, estos últimos se abastecen por medio de agua de pozo.

1.1.15. Energía eléctrica domiciliar

El 97% de la población cuenta con el servicio de energía eléctrica en su domicilio.

1.1.16. Alumbrado público

El 93% del municipio cuenta con alumbrado público, estando instalados en el casco urbano, aldeas y caseríos, así como residenciales y villas, cubriéndose las calles, avenidas y callejones.

1.1.17. Sistema de recolección de basura

La recolección de basura de los edificios públicos, la realiza personal de la municipalidad, por otro lado en el casco urbano, residenciales y algunas aldeas la realizan recolectores privados previamente autorizados por AMSA, el resto de la población utiliza terrenos baldíos y la rivera de los ríos para deshacerse de los desechos, un problema importante de atender.

1.1.18. Centros de salud

Los servicios médicos son prestados por un centro de salud, el cual cuenta con médicos residentes, enfermeras, auxiliares de enfermería y voluntarios, además de realizarse jornadas médicas regulares en el salón municipal o parroquial.

1.1.19. Disposición de aguas servidas

Únicamente el 50% de la población de la cabecera municipal cuenta con este servicio, el resto posee fosas sépticas o pozos ciegos.

1.2. Planteamiento del problema

Dentro de la problemática del saneamiento ambiental básico de las comunidades tienen enorme importancia: el suministro de agua potable y la recolección de aguas pluviales y residuales.

1.2.1. Principales necesidades detectadas

Cualquier población por pequeña que sea, debería contar como mínimo con los servicios de acueducto y alcantarillados, si se espera de ella un desarrollo social y económico y, ante todo, la reducción de las altas tasas de morbilidad y mortalidad en especial en la población infantil.

Las enfermedades hídricas (gastrointestinales) son causadas por elementos patógenos, perjudiciales para la salud humana, que utilizan como vectores el agua y otros agentes como moscas, zancudos, ratas y alimentos contaminados. Generalmente son originadas por descargas intestinales o contagio.

1.2.2. Descripción y evaluación de las necesidades detectadas

La falta de saneamiento ambiental genera enfermedades hídricas, contaminación y un deterioro del medio ambiente en la aldea Zorzoya.

El diseño del alcantarillado pluvial y sanitario recolectarán las aguas pluviales y residuales de la aldea Zorzoya y mejorará las condiciones actuales de la misma para la conservación del medio ambiente.

1.2.3. Priorización de las necesidades

- ✓ Adecuada disposición de excretas (alcantarillado sanitario)
- ✓ Adecuada recolección de aguas pluviales (alcantarillado pluvial)

Justificación: el diseño de un alcantarillado pluvial solventará las dificultades presentes en la aldea en los periodos climáticos de alta pluviosidad, además el alcantarillado sanitario tendría un impacto positivo ya que se esperaría disminuir los niveles de contaminación hídrica, malos olores y las enfermedades gastrointestinales que se presentan actualmente, en la mayoría de casos en menores de edad, los cuales son los más vulnerables a la problemática planteada, además de una evacuación segura y apropiada de las aguas residuales, que mejoraría las condiciones ambientales y sanitarias del lugar. Asimismo, las propuestas generaran una conciencia ambiental entre la población de la aldea sobre la conservación el medio ambiente existente.

Alcances: el diseño se basa en un análisis de las condiciones actuales de la aldea Zorzoya, evaluando su topografía y necesidades existentes entre sus habitantes, a fin de elaborar una propuesta de saneamiento ambiental adecuada a la realidad de la aldea.

Es importante mencionar que el diseño de los alcantarillados pluvial y sanitario serán de 8,0 kilómetros aproximadamente cada uno, que tendrán como fin primordial evitar las dificultades que se generan en los periodos climáticos de alta pluviosidad y devolver aguas residuales en mejores

condiciones, menos contaminadas con desechos sólidos al medio ambiente; es un proyecto idóneo para proporcionar una mejor condición de vida de los habitantes de la aldea, a fin de disminuir las tasas actuales de morbilidad y mortalidad de 70% y 40% respectivamente, a valores mucho menores.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño del sistema de alcantarillado pluvial para la aldea Zorzoya, San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez

El diseño del alcantarillado pluvial de la aldea Zorzoya, municipio de San Lucas Sacatepéquez, departamento de Sacatepéquez, se realizó con base en un estudio poblacional y un levantamiento topográfico.

2.1.1. Descripción del proyecto

La red tiene una línea principal con longitud de 8 000 metros aproximadamente, en los cuales se diseñaron 118 pozos de visita, los que se construirán según especificaciones del Instituto de Fomento Municipal(INFOM), como alturas mínimas, cotas Invert, etc. La tubería a utilizar será Novafort y Novaloc, tendrán diámetros de 10 a 54 pulgadas. Las pendientes en la tubería se tomaron de acuerdo a la pendiente del terreno, siempre y cuando ésta no provoque que la velocidad y caudales dentro de las alcantarillas estén fuera de especificaciones.

2.1.2. Levantamiento topográfico

Es el conjunto de operaciones que se necesita realizar para poder confeccionar una correcta representación gráfica planimétrica, de una extensión cualquiera de terreno, sin dejar de considerar las diferencias de cotas o desniveles que presente dicha extensión. Este es esencial para emplazar correctamente cualquier obra que se desee llevar a cabo, así como lo es para

elaborar cualquier proyecto. El equipo utilizado para el levantamiento topográfico fue: estación total TOPCON GTS 240 series, prisma TOPCON GTS 240 series, estadal de aluminio, plomada metálica, brújula y cinta métrica.

2.1.2.1. Planimetría

Es el estudio de métodos y procedimientos que tienden a conseguir la representación a escala de todos los detalles interesantes del terreno sobre una superficie plana (plano geometría), prescindiendo de su relieve y se representa en una proyección horizontal.

El método utilizado es a partir de un solo punto conocido, por proyección radial, que consiste en medir distancias horizontales y azimut, o ángulos horizontales.

2.1.2.2. Altimetría

Estudio de métodos y procedimientos para determinar y representar la altura o cota de cada punto respecto de un plano de referencia. Con la altimetría se consigue representar el relieve del terreno, (planos de curvas de nivel, perfiles, etc.).

El método utilizado es de ajuste y compensación, los datos de sensibilidad del nivel y los aumentos del anteojo fueron datos ingresados en la libreta electrónica, para realizar la compensación

2.1.3. Descripción del sistema a utilizar

En el diseño del sistema de alcantarillado pluvial para la aldea Zorzoya, San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez, se consideran varios aspectos como: la intensidad de lluvia, el área tributaria que llegaría a cada una de las tuberías y se aprovecharon las pendientes del terreno existentes en la aldea, entre otros.

Para el alcantarillado pluvial están excluidos los caudales de aguas residuales o servidas provenientes de las viviendas. Dicho sistema funcionará por medio de un de colector principal, rejillas y pozos de visita, el agua correrá superficialmente por tramos cortos sobre el centro de las calles y avenidas, que la conducirá hacia las rejillas, donde se introducirá al sistema, evitando así, erosión y socavamiento del suelo.

Se ha propuesto para este proyecto la utilización de un colector principal de Novafort y Novaloc (PVC) basándose en la Normas ASTM F949 y F2307 respectivamente, dichas tuberías poseen paredes estructuradas diseñadas con base en profundidades y cargas distribuidas. Dentro de los planos se especifican el diámetro de tubería a utilizar en cada tramo, la profundidad de la misma, así como la altura de los pozos de visita.

2.1.4. Normas y especificaciones de diseño de drenaje pluvial

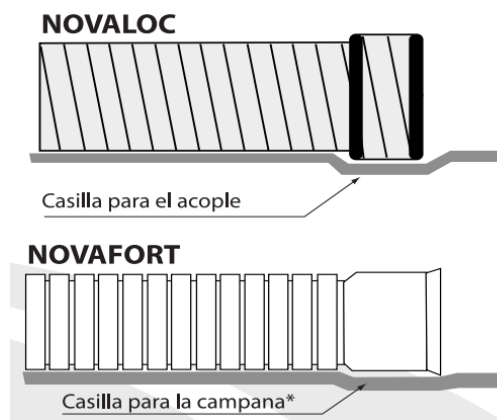
Para el diseño del sistema de alcantarillado pluvial se tomaron como base las Normas ASTM F949, F2307 y las normas que establece la Dirección General de Obras Públicas. Normas utilizadas y actualizadas por el INFOM, actual ente Coordinador de las Políticas de Agua y Saneamiento a nivel Nacional.

Asimismo, independiente al tipo de materiales y la forma de su construcción, las tuberías deben cumplir con especificaciones de fabricación y colocación, esto también se aplica al conjunto de elementos que la integran, tales como: cabezales, muros, rellenos, etc. Es esencial que el agua entre y salga por las tuberías en línea recta, pues cualquier cambio brusco de dirección en uno u otro extremo, provocará retardo en su circulación, esto se puede prevenir modificando la dirección del cauce, lo cual no es totalmente recomendable.

2.1.4.1. Tuberías

Las tuberías evacúan las aguas provenientes del centro de calles y cuencas definidas, las cuales pueden ser permanentes, riachuelos o variables como las aguas de lluvia. Los diámetros se dispondrán según los caudales que circularán a través de ellos y las pendientes del terreno, por lo que un sistema en conjunto puede poseer distintos diámetros en un solo tramo.

Figura 2. Tipos de tubería a utilizar



Fuente: Amanco. Manual de bolsillo Novas. p. 12.

2.1.4.2. Diámetro mínimo

El diámetro mínimo a utilizar en los sistemas de alcantarillado pluvial es de 8" en PVC y 10" en concreto.

2.1.4.3. Velocidades mínimas y máximas

Los criterios empleados para las velocidades mínimas y máximas, son las mismas que en las especificaciones de alcantarillado sanitario. Según las especificaciones técnicas del proveedor se pueden utilizar velocidades de 0.55 m/s a 5 m/s.

2.1.4.4. Profundidad de las tuberías

La profundidad mínima de coronamiento de la tubería, con referencia al nivel del terreno es de 1,00 metro. Considerando lo anterior como base, en el proyecto la altura mínima es de 1,00 metro. En el proyecto dependerá del diámetro de tubería que se instalará en cada tramo, a dicho dato habrá que agregarle 1,00 para el coronamiento.

2.1.4.5. Pozos de visita

Para los pozos de visita se siguen los mismos criterios especificados en los sistemas de alcantarillado sanitario. Se recomienda colocar pozos de visita en los siguientes casos:

- ✓ Cambio de diámetro
- ✓ Cambio de pendiente
- ✓ Cambios de dirección horizontal para diámetros menores de 24"

- ✓ Intersecciones de tuberías colectoras
- ✓ Extremos superiores de ramales iniciales
- ✓ A distancias no mayores de 100 metros en línea recta, en diámetros hasta de 24”.
- ✓ A distancias no mayores de 300 metros en diámetros superiores a 24”

Para dicho proyecto los pozos de visita se fabricarán con tubería de concreto de 42”, con un brocal de concreto en la parte superior y tapadera reforzada, dichas especificaciones se encuentran en el anexo de los planos.

2.1.4.6. Diseño de tragantes

Se consideran a los tragantes como aberturas colocadas en las cunetas, para absorber las aguas de tormenta y conducir las al colector principal de aguas pluviales. Se diseñan para asumir todo el caudal de escorrentía que pase por su punto de ubicación, y evitar la entrada de sólidos que puedan obstruir los conductos, de acuerdo a los siguientes criterios:

- ✓ En la parte baja, al final de cada cuadra, a 5,00 metros de la esquina
- ✓ En puntos donde se tenga un tirante de agua superior a 0,10 metros
- ✓ La distancia entre sumideros varía de acuerdo al tipo de calle y la intensidad de las lluvias de la zona.
- ✓ Se recomienda que el tirante de escorrentía no sea mayor a 0,03 metros en promedio o 0,10 metros en la boca.

2.1.4.7. Área de influencia

Es toda el área que abarca la cuenca, desde la divisoria de aguas más lejana, cuya pendiente permita que el agua escurra hasta el punto en estudio.

2.1.4.8. Velocidad de diseño

Para el cálculo de la velocidad de diseño, se utilizan los mismos criterios especificados en los sistemas de alcantarillado sanitario. Aplicando la ecuación de Manning para conocer la velocidad a sección llena y luego multiplicarla por la relación de velocidades v/V .

2.1.4.9. Punto de desfogue

Con base en el estudio se propone el río Las Vigas como punto específico para el desfogue de las aguas de lluvia recolectadas; esto es debido a la disposición topográfica con la que se cuenta en la aldea y tiene como propósito principal otorgar un servicio efectivo a través del desfogue inmediato de las aguas y disminuye sus costos el reducir las longitudes de tubería y el aumento de sus respectivos diámetros al ser incrementado sus caudales.

2.1.5. Métodos para calcular el drenaje pluvial

Existen varios métodos generales para determinar el tamaño necesario de una estructura de drenaje pluvial:

- ✓ Observar si existe ya una estructura en el lugar u otro cercano, si existiera, hacer un estudio de su eficiencia años atrás.
- ✓ Basándose en registros de precipitaciones pluviales anteriores de la cuenca y de una frecuencia determinada, luego usando fórmulas empíricas o racionales, para determinar el gasto máximo del escurrimiento y la rapidez con la cual llega al lugar elegido en la estructura.

2.1.5.1. Método de comparación

Es el más práctico para determinar el diámetro de una alcantarilla, se investiga la estructura vieja existente (aguas arriba y aguas abajo). En proyectos existentes se analizaron probables canalizaciones, revestir cunetas, esviaje y vegetación de la cuenca.

2.1.5.2. Método de procedimiento empírico

Debido a la simplicidad del cálculo se usa la ecuación de Talbot, la cual fue basada en observaciones en el medio oeste de los Estados Unidos; no toma en cuenta la intensidad de la lluvia ni la del escurrimiento.

$$A = 0,183 * C * M^{3/4}$$

Donde:

A = sección en mts²

M = área drenada en hectáreas

C = coeficiente

2.1.5.3. Método racional

En este método se asume que el caudal máximo para un punto dado se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía superficial, durante un período de precipitación máxima (diseño), debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana para llegar hasta el punto considerado (tiempo de concentración).

Para la utilización de este método se hace necesario el empleo de suficientes datos de precipitación, es el mejor de los métodos, ya que da resultados más confiables. Dicho método fue el utilizado para el cálculo del sistema de alcantarillado pluvial, obteniendo los datos necesarios en el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH).

2.1.6. Caudal de diseño

Para la determinación del caudal pluvial se usará el Método Racional; cuya fórmula general es la siguiente:

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Donde:

Q = caudal en m³/s

C = relación entre la escorrentía y la cantidad de lluvia caída

I = intensidad de lluvia en mm/hora

A = área en hectáreas

2.1.6.1. Área tributaria

Área total que contribuye a que la precipitación escurra superficialmente sobre el suelo desde la divisoria de aguas hasta el punto en estudio es decir que contribuye a formar la escorrentía, se toma en hectáreas. Para el cálculo de la misma se tomó en cuenta un ancho promedió de 35 metros, luego multiplicándolo por la longitud del tramo, para convertirlo en hectáreas.

$$\text{Área tributaria} = \frac{35\text{m} * 74,10\text{m}}{10\ 000\text{m}} = 0.26 \text{ ha}$$

2.1.6.2. Tiempo de concentración de la cuenca

El tiempo de concentración es el tiempo en minutos que tarda una gota de agua en escurrir desde el punto más lejano de la cuenta hasta el punto en estudio. En tramos iniciales, el tiempo de concentración será de 12,00 minutos. Cuando varios ramales lleguen a un punto se tomará el tiempo de concentración mayor. En los siguientes tramos, el tiempo de concentración se estima por la fórmula siguiente:

$$T_c = T_1 + \frac{L}{60 * V_1}$$

Donde:

T_c = tiempo de concentración hasta el tramo considerado

T_1 = tiempo de concentración hasta el tramo anterior

L = longitud del tramo anterior

V_1 = velocidad a sección llena en el tramo anterior

2.1.6.3. Intensidad de lluvia

La intensidad de lluvia es el espesor de la capa de agua llovida durante cierta cantidad de tiempo suponiendo que toda el agua permanece en su sitio. En este trabajo, la intensidad de lluvia se determinó de acuerdo a las curvas de intensidad de lluvia del INSIVUMEH, basado en el promedio de las dos estaciones pluviométricas más cercanas al proyecto, la estación del

INSIVUMEH de la zona 13, ciudad de Guatemala y la estación Suiza Contenta, Sacatepéquez.

La intensidad de lluvia con una probabilidad de ocurrencia de 30 años es:

$$I = \frac{1\ 111,67}{0,60 + t_c^{0.73}} = \text{mm/hr}$$

2.1.6.4. Coeficiente de escorrentía

Gran cantidad de agua de lluvia que cae sobre el suelo se evapora, o infiltra, el coeficiente de escorrentía mide el porcentaje del volumen precipitado que circula sobre la superficie analizada. Es diferente para cada tipo de suelo, a mayor impermeabilidad, mayor será este coeficiente, el cual se calcula así:

$$C = \frac{(c * a)}{a}$$

Donde:

C = coeficiente de escorrentía en un área parcial

A = coeficiente de escorrentía promedio del área drenada

2.1.6.5. Período de retorno

El período de retorno es la inversa de la probabilidad de que se presente la lluvia de diseño de un determinado intervalo de tiempo. A mayor período de retorno, mayor intensidad de lluvia.

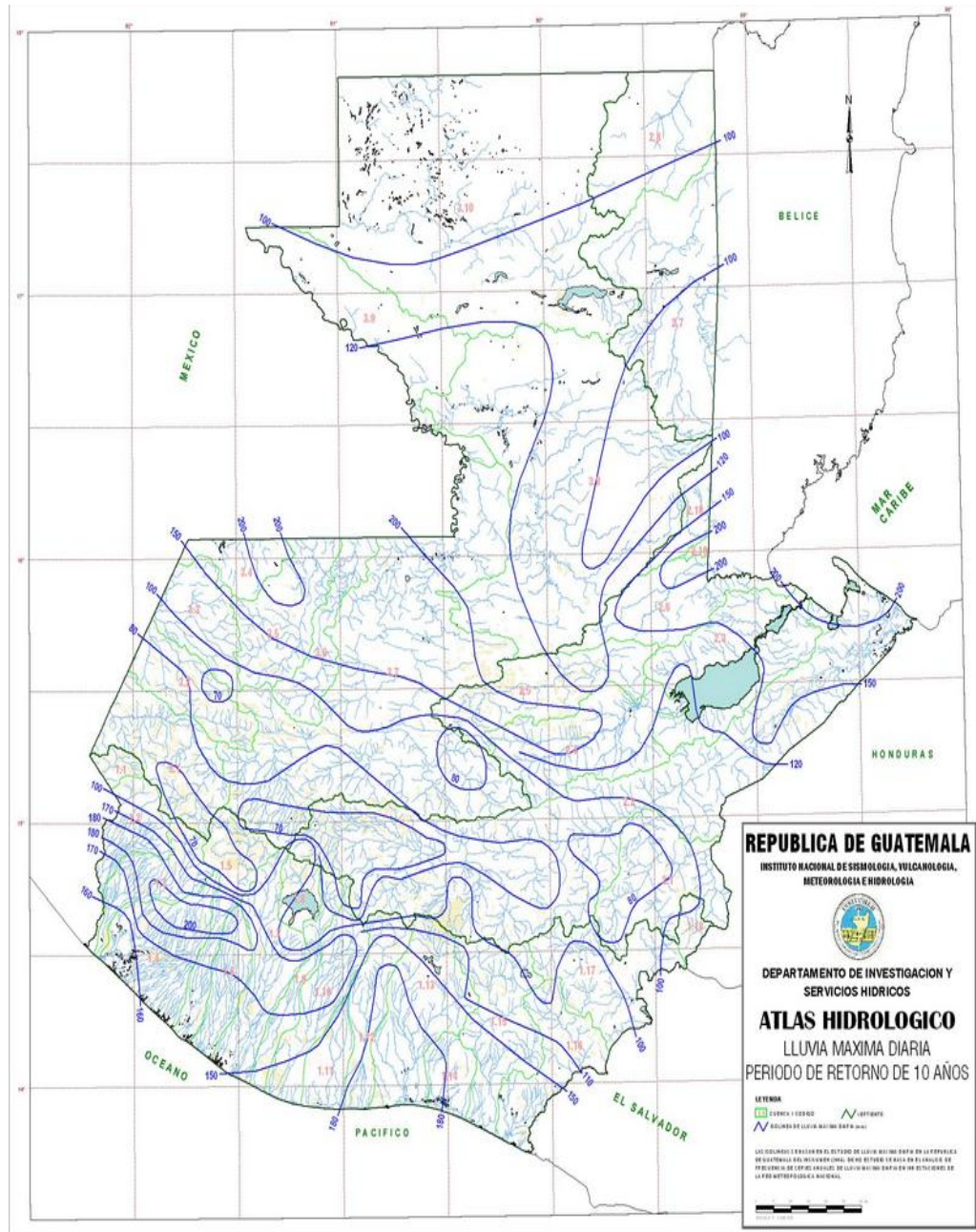
Tabla V. **Aplicación del período de retorno**

Período de retorno	Idoneidad de aplicación
T = 5 años	Zonas de baja riqueza del suelo, de baja densidad demográfica (si se permiten inundaciones)
T = 10 años	Zonas de riqueza media del suelo, zonas de residencia habitual
T = 20-25 años	Zonas de alto valor del suelo, zonas históricas (en las que sería necesario protección especial)
T = 25 años	Emisarios y colectores principales

Fuente: INSIVUMEH. Consulta: 29 de agosto de 2012

Para este proyecto se aplica un período de retorno de 10 años, basándose en la incidencia de ocurrencia de los fenómenos naturales y las condiciones climatológicas del área.

Figura 3. **Lluvia máxima diaria, período de retorno 10 años**



Fuente: Atlas hidrológico 2002, Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH). Consulta: 25 de enero de 2013

2.1.7. Diseño de secciones y pendientes

La pendiente del terreno está dada por la diferencia de alturas del terreno dividida entre la distancia del tramo y todo eso multiplicado por 100, así:

$$S\% = \frac{\text{Cota final} - \text{Cota inicial}}{\text{Longitud del tramo}} * 100$$

2.1.8. Velocidad de flujo a sección llena

La velocidad del flujo a sección llena se calculó con la ecuación de Manning así:

$$V = \frac{0,03429 * \phi^{\frac{2}{3}} * \bar{S}}{n}$$

Donde:

V = velocidad del flujo a sección llena en mts/s

D = diámetro de la sección circular en pulgadas

S = pendiente de la gradiente hidráulica en m/m

n = coeficiente de rugosidad de Manning

El coeficiente de rugosidad de Manning para tuberías de 24" y menores es de 0,010 y para tubería mayor de 24", es de 0,009 según especificaciones técnicas para tubería Novafort y Novaloc.

2.1.9. Ejemplo de cálculo de tramo de alcantarillado pluvial

✓ Parámetros adoptados en el diseño pluvial

Tipo de sistema empleado	Por gravedad
Período de diseño	30 años
Población actual	1040 habitantes
Población futura (2043)	2 599 habitantes
Tasa de crecimiento poblacional	3,1% (dato obtenido del INE)
No. De viviendas existentes	104
Densidad de la población	10 habitantes/vivienda
Factor de rugosidad (n)	0,010
Coeficiente de Hazen y Williams	140 en tubería PVC
Tiempo inicial de concentración	12 minutos

Se procedió a calcular el tramo entre dos pozos de visita, ubicado sobre la calle principal de la aldea, siendo este del PV 19 al PV 20. Procedimiento:

✓ Cota de terreno

$$PV\ 19 = 100,40\ m$$

$$PV\ 20 = 99,74\ m$$

✓ Distancia entre pozos

$$DH = 63,40\ m$$

$$DH = 63,4 - 0,60 = 62,80\ m$$

- ✓ Pendiente del terreno

$$S_t = \frac{100,40 - 99,74}{62,80} * 100 = 1,05\%$$

- ✓ Área tributaria

$$\begin{aligned} \text{Local} &= 0,22 \text{ Ha} \\ \text{Acumulada} &= 4,83 \text{ Ha} \end{aligned}$$

- ✓ Tiempo de concentración (t)

$$T_c = T_{c_{\text{inicial}}} = 12,00 \text{ min}$$

- ✓ Intensidad de lluvia (I)

$$I = \frac{1\,111,67}{0,60 + T_c^{0,73}}$$

$$I = \frac{1\,111,67}{0,60 + 12^{0,73}} = 174,87 \text{ mm/hr}$$

- ✓ Caudal de diseño (Q_{dis})

$$Q_{dis} = \frac{C * I * A * 1\,000}{360}$$

$$Q_{dis} = \frac{0,6300 * 174,87 * 4,83 * 1\,000}{360} = 1\,478,44 \text{ l/s}$$

- ✓ Diámetro propuesto

$$\phi = 30''$$

- ✓ Pendiente propuesta de tubería (S_{tub})

$$S_{tub} = 1,05\%$$

- ✓ Velocidad a sección llena V_{ST}

$$V_{ST} = \frac{0,03429 * \phi^2 * \overline{S_{tub}}}{n}$$

$$V_{ST} = \frac{0,03429 * 30^2 * \overline{0,0105}}{0,010} = 3,39 \text{ m s}$$

- ✓ Área de tubería a sección llena A_{ST}

$$A_{ST} = 0,0005067 * \phi^2$$

$$A_{ST} = 0,0005067 * 30^2 = 0,45603 \text{ m}^2$$

- ✓ Caudal de tubería a sección llena Q_{ST}

$$Q_{ST} = V_{ST} * A_{ST} * 1000$$

$$Q_{ST} = 3,39 \text{ m s} * 0,45603 \text{ m}^2 * 1000 = 1545,941 \text{ l s}$$

- ✓ Relación hidráulica $\frac{q}{Q}$

$$\frac{q}{Q} = \frac{1\,478,44}{1\,545,94} = 0,956337$$

- ✓ Relación hidráulica $\frac{d}{D}$ (según tablas)

$$\frac{d}{D} = 0,790$$

- ✓ Relación hidráulica $\frac{v}{V}$ (según tablas)

$$\frac{v}{V} = 1,140$$

- ✓ Velocidad de diseño v

$$v = \text{Rel} \frac{v}{V} V_{ST}$$

$$v = 1,140 * 3,39 \text{ m}_s = 3,8646 \text{ m}_s$$

Según especificaciones técnicas del fabricante la tubería trabaja en excelentes condiciones con velocidades de hasta 5 m/s.

- ✓ Cotas Invert

$$CIS = CIE - 0,03$$

$$CIS = 97,73 - 0,03 = 97,70$$

$$CIE = CIS - S_{tub} * Dist. - 1$$

$$CIE = 97,70 - 0,0105 * 62,80 - 1 = 97,05 \text{ m}$$

✓ Altura de pozos

$$Inicio = Cota \text{ terreno inicial} - CIS$$

$$Inicio = 100,4 - 97,70 = 2,70 \text{ mts}$$

$$Final = Cota \text{ terreno final} - CIE$$

$$Final = 99,74 - 97,05 = 2,69 \text{ m}$$

Los cálculos hidráulicos de todo el diseño se encuentran tabulados en el anexo No. 4 y 5.

2.1.10. Presupuesto

En el presupuesto del proyecto no se incluyó mano de obra ya que la municipalidad cuenta con maestros de obra, albañiles y ayudantes contratados en planilla, por lo cual dichos datos siempre son excluidos del cálculo de costos de todos los proyectos.

Los precios de los materiales se tomaron de los proveedores autorizados por la municipalidad, actualizados a la fecha y colocados en obra, además las fianzas y seguros se calcularon con un 4 % y los gastos administrativos con un 29 % incluyendo un porcentaje del 15 % de indirectos.

Tabla VI. Integración de costos alcantarillado pluvial

CUADRO DE INTEGRACIÓN DE COSTOS						
NOMBRE PROYECTO:		ALCANTARILLADO PLUVIAL, ALDEA ZORZOYA				
MUNICIPIO:		SAN LUCAS				
DEPARTAMENTO:		SACATEPEQUEZ				
ALCANTARILLADO PLUVIAL						
No.		GRUPO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	TRABAJOS PRELIMINARES					
1.1	Replanteo de topografía	TRABAJOS PRELIMINARES	8111.44	ml	Q0.59	Q4,785.75
1.2	Trazo y excavación de zanja	TRABAJOS PRELIMINARES	8111.44	m3	Q1.79	Q14,519.48
2	INSTALACIÓN DE TUBERÍA					
2.1	Colocación de tubería Novafort de 10"	INSTALACIÓN DE TUBERIA	549.57	ml	Q248.02	Q136,304.35
2.2	Colocación de tubería Novafort 12"	INSTALACIÓN DE TUBERIA	338.77	ml	Q320.90	Q108,711.29
2.3	Colocación de tubería Novafort 15"	INSTALACIÓN DE TUBERIA	905.78	ml	Q481.63	Q436,250.82
2.4	Colocación de tubería Novafort 18"	INSTALACIÓN DE TUBERIA	1330.68	ml	Q774.23	Q1,030,252.38
2.5	Colocación de tubería Novaloc 21"	INSTALACIÓN DE TUBERIA	524.65	ml	Q881.38	Q462,416.02
2.6	Colocación de tubería Novafort 24"	INSTALACIÓN DE TUBERIA	701.70	ml	Q1,195.89	Q839,156.01
2.7	Colocación de tubería Novaloc 27"	INSTALACIÓN DE TUBERIA	481.78	ml	Q2,086.15	Q1,005,065.35
2.8	Colocación de tubería Novafort 30"	INSTALACIÓN DE TUBERIA	842.72	ml	Q1,974.02	Q1,663,546.13
2.9	Colocación de tubería Novaloc 33"	INSTALACIÓN DE TUBERIA	377.60	ml	Q2,620.97	Q989,678.27
2.10	Colocación de tubería Novafort 36"	INSTALACIÓN DE TUBERIA	447.38	ml	Q2,682.90	Q1,200,275.80
2.11	Colocación de tubería Novaloc 39"	INSTALACIÓN DE TUBERIA	183.28	ml	Q3,038.32	Q556,863.29
2.12	Colocación de tubería Novaloc 42"	INSTALACIÓN DE TUBERIA	335.60	ml	Q3,204.49	Q1,075,426.84

Continuación de la tabla VI.

2.13	Colocación de tubería Novaloc 48"	INSTALACIÓN DE TUBERÍA	443.10	ml	Q3,717.51	Q1,647,228.68
2.14	Relleno y compactación de zanja	INSTALACIÓN DE TUBERÍA	8111.44	m3	Q5.18	Q42,017.26
3	POZOS DE VISITA					
3.1	Trazo y excavación de pozos de visita	POZOS DE VISITA	164.92	m3	Q52.70	Q8,691.47
3.2	Fabricación de pozos de visita h = 1,20 a h = 2,0 metros con tubería de concreto de 42"	POZOS DE VISITA	31.00	UNIDAD	Q1,003.34	Q31,103.54
3.3	Fabricación de pozos de visita h = 2,01 a h = 3,0 metros con tubería de concreto de 42"	POZOS DE VISITA	19.00	UNIDAD	Q1,353.05	Q25,707.95
3.4	Fabricación de pozos de visita h = 3,01 a h = 4,0 metros con tubería de concreto de 42"	POZOS DE VISITA	18.00	UNIDAD	Q1,705.47	Q30,698.46
3.5	Fabricación de pozos de visita h = 4,01 a h = 5,0 metros con tubería de concreto de 42"	POZOS DE VISITA	14.00	UNIDAD	Q2,067.36	Q28,943.04
3.6	Fabricación de pozos de visita h = 5,01 a h = 6,0 metros con tubería de concreto de 42"	POZOS DE VISITA	6.00	UNIDAD	Q2,509.67	Q15,058.02
3.7	Fabricación de pozos de visita h = 6,01 a h = 7,0 metros con tubería de concreto de 42"	POZOS DE VISITA	10.00	UNIDAD	Q2,801.35	Q28,013.50
3.8	Fabricación de pozos de visita h = 7,01 a h = 8,0 metros con tubería de concreto de 42"	POZOS DE VISITA	20.00	UNIDAD	Q3,101.08	Q62,021.60
3.9	Traslado de material sobrante	POZOS DE VISITA	164.92	m3	Q145.29	Q23,961.74
SUBTOTAL						Q11,466,697.04
	Fianzas y seguros					Q458,667.88
	Gastos administrativos					Q3,325,342.14
GRAN TOTAL						Q 15,250,707.06

Fuente: elaboración propia.

2.1.11. Estudio de Impacto Ambiental

En todo proyecto de ingeniería es crucial identificar el impacto que éste representa contra el bienestar social y ambiental, por lo cual se considera lo siguiente:

2.1.11.1. Definición

El Estudio de Impacto Ambiental (EIA), es un proceso formal empleado para predecir las consecuencias ambientales de una propuesta o la ejecución de un proyecto. Este se ha empleado a diversos proyectos y ha dado lugar a la aparición de numerables técnicas nuevas, como los Estudios de Impacto Sanitario y Social.

El EIA describe de manera pormenorizada las características de un proyecto, así como las actividades que se pretenden llevar a cabo. Proporcionará los antecedentes que permitirán la predicción, identificación e interpretación de su impacto ambiental y las acciones que ejecutará para impedir o minimizar sus efectos.

2.1.11.2. Estudio de Impacto Ambiental del proyecto de drenaje pluvial

Actualmente se han visto afectados los caminos principales y secundarios de la aldea, ya que las aguas de lluvia que corren sobre la superficie erosionan el suelo, provocando socavación, un aspecto negativo para el ambiente. Dicho estudio se realizó utilizando la matriz de Leopold en las etapas de construcción y operación.

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

Como impacto ambiental positivo se podría mencionar la eliminación de aguas pluviales que fluyen y erosionan el suelo del lugar, recolectándolas por medio de rejillas ubicadas a distancias regulares y conduciéndolas por el sistema de alcantarillado al punto de desfogue.

2.1.11.3. Medidas de mitigación

Las medidas de mitigación son un conjunto de acciones para aminorar o eliminar el impacto de las amenazas naturales, mediante la reducción de la vulnerabilidad física, funcional o social del sistema.

- ✓ Al ejecutarse el proyecto, el material que sea removido para la instalación de tubería y pozos de visita será depositado en lugares establecidos con anterioridad para evitar que obstaculicen el paso de los vecinos y además será protegido con plástico para que las partículas no generen contaminación cuando existan vientos fuertes.

2.1.11.4. Evaluación socioeconómica

Esta es de suma importancia en todo proyecto de ingeniería, ya que si un proyecto es eficiente pero no económico, redundará en gastos de operación más altos, lo cual implica que a la larga el proyecto no será factible.

Existen dos conceptos fundamentales con los cuales hay que estar familiarizados para poder hacer una evaluación socioeconómica, el Valor Presente Neto y la Tasa Interna de Retorno.

2.1.11.4.1. Valor Presente Neto (VPN)

El Valor Presente Neto (VPN) es el método más conocido a la hora de evaluar proyectos de inversión a largo plazo. El VPN permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero: maximizar la inversión.

El VPN permite determinar si dicha inversión puede incrementar o reducir el valor de inversión. Ese cambio en el valor estimado puede ser positivo, negativo o continuar igual. Si es positivo significará que el valor de la firma tendrá un incremento equivalente al valor del VPN.

Si es negativo, quiere decir que la firma reducirá su riqueza en el valor que arroje el VPN. Si el resultado del VPN es cero, la empresa no modificará el monto de su valor.

$$VPN < 0; \quad VPN = 0; \quad VPN > 0$$

Este es una alternativa para la toma de decisiones de inversión, lo cual permite determinar de ante mano si una inversión vale la pena o no, y no hacer así malas inversiones que provoquen en un futuro pérdidas.

Cuando el $VPN < 0$, y el resultado es un valor negativo muy grande alejado de cero, está alertando que el proyecto no es rentable. Cuando el $VPN = 0$ está indicando que exactamente se está generando el porcentaje de utilidad que se desea, y cuando el $VPN > 0$, está indicando que la opción es rentable y que

inclusive podría incrementarse el porcentaje de utilidad. Las ecuaciones utilizadas para calcular el VPN son:

$$P = F \frac{1}{1 + i^n - 1}$$

$$P = A \frac{1 + i^n - 1}{i * 1 + i^n}$$

Donde:

P = valor de pago único en el valor inicial a la operación, o valor presente.

F = valor de pago único al final del período de la operación, o valor de pago futuro.

A = valor de pago uniforme en un período determinado o valor de pago constante o renta, de ingreso o egreso.

i = tasa de interés de cobro por la operación, o tasa de utilidad por la inversión a una solución.

✓ Datos del proyecto

Costo total del proyecto =	Q. 11 352 256,75
Costo total del mantenimiento anual =	Q. 12 000,00
Ingreso promedio anual =	Q. 10 000,00
Tasa de interés anual =	10%
Vida útil del proyecto =	30 años

$$VPN = -11\,352\,256,75 + 10\,000 * \frac{1,10^{30} - 1}{0,10 \cdot 1,10^{30}} - 12\,000 * \frac{1,10^{30} - 1}{0,10 \cdot 1,10^{30}}$$

$$VPN = -Q.11\ 371\ 110,58$$

2.1.11.4.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno TIR, es la que iguala el VPN a cero. La TIR, también es conocida como la tasa de rentabilidad producto de la reinversión de los flujos netos de efectivo dentro de la operación propia del negocio y se expresa en porcentaje. También es conocida como tasa crítica de rentabilidad cuando se compara con la tasa mínima de rendimiento requerida (tasa de descuento), para un proyecto de inversión específico.

La evaluación de los proyectos de inversión cuando se hace con base en el TIR, toman como referencia la tasa de descuento. Si el TIR es mayor que la tasa de descuento, el proyecto se debe aceptar, pues estima un rendimiento mayor al mínimo requerido, siempre y cuando se reinviertan los flujos netos de efectivo. Por el contrario, si el TIR es menor que la tasa de descuento, el proyecto se debe rechazar pues estima un rendimiento menor al mínimo requerido.

Lo que se busca es un dato que sea menor al dato buscado y otro que sea mayor y así poder interpolar de la siguiente manera:

Tasa 1 =	No existe
Tasa 2 =	1%
VPN (+) =	No existe
VPN (-) =	- Q. 11257987,61

$$TIR = \frac{\text{Tasa 1} + \text{Tasa 2} * \frac{\text{VPN} + - \text{VPN} -}{\text{VPN} + - \text{VPN} -}}{\text{VPN} + - \text{VPN} -} + \text{Tasa 2}$$

Debido a que el proyecto es de beneficio social, éste no genera ingresos a la municipalidad, no hay probabilidad de TIR, ya que no existe ninguna tasa de interés que de un VPN positivo.

2.2. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Zorzoya, San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez

En el diseño del alcantarillado sanitario de la aldea Zorzoya, municipio de San Lucas Sacatepéquez, departamento de Sacatepéquez, se realizó, un estudio poblacional y un levantamiento topográfico, en lo que se refiere a altimetría y planimetría.

2.2.1. Descripción del proyecto

La red tiene una línea principal con longitud de 8 000 metros aproximadamente, en los cuales se diseñaron 118 pozos de visita, los que se construirán según especificaciones del INFOM, como lo son alturas mínimas, cotas Invert, etc. La tubería a utilizar será Novafort de PVC y tendrá un diámetro de 6 pulgadas. Las pendientes en la tubería se tomaron de acuerdo a la pendiente del terreno, siempre y cuando ésta no provoque que la velocidad y caudales dentro de las alcantarillas estén fuera de especificaciones.

2.2.2. Levantamiento topográfico

El equipo utilizado para el levantamiento topográfico fue: estación total TOPCON GTS 240 series, prisma TOPCON GTS 240 series, estadal de aluminio, plomada metálica, brújula y cinta métrica.

2.2.2.1. Planimetría

El método utilizado es a partir de un solo punto conocido, por proyección radial, que consiste en medir distancias horizontales y azimut, o ángulos horizontales.

2.2.2.2. Altimetría

El método utilizado es de ajuste y compensación, los datos de sensibilidad del nivel y los aumentos del anteojo fueron datos ingresados en la libreta electrónica, para realizar dicha compensación.

2.2.3. Descripción del sistema a utilizar

De acuerdo con su finalidad, existen tres tipos básicos de alcantarillado; la selección de cada uno, dependerá de un estudio minucioso de factores, tanto topográficos como funcionales, pero quizá el más importante es el económico, debido al lugar donde se quiere construir; estos sistemas son:

- ✓ Sanitario
- ✓ Separativo
- ✓ Combinado

Se utilizará un sistema sanitario, ya que en poblaciones que nunca han contado con un sistema anterior al que se está diseñando, generalmente se proyecta uno de este tipo.

Este sistema consiste en una tubería para la recolección y conducción de las aguas negras, quedando de esa forma excluidos los caudales de aguas de lluvia provenientes de calles, techos y otras superficies.

2.2.4. Partes del alcantarillado

Se denomina alcantarillado al sistema de estructuras y tuberías utilizados para la recolección y transporte de las aguas residuales de una población desde el lugar en que se generan hasta el sitio en que se vierten al medio natural o se tratan.

2.2.4.1. Colector

Es el conducto principal. Se ubica generalmente en el centro de las calles. Transporta todas las aguas servidas provenientes de las edificaciones hasta su disposición final, ya sea hacia una planta de tratamiento, o a un cuerpo receptor. Generalmente son secciones circulares, de diámetros determinados en el diseño, de PVC o concreto. El trayecto, comúnmente obligatorio, es subterráneo.

2.2.4.2. Pozo de visita

Los pozos de visita son parte de las obras accesorias de un alcantarillado y son empleadas como medio de inspección y limpieza. Según las normas generales para el diseño de alcantarillado del Instituto de Fomento Municipal, se recomienda colocar pozos de visita en los siguientes casos:

- ✓ Cambio de diámetro
- ✓ Cambio de pendiente

- ✓ Cambios de dirección horizontal para diámetros menores de 24”
- ✓ Intersecciones de tuberías colectoras
- ✓ Extremos superiores de ramales iniciales
- ✓ A distancias no mayores de 100 metros en línea recta, en diámetros hasta de 24”.
- ✓ A distancias no mayores de 300 metros en diámetros superiores a 24”

Los pozos tienen en su parte superior un marco y una tapa de hierro fundida o de concreto, con una abertura de 0.50 a 0.60 m. El marco descansa sobre las paredes que se ensanchan con este diámetro hasta llegar a la alcantarilla, su profundidad es variable y sus paredes suelen ser construidas de ladrillo, de barro cocido, cuando son pequeños y de hormigón cuando son muy grandes.

El fondo de los pozos de visita se hace regularmente con hormigón, dándole a la cara superior una ligera pendiente hacia el canal abierto o a los canales que forman la continuación de los tubos de la alcantarilla.

Los pozos para dicho proyecto se construirán con tubería de concreto de 42”, colocándose un brocal de concreto reforzado en la parte superior y tapadera con forma circular, ya que es la manera en que los trabaja la municipalidad actualmente.

2.2.4.3. Conexiones domiciliarias

Son subestructuras que tienen el propósito de descargar todas las aguas provenientes de las viviendas o edificaciones y conducir las al colector principal o a un punto de desagüe. Ordinariamente al construir un sistema de alcantarillado, es costumbre establecer y dejar prevista una conexión en Y o en

T, en cada lote edificado o en cada lugar donde haya que conectar un desagüe doméstico.

Las conexiones deben taparse e impermeabilizarse, para evitar la entrada de las aguas subterráneas y raíces.

2.2.5. 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, pudiendo proyectarlo para realizar su función en un período de 20 a 40 años, a partir de la fecha que se realice el diseño, y tomando en cuenta las limitaciones económicas y la vida útil de los materiales, lo cual se puede determinar por Normas del INFOM.

Aunque por lo general el período de diseño es un criterio que adopta el diseñador según sea la conveniencia del proyecto, se da un margen de 1 año adicional por motivo de gestión para obtener el financiamiento e iniciar la construcción del mismo.

El período de diseño para dicho proyecto está proyectado a 30 años, un promedio de los márgenes que nos indica el INFOM.

2.2.6. Población futura

El crecimiento de una población, desde un determinado momento en el tiempo t y durante un período de tiempo n , es la diferencia entre la población existente al final de dicho periodo de tiempo y la población que había al principio.

2.2.6.1. Método geométrico

El método geométrico consiste en suponer que el crecimiento de la comunidad es en todo instante proporcional a su población, es decir que responde a la ecuación:

$$P = P_0 (1 + R)^n$$

Donde:

P = población

P₀ = población del último censo

R = tasa de crecimiento (dato obtenido del INE)

n = período de diseño

Tan sólo debe aplicarse a comunidades en plena dinámica de crecimiento, con grandes posibilidades de desarrollo y horizontes libres. Se aplica dicho método para el cálculo de la población futura de la aldea Zorzoya, tomando en cuenta la población actual y la tasa de crecimiento proporcionada por el INE.

$$P = 1\ 040 (1 + 0,031)^{30} = 2,598.92 \text{ habitantes}$$

2.2.7. Determinación de caudales

Son los caudales que contribuyen al sistema de alcantarillado sanitario, dependiendo de las características de la población en estudio.

2.2.7.1. Población tributaria

En sistemas de alcantarillados sanitarios y combinados, la población que tributará caudales al sistema, se calcula con los métodos de estimación de

población futura, generalmente empleados en ingeniería sanitaria. La población tributaria por casa se calcula con base al número de habitantes dividido entre el número total de casas a servir.

2.2.7.2. Dotación de agua potable

La dotación está relacionada íntimamente con la demanda que necesita una población específica para satisfacer sus necesidades primarias. Esto significa que dotación, es la cantidad de agua que necesita un habitante en un día, para satisfacer sus demandas biológicas. Es por esta razón que la dimensional de la dotación viene dada en litros/habitante/día. La dotación está en función de la categoría de la población:

- ✓ Municipalidades de 3a a 4a categoría: 50 l/h/d
- ✓ Municipalidades de 2a categoría: 90 l/h/d
- ✓ Municipalidades de 1a categoría: 250 – 300 l/h/d

Según el Departamento de Aguas de la Municipalidad, que es el ente encargado de distribuir el agua potable a la población, la dotación es de 200 l/h/d, además de ser el dato que indica el INFOM. La Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez, se encuentra clasificada en la primera categoría.

2.2.7.3. Factor de retorno

Este factor se determina bajo el criterio del uso del agua potable, en ningún caso retorna el 100% al alcantarillado, debido a que hay actividades donde el agua se infiltra al suelo o se evapora, entre el 10% y el 30 %, distinta al 80 % y 90%, que después de ser utilizada es desfogada al sistema.

Para dicha población conociendo sus características y el uso que le dan al agua, en conjunto con el departamento de aguas de la municipalidad se le asignó un factor de retorno de 0,90.

2.2.7.4. Caudal sanitario

Compuesto por los caudales: domiciliario, industrial, comercial, conexiones ilícitas e infiltración.

2.2.7.4.1. Caudal domiciliario

Lo constituye el agua que ha sido utilizada para actividades como la limpieza de alimentos, el aseo personal, etc. y que es conducida a la red de alcantarillado. Este tipo de caudal se relaciona directamente con la dotación de agua potable.

El caudal domiciliario se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{\text{dom}} = \frac{\text{Dot} * \text{No. hab} * \text{F. R.}}{86\ 400}$$

Donde:

Q_{dom} = caudal domiciliario

No. Hab = número de habitantes futuras del tramo

Dot = dotación (L/hab/día)

F.R. = factor de retorno

86 400 = constante

Calculando el caudal domiciliar total, incluyendo a toda la población actual, es:

$$Q_{\text{dom}} = \frac{200 * 1\ 040 * 0,90}{86\ 400} = 2,17 \text{ l/s}$$

2.2.7.4.2. Caudal industrial

Es el agua proveniente del interior de todas las industrias existentes en el lugar, como procesadoras de alimentos, fábrica de textiles, licoreras, etc. Si no se cuenta con el dato de la dotación de agua suministrada, se puede computar dependiendo del tipo de industria, entre 1 000 y 18 000 l/i/d.

Para el proyecto, por el tamaño de la población y las condiciones de la aldea, dicho caudal no existe, ya que no se cuenta con ningún tipo de industria en el sector.

2.2.7.4.3. Caudal comercial

Es el agua que ha sido utilizada por comercios, hoteles, restaurantes, oficinas, etc. La dotación comercial varía entre 600 y 3 000 L/comercio/día, dependiendo del tipo de comercio.

$$Q_{\text{com}} = \frac{\text{Dot} * \text{No. comercios}}{86\ 400}$$

Donde:

Qcom = caudal comercial

No. comercios = número de comercios

Dot = dotación (L/hab/día)
86 400 = constante

Para el proyecto, por el tamaño de la población y las condiciones actuales de la aldea, dicho caudal no existe, ya que no se cuenta con ningún tipo de comercio.

2.2.7.4.4. Caudal por conexiones ilícitas

Este se da porque las viviendas no cuentan con un sistema de alcantarillado pluvial, por lo que algunos pobladores conectan las aguas pluviales al sistema de alcantarillado sanitario. Existen varios métodos para la estimación de este caudal, siendo estos: el método racional, Asociación de Ingenieros Sanitarios de Colombia y las normas del INFOM.

$$Q_{ci} = 25\%Q_{dom}$$

Debido al control de las conexiones existentes y solicitadas a la municipalidad, por medio del departamento de aguas, este caudal no fue considerado, ya que se tiene un estricto control.

2.2.7.4.5. Caudal por infiltración

Es el caudal que se infiltra en el drenaje, el cual depende de las profundidades del nivel freático del agua y de la tubería, de la permeabilidad del terreno, el tipo de junta, la calidad de mano de obra utilizada y de la supervisión técnica de la construcción.

- ✓ Para tuberías que quedarán sobre el nivel freático:

Tuberías de PVC: $Q_{inf} = 0,01 * \text{diámetro en pulgadas}$

- ✓ Para tuberías que quedarán bajo el nivel freático:

Tuberías de PVC: $Q_{inf} = 0,02 * \text{diámetro en pulgadas}$

Para este proyecto se utilizó la estimación para tuberías que quedarán sobre el nivel freático.

2.2.7.5. Caudal medio

Es la suma de todos los caudales provenientes de las industrias, comercios, viviendas, conexiones ilícitas e infiltración, descartando todo aquel caudal que no contribuya al sistema; se obtiene su valor de la siguiente ecuación:

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

2.2.7.6. Factor de caudal medio

Se obtiene de la relación entre el caudal medio y el número de habitantes futuros incluidos en el sistema. El caudal medio es la sumatoria de todos los caudales incluidos en el diseño.

Este factor debe estar dentro de 0,002 a 0,005, según INFOM, de lo contrario debe aproximarse al más cercano.

$$f_{qm} = \frac{Q_{\text{medio}}}{\text{No. habitantes}}$$

Donde:

f_{qm} = factor de caudal medio

No. habitantes = número de habitantes

El valor de caudal medio, es aceptable en nuestro medio, obteniéndolo de las siguientes formas:

- ✓ Según Dirección General de Obras Públicas, (DGOP):

$$f_{qm} = \frac{Q_{\text{medio}}}{\text{No. hab}}; \quad 0,002 \leq f_{qm} \leq 0,005$$

- ✓ Según Municipalidad de Guatemala:

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

Para el proyecto se utilizó la ecuación brindada por el INFOM, utilizando el caudal medio y el número de habitantes.

$$f_{qm} = \frac{2,17 \text{ l/s}}{1\ 040 \text{ hab}} = 0,002$$

2.2.7.7. Factor de Harmond

Incrementa el caudal debido a la posibilidad que en determinado momento una gran cantidad de usuarios utilicen el sistema, lo cual congestionaría el flujo

de agua residual. También es denominado factor instantáneo. Es adimensional y se obtiene de la siguiente ecuación:

$$FH = \frac{18 + \frac{\text{No. hab}}{1\,000}}{4 + \frac{\text{No. hab}}{1\,000}}$$

El factor de Harmond es adimensional y se encuentra entre el rango de valores de 1,5 a 4,5. Aplicando la ecuación, se puede obtener el siguiente factor para la población actual de la aldea.

$$FH = \frac{18 + \frac{1\,040}{1\,000}}{4 + \frac{1\,040}{1\,000}} = 3,79$$

2.2.7.8. Caudal de diseño

Es el que se determina para establecer qué cantidad de caudal puede transportar el sistema, en cualquier punto en todo el recorrido de la red, siendo éste el que establecerá las condiciones hidráulicas sobre las que se realizará el diseño del alcantarillado. Se obtiene de multiplicar el factor de Harmond con el factor de caudal medio y el número de habitantes, expresado mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{Dis}} = FH * f_{\text{qm}} * \text{Hab} = 3,79 * 0,002 * 1\,040 = 7,88 \text{ l/s}$$

Donde:

Q_{dis} = caudal de diseño (l/s).

Fqm = factor de caudal medio

FH = factor de Harmond

Hab = número de habitantes contribuyentes a la tubería

2.2.8. Fundamentos hidráulicos

El principio básico para el buen funcionamiento de un sistema de alcantarillado sanitario, es transportar las aguas negras por la tubería como si fuese un canal abierto, funcionando por gravedad y cuyo flujo está determinado por la rugosidad del material y por la pendiente del canal.

Particularmente para sistemas de alcantarillado sanitario, se emplean canales circulares cerrados, y para no provocar ninguna molestia se construyen subterráneos, estando la superficie del agua afectada solamente por la presión atmosférica y por muy pocas presiones provocadas por los gases de la materia en descomposición que dichos caudales transportan.

2.2.8.1. Ecuación de Manning para flujo en canales

Para encontrar valores que determinen la velocidad y caudal que se conducen en un canal, desde hace años se han propuesto fórmulas experimentales, en las cuales se involucran los factores que más afectan el flujo de las aguas en el conducto. Se encontraron fórmulas según las cuales existía un coeficiente C, el cual era tomado como una constante, pero se comprobó que es una variable que dependía de la rugosidad del material utilizado, de la velocidad y del radio medio hidráulico, por lo tanto, no se definía con exactitud la ley de la fricción de los fluidos. La ecuación de Manning se define de la siguiente manera:

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

Donde:

V = velocidad (m/s)

D = diámetro de tubería (pulgadas)

S = pendiente del terreno

n = coeficiente de rugosidad, depende del tipo de material de la tubería

2.2.8.2. Relaciones hidráulicas

- ✓ Relación q/Q: relación que determina qué porcentaje del caudal pasa con respecto al máximo posible, $q_{\text{diseño}} < Q_{\text{sección llena}}$
- ✓ Relación v/V: relación entre la velocidad del flujo a sección parcial y la velocidad del flujo a sección llena. Para hallar este valor se utilizan las tablas de relaciones hidráulicas, según el valor de q/Q. Una vez encontrada la relación de velocidades se puede determinar la velocidad parcial dentro de la tubería.
- ✓ Relación d/D: relación entre la altura del flujo dentro de la tubería (tirante) y el diámetro de la tubería. Se determina a través de las tablas de relaciones hidráulicas, según el valor de q/Q. La relación d/D debe estar comprendida dentro de $0,10 \leq \frac{d}{D} \leq 0,75$.

Tabla VII. **Relaciones hidráulicas para sección circular**

d/D	a/A	v/V	q/Q
0,01000	0,00170	0,08800	0,00015
0,01250	0,02370	0,10300	0,00024
0,01500	0,00310	0,11600	0,00036
0,01750	0,00390	0,12900	0,00050
0,02000	0,00480	0,14100	0,00067
0,02250	0,00570	0,15200	0,00087
0,02500	0,00670	0,16300	0,00108
0,02750	0,00770	0,17400	0,00134
0,03000	0,00870	0,18400	0,00161
0,03250	0,00990	0,19400	0,00191
0,03500	0,01100	0,20300	0,00223
0,03750	0,01220	0,21200	0,00258
0,04000	0,01340	0,22100	0,00223
0,04250	0,01470	0,23000	0,00338
0,04500	0,01600	0,23900	0,00382
0,04750	0,01730	0,24800	0,00430
0,05000	0,01870	0,25600	0,00479
0,05250	0,02010	0,26400	0,00531
0,05500	0,02150	0,27300	0,00588
0,05750	0,02300	0,27100	0,00646
0,06000	0,02450	0,28900	0,00708
0,06250	0,02600	0,29700	0,00773
0,06500	0,02760	0,30500	0,00841
0,06750	0,02920	0,31200	0,00910
0,07000	0,03080	0,32000	0,00985
0,07250	0,03230	0,32700	0,01057
0,07500	0,03410	0,33400	0,01138
0,07750	0,03580	0,34100	0,01219
0,08000	0,03750	0,34800	0,01304
0,08250	0,03920	0,35500	0,01392
0,08500	0,04100	0,36100	0,01479
0,08750	0,04280	0,36800	0,01574
0,09000	0,04460	0,37500	0,01672
0,09250	0,04640	0,38100	0,01792

Continuación de la tabla VII.

d/D	a/A	v/V	q/Q
0,10250	0,05400	0,40800	0,02202
0,10500	0,05580	0,41400	0,02312
0,10750	0,05780	0,42000	0,02429
0,11000	0,05990	0,42600	0,02550
0,11250	0,06190	0,43200	0,02672
0,11500	0,06390	0,43900	0,02804
0,11750	0,06590	0,44400	0,02926
0,12000	0,06800	0,45000	0,03059
0,12250	0,07010	0,45600	0,03194
0,12500	0,07210	0,46300	0,03340
0,12750	0,07430	0,46800	0,03475
0,13000	0,07640	0,47300	0,03614
0,13250	0,07860	0,47900	0,03763
0,13500	0,08070	0,48400	0,03906
0,13750	0,08290	0,49000	0,04062
0,14000	0,08510	0,49500	0,04212
0,14250	0,08730	0,50100	0,04375
0,14500	0,08950	0,50700	0,04570
0,14750	0,09130	0,51100	0,04665
0,15000	0,09410	0,51700	0,04863
0,15250	0,09640	0,52200	0,05031
0,15500	0,09860	0,52800	0,05208
0,15750	0,10100	0,53300	0,05381
0,16000	0,10330	0,53800	0,05556
0,16500	0,10800	0,54800	0,05916
0,17000	0,11360	0,56000	0,06359
0,17500	0,11750	0,56800	0,06677
0,18000	0,12240	0,57700	0,07063
0,18500	0,12730	0,58700	0,07474
0,19000	0,13230	0,69600	0,07885
0,19500	0,13730	0,60500	0,08304

Fuente: URETA L., Robert. Elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular, p. 1.

2.2.9. Parámetros de diseño hidráulico

Los parámetros hidráulicos que son importantes en todos los tipos de redes de alcantarillado: rugosidad, diámetro mínimo, fuerzas de fricción, velocidad mínima, velocidad máxima y caudales.

2.2.9.1. Coeficiente de rugosidad

La fabricación de tuberías para la construcción de sistemas de alcantarillado sanitario, cada vez es realizada por más y más empresas, teniendo que realizar pruebas actualmente que determinen un factor para establecer cuán lisa o rugosa es la superficie interna de la tubería. Manejando parámetros de rugosidad para diferentes materiales y diámetros, ya estipulados por instituciones que regula la construcción de alcantarillados sanitarios. Entre los cuales se puede mencionar:

Tabla VIII. Factores de rugosidad

MATERIAL	FACTOR DE RUGOSIDAD
Superficie de mortero de cemento	0,011-0,013
Mampostería	0,017-0,030
Tubo de concreto diámetro menor de 24"	0,011-0,016
Tubo de concreto diámetro mayor de 24"	0,013-0,018
Tubo de asbesto cemento	0,009-0,011
Tubería de PVC	0,006-0,011
Tubería de hierro galvanizado	0,013-0,015

Fuente: Amanco. Manual de bolsillo Novas. p. 6.

2.2.9.2. Sección llena y parcialmente llena

El principio fundamental de un sistema de alcantarillado sanitario, como se ha mencionado con anterioridad, es que funcionan como canales abiertos (sección parcial) y nunca funcionan a sección llena. En consecuencia, el caudal de diseño jamás será mayor que el caudal a sección llena.

El caudal que transportará el tubo a sección llena, se obtiene con la siguiente ecuación:

$$Q = V * A \qquad A = \frac{\pi}{4} D^2$$

Donde:

Q = caudal en m³ s

V = velocidad en m s

A = área de tubería m²

2.2.9.3. Velocidad máxima y mínima

Las normas generales para diseño de alcantarillados del INFOM, establecen el rango de velocidades permisibles en tubería de PVC:

- ✓ Velocidad máxima con el caudal de diseño 2,5 m/s
- ✓ Velocidad mínima con el caudal de diseño 0,60 m/s
- ✓ Velocidad según especificaciones técnicas del fabricante 0,39 m/s hasta 5,0 m/s, dicha información se encuentra en la tabla siguiente.

Tabla IX. Capacidad de tuberías Novafort a sección plena diámetros de 4" a 24"

DIÁMETRO	100mm (4")		150mm (6")		200mm (8")		250mm (10")	
	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	V (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)
0.1	2.4	0.30	7.0	0.39	15.0	0.48	27.2	0.55
0.2	3.4	0.43	9.9	0.56	21.2	0.67	38.5	0.78
0.3	4.1	0.52	12.1	0.68	26.0	0.83	47.1	0.96
0.4	4.8	0.60	13.9	0.79	30.0	0.95	54.4	1.11
0.5	5.3	0.67	15.6	0.88	33.6	1.07	60.8	1.24
0.6	5.8	0.74	17.1	0.96	36.8	1.17	66.6	1.36
0.7	6.3	0.80	18.4	1.04	39.7	1.26	71.9	1.46
0.8	6.7	0.85	19.7	1.11	42.5	1.35	76.9	1.57
0.9	7.1	0.90	20.9	1.18	45.1	1.43	81.6	1.66
1.0	7.5	0.95	22.0	1.25	47.5	1.51	86.0	1.75
1.1	7.9	1.00	23.1	1.31	49.8	1.58	90.2	1.84
1.2	8.2	1.04	24.1	1.36	52.0	1.65	94.2	1.92
1.3	8.6	1.09	25	1.42	54.2	1.72	98.0	2.00
1.4	8.9	1.13	26.1	1.47	56.2	1.79	101.7	2.07
1.5	9.2	1.17	27.0	1.53	58.2	1.85	105.3	2.14
1.6	9.5	1.20	27.9	1.58	60.1	1.91	108.8	2.21
1.7	9.8	1.24	28.7	1.62	61.9	1.97	112.1	2.28
1.8	10.1	1.28	29.6	1.67	63.7	2.02	115.3	2.35
1.9	10.4	1.31	30.4	1.72	65.5	2.08	118.8	2.41
2.0	10.6	1.35	31.2	1.76	67.2	2.13	121.6	2.48
2.1	10.9	1.38	31.9	1.80	68.8	2.19	124.6	2.54
2.2	11.2	1.41	32.7	1.85	70.5	2.24	127.5	2.60
2.3	11.4	1.44	33.4	1.89	72.0	2.29	130.4	2.65
2.4	11.7	1.47	34.1	1.93	73.6	2.34	133.2	2.71
2.5	11.9	1.51	34.8	1.97	75.1	2.39	136.0	2.77
2.6	12.1	1.53	35.5	2.01	76.6	2.43	138.7	2.82
2.7	12.4	1.56	36.2	2.05	78.1	2.48	141.3	2.88
2.8	12.6	1.59	36.9	2.08	79.5	2.53	143.9	2.93
2.9	12.8	1.62	37.5	2.12	80.9	2.57	146.4	2.98
3.0	13.0	1.65	38.2	2.16	82.3	2.61	148.9	3.03
3.1	13.2	1.68	38.8	2.19	83.6	2.66	151.4	3.08
3.2	13.5	1.70	39.4	2.23	85.0	2.70	153.8	3.13
3.3	13.7	1.73	40.0	2.26	86.3	2.74	156.2	3.18
3.4	13.9	1.76	40.6	2.30	87.6	2.78	158.6	3.23
3.5	14.1	1.78	41.2	2.33	88.9	2.82	160.9	3.27
3.6	14.3	1.81	41.8	2.36	90.1	2.86	163.2	3.32
3.7	14.5	1.83	42.4	2.40	91.4	2.90	165.4	3.37
3.8	14.7	1.86	43.0	2.43	92.6	2.94	167.6	3.41
3.9	14.9	1.88	43.5	2.46	93.8	2.98	169.8	3.46
4.0	15.0	1.90	44.1	2.49	95.0	3.02	172.0	3.50
4.1	15.2	1.93	44.6	2.52	96.2	3.06	174.1	3.54
4.2	15.4	1.95	45.2	2.55	97.4	3.09	176.2	3.59
4.3	15.6	1.97	45.7	2.58	98.5	3.13	178.3	3.63
4.4	15.8	2.00	46.2	2.61	99.6	3.17	180.4	3.67
4.5	16.0	2.02	46.7	2.64	100.8	3.20	182.4	3.71
4.6	16.1	2.04	47.3	2.67	101.9	3.24	184.4	3.75
4.7	16.3	2.06	47.8	2.70	103.0	3.27	186.4	3.79
4.8	16.5	2.09	48.3	2.73	104.1	3.31	188.4	3.83
4.9	16.6	2.11	48.8	2.76	105.2	3.24	190.3	3.87
5.0	16.8	2.13	49.3	2.78	106.2	3.37	192.3	3.91

Continuación de la tabla IX

DIÁMETRO	300mm (12")		375mm (15")		450mm (18")		600mm (24")	
	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)	Q (l/s)	v (m/s)
0.1	43.2	0.62	74.1	0.71	127.0	0.81	275.6	0.99
0.2	61.1	0.88	104.8	1.01	179.6	1.15	389.8	1.40
0.3	74.9	1.08	128.3	1.23	220.0	1.41	477.4	1.71
0.4	86.5	1.24	148.2	1.42	254.0	1.63	551.3	1.98
0.5	96.7	1.39	165.7	1.59	284.0	1.82	616.3	2.21
0.6	105.9	1.52	181.5	1.74	311.1	1.99	675.2	2.42
0.7	114.4	1.64	196.0	1.88	336.0	2.15	729.2	2.61
0.8	122.3	1.76	209.5	2.01	359.2	2.30	779.6	2.79
0.9	129.7	1.86	222.2	2.13	381.0	2.44	826.9	2.96
1.0	136.7	1.97	234.3	2.25	401.6	2.57	871.6	3.12
1.1	143.4	2.06	245.7	2.36	421.3	2.70	914.2	3.28
1.2	149.8	2.15	256.6	2.46	440.0	2.82	954.8	3.42
1.3	155.9	2.24	267.1	2.56	458.0	2.93	993.8	3.56
1.4	161.8	2.33	277.2	2.66	475.2	3.04	1031.3	3.70
1.5	167.4	2.41	286.9	2.75	491.9	3.15	1067.5	3.83
1.6	172.9	2.49	296.3	2.84	508.1	3.25	1102.5	3.95
1.7	178.3	2.56	305.4	2.93	523.7	3.36	1136.4	4.07
1.8	183.4	2.64	314.3	3.02	538.9	3.45	1169.4	4.19
1.9	188.5	2.71	322.9	3.10	553.6	3.55	1201.4	4.31
2.0	193.3	2.78	331.3	3.18	568.0	3.64	1232.7	4.42
2.1	198.1	2.85	339.5	3.26	582.0	3.73	1263.1	4.53
2.2	202.8	2.92	347.5	3.34	595.7	3.82	1292.8	4.63
2.3	207.3	2.98	355.3	3.41	609.1	3.90	1321.9	4.74
2.4	211.8	3.04	362.9	3.48	622.2	3.99	1350.3	4.84
2.5	216.2	3.11	370.4	3.56	635.1	4.07	1378.1	4.94
2.6	220.5	3.17	377.7	3.63	647.6	4.15		
2.7	224.7	3.23	384.9	3.70	660.0	4.23		
2.8	228.8	3.29	392.0	3.76	671.2	4.31		
2.9	232.8	3.35	398.9	3.83	6894.0	4.38		
3.0	236.8	3.40	405.8	3.89	695.7	4.46		
3.1	240.7	3.46	412.5	3.96	707.2	4.53		
3.2	244.6	3.52	419.1	4.02	718.5	4.60		
3.3	248.4	3.57	425.6	4.09	729.6	4.67		
3.4	252.1	3.62	432.0	4.15	740.6	4.74		
3.5	255.8	3.68	438.3	4.21	751.4	4.81		
3.6	259.4	3.73	444.5	4.27	762.1	4.88		
3.7	263.0	3.78	450.6	4.33	772.6	4.95		
3.8	266.5	3.83	456.7	4.38				
3.9	270.0	3.88	462.6	4.44				
4.0	273.4	3.93	468.5	4.50				
4.1	276.8	3.98	474.4	4.55				
4.2	280.2	4.03	480.1	4.61				
4.3	283.5	4.08	485.8	4.66				
4.4	286.8	4.12	491.4	4.72				
4.5	290.0	4.17	497.0	4.77				
4.6	293.2	4.22	502.4	4.82				
4.7	296.4	4.26	507.9	4.88				
4.8	299.5	4.31	513.3	4.93				
4.9	302.6	4.35	518.6	4.98				
5.0	307.7	4.39						

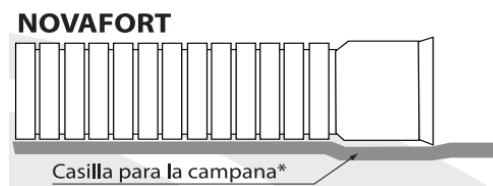
Fuente: Amanco. Manual de diseño. p. 12.

2.2.9.4. Diámetro colector

El diámetro de la tubería es una de las partes a calcular y se deben seguir ciertas normas para evitar que la tubería se obstruya. Las normas del INFOM, indican que el diámetro mínimo a colocar para sistemas de alcantarillado sanitario será de 8" en el caso de tubería de concreto y de 6" para tubería de PVC.

Para conexiones domiciliarias, se puede utilizar un diámetro de 6" para tubería de concreto y 4" para tubería de PVC, formando ángulo de 45° en el sentido de la corriente del colector principal.

Figura 4. Tubería Novafort



Fuente: Amanco. Manual de bolsillo Novas. p. 8.

2.2.9.5. Profundidad del colector

La profundidad de la línea principal o colector, se dará en función de la pendiente del terreno, la velocidad del flujo, el caudal transportado y el tirante hidráulico. Asimismo, se debe tomar en cuenta que se debe considerar una altura mínima que permita proteger el sistema de las cargas de tránsito, de las inclemencias del tiempo y de los accidentes fortuitos.

2.2.9.5.1. Profundidad mínima del colector

La profundidad mínima de los colectores depende de los aspectos ya mencionados. Además se debe considerar el tipo de tránsito, ya sea liviano o pesado, al cual se podría someter dicho colector. A continuación, algunas profundidades mínimas para la colocación del colector, desde la superficie del terreno hasta la parte superior extrema de la tubería, en cualquier punto de su extensión.

Tabla X. Profundidad mínima de tubería

Diámetro	8"	10"	12"	16"	18"	21"	24"	30"	36"
Tránsito normal	1,20	1,25	1,35	1,40	1,50	1,60	1,65	1,85	2,00
Tránsito pesado	1,40	1,45	1,55	1,50	1,70	1,80	1,85	2,05	2,20

Fuente: Amanco. Manual de bolsillo Novas. p. 8.

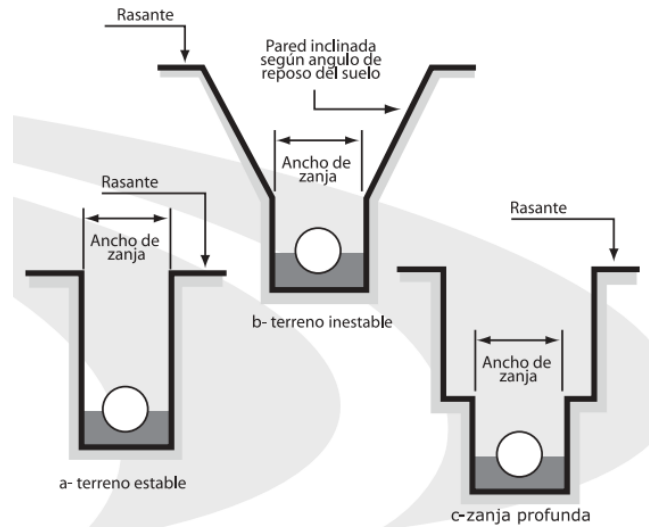
Para este proyecto en particular, se considera un tránsito normal, ya que la aldea es pequeña.

2.2.9.5.2. Ancho de zanja

Para alcanzar la profundidad donde se encuentre el colector, se deben hacer excavaciones a cada cierta distancia (pozos de visita), en la dirección que se determinó en la topografía de la red general; la profundidad de estas zanjas está condicionada por el diámetro y profundidad requerida por la tubería que se va a usar. Se presenta a continuación una tabla que muestra anchos de zanjas

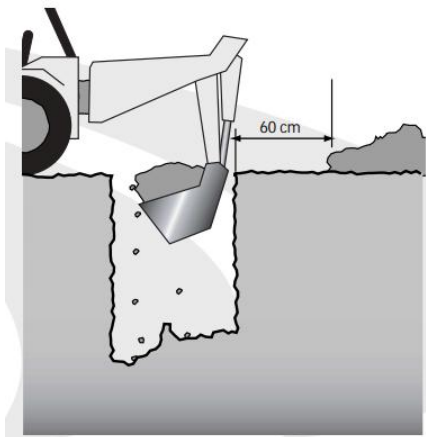
aconsejables, en función del diámetro y de las alturas a excavar. Cuidar que el material extraído se coloque a 0,60 mts mínimo de la zanja.

Figura 5. **Tipos de zanja según estabilidad del suelo**



Fuente: Amanco. Manual de bolsillo Novas. p. 7.

Figura 6. **Fabricación de zanja**



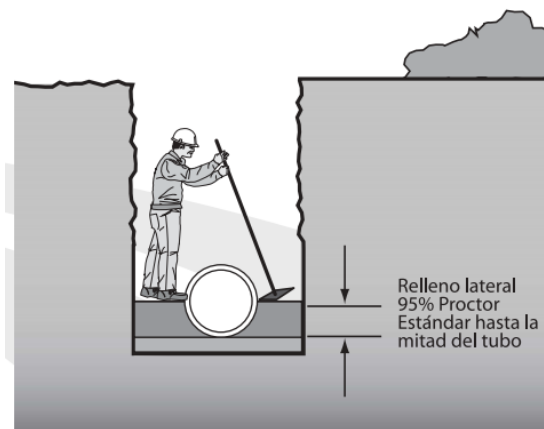
Fuente: Amanco, Manual de bolsillo Novas. p. 5.

Tabla XI. Ancho de zanja

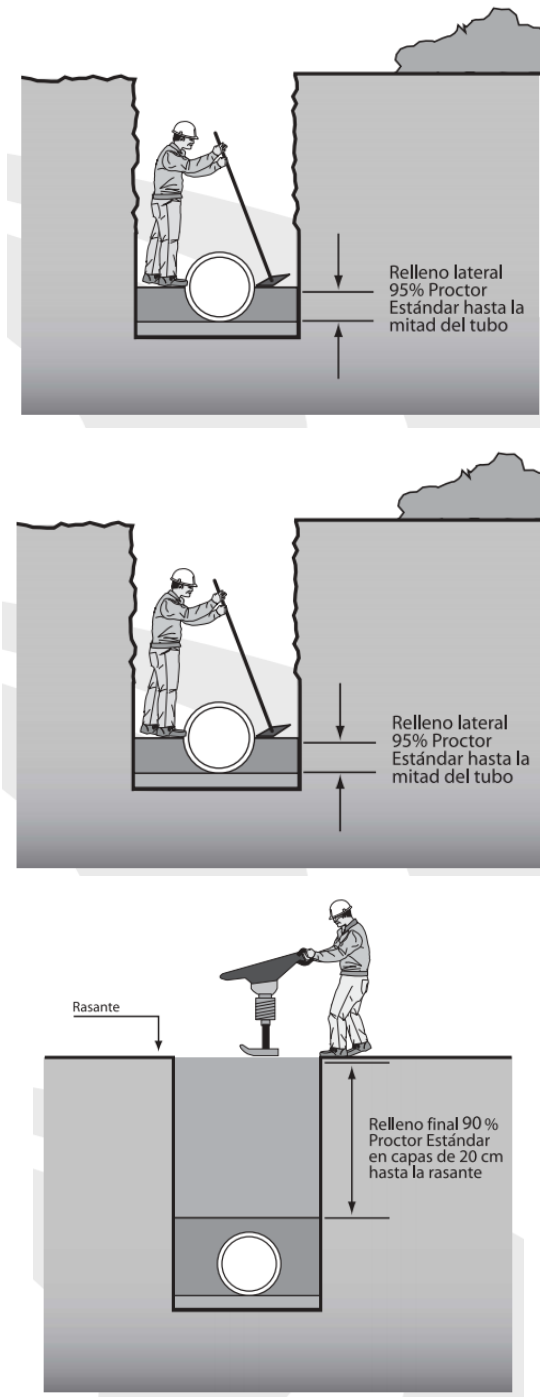
Diámetro nominal		Ancho de zanja	
mm	pulg	Metros	pulg
100	4	0.50	20
150	6	0.55	22
200	8	0.62	24
250	10	0.67	26
300	12	0.75	28
375	15	0.80	32
450	18	0.90	36
525	21	1.00	40
600	24	1.10	44
675	27	1.16	46
750	30	1.25	48
825	33	1.35	50
900	36	1.45	54
1000	42	1.55	60
1200	48	1.80	66
1350	54	2.00	72
1500	60	2.20	78

Fuente: Amanco. Manual de bolsillo Novas. p. 6

Figura 7. Relleno de zanja



Continuación de la figura 7



Fuente: Amanco. Manual de bolsillo Novas. p. 9

2.2.9.5.3. Volumen de excavación

La cantidad de tierra que se removerá para colocar la tubería está comprendida a partir de la profundidad de los pozos de visita, el ancho de zanja, que depende del diámetro de la tubería que se va a instalar y la longitud entre pozos, siendo sus dimensionales m³.

$$\text{Vol} = \frac{H_1 + H_2}{2} * d * z$$

Donde:

Vol = volumen de excavación (m³).

H₁ = profundidad del primer pozo (m).

H₂ = profundidad del segundo pozo (m).

d = distancia entre pozo (m).

2.2.9.5.4. Cotas Invert

Es la cota vertical o altura a la parte inferior de la tubería. Se trabaja conjuntamente con la rasante del pozo de visita para determinar la profundidad del mismo. Esta se obtiene con la pendiente de la tubería y la distancia de tramo entre pozos, tomando las siguientes especificaciones:

- ✓ La cota Invert de salida se coloca, como mínimo, tres centímetros por debajo de la invert de entrada.

- ✓ Cuando el diámetro de la tubería que entra al pozo es mayor que el diámetro de la tubería de salida, la invert de salida estará colocada por debajo, una dimensión igual al diámetro de la tubería de entrada.

2.2.10. Ubicación de pozos de visita

Ya que se tiene delimitado y determinado donde se ubicará el alcantarillado, se tomará en cuenta colocar pozos de visita en los siguientes casos o combinación de ellos:

- ✓ Donde exista cambio de diámetro.
- ✓ En intersecciones de dos o más tuberías
- ✓ En cambio de pendiente.
- ✓ En el inicio de cualquier ramal.
- ✓ En distancia no mayores de 100 metros.
- ✓ En curvas, no más de 30m.

2.2.11. Profundidad de los pozos de visita

La profundidad de los pozos de visita al inicio del tramo está definida por la cota Invert de salida; es decir, está determinada por la siguiente ecuación:

$$H_{p.v.} = \text{cota del terreno al inicio} - \text{cota invert de salida del tramo} - 0.10 \text{ de base}$$

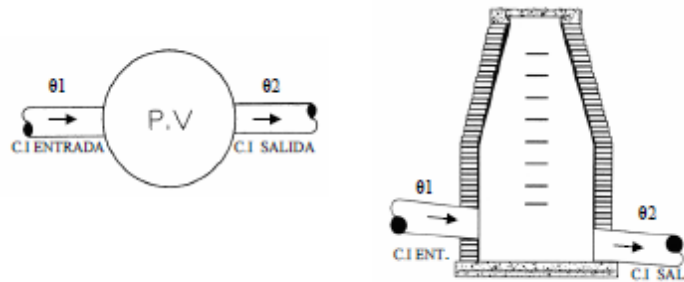
Al realizar el diseño del sistema de alcantarillado sanitario, para determinar las alturas de los pozos de visita, si hubiera inconvenientes, se deben tomar en cuenta las consideraciones que a continuación se mencionan:

- ✓ Cuando a un pozo de visita entra una tubería y sale otra del mismo diámetro, la cota Invert de Salida estará como mínimo 3 cm debajo de la cota Invert de Entrada.

$$\phi_A = \phi_B$$

$$\text{Cota invert de salida} = \text{cota invert de entrada} - 0.03$$

Figura 8. **Caso 1, pozos de visita**



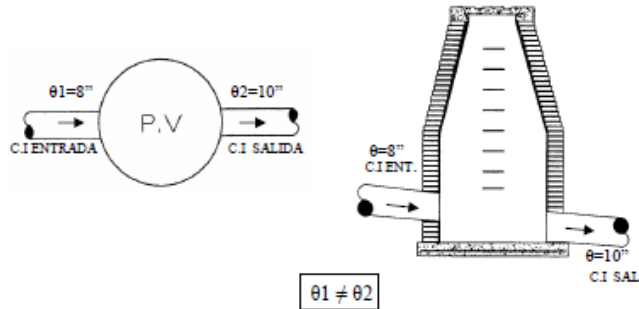
Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2007

- ✓ Cuando a un pozo de visita entra una tubería de diámetro y salga otro de diferente diámetro, la cota Invert de Salida estará situada como mínimo a la diferencia de los diámetros de la cota Invert de entrada.

$$\phi_A > \phi_B$$

$$\text{Cota invert de salida} = \text{cota invert de entrada} - \phi_B - \phi_A * 0.0254$$

Figura 9. **Caso 2, pozos de visita**



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2007

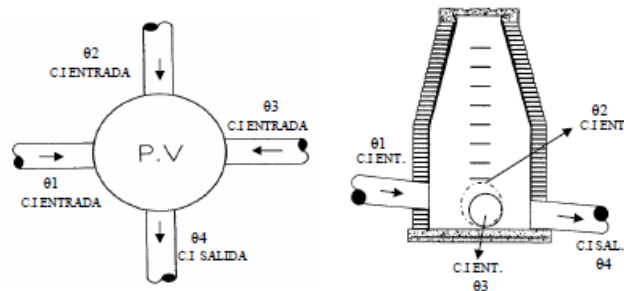
- ✓ Cuando en un pozo de visita la tubería de salida es del mismo diámetro que las que ingresan a él, la cota Invert de salida estará 3 cm debajo de la cota más baja que entre, y se tomará el valor menor de los dos resultados.

$$\phi_A = \phi_B = \phi_C$$

$$\text{Cota invert de salida} = \text{cota invert de entrada A} - 0.03$$

$$\text{Cota invert de salida} = \text{cota invert de entrada B} - 0.03$$

Figura 10. **Caso 3, pozos de visita**



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2007.

- ✓ Cuando en un pozo de visita la tubería de salida es de diferente diámetro a las que ingresan en él, la cota Invert de Salida deberá cumplir con las especificaciones anteriores y se tomará el valor menor, presentando diferentes casos.

Ingresa más de una tubería de igual diámetro y sale una de diferente diámetro: la cota Invert de Salida será la diferencia de los diámetros para cada una y se toma el valor menor.

$$\phi_A = \phi_B \quad \phi_C > \phi_A; \quad \phi_C > \phi_B$$

$$\text{Cota invert de salida} = \text{cota invert de entrada A} - \phi_C - \phi_A * 0.0254$$

$$\text{Cota invert de salida} = \text{cota invert de entrada B} - \phi_C - \phi_B * 0.0254$$

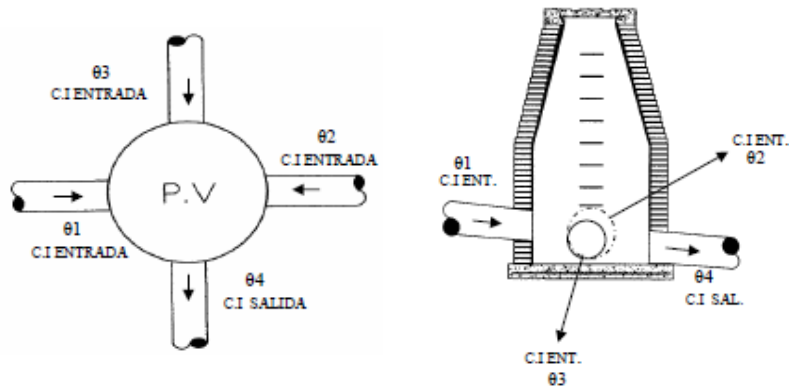
- ✓ Cuando ingresa más de una tubería de diferente diámetro y sale una de diámetro distinto; la cota Invert de Salida será la diferencia de los diámetros para cada una y se tomará el valor menor.

$$\phi_A \neq \phi_B \quad \phi_C > \phi_A; \quad \phi_C > \phi_B$$

$$\text{Cota invert de salida} = \text{cota invert de entrada A} - \phi_C - \phi_A * 0.0254$$

$$\text{Cota invert de salida} = \text{cota invert de entrada B} - \phi_C - \phi_B * 0.0254$$

Figura 11. **Caso 5, pozos de visita**



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2007

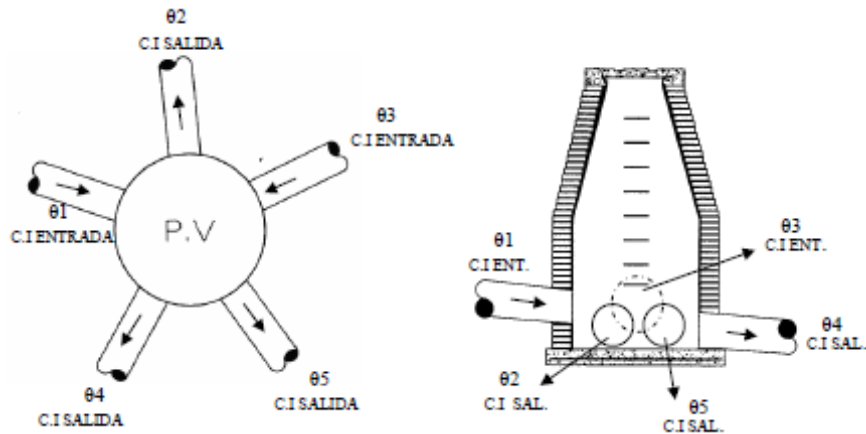
- ✓ Cuando ingresa más de una tubería de diferente diámetro, siendo una de ellas del diámetro de la tubería de salida; la cota Invert de Salida será, para cada una de ellas, la diferencia de los diámetros, y la otra tendrá como mínimo 3 cm; se tomará el valor menor.

$$\phi_A \neq \phi_B \qquad \phi_C > \phi_A; \phi_C = \phi_B$$

$$\text{Cota invert de salida} = \text{cota invert de entrada A} - \phi_C - \phi_A * 0.0254$$

$$\text{Cota invert de salida} = \text{cota invert de entrada B} - 0.03$$

Figura 12. **Caso 6, pozos de visita**



Fuente: elaboración propia, con programa de Autocad 2007

- ✓ Cuando solo una tubería de las que sale es de seguimiento, las demás que salgan del pozo de visita deberán ser iniciales.

La cota Invert de Salida de la tubería inicial deberá estar como mínimo a la profundidad del tránsito liviano o pesado, según se considere oportuno.

2.2.12. Características de las conexiones domiciliarias

La tubería para estas conexiones, podría ser de 4" de diámetro si es PVC, o de 6" si es de concreto, presentando una pendiente que varía del 2% al 6%, que saldrán de la candela domiciliar hacia la línea principal, uniéndose a ésta en un ángulo de 45° a favor de la corriente del caudal interno del colector; es decir con las características que ya se han planteado anteriormente.

Las cajas domiciliarias generalmente se construyen con tubería de concreto de diámetro mínimo de 12", o de mampostería de lado menor de 45 centímetros, ambos a una altura mínima de 1 m del nivel del suelo.

2.2.13. Ejemplo de cálculo de drenaje sanitario

✓ Parámetros adoptados en el diseño sanitario

Tipo de sistema empleado	Por gravedad
Período de diseño	30 años, según el INFOM
Población actual	1 040 habitantes
Población futura (2043)	2 599 habitantes
Tasa de crecimiento poblacional	3,1% dato obtenido del INE
No. De viviendas existentes	104
Densidad de la población	10 habitantes/vivienda
Dotación	200 lts/hab/día, dato obtenido de la municipalidad
Factor de caudal medio	0,002 dato calculado
Factor de retorno	0,90 dato obtenido de la municipalidad
Factor de rugosidad (n)	0,010 según el INFOM

Se procederá a calcular el tramo entre dos pozos de visita, ubicado sobre la calle principal de la aldea, siendo este del PV 19 al PV 20. Procedimiento:

✓ Cota de terreno

$$PV\ 19 = 100,40\ m$$

$$PV\ 20 = 99,74\ m$$

- ✓ Distancia entre pozos

$$DH = 63,40 \text{ m}$$

- ✓ Pendiente del terreno

$$S_t = \frac{100,40 - 99,74}{63,40} * 100 = 1,04\%$$

- ✓ Número de viviendas

$$\text{Locales} = 4$$

$$\text{Acumuladas} = 11$$

- ✓ Número de habitantes

$$\text{Actual} = 11 \text{ viviendas} * 10 \frac{\text{hab}}{\text{vivienda}} = 110 \text{ habitantes}$$

$$\text{Futuro} = 110 * 1 + \frac{3,10}{100}^{30} = 275 \text{ habitantes}$$

- ✓ Factor de flujo (FH)

$$FH = \frac{18 + \frac{P}{1000}}{4 + \frac{P}{1000}}$$

$$FH \text{ actual} = \frac{18 + \frac{110}{1000}}{4 + \frac{110}{1000}} = 4,232$$

$$FH \text{ futuro} = \frac{18 + \frac{275}{1000}}{4 + \frac{275}{1000}} = 4,094$$

✓ Caudal doméstico Q_{dom}

$$Q_{dom} = \frac{\#Hab * Dotación * FR}{86\ 400}$$

$$Q_{dom \text{ actual}} = \frac{110 * 200 * 0,9}{86\ 400} = 0,2291 \text{ s}$$

$$Q_{dom \text{ futuro}} = \frac{275 * 200 * 0,9}{86\ 400} = 0,5731 \text{ s}$$

✓ Caudal sanitario Q_{san}

$$Q_{san} = Q_{dom}$$

$$Q_{san \text{ actual}} = 0,2291 \text{ s}$$

$$Q_{san \text{ futuro}} = 0,5731 \text{ s}$$

✓ Factor de caudal medio Fqm

$$Fqm = \frac{Q_{san}}{\# \text{ de habitantes}}$$

$$Fqm \text{ actual} = \frac{0,2291 \text{ s}}{110 \text{ hab.}} = 0,002$$

$$Fqm \text{ futuro} = \frac{0,5731 \text{ s}}{275 \text{ hab.}} = 0,002$$

Nota: como Fqm actual igual a Fqm futuro entonces se utilizará solamente Fqm = 0,002.

- ✓ Caudal máximo o de diseño $Q_{diseño}$

$$Q_{diseño} = \# \text{ habitantes} * FH * Fqm$$

$$Q_{diseño} \text{ actual} = 110 * 4,232 * 0,002 = 0,9311 \text{ l s}$$

$$Q_{diseño} \text{ futuro} = 275 * 4,094 * 0,002 = 2,2511 \text{ l s}$$

- ✓ Diámetro propuesto

$$\emptyset = 6 \text{ pulgadas}$$

- ✓ Pendiente propuesta de tubería

$$S_{tub} = 1,00\%$$

- ✓ Velocidad a sección llena V_{ST}

$$V_{ST} = \frac{0,03429 * \emptyset^2 * S_{tub}}{n}$$

$$V_{ST} = \frac{0,03429 * 6^2 * 0,01}{0,010} = 1,13 \text{ m s}$$

- ✓ Área de tubería a sección llena A_{ST}

$$A_{ST} = 0,0005067 * \phi^2$$

$$A_{ST} = 0,0005067 * 6^2 = 0,0182412 \text{ m}^2$$

- ✓ Caudal de tubería a sección llena Q_{ST}

$$Q_{ST} = V_{ST} * A_{ST} * 1000$$

$$Q_{ST} = 1,13 \text{ m s} * 0,0182412 \text{ m}^2 * 1000 = 20,61 \text{ l s}$$

- ✓ Relación hidráulica $\frac{q}{Q}$

$$\frac{q}{Q} \text{ actual} = \frac{0,93}{20,61} = 0,045124$$

$$\frac{q}{Q} \text{ futuro} = \frac{2,25}{20,61} = 0,109170$$

- ✓ Relación hidráulica $\frac{d}{D}$ (según tablas)

$$\frac{d}{D} \text{ actual} = 0,1450$$

$$\frac{d}{D} \text{ futuro} = 0,2250$$

- ✓ Relación hidráulica $\frac{v}{V}$ (según tablas)

$$\frac{v}{V} \text{ actual} = 0,5070$$

$$\frac{v}{V} \text{ futuro} = 0,651$$

- ✓ Velocidad de diseño v

$$v = \text{Rel} \frac{v}{V} V_{ST}$$

$$v \text{ actual} = 0,5070 * 1,13 \text{ m}_s = 0,5729 \text{ m}_s$$

$$v \text{ futuro} = 0,651 * 1,13 \text{ m}_s = 0,7356 \text{ m}_s$$

- ✓ Cotas Invert

$$\text{CIS} = \text{CIE} - 0,03$$

$$\text{CIS} = 96,70 - 0,03 = 96,67$$

$$\text{CIE} = \text{CIS} - S_{\text{tub}} * \text{Dist.} - 1$$

$$\text{CIE} = 96,67 - 0,01 * 63,4 - 1 = 96,05 \text{ m}$$

- ✓ Altura de pozos

$$\text{Inicio} = \text{Cota terreno inicial} - \text{CIS}$$

$$\text{Inicio} = 100,4 - 96,67 = 3,73 \text{ mts}$$

$$\text{Final} = \text{Cota terreno final} - \text{CIE}$$

$$\text{Final} = 99,74 - 96,05 = 3,69 \text{ m}$$

Los cálculos hidráulicos de todo el diseño se encuentran tabulados en el anexo No. 2 y 3.

2.2.14. Propuesta de tratamiento

En el desfogue de las aguas sanitarias es totalmente indispensable el debido tratamiento de las mismas, cumpliendo las normas establecidas por el Ministerio de Medio Ambiente, para lograr mitigar daños al ambiente y a los pobladores cercanos al lugar de desfogue.

Con el tratamiento se obtiene una sensible separación de sólidos, se disminuye la demanda bioquímica de oxígeno y hay una reducción de organismos coniformes. Esto provoca los siguientes beneficios:

- ✓ Conservación de fuentes de abastecimiento de agua potable
- ✓ Se evitan enfermedades infecciosas
- ✓ No se contaminan centros de recreación como ríos.

2.2.14.1. Diseño de fosas sépticas

La fosa séptica es parte del sistema primario, por lo tanto el efluente que sale de ella debe ser sometido a un tratamiento secundario que puede realizarse por medio de pozos de absorción, zanjas filtrantes, cámaras de contacto, etc.

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

adecuado para su desarrollo, ya que éstas contienen poco oxígeno que es consumido rápidamente, sólo pueden actuar bacterias anaeróbicas en el proceso de descomposición que se presenta en la fosa séptica.

Generalmente de forma rectangular y se diseña para que las aguas permanezcan en ella durante un período de tiempo determinado que varía de 12 a 24 horas, este período se llama período de retención. Para el diseño de la fosa séptica debe tomarse en cuenta los siguientes parámetros:

- ✓ El período de retención de 12 a 24 horas
- ✓ Lodos acumulados por habitante y por período de limpieza, de 30 a 60 litros por hora al año.
- ✓ Relación largo-ancho de la fosa L/A de 2/1 a 4/1
- ✓ La capacidad máxima recomendable para que la fosa sea funcional debe ser de 60 viviendas.

- ✓ Parámetros adoptados en el diseño de fosas sépticas para el proyecto

Período de retención (T)	24 horas
Gasto, flujo volumétrico de desechos (q)	180 l/h/d
Factor de retorno (F.R)	0,90
Número de habitantes servidos (N)	600 habitantes
Lodos acumulados	45 l/h/a
Relación largo/ancho	2/1
Período de limpieza	5 años

- ✓ Cálculo de caudal

$$Q = qN$$

$$Q = 180 \ 600 = 108 \ 000 \frac{l}{d}$$

- ✓ Cálculo de volumen

$$V = Q * T$$

$$V = \frac{108 \ 000l}{d} \ 24h \ \frac{1d}{24h} = 108 \ 000 \text{ litros}$$

$$V = 108m^3$$

- ✓ Cálculo de volumen para lodos

$$V = N * \text{gasto de lodos}$$

$$V = 600\text{hab} * 45 = 27 \ 000 \text{ litros}$$

$$V = 27m^3$$

- ✓ Volumen total

$$V_t = 108,00m^3 + 27,00m^3 = 135m^3$$

- ✓ Dimensiones

$$V = ALH$$

Como $L/A = 2$, entonces $L = 2A$ al sustituir L en la ecuación anterior

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

Se propone $H = 3,00m$

$$A^2 = \frac{V}{2H}$$

$$A^2 = \frac{135,00}{2 * 3} = \frac{135,00}{6} = 22,50m^2$$

$$A = 4,75\text{m}$$

Como $L = 2A$, entonces $L = 2 \cdot 4,75 = 9,50\text{m}$

- ✓ Dimensiones finales

$$A = 4,75\text{m}$$

$$L = 9,50\text{m}$$

$$H = 3,00\text{m}$$

- ✓ Diseño estructural de fosas sépticas para el proyecto

Losa (tapadera)

- ✓ Relación losa

$$\frac{a}{b} = \frac{4,75}{4,75} = 1$$

Como $\frac{a}{b} \geq 0,5$ la losa debe diseñarse en dos sentidos

- ✓ Espesor

$$t = \frac{2 * 4,75 + 4,75}{180} = 0,10 \text{ mts}$$

- ✓ Carga muerta

$$\text{Peso propio de la losa } 2400 \text{ kg m}^3 * 0.10 = 240 \text{ kg m}^2$$

$$\text{Acabados} = 70 \text{ kg m}^2$$

$$310 \text{ kg m}^2$$

- ✓ Carga viva

$$100 \text{ kg m}^2$$

La fosa séptica se encuentra semienterrada, por lo cual el empuje del suelo no afecta a esta losa, solo a los muros laterales.

- ✓ Carga última

$$C_u = 1,4C_M + 1,7C_V$$

$$C_u = 1,4(310 \text{ kg m}^2) + 1,7(100 \text{ kg m}^2)$$

$$C_u = 434 \text{ kg m}^2 + 170 \text{ kg m}^2$$

$$C_u = 604 \text{ kg m}^2$$

Utilizando el método 3, para el cálculo de momentos del ACI

$$M(+)_a = C_a W_{CV} L_a^2 + C_a W_{CM} L_a^2$$

$$M +_a = 0,032 * 170 * 4,75^2 + 0,032 * 434 * 4,75^2$$

$$M +_a = 436,09 \text{ kg - m}$$

$$M(+)_b = C_b W_{CV} L_b^2 + C_b W_{CM} L_b^2$$

$$M +_b = 0,035 * 170 * 4,75^2 + 0,035 * 434 * 4,75^2$$

$$M +_b = 476,97 \text{ kg - m}$$

$$M(-)_a = \frac{M(+)_a}{3} = \frac{436,09 \text{ kg - m}}{3} = 145,36 \text{ kg - m}$$

$$M(-)_b = \frac{M(+)_b}{3} = \frac{476,97 \text{ kg} \cdot \text{m}}{3} = 158,99 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

✓ Peralte

$$d = t - \text{recubrimiento} - \frac{\phi}{2}$$

$$d = 10\text{cm} - 2\text{cm} - 0,5\text{cm} = 7,50 \text{ cm}$$

✓ Calculando refuerzo

Resistencia a la compresión del concreto $F'_c = 210 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

Esfuerzo de ruptura del acero $F_y = 2810 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

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

$$t = 10 \text{ cm}$$

$$\phi = 3/8" = 0,71 \text{ cm}$$

$$\text{Asumiendo } \phi = 3/8"$$

Área de acero mínimo $A_{s_{\min}}$

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{F_y} * b * d$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{2810} * 100 * 7,50 = 3,76 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento máximo

$$S_{\max} = 3 * t = 3 * 0,10\text{m} = 0,30\text{m}$$

Acero requerido

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

$$A_s = 100 * 7,50 - \frac{100 * 7,50^2 - \frac{476,97 * 100}{0,003825 * 210} * \frac{0,85 * 210}{2810}}$$

$$A_s = 750 - \frac{562\,500 - \frac{47\,697}{0,80325} * 0,0635231}$$

$$A_s = 2,58 \text{ cm}^2$$

Área de acero máximo $A_{s_{\max}}$

$$A_{s_{\max}} = 0,5 * \rho_b * b * d$$

$$A_{s_{\max}} = 0,5 * 0,03694 * 100 * 7,50$$

$$A_{s_{\max}} = 13,85 \text{ cm}^2$$

Se diseña con el acero mínimo $A_s = 3,76 \text{ cm}^2$

✓ Calculando

$$3,76 - 100$$

$$0,71 - x$$

$$S = 18 \text{ cm}$$

$$S_{max} = 3 * 18 \text{ cm} = 54 \text{ cm}$$

$$18 \text{ cm} < S_{max} \rightarrow \text{si cumple}$$

- ✓ Calculando el momento que resiste con $A_{s_{min}}$

$$M_{A_{s_{min}}} = 0,90 * A_s * F_y \cdot d - \frac{A_s * F_y}{1,7F'_c * b}$$

$$M_{A_{s_{min}}} = 0,90 * 3,76 * 2810 \cdot 7,5 - \frac{3,76 * 2810}{1,7(210) * 100}$$

$$M_{A_{s_{min}}} = 685,03 \text{ kg} - \text{m}$$

El esfuerzo serán varillas corrugadas No. 3 (3/8") @ 0.18 mts con tensiones a L/5 y bastones a L/4 en cada sentido, una losa de espesor de 0,10 metros.

Muro 3,00 x 4,75 x 0,15

Los muros de la fosa séptica se encuentran enterrados 2,50 metros, por lo que es considerado el empuje del suelo.

- ✓ Relación losa

$$\frac{a}{b} = \frac{3,00}{4,75} = 0,63$$

Como $\frac{a}{b} \geq 0,5$ la losa debe diseñarse en dos sentidos

✓ Espesor

$$t = \frac{2 * 3,00 + 4,75}{180} = 0,09 \text{ mts}$$

✓ Carga muerta

Peso propio de la losa	$2400 \text{ kg m}^3 * 0,10$	=	240 kg m^2
Acabados		=	70 kg m^2
			<hr/>
			310 kg m^2

✓ Carga viva

$$Kq = \frac{1 - \text{sen}\theta}{1 + \text{sen}\theta} = \frac{1 - \text{sen}10^\circ}{1 + \text{sen}10^\circ} = 0,35$$

$$\rho_q = \frac{1}{2} \gamma_1 H^2 Kq$$

$$\rho_q = \frac{1}{2} (1,25 \text{ T m}^3) 2,40^2 0,35 = 1,26 \text{ T m}^3 \text{ presión pasiva}$$

✓ Fuerzas verticales y horizontales

$$\rho_v = \rho_q \text{sen}10^\circ = 1,26 \text{ sen}10^\circ = 0,2188 \text{ T m}^2$$

$$\rho_h = \rho_q \text{cos}10^\circ = 1,26 \text{ cos}10^\circ = 1,24 \text{ T m}^2 \text{ carga viva}$$

✓ Carga última

$$Cu = 1,4CM + 1,7CV$$
$$Cu = 1,4(310 \text{ kg m}^2) + 1,7(1 240 \text{ kg m}^2)$$

$$C_u = 434 \text{ kg m}^2 + 2\,108 \text{ kg m}^2$$

$$C_u = 2\,542 \text{ kg m}^2$$

Utilizando el método 3, para el cálculo de momentos del ACI, se diseña con el caso I.

El momento negativo no existe pues no hay continuidad.

✓ Coeficientes para momentos (+)

		Carga muerta				Carga viva	
		0,088	0,08			0,088	0,08
a		0,0915	b 0,07	a		0,0915	b 0,07
		0,095	0,06			0,095	0,06

$$M(+)_a = C_a W_{CV} L_a^2 + C_a W_{CM} L_a^2$$

$$M +_a = 0,0915 * 2\,108 * 3,00^2 + 0,0915 * 434 * 3,00^2$$

$$M +_a = 2\,093,34 \text{ kg - m}$$

$$M(+)_b = C_b W_{CV} L_b^2 + C_b W_{CM} L_b^2$$

$$M +_b = 0,07 * 2\,108 * 4,75^2 + 0,07 * 434 * 4,75^2$$

$$M +_b = 4\,014,77 \text{ kg - m}$$

✓ Peralte

$$d = t - \text{recubrimiento} - \frac{\emptyset}{2}$$

$$d = 10\text{cm} - 2\text{cm} - 0,5\text{cm} = 7,50 \text{ cm}$$

✓ Calculando refuerzo

Resistencia a la compresión del concreto $F'_c = 210 \text{ kg m}^2$

Esfuerzo de ruptura del acero $F_y = 2810 \text{ kg m}^2$

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

$$t = 10 \text{ cm}$$

$$\phi = 3/8" = 0,71 \text{ cm}$$

Asumiendo $\phi = 3/8"$

Área de acero mínimo $A_{s_{\min}}$

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{F_y} * b * d$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{2810} * 100 * 7,50 = 3,76 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento máximo

$$S_{\max} = 3 * t = 3 * 0,10\text{m} = 0,30\text{m}$$

Acero requerido

Para $M + b$

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

$$A_s = 100 * 7,50 - \frac{100 * 7,50^2 - \frac{4\,014,77 * 100}{0,003825 * 210} * \frac{0,85 * 210}{2810}}$$

$$A_s = 750 - 562\,500 - \frac{401\,477}{0,80325} * 0,0635231$$

$$A_s = 31,74 \text{ cm}^2$$

Para M + a

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

$$A_s = 100 * 7,50 - \frac{100 * 7,50^2 - \frac{2\,093,34 * 100}{0,003825 * 210} * \frac{0,85 * 210}{2810}}$$

$$A_s = 750 - 562\,500 - \frac{209\,334}{0,80325} * 0,0635231$$

$$A_s = 12,74 \text{ cm}^2$$

Área de acero máximo $A_{s_{\max}}$

$$A_{s_{\max}} = 0,5 * \rho_b * b * d$$

$$A_{s_{\max}} = 0,5 * 0,03694 * 100 * 7,50$$

$$A_{s_{max}} = 13,85 \text{ cm}^2$$

Se diseña con el acero mínimo $A_s = 3,76 \text{ cm}^2$

✓ Calculando

Proponiendo acero No. 4

$$3,76 - 100$$

$$1,26 - x$$

$$S = 33,51 \text{ cm} = 33 \text{ cm}$$

$33 \text{ cm} > S_{max} \rightarrow$ no cumple, entonces se utiliza el S_{max}

✓ Calculando el momento que resiste con $A_{s_{min}}$

$$M_{A_{s_{min}}} = 0,90 * A_s * F_y \cdot d - \frac{A_s * F_y}{1,7F'_c * b}$$

$$M_{A_{s_{min}}} = 0,90 * 3,76 * 2810 \cdot 7,5 - \frac{3,76 * 2810}{1,7(210) * 100}$$

$$M_{A_{s_{min}}} = 685,03 \text{ kg} - \text{m}$$

El esfuerzo serán varillas corrugadas No. 3 (3/8") @ 0.30mts con tensiones a L/5 y bastones a L/4 en cada sentido, una losa de espesor de 0,10 metros.

Losa (base)

✓ Relación losa

$$\frac{a}{b} = \frac{4,75}{9,50} = 0,5$$

Como $\frac{a}{b} \geq 0,5$ la losa debe diseñarse en dos sentidos

✓ Espesor

$$t = \frac{2 * 4,75 + 9,50}{180} = 0,15\text{mts}$$

✓ Carga muerta

Peso propio de la losa	$2400 \text{ kg m}^3 * 0,15$	= 360 kg m ²
Acabados		= 70 kg m ²
		<hr/>
		430 kg m ²

✓ Carga viva

$$100 \text{ kg m}^2$$

✓ Carga ultima

$$\begin{aligned} Cu &= 1,4CM + 1,7CV \\ Cu &= 1,4(430 \text{ kg m}^2) + 1,7(100 \text{ kg m}^2) \\ Cu &= 602 \text{ kg m}^2 + 170 \text{ kg m}^2 \\ Cu &= 772 \text{ kg m}^2 \end{aligned}$$

Utilizando el método 3, para el cálculo de momentos del ACI

$$M(+)_a = C_a W_{CV} L_a^2 + C_a W_{CM} L_a^2$$
$$M +_a = 0,095 * 170 * 4,75^2 + 0,095 * 602 * 4,75^2$$
$$M +_a = 1 654,73 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M(+)_b = C_b W_{CV} L_b^2 + C_b W_{CM} L_b^2$$
$$M +_b = 0,006 * 170 * 9,50^2 + 0,006 * 602 * 9,50^2$$
$$M +_b = 418,03 \text{ kg} - \text{m}$$

✓ Peralte

$$d = t - \text{recubrimiento} - \frac{\phi}{2}$$

$$d = 15\text{cm} - 2\text{cm} - 0,5\text{cm} = 12,50 \text{ cm}$$

✓ Calculando refuerzo

Resistencia a la compresión del concreto $F'_c = 210 \text{ kg} \text{ m}^2$

Esfuerzo de ruptura del acero $F_y = 2 810 \text{ kg} \text{ m}^2$

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

$$t = 15 \text{ cm}$$

$$\phi = \frac{3}{8} \text{ " } = 0,71 \text{ cm}$$

$$\text{Asumiendo } \phi = \frac{3}{8} \text{ "}$$

Área de acero mínimo $A_{s_{min}}$

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{F_y} * b * d$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{2810} * 100 * 12,50 = 6,27 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento máximo

$$S_{max} = 3 * t = 3 * 0,15\text{m} = 0,45\text{m}$$

Acero requerido

Para $M + a$

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

$$A_s = 100 * 12,50 - \frac{100 * 12,50^2 - \frac{1654,73 * 100}{0,003825 * 210} * \frac{0,85 * 210}{2810}}{100 * 12,50^2 - \frac{1654,73 * 100}{0,003825 * 210} * \frac{0,85 * 210}{2810}}$$

$$A_s = 1250 - \frac{1562500 - \frac{165473}{0,80325} * 0,0635231}{1562500 - \frac{165473}{0,80325} * 0,0635231}$$

$$A_s = 5,42 \text{ cm}^2$$

Para M + b

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

$$A_s = 100 * 12,50 - \frac{100 * 12,50^2 - \frac{418,03 * 100}{0,003825 * 210} * \frac{0,85 * 210}{2810}}$$

$$A_s = 1250 - \frac{1562500 - \frac{41803}{0,80325} * 0,0635231}$$

$$A_s = 1,33 \text{ cm}^2$$

Área de acero máximo $A_{s_{\max}}$

$$A_{s_{\max}} = 0,5 * \rho_b * b * d$$

$$A_{s_{\max}} = 0,5 * 0,03694 * 100 * 12,50$$

$$A_{s_{\max}} = 23,09 \text{ cm}^2$$

Se diseña con el acero mínimo $A_s = 6,27 \text{ cm}^2$

✓ Calculando

$$6,27 - 100$$

$$0,71 - x$$

$$S = 11 \text{ cm}$$

$$S_{max} = 3 * 11 \text{ cm} = 33 \text{ cm}$$

$$33 \text{ cm} < S_{max} \rightarrow \text{si cumple}$$

- ✓ Calculando el momento que resiste con $A_{s_{min}}$

$$M_{A_{s_{min}}} = 0,90 * A_s * F_y \cdot d - \frac{A_s * F_y}{1,7F'_c * b}$$

$$M_{A_{s_{min}}} = 0,90 * 6,27 * 2810 \cdot 12,5 - \frac{6,27 * 2810}{1,7(210) * 100}$$

$$M_{A_{s_{min}}} = 190\,384,7 \text{ kg} - \text{m}$$

El esfuerzo serán varillas corrugadas No. 3 (3/8") @ 0,45 mts con tensiones a L/5 y bastones a L/4 en cada sentido, una losa de espesor de 0,15 metros.

Viga

- ✓ Calculando el peralte

$$h = 0,08L$$

$$h = 0,08 \cdot 4,75 = 0,38 \text{ cm}$$

- ✓ Calculando la base

$$h = 2 \text{ base}$$

$$\text{base} = \frac{h}{2} = \frac{0,40}{2} = 0,20 \text{ cm}$$

- ✓ Calculando el predimensionamiento

$$\text{Viga} = \text{base} * \text{altura} * \text{longitud}$$

$$\text{Viga} = 0,20 * 0,40 * 4,75$$

- ✓ Cargas sobre la viga

$$\text{Área tributaria} = \frac{l}{2} * l$$

$$\text{Área tributaria} = \frac{4,75}{2} * 4,75 = 11,28 \text{m}^2$$

$$\text{Carga muerta CM} = W_{\text{propio}} + W_{\text{losa}} + \text{Acabados}$$

$$\text{CM} = 2400 * 0,20 * 0,40 * 4,75 + 2400 * 11,28 * 0,10 + 90$$

$$\text{CM} = 3709,2 \text{ kg}_m$$

$$\text{Carga viva CV} = 200 * 4,75 = 950,0 \text{ kg}_m$$

$$\text{Carga ultima (CU)} = 1,4 \text{ CM} + 1,7 \text{ CV}$$

$$\text{CU} = 1,4 * 3709,2 + 1,7 * 950,0$$

$$\text{CU} = 6807,88 \text{ kg}_m = 6,81 \text{ Ton}_m$$

- ✓ Calculando momentos

$$M_+ = \frac{WL^2}{14} = \frac{6,81 * 4,75^2}{14} = 10,97 \text{ Ton} * \text{m}$$

$$M_- = \frac{WL^2}{10} = \frac{6,81 * 4,75^2}{10} = 15,36 \text{ Ton} * \text{m}$$

✓ Peralte

$$d = t - \text{recubrimiento} - \frac{\phi}{2}$$

$$d = 40\text{cm} - 2,50\text{cm} = 37,50\text{ cm}$$

✓ Calculando refuerzo

Resistencia a la compresión del concreto $F'c = 210\text{ kg cm}^2$

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

$$b = 20\text{ cm}$$

$$d = 37,50\text{ cm}$$

$$MU = 15\,360,28\text{ kg * m}$$

$$As = b * d - \frac{Mu * b}{0,003825 * F'c} * \frac{0,85 * F'c}{Fy}$$

$$As = 20 * 37,50 - \frac{15\,360,28 * 20}{0,003825 * 210} * \frac{0,85 * 210}{2810}$$

$$As = 750 - \frac{307\,205,6}{0,80325} * 0,0635231$$

$$As = 20,69\text{ cm}^2$$

Área de acero mínimo $A_{s_{min}}$

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{F_y} * b * d$$
$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{2810} * 20 * 37,50 = 3,76 \text{ cm}^2$$

Área de acero máximo $A_{s_{max}}$

$$A_{s_{max}} = 0,5 * \rho_b * b * d$$
$$A_{s_{max}} = 0,5 * 0,03694 * 20 * 37,50$$
$$A_{s_{max}} = 13,85 \text{ cm}^2$$

Se diseña con el acero mínimo $A_s = 3,76 \text{ cm}^2$

✓ Momento de corte

$$V = \frac{WL}{2} = \frac{6,81 \cdot 4,75}{2} = 16,17 \text{ Ton}$$

$$V_{cm} = 0,90 \cdot 0,53 \cdot \frac{210}{20} \cdot 37,50 = 5,18 \text{ Ton}$$

✓ Calculando (x')

$$x' = \frac{5 \cdot 184,29 \cdot 4,75}{16 \cdot 173,75} = 0,7612 \text{ cm}$$

✓ Calculando S

$$S = \frac{2AV * Fy * d}{V}$$

$$S = \frac{2 * 0,71 * 2810 * 37,50}{16173,75} = 9,25 \text{ cms}$$

Columna

Resistencia a la compresión del concreto $F'c = 210 \text{ kg cm}^2$

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

$W_{\text{concreto}} = 2400 \text{ kg cm}^2$

Recubrimiento = 4,00 cm

Carga que soportará = 3,405 Ton * m = 3405,00 kg * m

$$\rho_u = \varphi [0,80 * 0,85 * f'c * A_g - A_{st} + Fy * A_{st}]$$

$$3405,00 = 0,90 [0,80 * 0,85 * 210 * A_g - 0,02A_g + 2810,00 * 0,02A_g]$$

$$3405,00 = 0,72 * 174,93 + 56,2 * A_g$$

$$3405,00 = 166,41A_g$$

$$A_g = 20,46 \text{ cm}^2$$

✓ Suponiendo una columna de $15 * 15 = 225 \text{ cm}^2$

$$340\,500,00 = 0,90 \cdot 0,80 \cdot 0,85 \cdot 210 \cdot A_g - A_{st} + 2\,810,00 \cdot A_{st}$$

$$340\,500,00 = 0,72 \cdot 178,50 \cdot 225 - A_{st} + 2\,810,00 A_{st}$$

$$340\,500,00 = 0,72 \cdot 40\,162,5 - 178,5 A_{st} + 2\,810 A_{st}$$

$$340\,500,00 = 0,72 \cdot 40\,162,5 + 2\,631,5 A_{st}$$

$$340\,500,00 = 28\,917 + 1\,894,68 A_{st}$$

$$A_g = 20,46 \text{ cm}^2$$

2.2.15. Presupuesto

En el presupuesto del proyecto no se incluyó mano de obra ya que la municipalidad cuenta con personal contratado en planilla, por lo cual dichos datos siempre son excluidos del cálculo de costos de todos los proyectos.

Los precios de los materiales se tomaron de los proveedores autorizados por la municipalidad, actualizados a la fecha y colocados en obra, además las fianzas y seguros se calcularon con un 4 % y los gastos administrativos con un 29 % incluyendo un porcentaje del 15 % de indirectos.

Para las conexiones domiciliarias, se calcularon los materiales para el total de viviendas existentes a la fecha, tomando como referencia la metodología de la municipalidad.

Tabla XII. Integración de costos alcantarillado sanitario

CUADRO DE INTEGRACIÓN DE COSTOS						
NOMBRE PROYECTO:		ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA ZORZOYA				
MUNICIPIO:		SAN LUCAS				
DEPARTAMENTO:		SACATEPEQUEZ				
ALCANTARILLADO SANITARIO						
No.		GRUPO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	TRABAJOS PRELIMINARES					
1.1	Replanteo de topografía	TRABAJOS PRELIMINARES	6697.00	ml	Q0.67	Q4,486.99
1.2	Trazo y excavación de zanja	TRABAJOS PRELIMINARES	6697.00	m3	Q2.15	Q14,398.55
2	INSTALACIÓN DE TUBERÍA					
2.1	Colocación de tubería Novafort de 6"	INSTALACIÓN DE TUBERÍA	6697.00	ml	Q113.78	Q761,984.66
2.2	Relleno y compactación de zanja	INSTALACIÓN DE TUBERÍA	6697.00	m3	Q5.42	Q36,297.74
3	CONEXIONES DOMICILIARES					
3.1	Fabricación de conexiones domiciliars con tubería de concreto de 12"	CONEXIONES DOMICILIARES	104.00	UNIDAD	Q843.96	Q87,771.84
4	POZOS DE VISITA					
4.1	Trazo y excavación de pozos de visita	POZOS DE VISITA	192.65	m3	Q45.11	Q8,690.62
4.2	Fabricación de pozos de visita h = 1,20 a h = 2,0 metros con tubería de concreto de 42"	POZOS DE VISITA	31.00	UNIDAD	Q1,003.34	Q31,103.54
4.3	Fabricación de pozos de visita h = 2,01 a h = 3,0 metros con tubería de concreto de 42"	POZOS DE VISITA	19.00	UNIDAD	Q1,353.05	Q25,707.95
4.4	Fabricación de pozos de visita h = 3,01 a h = 4,0 metros con tubería de concreto de 42"	POZOS DE VISITA	18.00	UNIDAD	Q1,705.47	Q30,698.46
4.5	Fabricación de pozos de visita h = 4,01 a h = 5,0 metros con tubería de concreto de 42"	POZOS DE VISITA	14.00	UNIDAD	Q2,067.36	Q28,943.04
4.6	Fabricación de pozos de visita h = 5,01 a h = 6,0 metros con tubería de concreto de 42"	POZOS DE VISITA	6.00	UNIDAD	Q2,509.67	Q15,058.02
4.7	Fabricación de pozos de visita h = 6,01 a h = 7,0 metros con tubería de concreto de 42"	POZOS DE VISITA	10.00	UNIDAD	Q2,801.35	Q28,013.50

Continuación de la tabla XII.

4.8	Fabricación de pozos de visita h = 7,01 a h = 8,0 metros con tubería de concreto de 42"	POZOS DE VISITA	20.00	UNIDAD	Q3,101.08	Q62,021.60
4.9	Traslado de material sobrante	POZOS DE VISITA	192.65	m3	Q124.38	Q23,962.30
SUBTOTAL						Q 1,159,138.81
	Fianzas y seguros					Q46,365.55
	Gastos administrativos					Q336,150.25
GRAN TOTAL						Q 1,541,654.62

Fuente: elaboración propia.

2.2.16. Evaluación socioeconómica

Esta es de suma importancia en todo proyecto de ingeniería, ya que si un proyecto es eficiente pero no económico, redundará en gastos de operación más altos, lo cual implica que a la larga el proyecto no será factible.

Existen dos conceptos fundamentales con los cuales hay que estar familiarizados para poder hacer una evaluación socioeconómica, el Valor Presente Neto y la Tasa Interna de Retorno.

2.2.17. Valor Presente Neto (VPN)

El Valor Presente Neto (VPN) es el método más conocido a la hora de evaluar proyectos de inversión a largo plazo. El VPN permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero: maximizar la inversión.

Cuando el VPN<0, y el resultado es un valor negativo muy grande alejado de cero, está alertando que el proyecto no es rentable. Cuando el VPN=0 está indicando que exactamente se está generando el porcentaje de utilidad que se desea, y cuando el VPN>0, está indicando que la opción es rentable y que inclusive podría incrementarse el porcentaje de utilidad.

Las ecuaciones utilizadas para calcular el VPN son:

$$P = F \frac{1}{1 + i^n - 1}$$

$$P = A \frac{1 + i^n - 1}{i * 1 + i^n}$$

Donde:

P = valor de pago único en el valor inicial a la operación, o valor presente.

F = valor de pago único al final del período de la operación, o valor de pago futuro.

A = valor de pago uniforme en un período determinado o valor de pago constante o renta, de ingreso o egreso.

i = tasa de interés de cobro por la operación, o tasa de utilidad por la inversión a una solución

✓ Datos del proyecto

Costo total del proyecto =	Q. 1 311070,84
Costo total del mantenimiento anual =	Q. 12000,00
Ingreso promedio anual =	Q. 10 000,00
Tasa de interés anual =	10%
Vida útil del proyecto =	30 años

$$VPN = -1\,311\,070,84 + 10\,000 * \frac{1,10^{30} - 1}{0,10} - 12\,000 * \frac{1,10^{30} - 1}{0,10}$$

$$VPN = -Q.1\,329\,924,67$$

2.2.18. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno TIR, es la que iguala el VPN a cero. La TIR, también es conocida como la tasa de rentabilidad producto de la reinversión de los flujos netos de efectivo dentro de la operación propia del negocio y se expresa en porcentaje. También es conocida como tasa crítica de rentabilidad cuando se compara con la tasa mínima de rendimiento requerida (tasa de descuento), para un proyecto de inversión específico.

Lo que se busca es un dato que sea menor al dato buscado y otro que sea mayor y así poder interpolar de la siguiente manera:

Tasa 1 =	No existe
Tasa 2 =	1%
VPN (+) =	No existe
VPN (-) =	- Q. 1329924,67

$$TIR = \frac{\text{Tasa 1} + \text{Tasa 2} * \frac{\text{VPN} + - \text{VPN} -}{\text{VPN} + - \text{VPN} -}}{\text{VPN} + - \text{VPN} -} + \text{Tasa 2}$$

Debido a que el proyecto es de beneficio social, éste no genera ingresos a la municipalidad, no hay probabilidad de TIR, ya que no existe ninguna tasa de interés que de un VPN positivo.

2.2.19. Estudio de Impacto Ambiental

En todo proyecto de ingeniería es crucial identificar el impacto que éste representa contra el bienestar social y ambiental, por lo cual se considera lo siguiente:

2.2.19.1. Definición

El Estudio de Impacto Ambiental (EIA), es un proceso formal empleado para predecir las consecuencias ambientales de una propuesta o la ejecución de un proyecto. Este se ha empleado a diversos proyectos y ha dado lugar a la aparición de numerables técnicas nuevas, como los estudios de impacto sanitario y social.

2.2.19.2. Estudio de Impacto Ambiental del proyecto de drenaje sanitario

Actualmente se han visto afectados los ríos que rodean a la comunidad, ya que la población dirige sus aguas residuales a zanjones que van a dar al río; por lo que la población está teniendo una participación negativa para el ambiente. Se utilizó el método cuantitativo de evaluación de impacto ambiental matriz de Leopold, que consiste en columnas representando varias actividades que ejerce un proyecto y en las filas se representan varios factores ambientales que son considerados.

Como impacto ambiental positivo se podría mencionar la eliminación de aguas servidas que fluyen sobre la superficie del suelo del lugar y la eliminación de fuentes de proliferación de mosquitos y zancudos, y la disminución de enfermedades que estos puedan transmitir a los habitantes del lugar.

2.2.19.3. Medidas de mitigación

Las medidas de mitigación son un conjunto de acciones para aminorar o eliminar el impacto de las amenazas naturales, mediante la reducción de la vulnerabilidad física, funcional o social del sistema.

Son medidas de intervención dirigidas a reducir o atenuar un riesgo; las acciones de mitigación se aplican cuando el riesgo ya existe, a diferencia de la prevención, que se realiza antes de que se genere el riesgo.

- ✓ La ejecución del proyecto disminuye todos los riesgos existentes que generan las aguas residuales, principalmente se evitan las enfermedades gastrointestinales, los malos olores, la contaminación de las calles y del manto freático.

Tabla XIII. Matriz de Leopold modificada en la fase de construcción

CATEGORIA																																													
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: blue; border: 1px solid black;"></div> Inapreciable <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: green; border: 1px solid black;"></div> No significativo <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: yellow; border: 1px solid black;"></div> Moderado <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: red; border: 1px solid black;"></div> Significativo negativo <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: orange; border: 1px solid black;"></div> Significativo positivo <div style="width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; background-color: white;"></div> No aplica </div>																																													
		1 Recursos minerales	2 Suelos aprovechables	3 Materiales explotables	4 Geosférico	5 Calidad del agua	6 Variaciones del caudal	7 Patrón de drenaje	8 Calidad del agua	9 Variación del caudal	10 Interacción con la superficie	11 Uso potencial del suelo	12 Calidad del agua	13 Erosionabilidad	14 Asentamiento y compactación	15 Sismicidad	16 Calidad del aire	17 Niveles de ruido	18 Apariencia del aire	19 Campos electromagnéticos	20 Clima	21 Olor	22 Elementos de composición	23 Patrones de tránsito vehicular	24 Contraste arquitectónico	25 Árboles	26 Arbustos	27 Hierba	28 Barreras vegetales	29 Insectos	30 Animales terrestres	31 Aves	32 Fauna acuática	33 Salud	34 Seguridad	35 Nivel de vida	36 Servicios	37 Recreación							
		Tierra		Aguas					Suelo					Atmosfera					Flora				Fauna				Socio-económico																		
		Medio físico											Medio Natural											Medio Biótico											Medio humano										
	Cirujadón de vehículos		Yellow														Yellow																												
	Remodón de adoquín																																												
	Excavación de zanja																																												
	Colocación de tubería																																												
	Construcción de pozos de vista																																												
	Relleño de zanja + compactación																																												
	Base de rodadura																																												
	Adoquinamiento																																												
	Limpeza																																												
	Acarreo de material sobrante																																												

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Matriz de Leopold modificada en la fase de operación**

CATEGORIA			Circulación de aguas negras	Circulación de aguas pluviales	Tratamiento de aguas negras	Limpieza periódica del sistema sanitario	Limpieza periódica del sistema pluvial	Mantenimiento en pozos de visita	Limpieza de canal	
										Inapreciable
Medio Natural	Tierra	1 Recursos minerales								
		2 Suelos aprovechables								
		3 Materiales explotables								
		4 Geoesférico								
	Aguas	Subterráneas	5 Calidad del agua							
			6 Variaciones del caudal							
			7 Patrón de drenaje							
		Superficial	8 Calidad del agua							
			9 Variación del caudal							
			10 Interacción con la superficie							
	Suelo	11 Uso potencial del suelo								
		12 Calidad del agua								
		13 Erosionabilidad								
		14 Asentamiento y compactación								
		15 Sismicidad								
	Atmosfera	16 Calidad del aire								
		17 Niveles de ruido								
		18 Apariencia del aire								
		19 Campos electromagnéticos								
		20 Clima								
		21 Olor								
		22 Elementos de composición								
		23 Patrones de tránsito vehicular								
		24 Contraste arquitectónico								
	Medio Biótico	Flora	25 Árboles							
			26 Arbustos							
			27 Hierba							
			28 Barreras vegetales							
		Fauna	29 Insectos							
			30 Animales terrestres							
	Medio humano	Socio-económico	31 Aves							
			32 Fauna acuática							
			33 Salud							
			34 Seguridad							
			35 Nivel de vida							
			36 Servicios							
			37 Recreación							

Fuente: elaboración propia

CONCLUSIONES

1. El diseño de alcantarillado sanitario mejorará las condiciones sanitarias actuales de la aldea Zorzoya, eliminando la exposición de aguas residuales en la superficie de las calles y callejones, reduciendo de esa manera las diversas enfermedades gastrointestinales, respiratorias y cutáneas por el contacto directo o indirecto de estas aguas.
2. El tratamiento primario por medio de las fosas sépticas, controlará la contaminación de ríos y medio ambiente, expuestos a altos niveles de la misma, las cuales afectan toda área aledaña por la que circulan dicho río y su desfogue.
3. Garantizar una mayor vida útil de los sistemas diseñados, a causa de los tipos y procesos de diseño empleados, materiales con especificaciones de utilidad y su recomendable mantenimiento periódico, para asegurar que estos funcionen adecuadamente y cumplan con el período de diseño sin daños.
4. El diseño de alcantarillado pluvial captará la mayor parte del caudal de tormenta y desfogará de manera segura, para la población, infraestructura y para el mismo sistema en sí, por tanto existirá un mayor control de la erosión, la cual se considera como la causante de la pérdida de fertilidad de los suelos de la aldea.

5. Los sistemas de alcantarillado pluvial y sanitario beneficiarán a más de 510 familias en un futuro, lo cual generará alto factor de beneficio-costo. El costo por habitante del alcantarillado pluvial es de Q.10 915,63 y del alcantarillado sanitario es de Q.1260,65.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez:

1. Brindarle prioridad a los proyectos que ofrecen el mejoramiento de las condiciones de vida de la población, tanto en el ámbito sanitario como socioeconómico.
2. Cumplir con las normas y especificaciones para la ejecución y supervisión de proyectos, con el fin de garantizar la vida útil de los sistemas de alcantarillado.
3. Brindar un mantenimiento periódico adecuado, para lograr con ello que los sistemas de alcantarillado funjan a un nivel más óptimo.
4. Complementar el sistema de alcantarillado sanitario a través de tratamiento adecuado de las aguas negras, con una planta de tratamiento que se integre como mínimo de un tratamiento primario y secundario.
5. Concientizar a la población sobre el funcionamiento y mantenimiento de los sistemas de drenaje, para prevenir el atascamiento y deterioro de dichos sistemas, por medio de autoridades municipales y comité de vecinos.
6. Actualizar los precios de materiales con el fin de mantener al día los costos del proyecto, basados en las constantes variaciones económicas.

BIBLIOGRAFÍA

1. CABRERA RIÉPELE, Ricardo Antonio. *Apuntes de ingeniería sanitaria 2*. Trabajo de graduación de Ing. Civil., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 1989. 135 p.
2. ESTRADA CIFUENTES, Douglas Isaí. Diseño del sistema de drenaje sanitario del barrio Lomas del Norte y diseño del Instituto de Educación Básico Municipal de la aldea Rosario Monte María, municipio de Chicamán, departamento de Quiché. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2012. 143 p.
3. FAIR, Gordon Maskew; GEYER, John Charles; OKUN, Daniel Alexander. *Ingeniería sanitaria & de aguas residuales*. México DF. Limusa 1993. 531 p. Volumen 1, 2, 3, 4.
4. Instituto de Fomento Municipal. *Normas generales para el diseño de alcantarillado sanitario*. Guatemala: INFOM, 2011. 31 p.
5. LÓPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo. *Diseño de acueductos & alcantarillados. Colombia. 2a ed.* Alfaomega 1999. 388 p.
6. METCALF – Eddy. *Tratamiento & depuración de las aguas residuales*. México Editorial Labor. 1977. 795 p.

7. ORANTES SANDOVAL, Juan Gabriel. *Diseño del sistema de alcantarillado pluvial y sanitario para la zona 6 de Ciudad Vieja, Sacatepéquez*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 2012. 154 p.

8. PINEDA GARCÍA, Astrid Gabriela. *Diseño de alcantarillado pluvial en la cabecera municipal y propuesta de mejoras al sistema de abastecimiento de agua potable de la aldea El Rosario, municipio de San Miguel Dueñas Sacatepéquez*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 2006. 107 p.


APÉNDICES

1. Ficha técnica de evaluación de campo.
2. Cálculos realizados para el sistema de alcantarillado sanitario.
3. Cálculos realizados para el sistema de alcantarillado sanitario (tramo separado).
4. Cálculos realizados para el sistema de alcantarillado pluvial.
5. Cálculos realizados para el sistema de alcantarillado pluvial (tramo separado).

Apéndice 1. Ficha técnica de evaluación de campo

MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ						HOJA 1/2					
DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN											
UNIDAD DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO											
						FECHA DE VISITA:	20 de agosto de 2012				
FICHA TÉCNICA DE EVALUACIÓN DE CAMPO											
DATOS GENERALES DEL PROYECTO											
PROYECTO:		DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO									
UBICACIÓN:		ALDEA ZORZOYA									
DEPARTAMENTO:		SACATEPÉQUEZ			SNIP:	0					
MUNICIPIO:		SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ									
SECTOR:		Saneamiento									
		ÁREA									
URBANA		RURAL			X						
BENEFICIARIOS				FUENTE DE FINANCIAMIENTO							
Niños	Mujeres	Hombres	TOTAL	Nacional	Municipal	Crédito	Otros				
284	377	379	1040	X	X						
Etapas y situación actual del proyecto				Intensidad del Viento							
Perfil	X			Número de Beaufort	1						
Factibilidad	X			Velocidad (km/h)	3						
Diseño	X			Nudos (millas náuticas/h)	1						
Ejecución				Denominación	Ventolina						
Incidencia de problemática				Observaciones:							
Kilometraje	8.00	Población									
Observaciones:				Resultado Priorizado al que contribuye							
Incidencia de beneficiarios				Proporcionar una adecuada recolección y conducción de las aguas pluviales y residuales.							
Kilometraje	8.00	Población									
Observaciones: Directamente se beneficiará a los vecinos de la aldea Zorzoya.											
PROBLEMA (Comentario)											
La inexistencia de alcantarillado pluvial y sanitario provoca que las aguas residuales generadas por los vecinos de la aldea Zorzoya generen contaminación ambiental, además de un alto índice de enfermedades hídricas.											
OBJETIVOS Y METAS											
Diseñar un sistema separativo de drenaje pluvial y sanitario capaz de recolectar dichos caudales y brindar un tratamiento primario a las aguas producidas por los vecinos de la aldea, con el fin de que sean devueltas al cuerpo receptor (Río Las Vigas) con un menor porcentaje de contaminantes físicos, químicos y biológicos.											
IMPACTO ECOLÓGICO (Justificación)											
El diseño del sistema separativo tiene como objetivo mejorar las condiciones ambientales generales de la aldea, decrementando los porcentajes de enfermedades hídricas											
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO											
Diseño del sistema de alcantarillado pluvial y sanitario para la adecuada recolección y conducción de las aguas residuales producidas por los vecinos de la aldea Zorzoya.											
OPERACIÓN DEL PROYECTO											
VALOR DEL SERVICIO MENSUAL				SUFRAGADO POR:							
AGUA:											
DRENAJE:											
ELECTRICIDAD											
EXT. BASURA											
TELÉFONO											
ORGANIZACIONES EN LA COMUNIDAD:											
COCODE, Sector I											
COCODE, Sector II											
DESCRIPCIÓN DE SERVICIOS EXISTENTES EN EL PROYECTO											
AGUA		DRENAJES		ACCESOS		ECONOMIA		ELECTRICIDAD			
Red Municipal		Red Municipal		Terracería	SI	X	NO	Extrema pobreza	INDE	X	
		Fosa Séptica		Dirección, nombre o paso de servidumbre			Clase baja	X			
Entubado de Nacimiento	X	Descarga directa:		Adoquinamiento	SI		NO	Clase media	Panel Solar		
		Fozo de Absorción:		Dirección, nombre o paso de servidumbre			Clase alta				
Comunidad		Otro		Concreto	SI		NO	Observaciones:	Otro		
				Dirección, nombre o paso de servidumbre							
No existe		No existe	X	Asfalto	SI		NO		No existe		
				Dirección, nombre o paso de servidumbre							
SERVICIOS EN LA COMUNIDAD				AGUA:	X	DRENAJE:		ELECTRICIDAD:	X	EXTRACCIÓN DE BASURA	X
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL TERRENO											
MEDIDAS DEL PREDIO			USO DE SUELO EN COLINDANCIAS			CONDICIONES DEL TERRENO			TIPO DE SUELO		
NORTE:		mts				PLANO:		ARENOSO:		X	
SUR:		mts				INCLINADO:	X	ROCOSO:			
ESTE:		mts				% APROXIMADO DE INCLINACIÓN	20%	ARCILLOSO:		X	
OESTE:		mts						OTRO:			

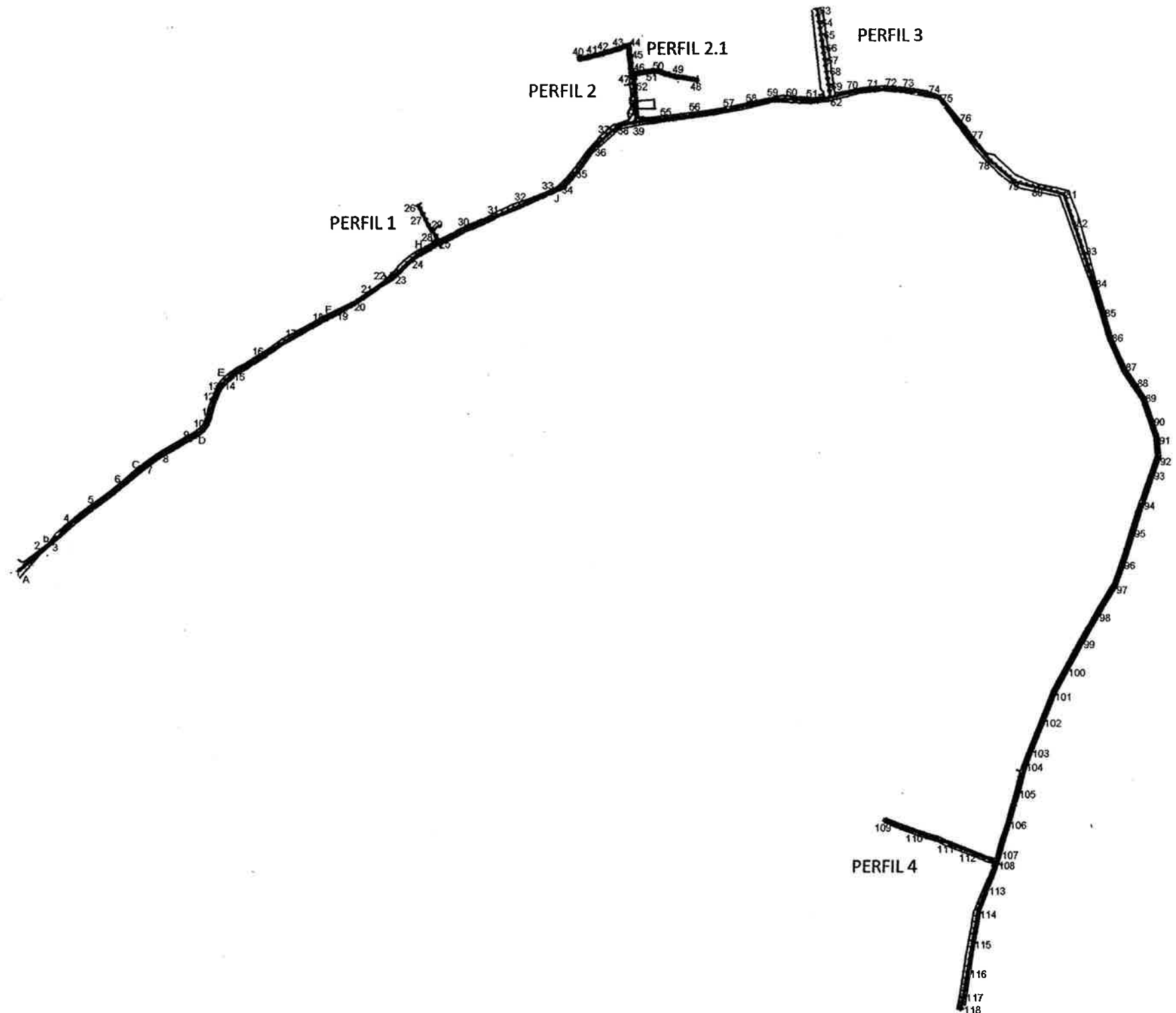
Continuación del apéndice 1.

MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN UNIDAD DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO			 HOJA 2/2				
			FECHA DE VISITA: 20 de agosto de 2012				
NOMBRE DEL ESTABLECIMIENTO		DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO					
DIRECCIÓN DEL ESTABLECIMIENTO		ALDEA ZORZOYA					
DEPARTAMENTO		SACATEPÉQUEZ	SNIP	0			
MUNICIPIO		SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ					
PROYECTO:		¿El proyecto fue solicitado por la comunidad que será beneficiada?	SI	NO			
		SI LA RESPUESTA ES SI, ¿CUÁL FUE EL MEDIO DE SOLICITUD?	ESPECIFIQUE:				
		¿LA SOLICITUD YA HA SIDO ATENDIDA O SE ENCUENTRA EN PROCESO DE DESARROLLO?	ESPECIFIQUE:				
VULNERABILIDAD DEL PREDIO							
AMENAZAS NATURALES				AMENAZAS CREADAS POR EL HOMBRE			
EL PROYECTO DE ACUERDO A ANTECEDENTES ES MAS VULNERABLE A:	ALTO (CADA AÑO)	REGULAR (CADA AÑO)	BAJO (CADA AÑO)	TIPO DE AMENAZA	SI	NO	A QUÉ DISTANCIA (m)
INUNDACIONES (Por mantos acuíferos cercanos)			X	DESCARGA DE AGUAS NEGRAS	HACIA LA CALLE	X	
SISMOS			X		HACIA UN BARRANCO	X	
TORMENTAS TROPICALES			X		RÍO	X	
FALLA GEOLÓGICA Y VOLCÁN			X	VÍAS CON TRANSITO MASIVO		X	
DERRUMBES			X	BARES O CANTINAS		X	
DESLAVES			X	HOSPITAL, CENTRO Y PUESTO DE SALUD		X	
HUNDIMIENTOS			X	CEMENTERIOS		X	
OTRAS VULNERABILIDADES	SI	NO	DISTANCIA (metros)	BASUREROS	X		
BARRANCOS	X			RASTRO		X	
PEÑASCOS		X		TORRES Y LÍNEAS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA		X	
ÁRBOLES DAÑADOS		X		DESCARGA PLUVIAL	X		
PROFUNDIDAD MANTO FREÁTICO:		3.00 metros					
OBSERVACIONES:							
					COORDENADAS GEOREFERENCIALES: NORTE: 14°35'11.14" OESTE: 90°39'34.80" ELEVACIÓN: 2,033 metros sobre el nivel del mar		
DATOS DEL EVALUADOR DE CAMPO				FIRMA Y SELLO: <hr style="width: 100px; margin: 0 auto;"/>			
NOMBRE Ligia Corado Paiz							
PUESTO: Epesista							
HORA DE EVALUACIÓN: 08:00							

Fuente: elaboración propia

Estacion				Cotas				DHD	S. Paso	Area Tributaria (Ha)			Ic	Inclinacion	C	Diseño		Diam	S	SECCION LLENA				H Inicio	H Paso	H total	Cotas Inver		Altura Pozo	
Inicial	Final	Inicial	Final	Local	Actual	Actual	Actual			Actual	Actual	Actual				Actual	Actual			Actual	Actual	Actual	Actual				Actual	Actual	Actual	Actual
1	2	118	111.82	39.40	0.35	0.00	0.35	12.00	174.87	0.6300	107.11	107.11	10	6.55	4.07	0.05067	206.23	0.519372	0.520	1.016	0.25	1.00	1.25	116.75	110.30	1.25	1.32			
2	3	111.62	110.98	39.40	0.14	0.35	0.49	12.00	174.87	0.6300	149.95	149.95	12	1.90	2.48	0.0729648	180.95	0.8228682	0.700	1.120	0.03	0.03	0.03	110.27	109.54	1.35	1.44			
3	4	110.98	110.55	79.40	0.28	0.49	0.77	12.00	174.87	0.6300	235.63	235.63	18	0.70	1.97	0.1641708	323.42	0.728557	0.640	1.094	0.03	0.03	0.03	109.51	108.96	1.47	1.59			
4	5	110.55	108.69	99.40	0.35	0.77	1.12	12.00	174.87	0.6300	342.74	342.74	18	1.75	3.12	0.1641708	512.21	0.669140	0.600	1.072	0.03	0.03	0.03	108.99	107.21	1.62	1.48			
5	6	108.69	107.45	99.40	0.35	1.12	1.47	12.00	174.87	0.6300	449.84	449.84	18	1.40	2.79	0.1641708	458.04	0.982098	0.800	1.140	0.03	0.03	0.03	107.18	105.80	1.51	1.65			
6	7	107.45	107.61	99.40	0.35	1.47	1.82	12.00	174.87	0.6300	556.95	556.95	24	0.50	2.02	0.2918592	589.56	0.944688	0.780	1.139	0.03	0.03	0.03	105.77	105.28	1.68	2.33			
7	8	107.61	109.23	59.40	0.21	1.82	2.03	12.00	174.87	0.6300	621.21	621.21	24	0.60	2.21	0.2918592	645.01	0.963101	0.790	1.140	0.03	0.03	0.03	105.25	104.90	2.36	4.33			
8	9	109.23	106.57	99.40	0.35	2.03	2.38	12.00	174.87	0.6300	728.32	728.32	24	1.50	3.49	0.2918592	1018.59	0.715028	0.630	1.089	0.03	0.03	0.03	104.87	103.39	4.36	3.18			
9	10	106.57	106.73	59.40	0.21	2.38	2.59	12.00	174.87	0.6300	792.58	792.58	27	0.50	2.18	0.3693843	805.26	0.984254	0.800	1.140	0.03	0.03	0.03	103.36	103.07	3.21	3.66			
10	11	106.73	106.52	39.40	0.14	2.59	2.73	12.00	174.87	0.6300	835.42	835.42	27	0.65	2.49	0.3693843	919.77	0.908292	0.750	1.134	0.03	0.03	0.03	103.04	102.79	3.69	3.73			
11	12	106.52	105.38	59.40	0.21	2.73	2.94	12.00	174.87	0.6300	899.69	899.69	24	1.25	3.19	0.2918592	931.03	0.966338	0.790	1.140	0.03	0.03	0.03	102.76	102.03	3.76	3.35			
12	13	105.38	105.2	25.88	0.09	2.94	3.03	12.00	174.87	0.6300	928.05	928.05	27	0.70	2.58	0.3693843	953.01	0.973809	0.800	1.140	0.03	0.03	0.03	102.00	101.83	3.38	3.37			
13	14	105.2	105.32	33.38	0.12	3.03	3.15	12.00	174.87	0.6300	964.44	964.44	30	0.50	2.34	0.45603	1067.11	0.903787	0.750	1.134	0.03	0.03	0.03	101.80	101.64	3.40	3.68			
14	15	105.32	104.23	39.40	0.14	3.15	3.29	12.00	174.87	0.6300	1007.28	1007.28	24	1.50	3.49	0.2918592	1018.59	0.988896	0.800	1.140	0.03	0.03	0.03	101.61	101.03	3.71	3.20			
15	16	104.23	103.45	99.40	0.35	3.29	3.64	12.00	174.87	0.6300	1114.39	1114.39	30	0.60	2.56	0.45603	1167.44	0.954559	0.790	1.140	0.03	0.03	0.03	101.00	100.41	3.23	3.04			
16	17	103.45	102.44	99.40	0.35	3.64	3.99	12.00	174.87	0.6300	1221.49	1221.49	30	0.75	2.87	0.45603	1308.81	0.933283	0.770	1.137	0.03	0.03	0.03	100.38	99.64	3.07	2.80			
17	18	102.44	101.28	99.40	0.35	3.99	4.34	12.00	174.87	0.6300	1328.60	1328.60	30	1.00	3.31	0.45603	1509.46	0.880182	0.730	1.130	0.03	0.03	0.03	99.61	98.63	2.83	2.65			
18	19	101.28	100.4	75.90	0.27	4.34	4.61	12.00	174.87	0.6300	1410.54	1410.54	30	1.16	3.57	0.45603	1628.03	0.866409	0.720	1.126	0.03	0.03	0.03	98.60	97.73	2.68	2.67			
19	20	100.4	99.74	62.80	0.22	4.61	4.83	12.00	174.87	0.6300	1478.44	1478.44	30	1.05	3.39	0.45603	1545.94	0.956337	0.790	1.140	0.03	0.03	0.03	97.70	97.05	2.70	2.69			
20	21	99.74	99.17	39.40	0.14	4.83	4.97	12.00	174.87	0.6300	1521.28	1521.28	30	1.45	3.99	0.45603	1819.56	0.836070	0.700	1.120	0.03	0.03	0.03	97.02	96.46	2.72	2.71			
21	22	99.17	97.61	79.40	0.28	4.97	5.25	12.00	174.87	0.6300	1606.97	1606.97	30	1.25	3.70	0.45603	1687.31	0.952386	0.780	1.139	0.03	0.03	0.03	96.43	95.45	2.74	2.16			
22	23	97.61	97	20.89	0.08	5.25	5.33	12.00	174.87	0.6300	1629.98	1629.98	30	1.25	3.70	0.45603	1687.31	0.966023	0.790	1.140	0.03	0.03	0.03	95.42	95.17	2.19	1.83			
23	24	97	96	86.17	0.30	5.33	5.63	12.00	174.87	0.6300	1722.92	1722.92	30	1.40	3.92	0.45603	1767.64	0.963796	0.790	1.140	0.03	0.03	0.03	95.14	93.95	1.86	2.05			
24	25	96	95.36	92.27	0.33	5.63	5.96	12.00	174.87	0.6300	1822.39	1822.39	36	0.69	3.11	0.6566832	2042.28	0.892331	0.740	1.132	0.03	0.03	0.03	93.92	93.29	2.08	2.07			
26	27	135.15	123.76	32.21	0.11	0.00	0.11	12.00	174.87	0.6300	35.14	35.14	10	40.00	10.07	0.05067	510.25	0.068868	0.180	0.577	0.25	1.00	1.25	133.90	121.42	1.25	2.34			
27	28	123.76	112.6	39.40	0.14	0.11	0.25	12.00	174.87	0.6300	77.98	77.98	12	28.00	9.51	0.0729648	693.90	0.112379	0.230	0.669	0.03	0.03	0.03	121.39	110.64	2.37	1.96			
28	29	112.6	108.08	19.40	0.07	0.25	0.32	12.00	174.87	0.6300	99.40	99.40	12	24.00	8.80	0.0729648	642.09	0.154807	0.270	0.730	0.03	0.03	0.03	110.61	106.19	1.99	1.89			
29	30	108.08	95.36	38.33	0.14	0.32	0.46	12.00	174.87	0.6300	141.10	141.10	15	34.00	12.16	0.1140075	1386.33	0.110180	0.220	0.551	0.03	0.03	0.03	106.16	93.47	1.92	1.89			
30	31	95.36	94.24	105.65	0.37	0.00	0.37	12.00	174.87	0.6300	113.80	113.80	15	1.45	2.51	0.1140075	286.16	0.397680	0.440	0.943	0.38	1.00	1.38	93.98	92.46	1.38	1.78			
31	32	94.24	93.75	92.22	0.32	0.37	0.70	12.00	174.87	0.6300	213.21	213.21	18	0.60	1.82	0.1641708	298.79	0.713578	0.630	1.089	0.03	0.03	0.03	92.43	91.88	1.81	1.87			
32	33	93.75	93.3	99.40	0.35	0.70	1.05	12.00	174.87	0.6300	320.32	320.32	21	0.50	1.85	0.2234547	413.39	0.774862	0.670	1.108	0.03	0.03	0.03	91.85	91.36	1.90	1.94			
33	34	93.3	92.33	99.40	0.35	1.05	1.40	12.00	174.87	0.6300	427.43	427.43	21	0.95	2.54	0.2234547	567.57	0.753088	0.650	1.098	0.03	0.03	0.03	91.33	90.40	1.97	1.93			
34	35	92.33	92.27	19.40	0.07	1.40	1.47	12.00	174.87	0.6300	448.85	448.85	24	0.50	2.02	0.2918592	589.56	0.761330	0.660	1.104	0.03	0.03	0.03	90.37	90.28	1.96	1.99			
35	36	92.27	93.03	66.71	0.24	1.47	1.70	12.00	174.87	0.6300	520.94	520.94	24	0.50	2.02	0.2918592	589.56	0.883608	0.730	1.130	0.03	0.03	0.03	90.25	89.92	2.02	3.11			
36	37	93.03	93.23	92.14	0.32	1.70	2.03	12.00	174.87	0.6300	620.27	620.27	24	0.50	2.02	0.2918592	589.56	1.052090	0.880	1.131	0.03	0.03	0.03	89.89	89.43	3.14	3.80			
37	38	93.23	92.87	79.40	0.28	2.03	2.31	12.00	174.87	0.6300	705.95	705.95	27	0.50	2.18	0.3693843	805.26	0.876673	0.730	1.130	0.03	0.03	0.03	89.40	89.01	3.83	3.86			
38	39	92.87	92.7	32.21	0.11	2.31	2.42	12.00	174.87	0.6300	741.09	741.09	27	0.50	2.18	0.3693843	805.26	0.920311	0.760	1.136	0.03	0.03	0.03	88.98	88.82	3.89	3.88			
39	40	92.7	92.79	53.84	0.19	2.42	2.61	12.00	174.87	0.6300	799.40	799.40	27	0.50	2.18	0.3693843	805.26	0.992723	0.810	1.140	0.03	0.03	0.03	88.79	88.53	3.91	4.26			
41	42	108.57	108.35	49.16	0.17	0.00	0.17	12.00	174.87	0.6300	53.30	53.30	10	1.00	1.59	0.05067	80.57	0.661537	0.600	1.072	0.25	1.00	1.25	107.32	106.84	1.25	1.51			
42	43	108.35	107.59	38.19	0.14	0.17	0.31	12.00	174.87	0.6300	94.84	94.84	10	7.35	2.44	0.05067	123.63	0.767128	0.660	1.104	0.03	0.03	0.03	106.81	105.94	1.54	1.65			
43	44	107.59	108.19	40.50	0.14	0.31	0.45	12.00	174.87	0.6300	138.86	138.86	12	7.95	2.76	0.0729648	201.38	0.689542	0.620	1.083	0.03	0.03	0.03	105.91	104.98	1.68	3.21			
44	45	108.19	106.87	37.81	0.13	0.45	0.59	12.00	174.87	0.6300	180.00	180.00	12	2.35	2.76	0.0729648	201.38	0.893833	0.740	1.132	0.03	0.03	0.03	104.95	104.08	3.24	2.79			
45	46	106.87	106	23.46	0.08	0.59	0.67	12.00	174.87	0.6300	205.77	205.77	12	2.35	2.76	0.0729648	201.38	1.021800	0.850	1										

Estacion	Cotas		DHD	S Pend. Terreno	Area Tributaria [Ha]			tc [min]	Intensidad [mm/h]	C Escorrentia	q Diseño Actual	q Diseño Actual	Diam Tuberia	S Pendie	SECCION LLENA			q/Q Actual	d/D Actual	v/V Actual	H inicio	H paso	H total Minima	Cotas Inver		Altura Pozo		
	Inicial	Final			Local	Acum.	Actual								Actual	Actual	Velocidad							Area	Cauda (Q)	Salida	Entrada	Salida
62	70	92.04	91.3	74.10	1.00	0.26	0.00	0.26	12.00	174.87	0.6300	80.01	80.01	10	1.45	1.92	0.05067	97.29	0.822387	0.700	1.120	0.25	1.00	1.25	90.79	89.73	1.25	1.57
70	71	91.3	91.13	56.62	0.30	0.20	0.26	0.46	12.00	174.87	0.6300	141.29	141.29	15	0.50	1.47	0.1140075	167.59	0.843069	0.710	1.124	0.03	0.03	0.03	89.70	89.42	1.60	1.71
71	72	91.13	90.95	59.40	0.30	0.21	0.46	0.67	12.00	174.87	0.6300	205.56	205.56	18	0.40	1.49	0.1641708	244.61	0.840358	0.710	1.124	0.03	0.03	0.03	89.39	89.16	1.74	1.79
72	73	90.95	91	48.90	0.10	0.17	0.67	0.84	12.00	174.87	0.6300	258.57	258.57	18	0.40	1.49	0.1641708	244.61	1.057070	0.890	1.128	0.03	0.03	0.03	89.13	88.94	1.82	2.06
73	74	91	91	83.86	0.00	0.30	0.84	1.14	12.00	174.87	0.6300	349.04	349.04	21	0.40	1.65	0.2234547	368.70	0.946678	0.780	1.139	0.03	0.03	0.03	88.91	88.58	2.09	2.42
74	75	91	90.73	25.10	1.08	0.09	1.14	1.23	12.00	174.87	0.6300	376.56	376.56	21	0.40	1.65	0.2234547	368.70	1.021318	0.840	1.139	0.03	0.03	0.03	88.55	88.45	2.45	2.28
75	76	91.73	90.69	100.63	1.08	0.35	1.23	1.58	12.00	174.87	0.6300	484.98	484.98	24	0.40	1.80	0.2918592	525.35	0.923156	0.760	1.136	0.03	0.03	0.03	88.42	88.02	3.31	2.67
76	77	90.69	90.79	65.82	0.15	0.23	1.58	1.82	12.00	174.87	0.6300	556.12	556.12	24	0.40	1.80	0.2918592	525.35	1.058570	0.890	1.128	0.03	0.03	0.03	87.99	87.73	2.70	3.06
77	78	90.79	90.71	88.25	0.09	0.31	1.82	2.13	12.00	174.87	0.6300	651.29	651.29	27	0.40	1.95	0.3693843	720.30	0.904193	0.750	1.134	0.03	0.03	0.03	87.70	87.35	3.09	3.36
78	79	90.71	90.58	106.11	0.12	0.37	2.13	2.50	12.00	174.87	0.6300	765.58	765.58	27	0.40	1.95	0.3693843	720.30	1.062863	0.900	1.124	0.03	0.03	0.03	87.32	86.90	3.39	3.68
79	80	90.58	90.38	76.69	0.26	0.27	2.50	2.77	12.00	174.87	0.6300	848.36	848.36	27	0.50	2.18	0.3693843	805.26	1.053523	0.880	1.131	0.03	0.03	0.03	86.87	86.49	3.71	3.89
80	81	90.38	90.36	79.80	0.03	0.28	2.77	3.05	12.00	174.87	0.6300	934.47	934.47	30	0.40	2.09	0.45603	953.10	0.980453	0.800	1.140	0.03	0.03	0.03	86.46	86.14	3.92	4.22
81	82	90.36	90.15	100.16	0.21	0.35	3.05	3.41	12.00	174.87	0.6300	1042.39	1042.39	30	0.45	2.22	0.45603	1012.39	1.029633	0.850	1.138	0.03	0.03	0.03	86.11	85.66	4.25	4.49
82	83	90.15	89.85	99.40	0.30	0.35	3.41	3.76	12.00	174.87	0.6300	1149.50	1149.50	33	0.40	2.23	0.5517963	1230.51	0.934166	0.770	1.137	0.03	0.03	0.03	85.63	85.24	4.52	4.61
83	84	89.85	89.44	99.40	0.43	0.35	3.76	4.11	12.00	174.87	0.6300	1256.60	1256.60	33	0.40	2.23	0.5517963	1230.51	1.021203	0.840	1.139	0.03	0.03	0.03	85.21	84.82	4.64	4.62
84	85	89.44	88.77	99.40	0.67	0.35	4.11	4.46	12.00	174.87	0.6300	1363.71	1363.71	33	0.45	2.37	0.5517963	1307.76	1.042783	0.860	1.136	0.03	0.03	0.03	84.79	84.35	4.65	4.42
85	86	88.77	88.33	79.40	0.65	0.28	4.46	4.74	12.00	174.87	0.6300	1449.39	1449.39	33	0.50	2.49	0.5517963	1373.97	1.054892	0.890	1.128	0.03	0.03	0.03	84.32	83.93	4.45	4.40
86	87	88.33	87.91	104.97	0.40	0.37	4.74	5.11	12.00	174.87	0.6300	1562.46	1562.46	36	0.40	2.36	0.6566832	1549.77	1.008188	0.830	1.139	0.03	0.03	0.03	83.90	83.48	4.43	4.43
87	88	87.91	87.78	73.67	0.18	0.26	5.11	5.37	12.00	174.87	0.6300	1642.01	1642.01	36	0.40	2.36	0.6566832	1549.77	1.059519	0.890	1.128	0.03	0.03	0.03	83.45	83.16	4.46	4.62
88	89	87.78	87.73	39.40	0.14	0.14	5.37	5.51	12.00	174.87	0.6300	1684.85	1684.85	36	0.45	2.51	0.6566832	1648.27	1.022193	0.850	1.138	0.03	0.03	0.03	83.13	82.96	4.65	4.77
89	90	87.73	87.65	81.45	0.30	0.29	5.51	5.79	12.00	174.87	0.6300	1772.73	1772.73	36	0.50	2.64	0.6566832	1733.64	1.022548	0.850	1.138	0.03	0.03	0.03	82.93	82.53	4.80	5.12
90	91	87.65	87.58	55.62	0.19	0.20	5.79	5.99	12.00	174.87	0.6300	1832.95	1832.95	36	0.50	2.64	0.6566832	1733.64	1.057284	0.890	1.128	0.03	0.03	0.03	82.50	82.23	5.15	5.35
91	92	87.58	87.52	53.61	0.11	0.19	5.99	6.18	12.00	174.87	0.6300	1891.01	1891.01	39	0.40	2.49	0.7706907	1919.02	0.985404	0.800	1.140	0.03	0.03	0.03	82.20	81.99	5.38	5.53
92	93	87.52	87.37	47.85	0.51	0.17	6.18	6.35	12.00	174.87	0.6300	1942.90	1942.90	39	0.40	2.49	0.7706907	1919.02	1.012444	0.840	1.139	0.03	0.03	0.03	81.96	81.77	5.56	5.60
93	94	87.37	87.23	99.40	0.14	0.35	6.35	6.70	12.00	174.87	0.6300	2050.01	2050.01	39	0.40	2.49	0.7706907	1919.02	1.068259	0.910	1.120	0.03	0.03	0.03	81.74	81.35	5.63	5.88
94	95	87.23	87.05	99.40	0.18	0.35	6.70	7.05	12.00	174.87	0.6300	2157.11	2157.11	39	0.45	2.65	0.7706907	2042.33	1.056201	0.890	1.128	0.03	0.03	0.03	81.32	80.88	5.91	6.17
95	96	87.05	86.95	99.40	0.10	0.35	7.05	7.40	12.00	174.87	0.6300	2264.22	2264.22	39	0.50	2.79	0.7706907	2150.23	1.053013	0.880	1.131	0.03	0.03	0.03	80.85	80.36	6.20	6.59
96	97	86.95	86.76	79.40	0.24	0.28	7.40	7.68	12.00	174.87	0.6300	2349.90	2349.90	42	0.40	2.62	0.8938188	2341.81	1.003455	0.830	1.139	0.03	0.03	0.03	80.33	80.02	6.62	6.74
97	98	86.76	86.48	99.40	0.28	0.35	7.68	8.03	12.00	174.87	0.6300	2457.01	2457.01	42	0.40	2.62	0.8938188	2341.81	1.049193	0.880	1.131	0.03	0.03	0.03	79.99	79.60	6.77	6.88
98	99	86.48	86.45	99.40	0.03	0.35	8.03	8.38	12.00	174.87	0.6300	2564.11	2564.11	42	0.45	2.78	0.8938188	2484.82	1.031910	0.860	1.136	0.03	0.03	0.03	79.57	79.13	6.91	7.32
99	100	86.45	86.45	99.40	0.00	0.35	8.38	8.73	12.00	174.87	0.6300	2671.22	2671.22	42	0.50	2.93	0.8938188	2618.89	1.019982	0.840	1.139	0.03	0.03	0.03	79.10	78.61	7.35	7.84
100	101	86.45	86.4	90.28	0.06	0.32	8.73	9.05	12.00	174.87	0.6300	2768.56	2768.56	42	0.50	2.93	0.8938188	2618.89	1.057150	0.890	1.128	0.03	0.03	0.03	78.58	78.13	7.87	8.27
101	102	86.4	86.31	88.38	0.10	0.31	9.05	9.36	12.00	174.87	0.6300	2863.86	2863.86	48	0.40	2.86	1.1674368	3338.87	0.857733	0.720	1.126	0.03	0.03	0.03	78.10	77.75	8.30	8.56
102	103	86.31	86.24	99.40	0.07	0.35	9.36	9.71	12.00	174.87	0.6300	2970.97	2970.97	48	0.40	2.86	1.1674368	3338.87	0.889813	0.740	1.132	0.03	0.03	0.03	77.72	77.33	8.59	8.91
103	104	86.24	86	50.15	0.48	0.18	9.71	9.89	12.00	174.87	0.6300	3025.32	3025.32	48	0.40	2.86	1.1674368	3338.87	0.906091	0.750	1.134	0.03	0.03	0.03	77.30	77.10	8.94	8.90
104	105	86	85.99	88.57	0.01	0.31	9.89	10.20	12.00	174.87	0.6300	3120.83	3120.83	48	0.40	2.86	1.1674368	3338.87	0.934696	0.770	1.137	0.03	0.03	0.03	77.07	76.72	8.93	9.27
105	106	85.99	85.75	99.40	0.24	0.35	10.20	10.55	12.00	174.87	0.6300	3227.93	3227.93	48	0.40	2.86	1.1674368	3338.87	0.966773	0.790	1.140	0.03	0.03	0.03	76.66	76.30	9.30	9.45
106	107	85.75	85.52	99.40	0.23	0.35	10.55	10.90	12.00	174.87	0.6300	3335.04	3335.04	48	0.40	2.86	1.1674368	3338.87	0.998853	0.810	1.140	0.03	0.03	0.03	76	75.88	9.48	9.64
107	108	85.52	85.48	34.99	0.14	0.12	10.90	11.02	12.00	174.87	0.6300	3373.16	3373.16	48	0.40	2.86	1.1674368	3338.87	1.010270	0.840	1.139	0.03	0.03	0.03	75.85	75.71	9.67	9.77
109	110	138.37	128.99	99.40	0.44	0.35	0.00	0.35	12.00	174.87	0.6300	107.11	107.11	12	0.80	5.63	0.0729648	410.79	0.260741	0.350	0.843	0.31	1.00	1.31	137.06	127.42	1.31	1.57
110	111	128.99	117.08	99.40	11.98	0.35	0.35	0.70	12.00	174.87	0.6300	214.21	214.21	15	12.25	7.30	0.1140075	832.25	0.257387	0.350	0.843	0.03	0.03	0.03	127.39	115.34	1.60	1.74
111	112	117.08	110.61	79.40	0.15	0.28	0.70	0.98	12.00																			

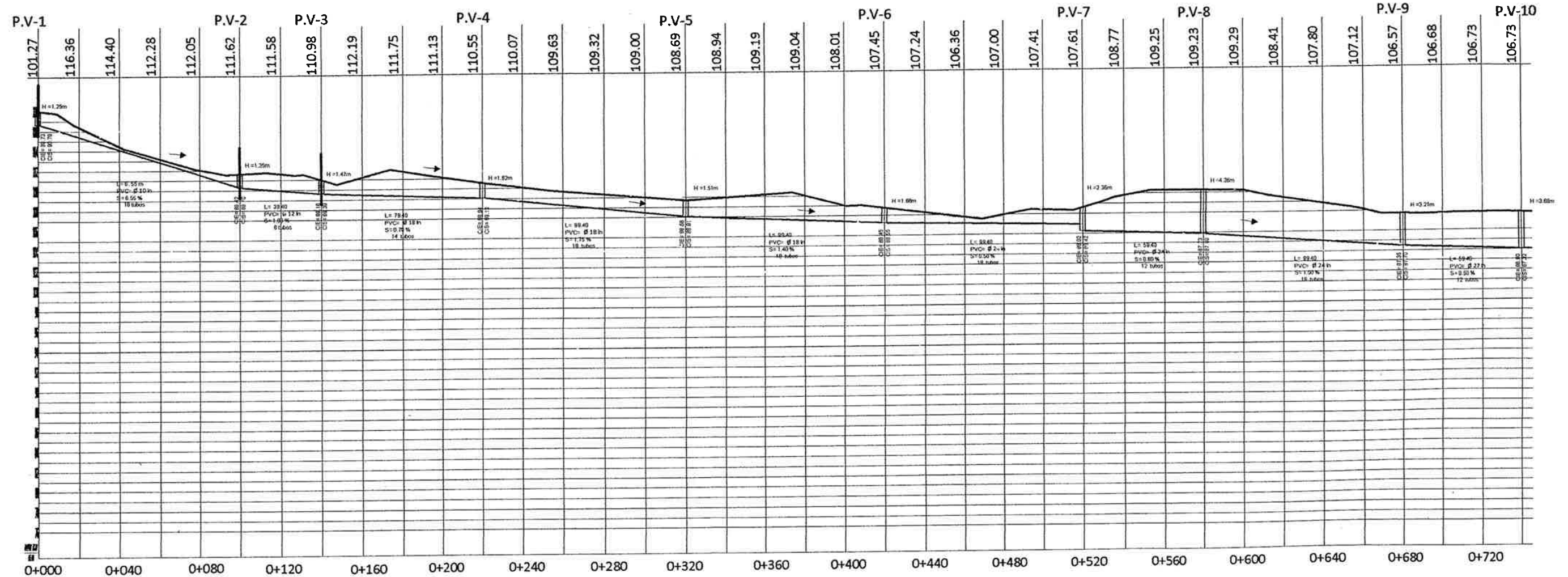
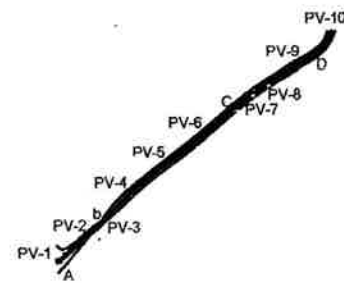


PLANTA GENERAL ALCANTARILLADO PLUVIAL
 ESC 1/750

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA E. TECNICO PROFESIONAL SUPERVISOR	
No. de COORDINADO No. de COORDINADO	MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN SACATEPEQUEZ	No. de COORDINADO No. de COORDINADO	No. de COORDINADO No. de COORDINADO
Proyecto: ALCANTEARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO		Universidad de San Carlos de Guatemala	
Asesor(a) Supervisor(a) de EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS		No. de COORDINADO No. de COORDINADO	
		Hoja No. 1 / 15	



PLANTA ALCANTARILLADO PLUVIAL - P.V.1 AL P.V.10
ESC 1/750



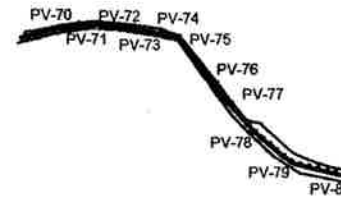
PERFIL ALCANTARILLADO PLUVIAL - P.V.1 AL P.V.10
ESC H=1/1000 V=1/200

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJECUCION PROFESIONAL SUPERVISADA

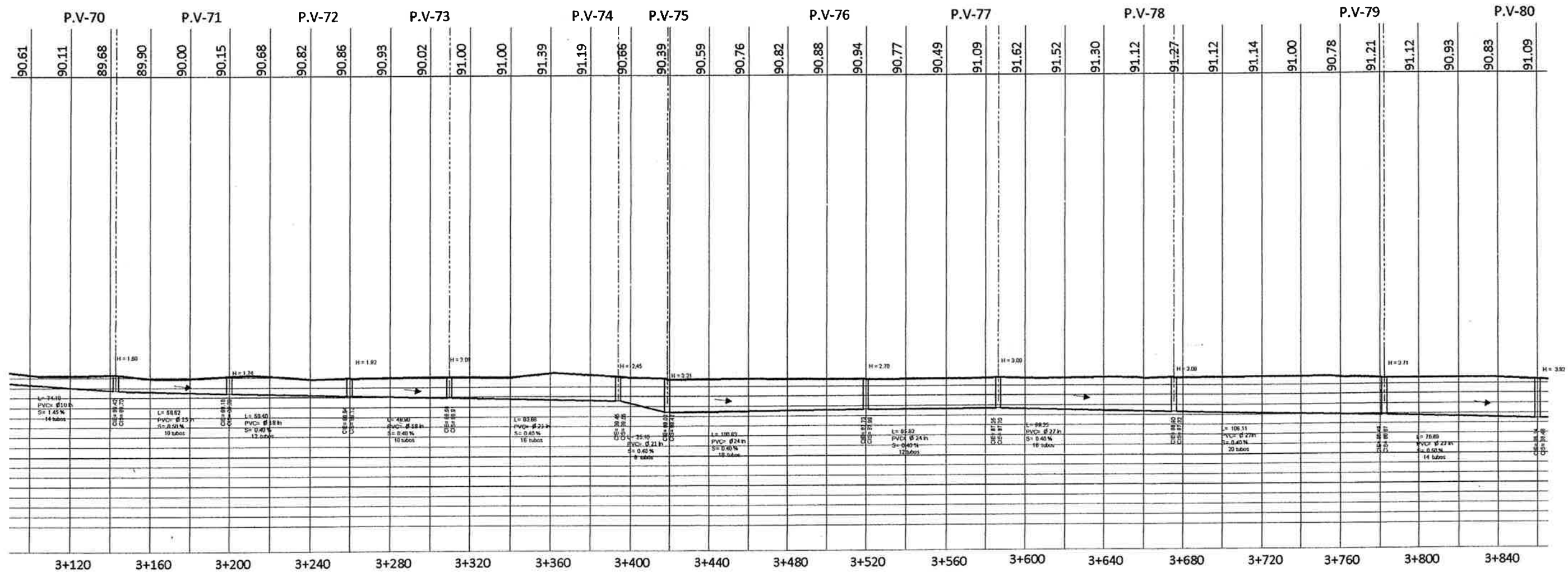
PROYECTO DE SANITIZACION Y RECONSTRUCCION DE LA PLANTA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL DE LA ZONA URBANA DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE PRACTICAS DE INGENIERIA Y EPS

HOJA No 2/15



PLANTA ALCANTARILLADO PLUVIAL - P.V.70 AL P.V.80
ESC 1/750



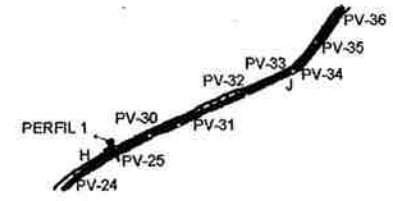
PERFIL ALCANTARILLADO PLUVIAL - P.V.70 AL P.V.80
ESC H=1/1000 V=1/200

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

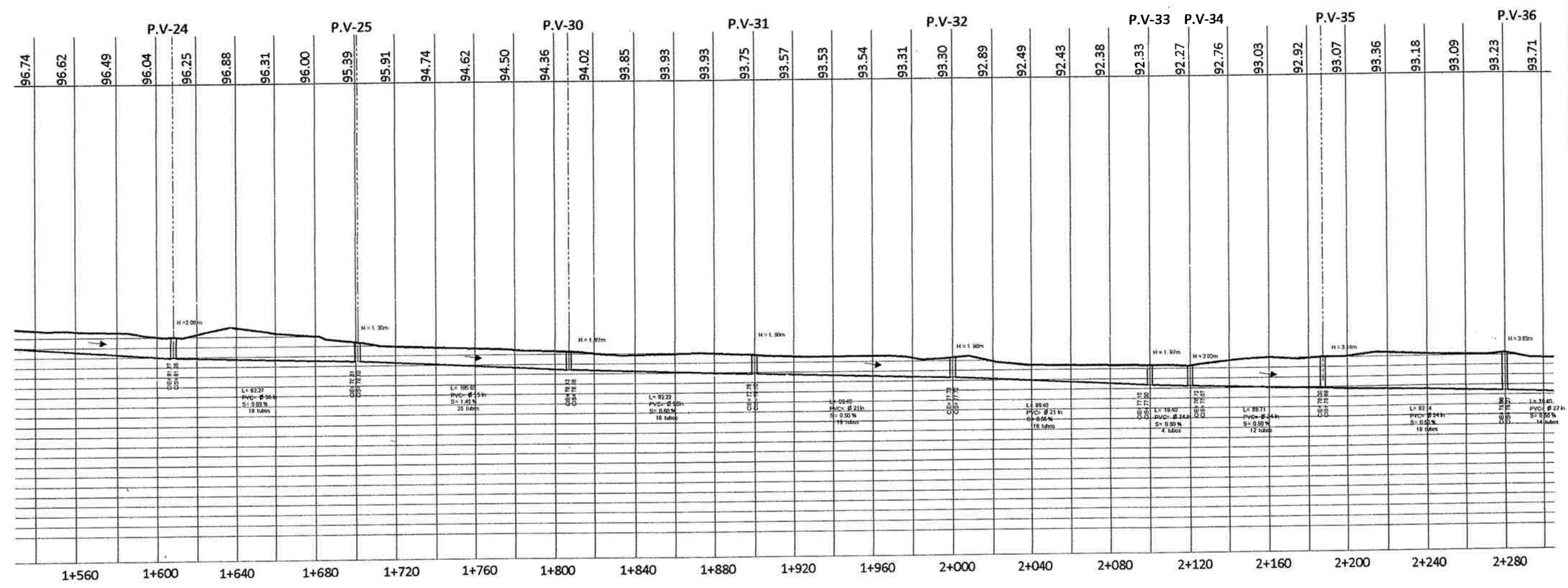
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL ALBA

ASESORIA SUPERVISADA DE EPS
Unidad de Planeación y Ejecución de Proyectos

6/15



PLANTA ALCANTARILLADO PLUVIAL - P.V.24 AL P.V.36 ESC 1/750

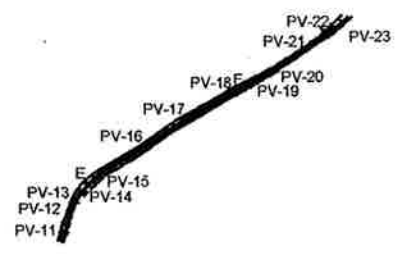


PERFIL ALCANTARILLADO PLUVIAL - P.V.24 AL P.V.36 ESC H=1/1000 V=1/200

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

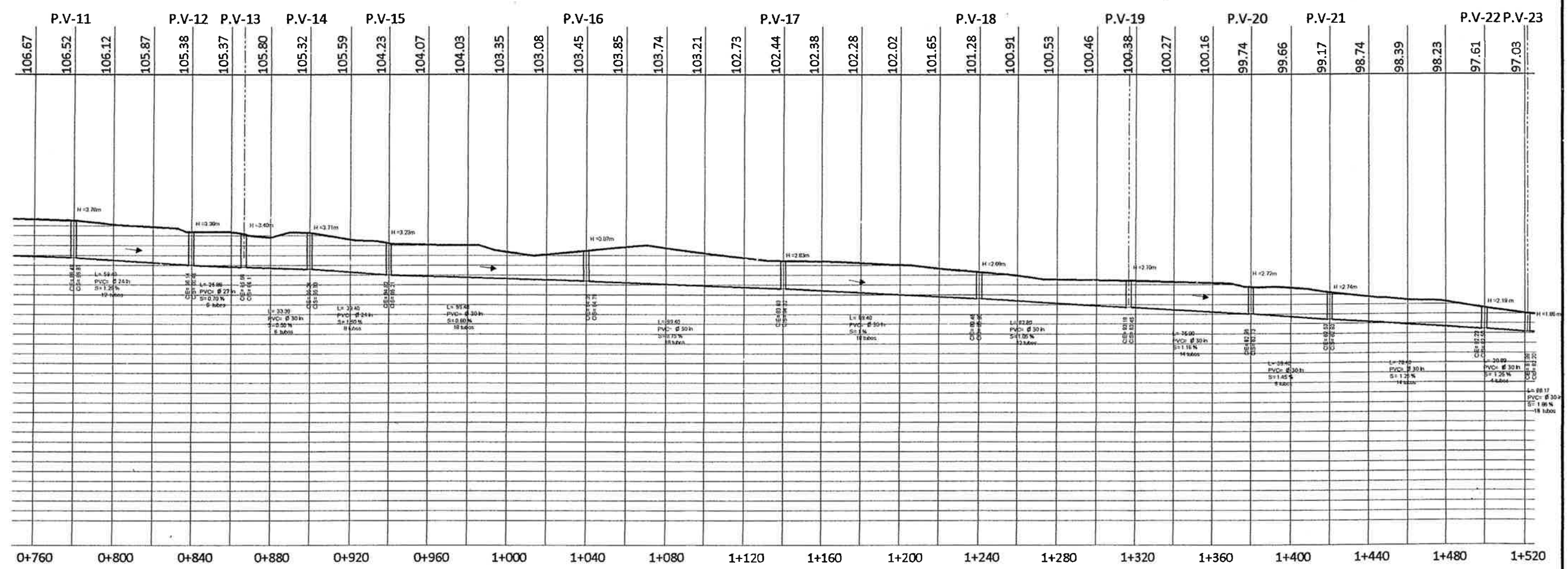
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL ADECUADO
ASESOR(A) SUBDIVISION(A) DE EPS
Unidad de Proyectos de Ingeniería y EPS

HOJA No
4 / 15



PLANTA ALCANTARILLADO PLUVIAL - P.V.11 AL P.V.23

ESC 1/750



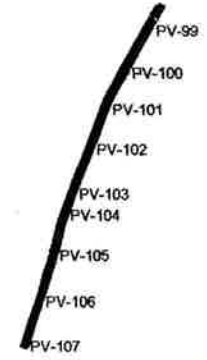
PERFIL ALCANTARILLADO PLUVIAL - P.V.11 AL P.V.23

ESC H=1/1000 V=1/200

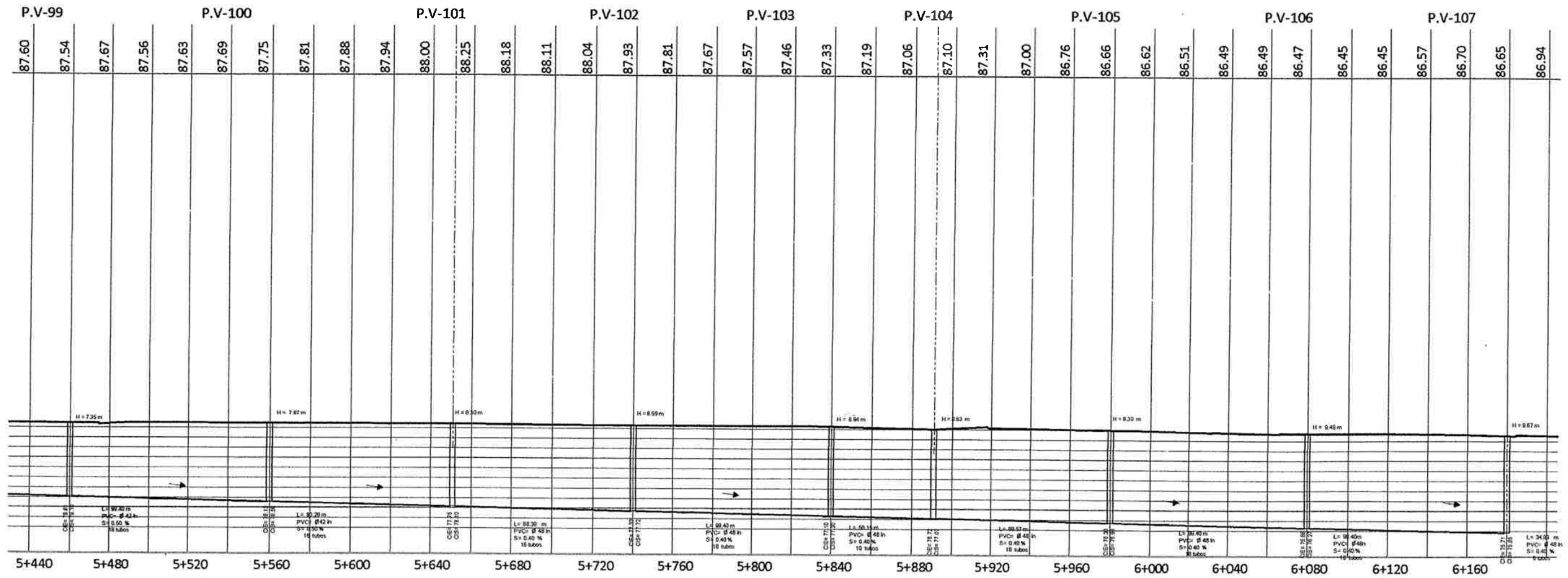
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
E. BUREAU PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA LA ZONA DE LA UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERIA Y EBS

NOJA No. 3/15



PLANTA ALCANTARILLADO PLUVIAL - P.V.99 AL P.V.107
ESC 1/750

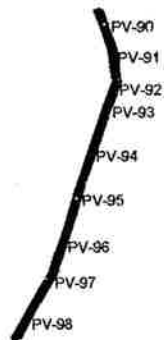


PERFIL ALCANTARILLADO PLUVIAL - P.V.99 AL P.V.107
ESC H=1/1000 V=1/200

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

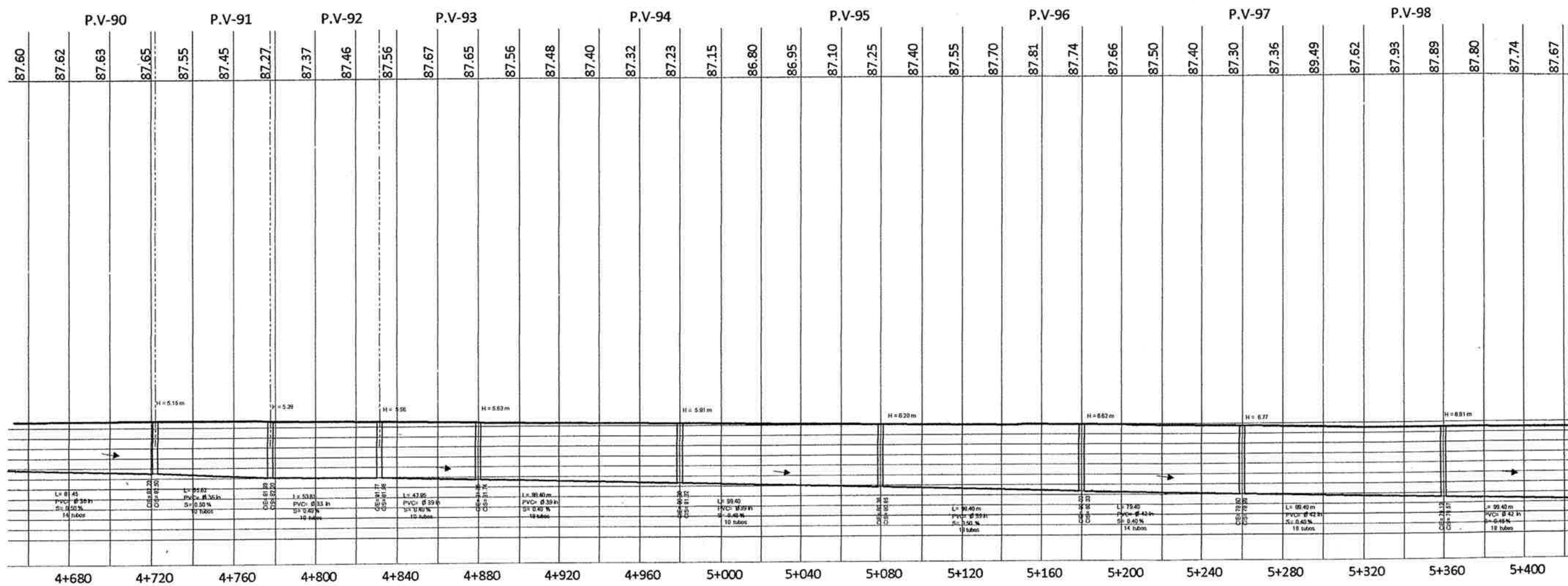
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL ALBA...
UNIDAD DE EJECUCION: Unidad de Ejecucion de Injeneria y EDS

FECHA: 9/15



PLANTA ALCANTARILLADO PLUVIAL - P.V.90 AL P.V.98

ESC 1/750



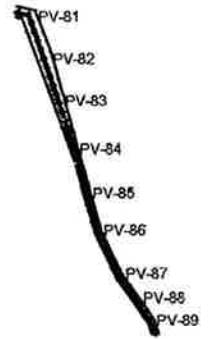
PERFIL ALCANTARILLADO PLUVIAL - P.V.90 AL P.V.98

ESC H=1/1000 V=1/200

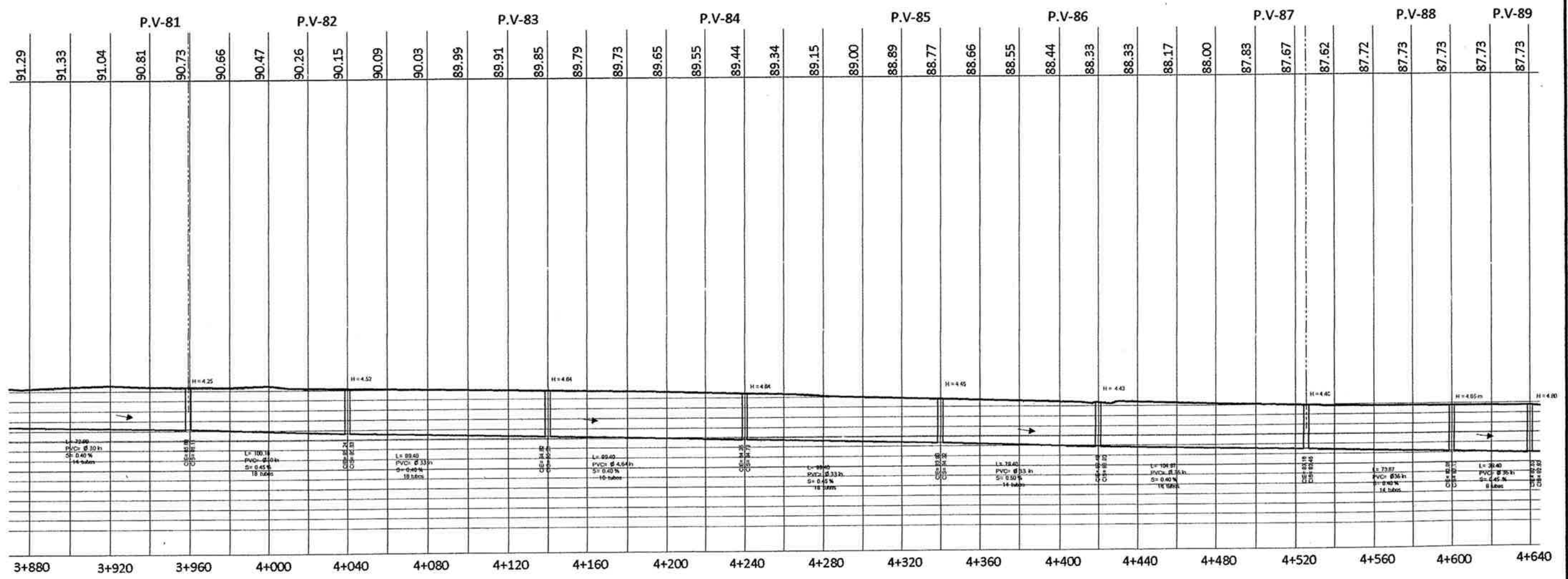
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MAESTRO DE OBRAS: [Signature]
INGENIERO EN CARRETERAS: [Signature]
INGENIERO EN SISTEMAS DE ALCAANTARILLADO PLUVIAL: [Signature]

HOJA No. 8 / 15



PLANTA ALCANTARILLADO PLUVIAL - P.V.81 AL P.V.89
 ESC 1/750



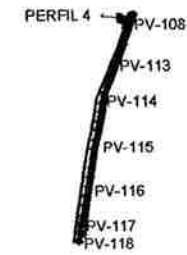
PERFIL ALCANTARILLA PLUVIAL - P.V.81 AL P.V.89
 ESC H=1/1000 V=1/200

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA PROFESIONAL SUPERIOR

PROFESOR: DR. CARLOS A. GONZALEZ
 ASISTENTE: DR. CARLOS A. GONZALEZ

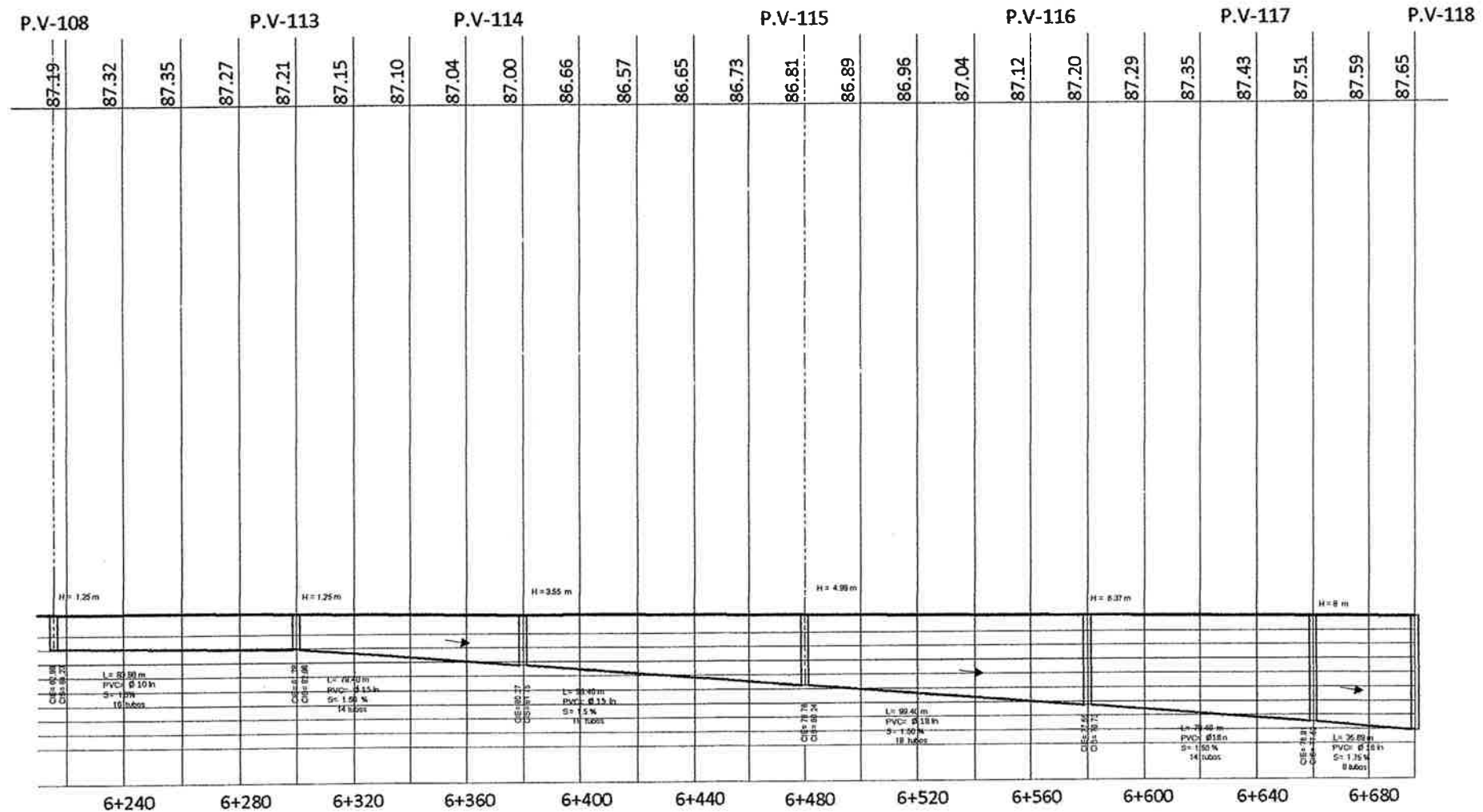
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL ADECUADO
 ASOCIACION SUPERVISORA DE EPS
 PLANTA Y PERFILES DE ALCANTARILLADO PLUVIAL
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

FECHA: 7/15



PLANTA ALCANTARILLADO PLUVIAL - P.V.108 AL P.V.118

ESC 1/750



PERFIL ALCANTARILLADO PLUVIAL - P.V.108 AL P.V.118

ESC H=1/1000 V=1/200

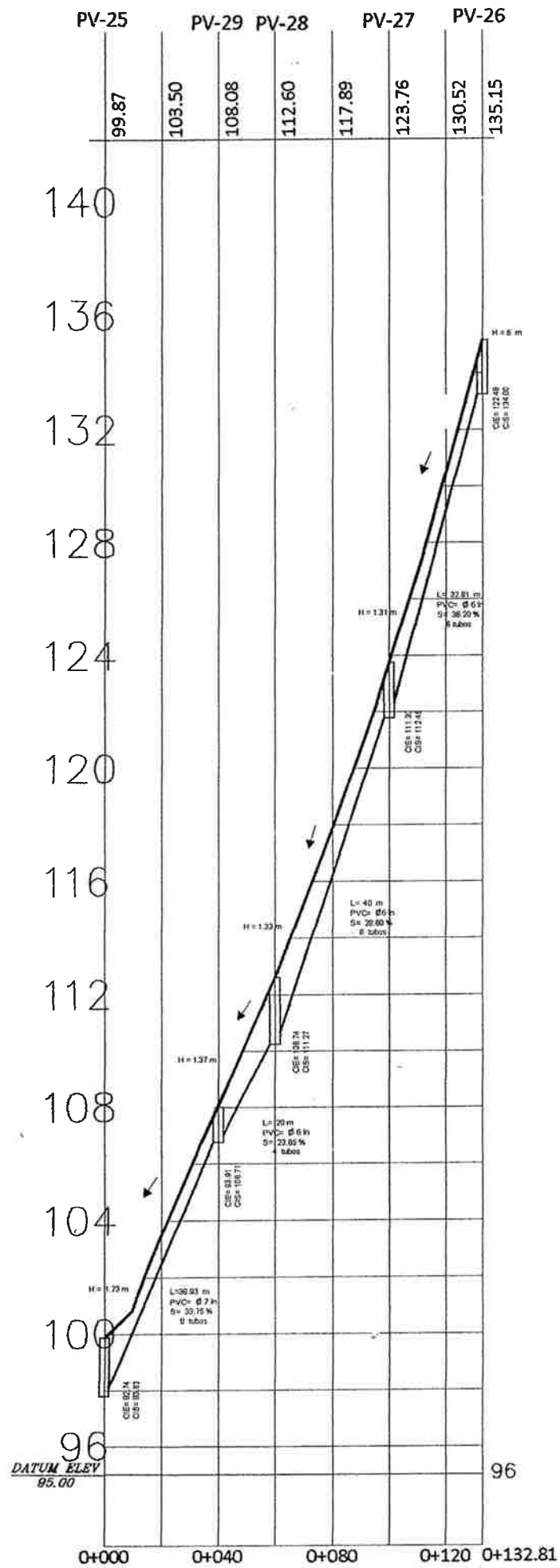
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS

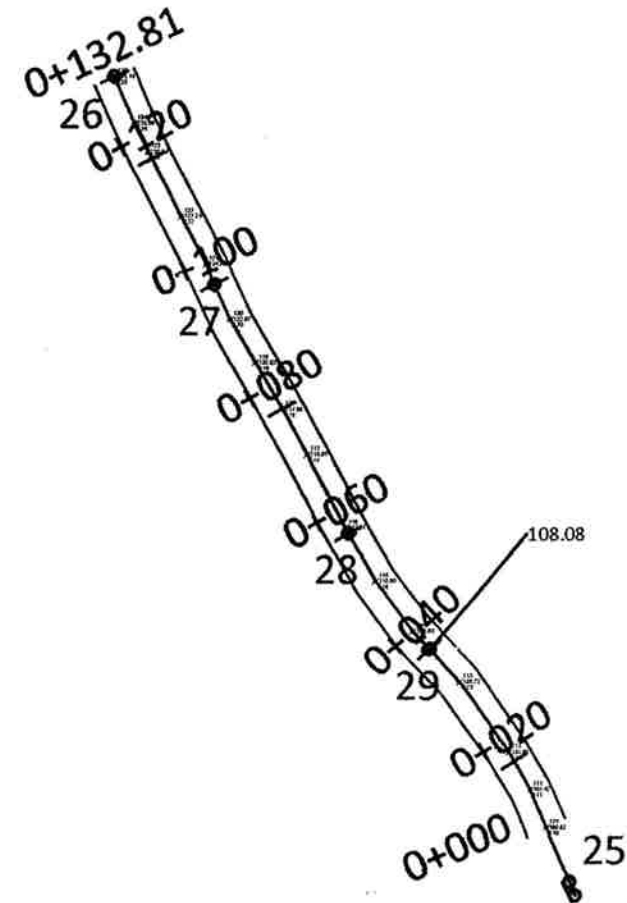
Unidad de Proyectos de Ingeniería y EPS

Facultad de Ingeniería

HOJA No. 10/15



PERFIL ALCANTARILLADO PLUVIAL 1 - P.V.26 AL P.V.29
 ESC H=1/1000 V=1/100

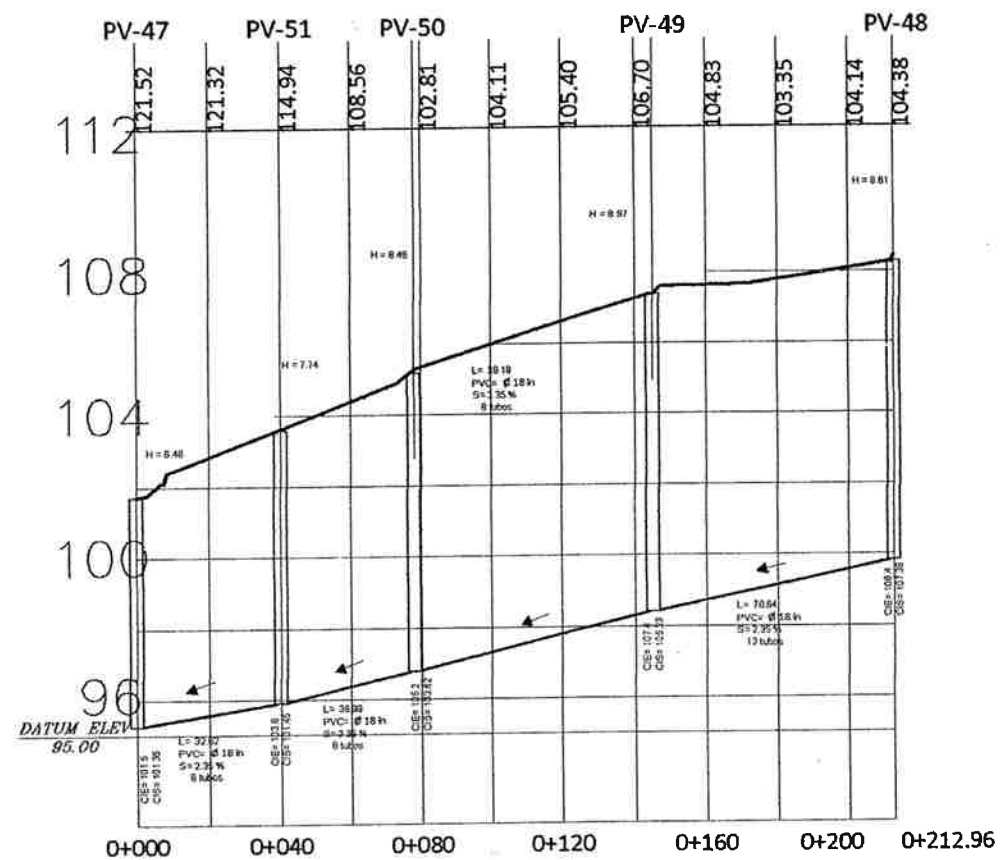


PLANTA ALCANTARILLADO PLUVIAL 1 - P.V.26 AL P.V.29
 ESC 1/500

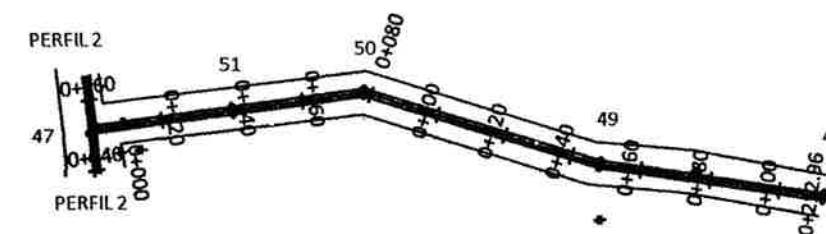


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA PROFESIONAL SUPERIOR

Proyecto: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO REPARADOR ASesor(A) SUPERVISOR(A) DE EPS Unidad de Proyectos de Infraestructura y EPS	Fecha: 11/15
--	-----------------

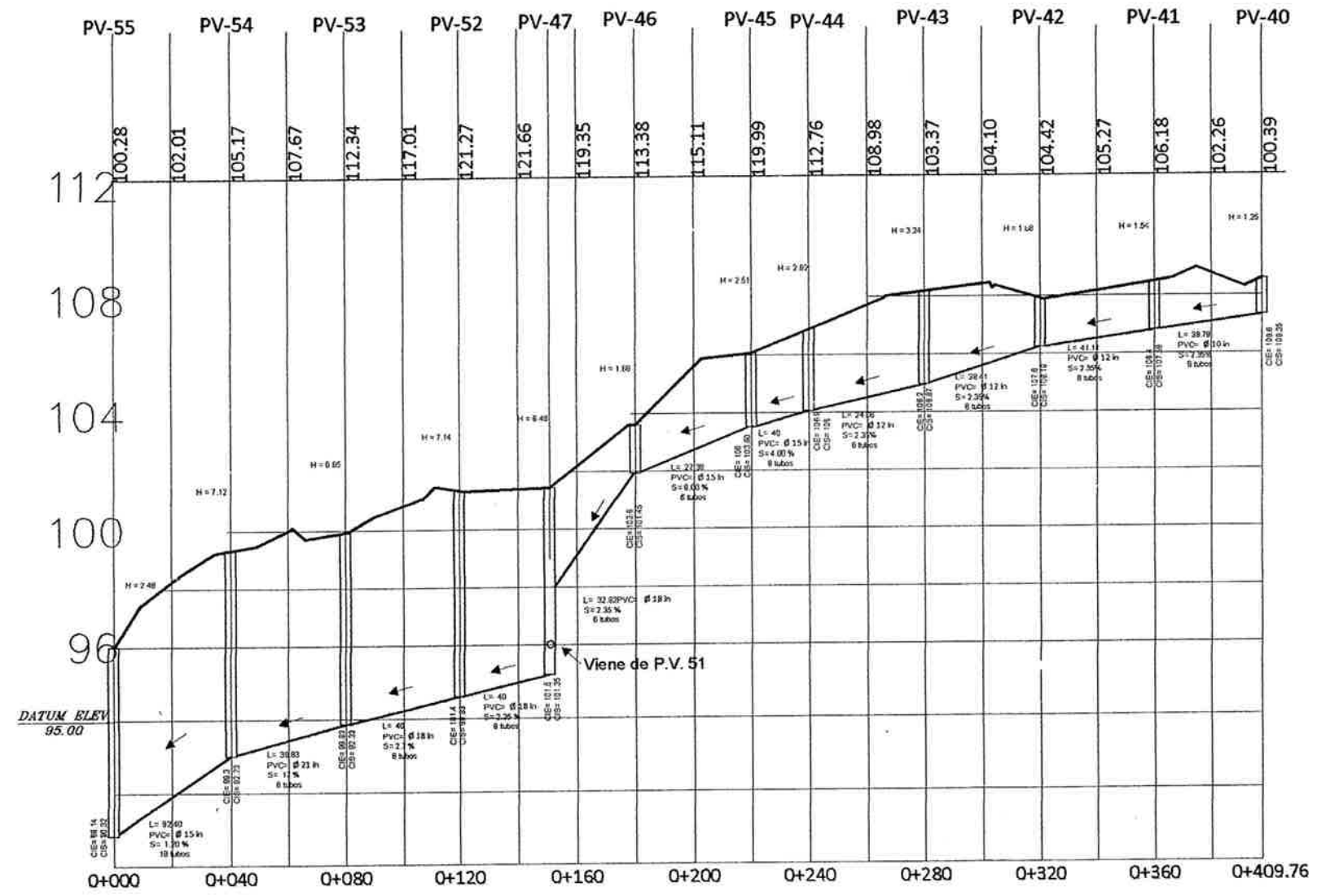


PERFIL ALCANTARILLADO PLUVIAL 2.1 - P.V.48 AL P.V.51
 ESC H=1/1000 V=1/100

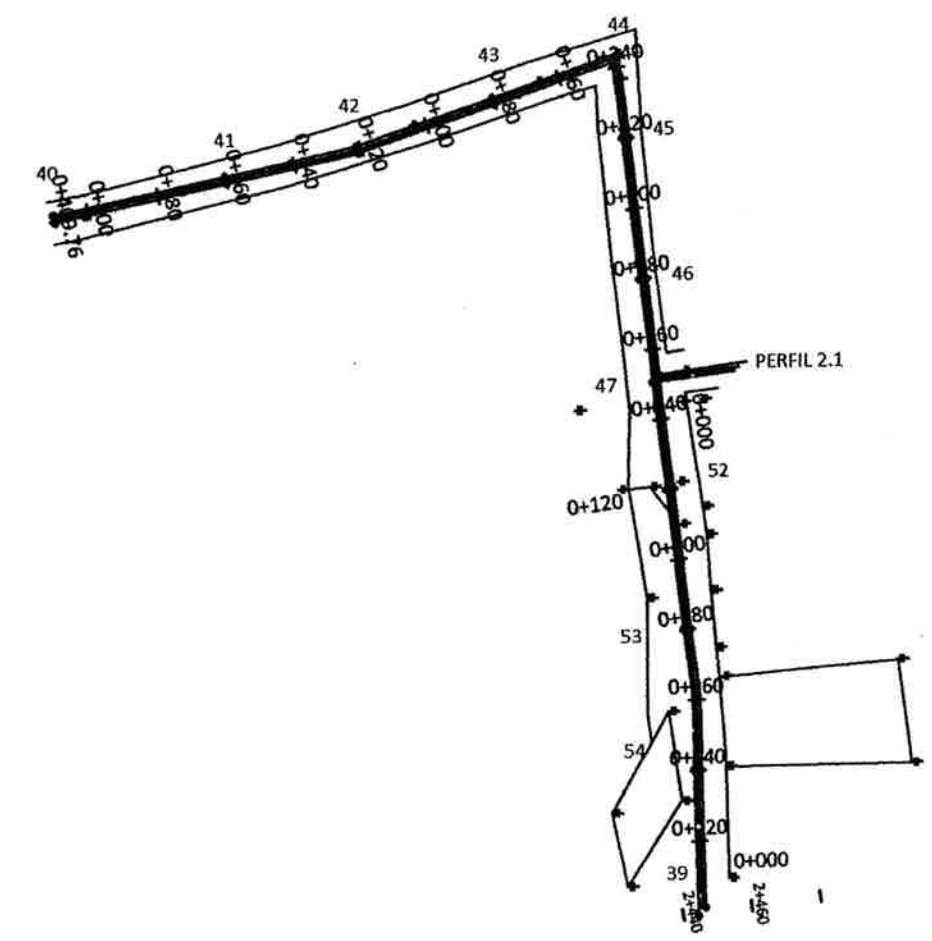


PLANTA ALCANTARILLADO PLUVIAL 2.1 - P.V.48 AL P.V.51
 ESC 1/500

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
Ing. LEONARDO PAZ DIRECTOR GENERAL	Ing. LEONARDO PAZ DIRECTOR GENERAL	Ing. JESUS SANCHEZ DIRECTOR GENERAL	Ing. JESUS SANCHEZ DIRECTOR GENERAL
Universidad de San Carlos de Guatemala SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL ALTAZONA ASBORA (A) SUPERVISOR (A) DE EPS Unidad PLUVIAL DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL Y EPS			
Ing. <i>[Signature]</i> Ingeniero Supervisador			HOJA No 13/15



PERFIL ALCANTARILLADO PLUVIAL 2 - P.V.40 AL P.V.55
 ESC H= 1/1000 V=1/100

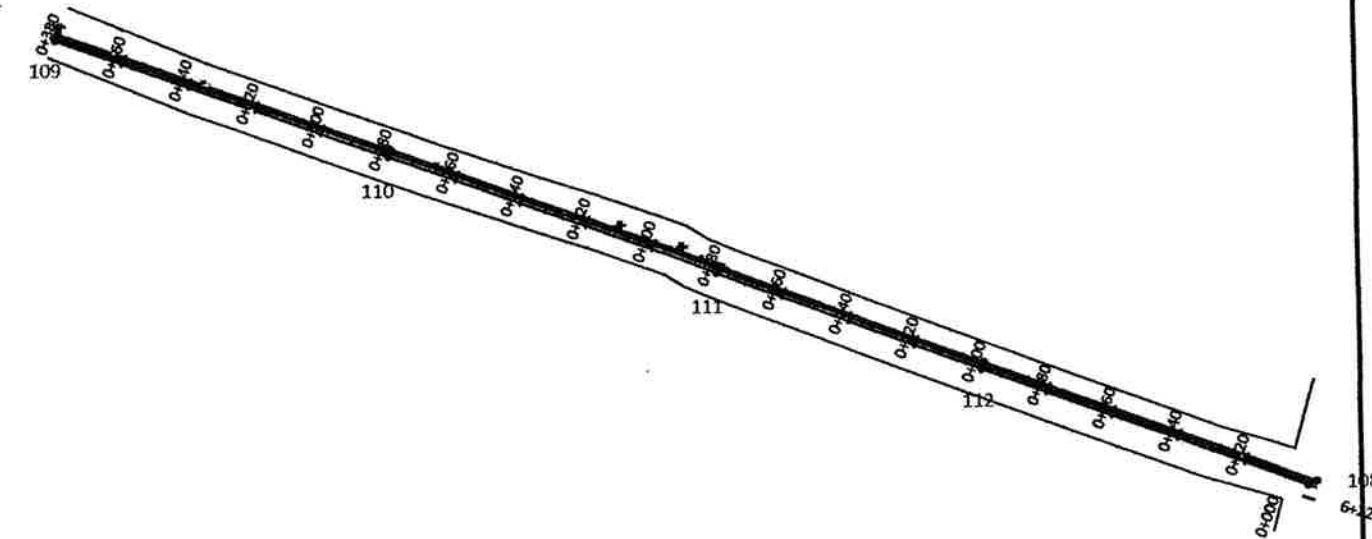
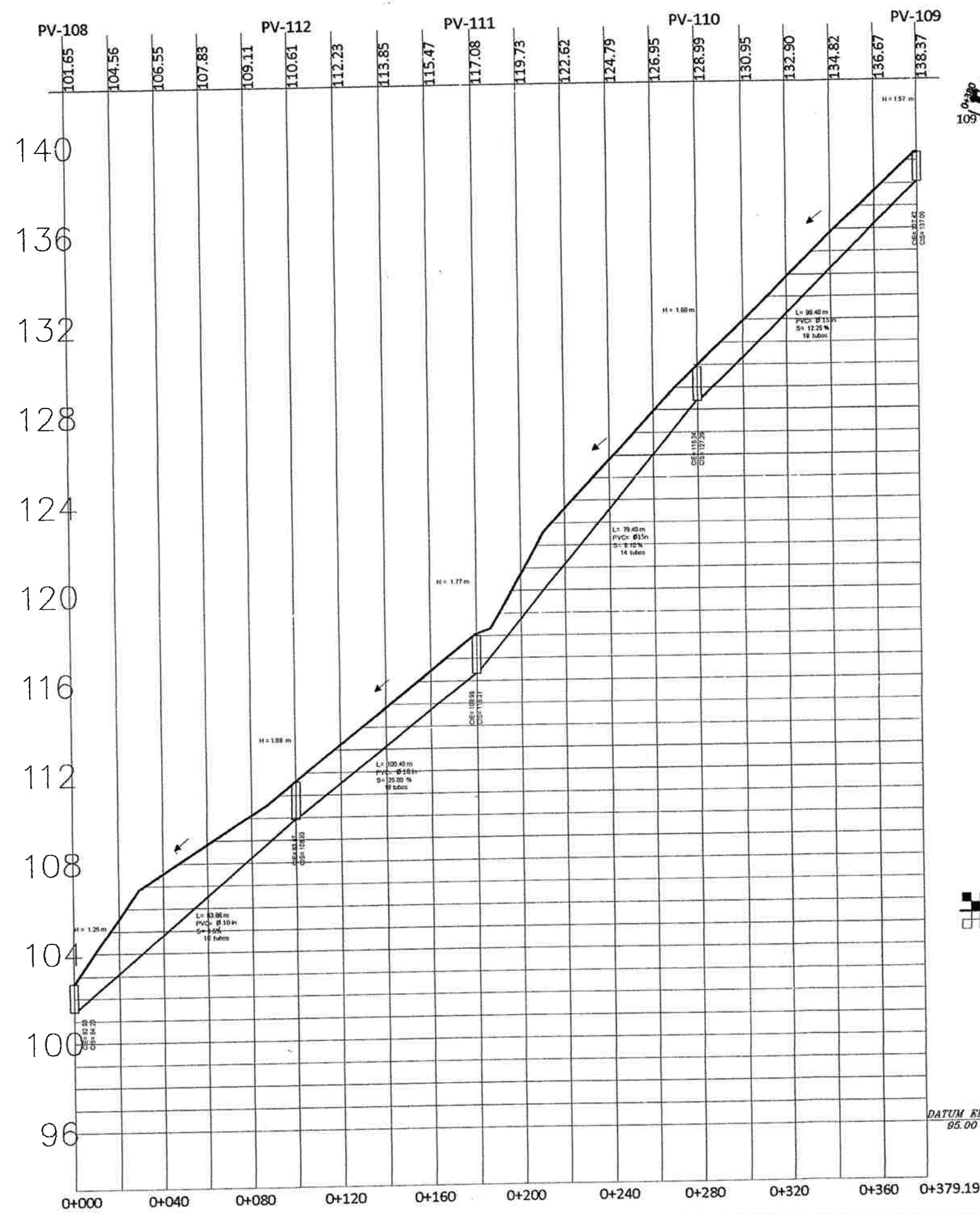


PLANTA ALCANTARILLADO PLUVIAL 2 - P.V.40 AL P.V.55
 ESC 1/500

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

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL ADIANTADO
 ASesor(A) SUPERVISOR(A) DE EPS
 Unidad Ejecutora de San Carlos de Guatemala, EPS

FECHA: 12/15



PLANTA ALCANTARILLADO PLUVIAL 4 - P.V.109 AL P.V.112
 ESC 1/500

PERFIL ALCANTARILLADO PLUVIAL 4 - P.V.109 AL P.V.112
 ESC H=1/1000 V=1/200

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 E. LICENCIADO PROFESIONAL SUPERIOR

MUNICIPALIDAD DE SAN CARLOS, GUATEMALA

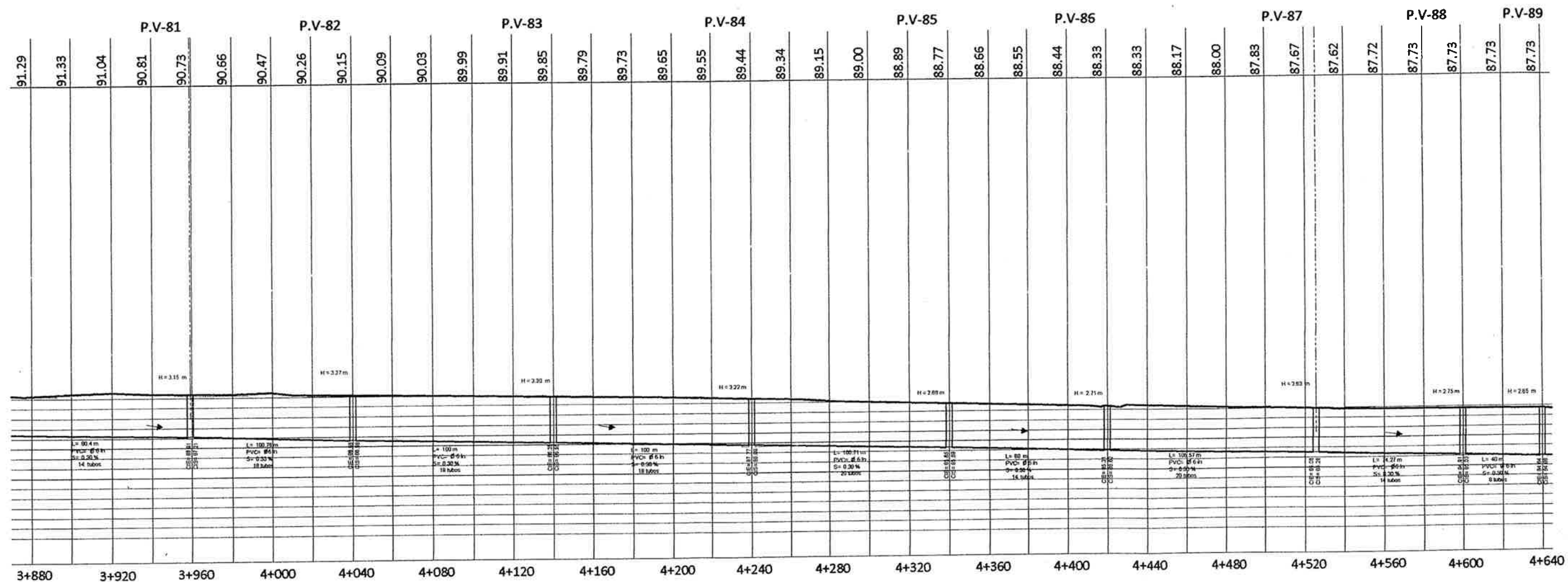
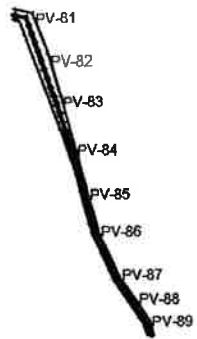
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL ALCANTARILLADO 4

ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

HOJA No. 15/15



PLANTA ALCANTARILLADO SANITARIO - P.V.81 AL P.V.89
ESC 1/1000

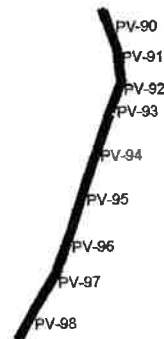


PERFIL ALCANTARILLADO SANITARIO - P.V.81 AL P.V.89
ESC H=1/1000 V=1/200

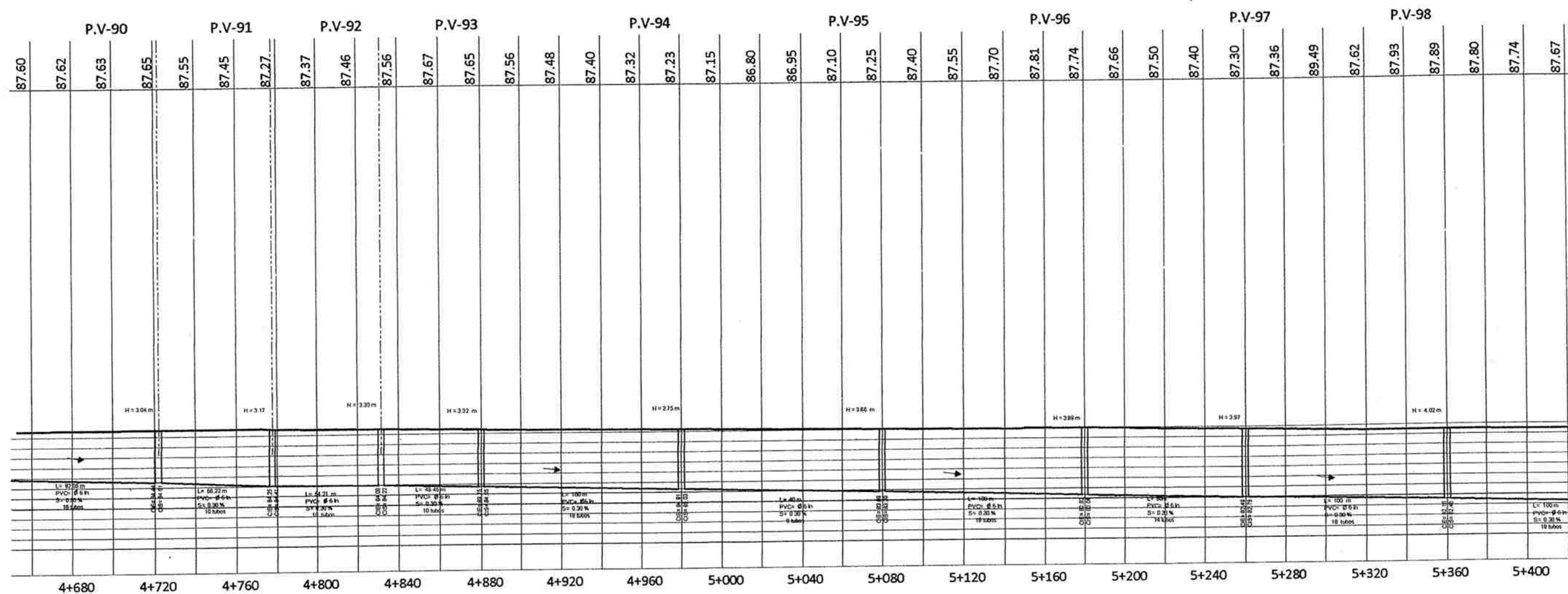


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJECUCION PROFESIONAL SUPERVISADA

Proyecto: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDAMAR	Escala: 1:100
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS	Fecha: 2015
Facultad de Ingeniería	NÚMERO: 7/15



PLANTA ALCANTARILLADO SANITARIO - P.V.90 AL P.V.98
 ESC 1/1000



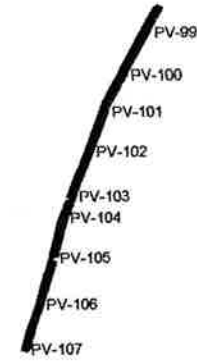
PERFIL ALCANTARILLADO SANITARIO - P.V.90 AL P.V.98
 ESC H=1/1000 V=1/200



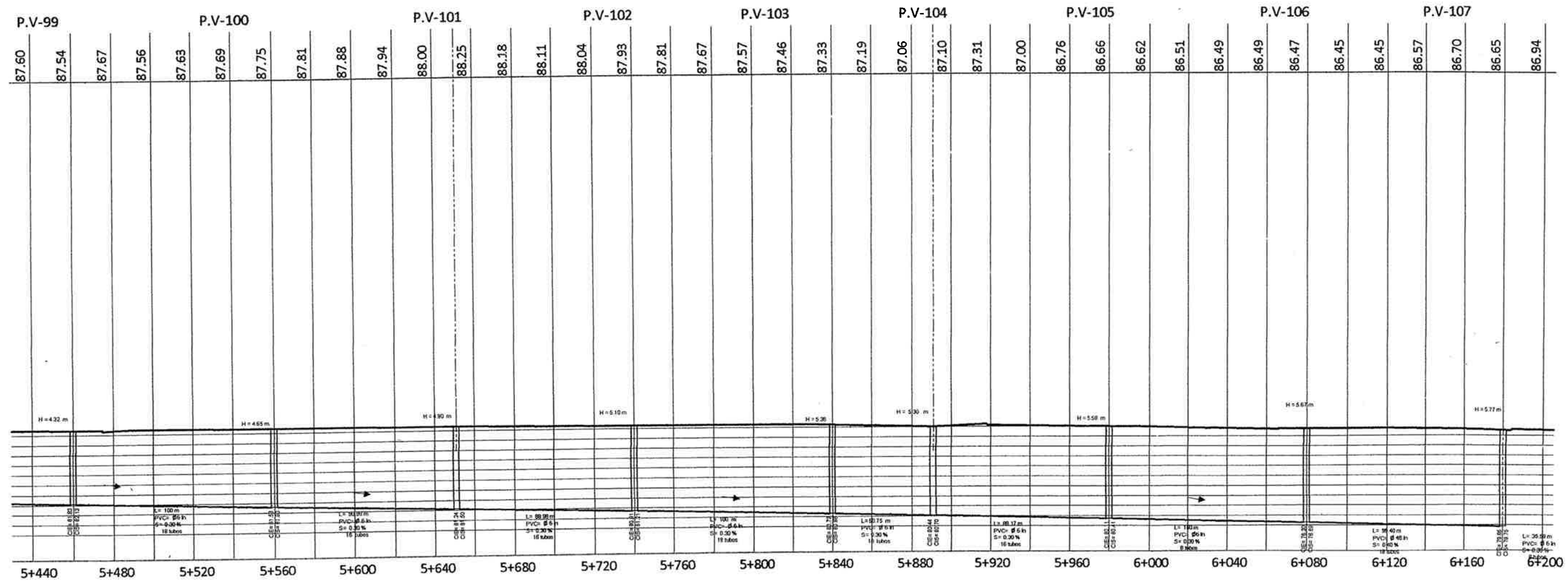
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Ejercicio Profesional Supervisado

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA DE...
 ASESORIA SUPERVISORIAL DE DPS
 Unidad de Rehabilitación y Mantenimiento

HOJA No. 8/15



PLANTA ALCANTARILLADO SANITARIO - P.V.99 AL P.V.107
ESC 1/1000

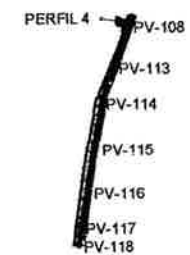


PERFIL ALCANTARILLADO SANITARIO - P.V.99 AL P.V.107
ESC H=1/1000 V=1/200

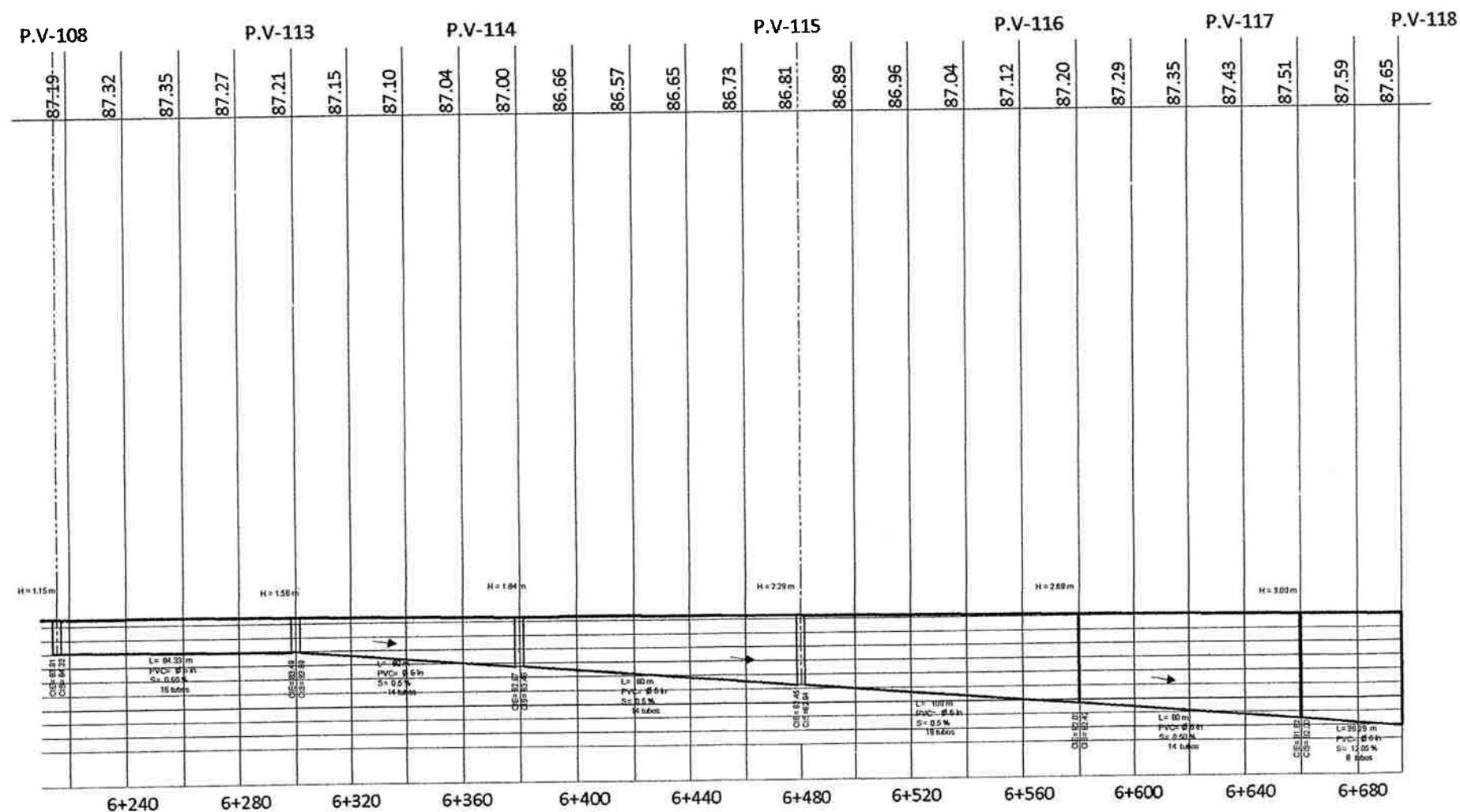
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
Escuela Profesional Supervisado

Proyecto: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA...
Asesoría: SUPERVISOR...
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

HOJA No. 9/15



PLANTA ALCANTARILLADO SANITARIO - P.V.108 AL P.V.118
 ESC 1/1000

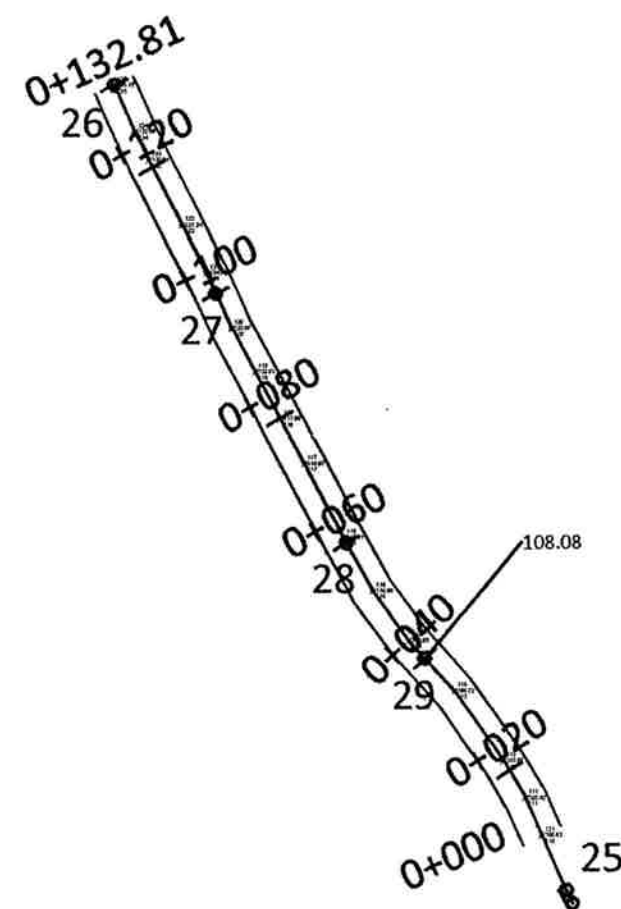
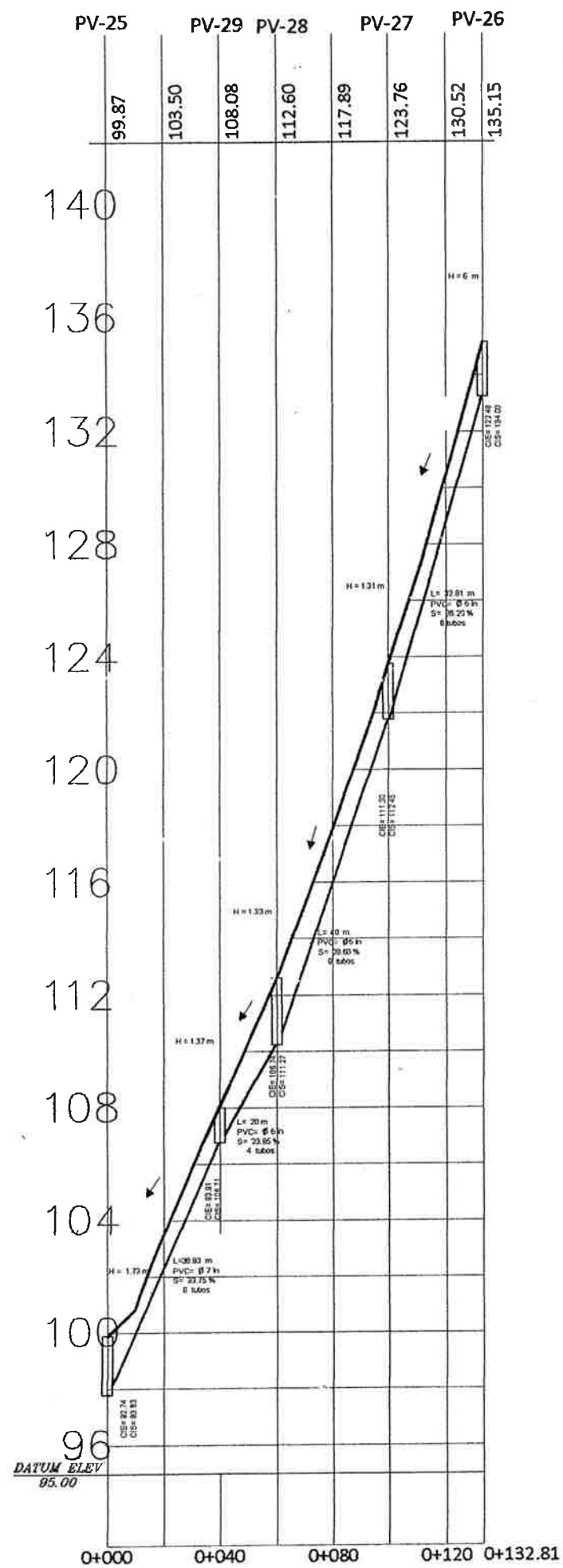


PERFIL ALCANTARILLADO SANITARIO - P.V.108 AL P.V.118
 ESC H=1/1000 V=1/200



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

Proyecto:	MUNICIPALIDAD DE SAN LUCAS SACATEPEQUEZ	Fecha:	15/03/2008
Cliente:	ABSORCIÓN SUPERVISADA DE EPS	Fecha:	15/03/2008
Unidad de Práctica:	Unidad de Práctica de Ingeniería y EPS	Hoja No:	10/15



PLANTA ALCANTARILLADO SANITARIO 1 - P.V.26 AL P.V.29
 ESC 1/1000

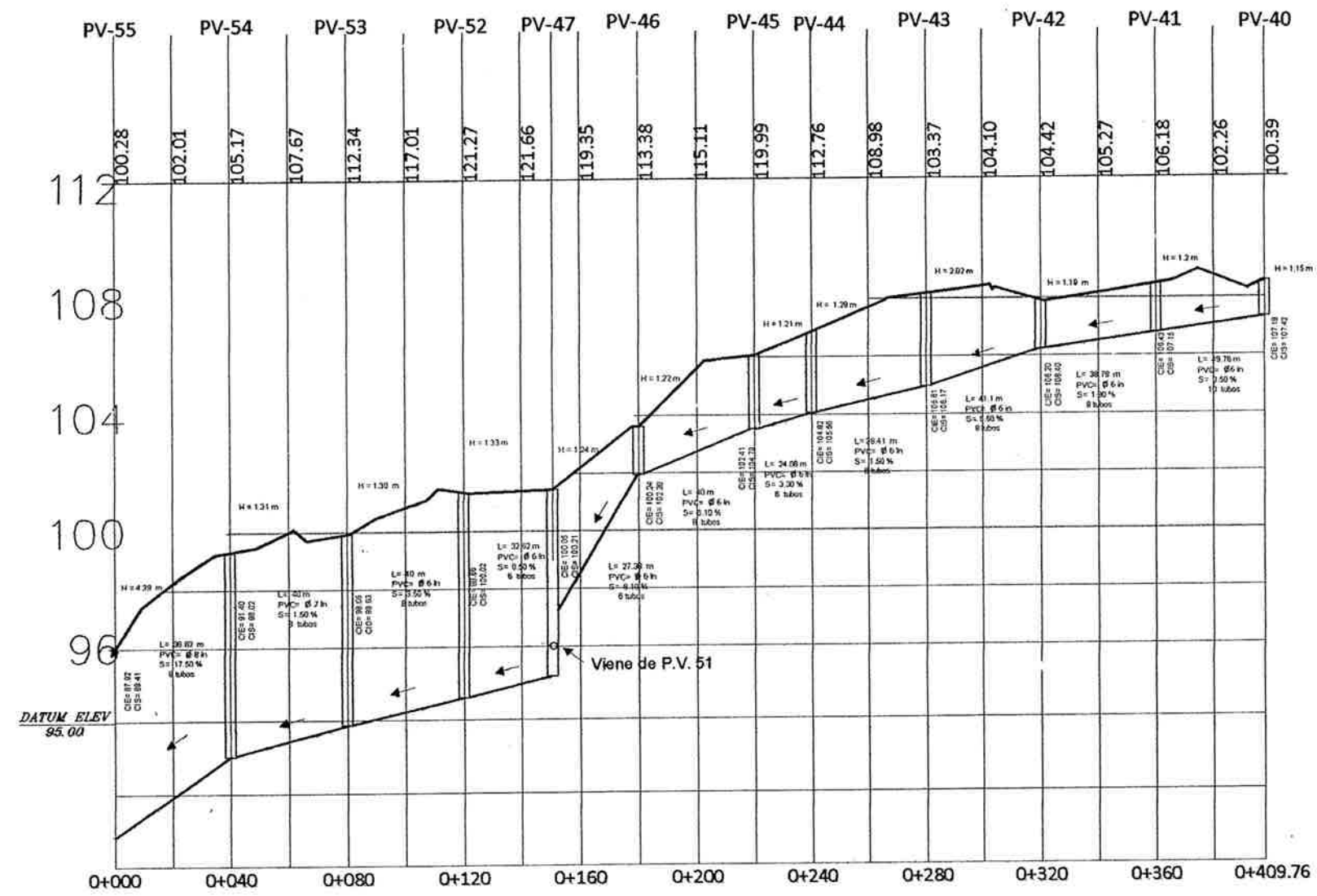
PERFIL ALCANTARILLADO SANITARIO 1 - P.V.26 AL P.V.29
 ESC H=1/1000 V=1/100

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 E. INGENIERO PROFESIONAL SUPERVISADO

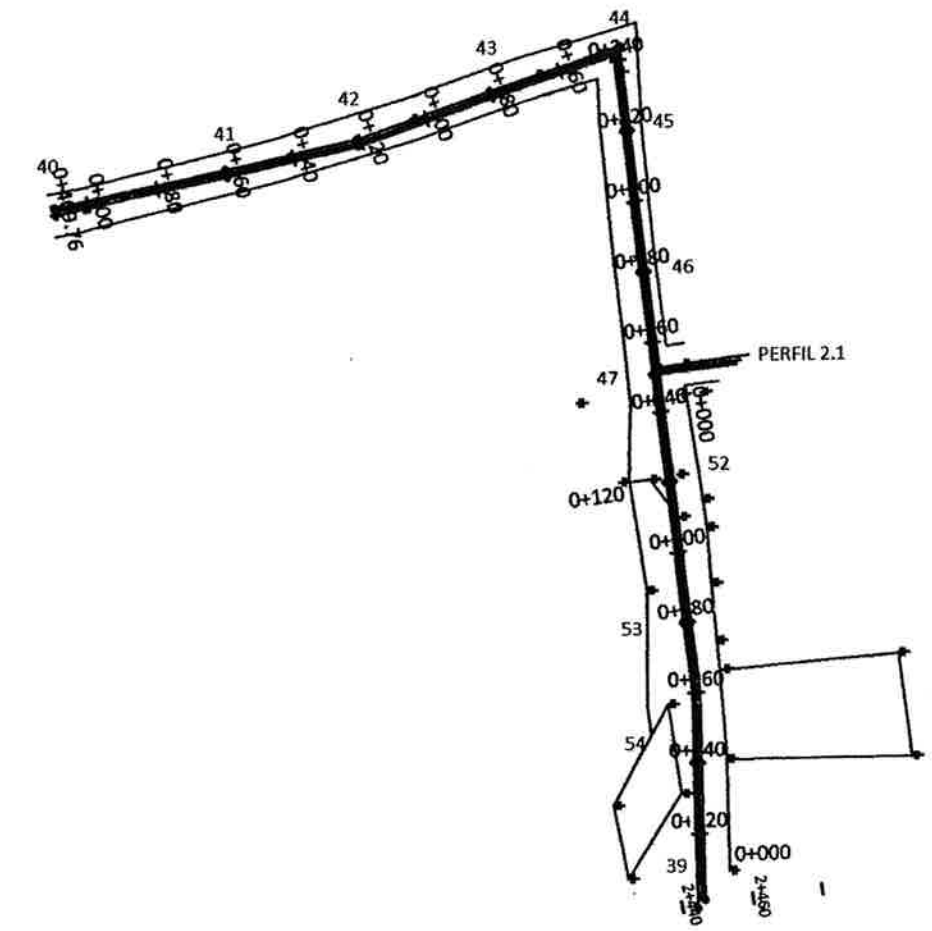
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALCAZARONA
 ASesor(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
 Unidad de Proyectos de Ingeniería y EPS

Facultad de Ingeniería

HOJA No. 11/15



PERFIL ALCANTARILLADO SANITARIO 2 - P.V.40 AL P.V.54
 ESC H=1/1000 V=1/100



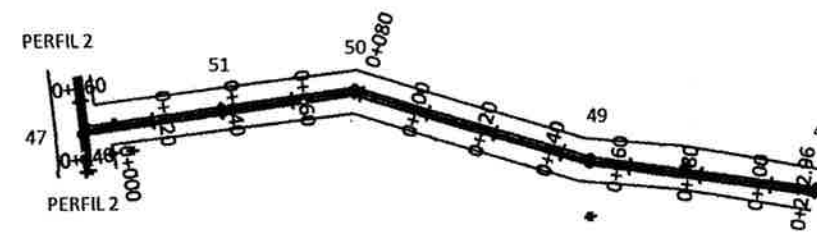
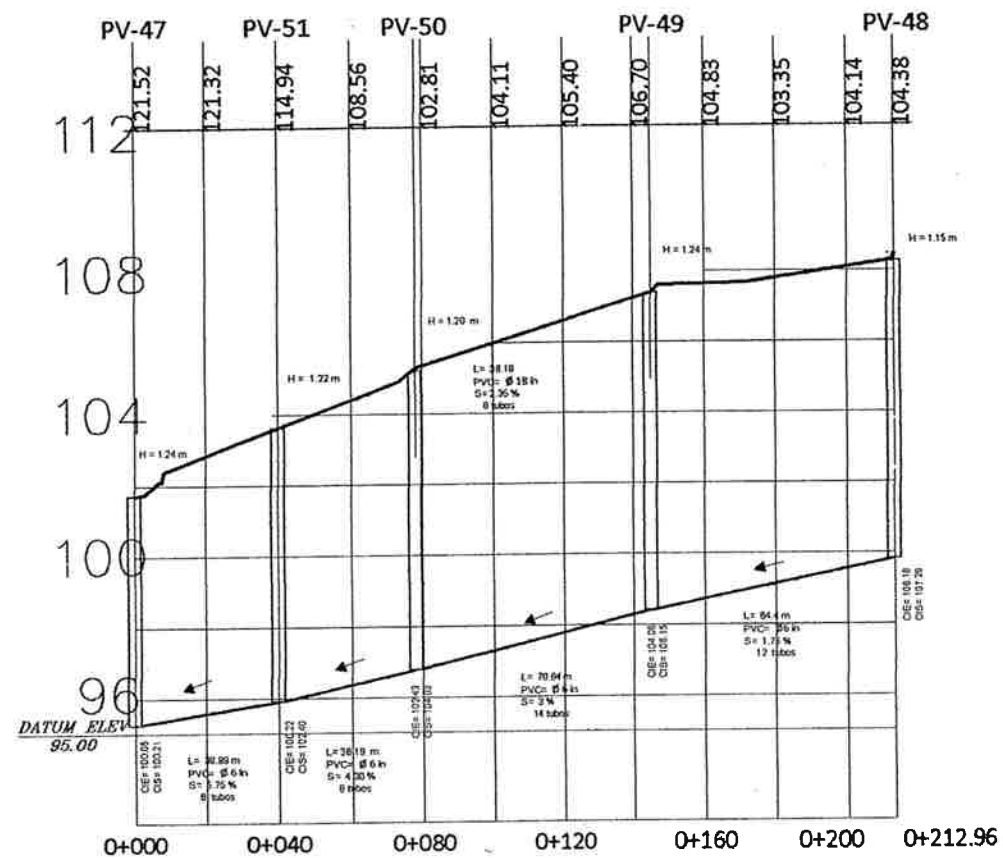
PLANTA ALCANTARILLADO SANITARIO 2 - P.V.40 AL P.V.54
 ESC 1/500

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

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALZAPARRA

ASESORIA SUPERVISORIAL DE EPS
 YUMA YUMBA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

FECHA: 12/15



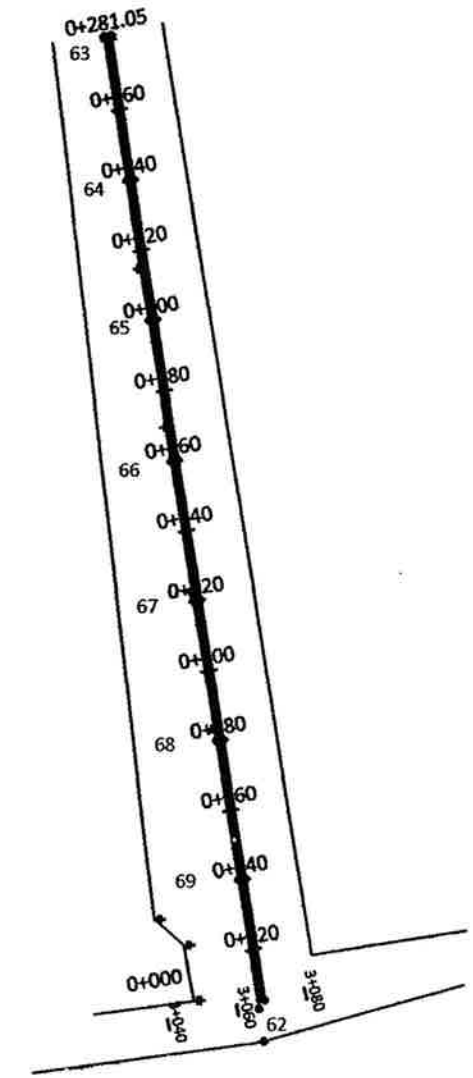
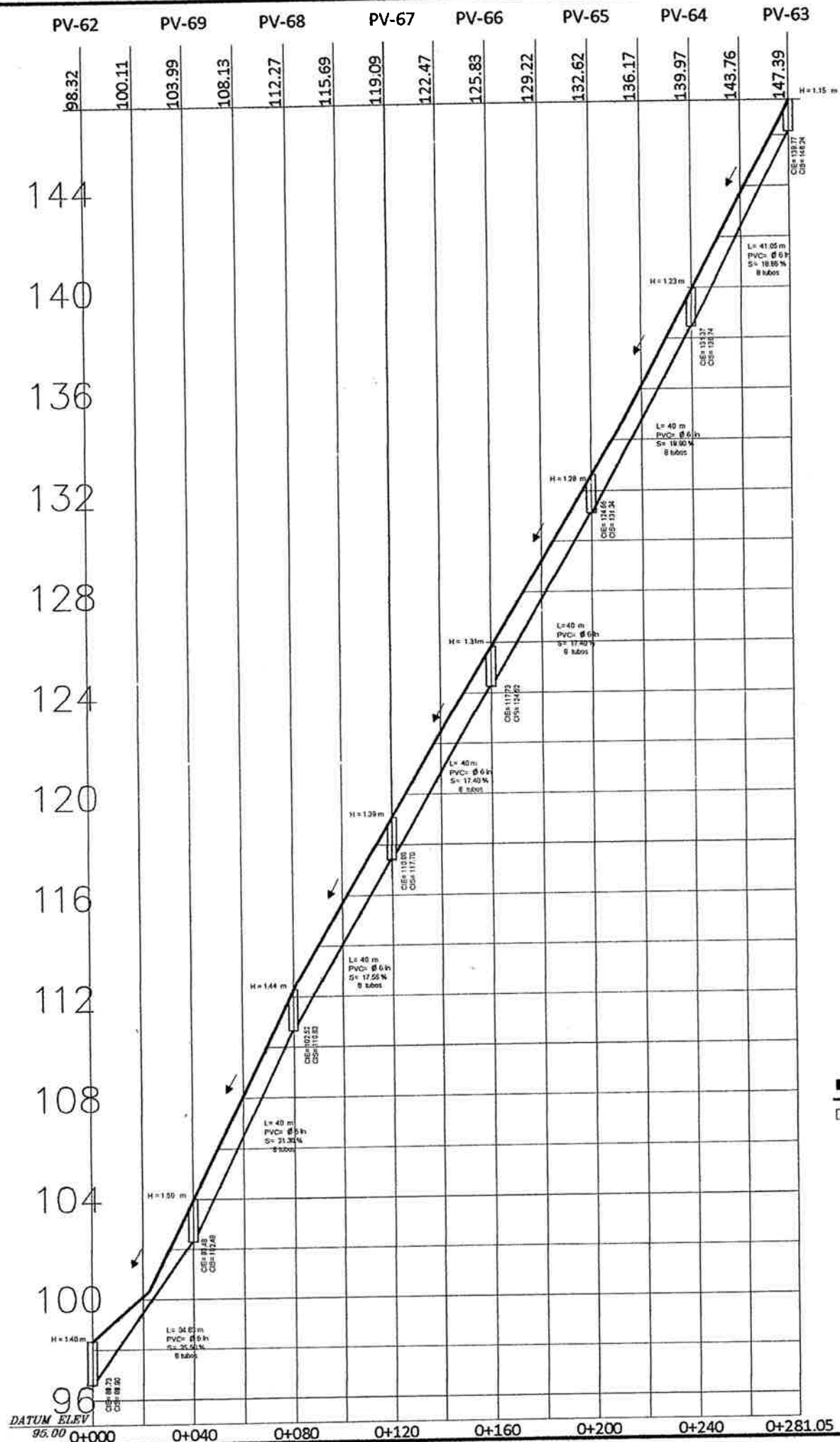
PLANTA ALCANTARILLADO SANITARIO 2.1 - P.V.48 AL P.V.51
 ESC 1/500

PERFIL ALCANTARILLADO SANITARIO 2.1 - P.V.48 AL P.V.51
 ESC H=1/1000 V=1/100

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

Proyecto: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALCANTARILLADO
 Unidad: ALCANTARILLADO SANITARIO ALCANTARILLADO

FECHA: 13/15



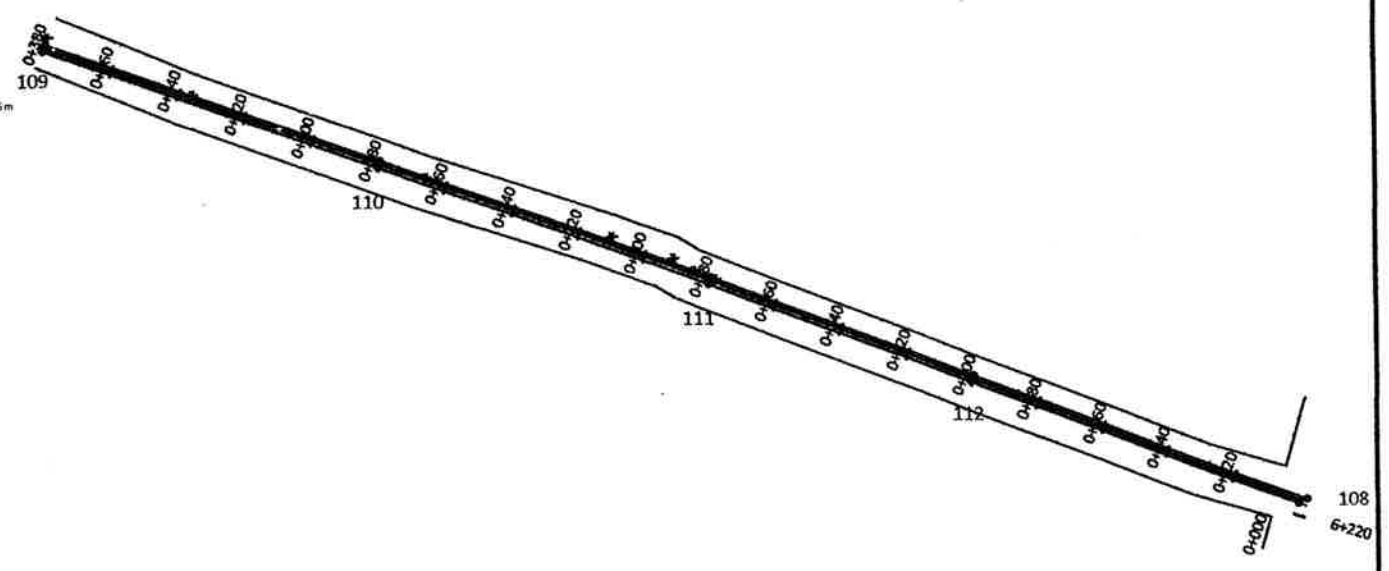
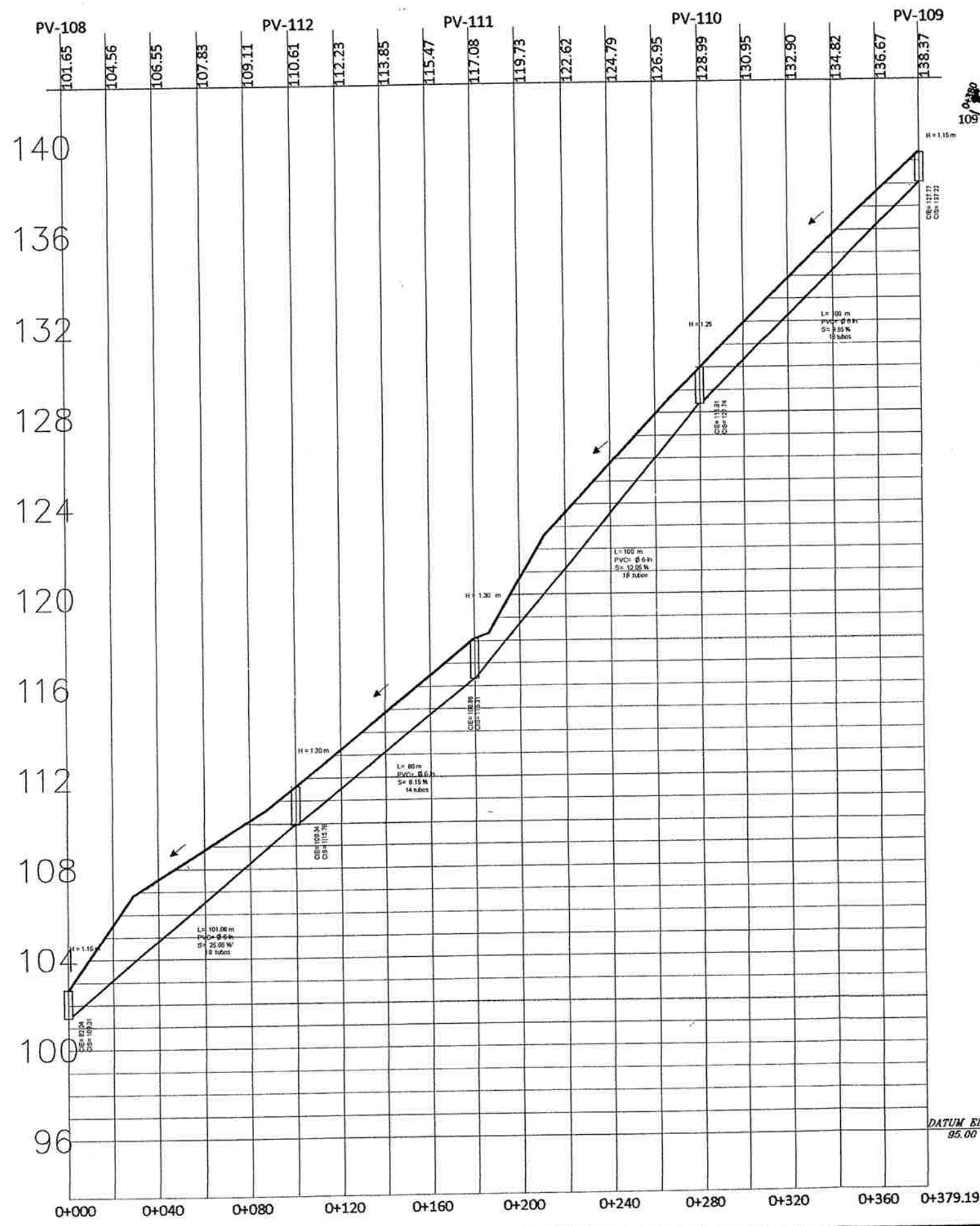
PLANTA ALCANTARILLADO SANITARIO 4 - P.V.63 AL P.V.69
 ESC 1/500

PERFIL ALCANTARILLADO SANITARIO 4 - P.V.63 AL P.V.69
 ESC 1/500

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUAYAMA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA PROFESIONAL SUPERIOR

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALPARAZO
 ASESOR(A) SUPERVISOR(A) DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería EPS

FECHA: 14/15



PLANTA ALCANTARILLADO SANITARIO 5 - P.V.109 AL P.V.112
 ESC 1/500

PERFIL ALCANTARILLADO SANITARIO 5 - P.V.109 AL P.V.112
 ESC H=1/1000 V=1/200

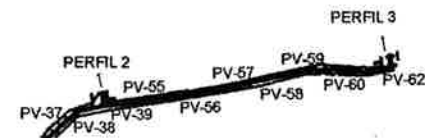
DATUM ELEV
95.00

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA PROFESIONAL SUPERIOR

PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO AEREAZONAL
 UBICACION: GUATEMALA

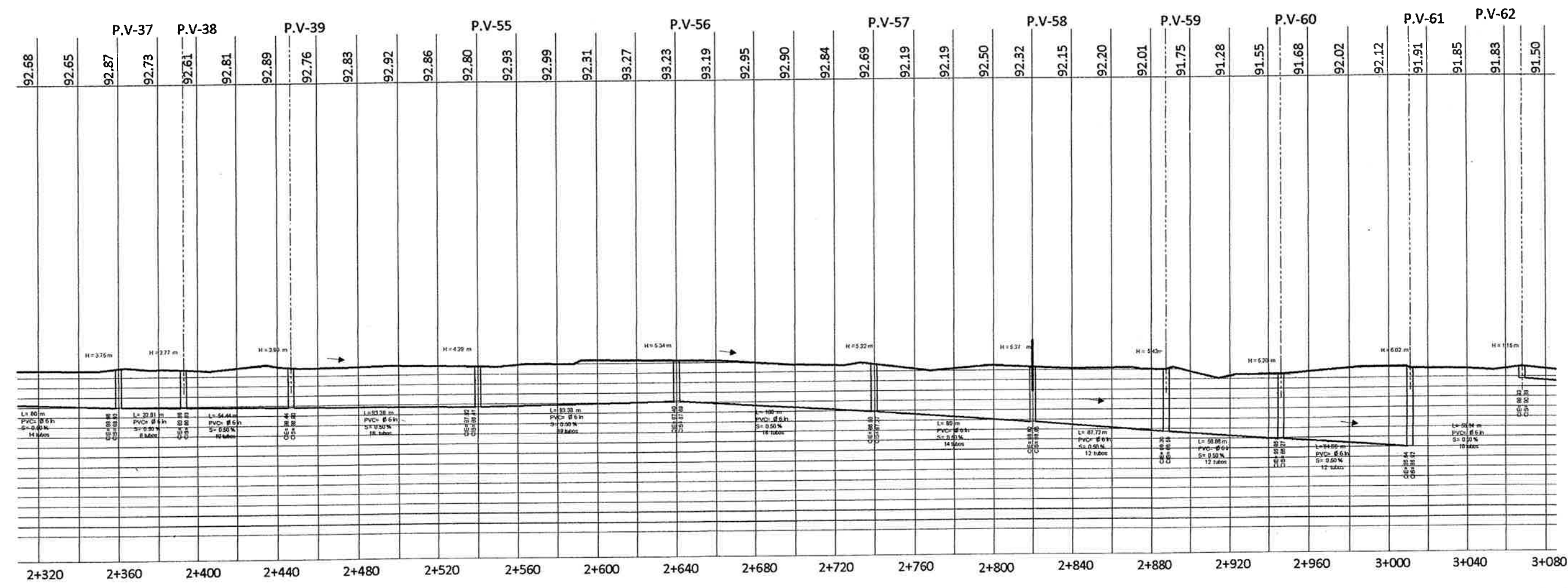
UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERIA Y EPS

FECHA: 15/15



PLANTA ALCANTARILLADO SANITARIO - P.V.37 AL P.V.62

ESC 1/1000



PERFIL ALCANTARILLADO SANITARIO - P.V.37 AL P.V.62

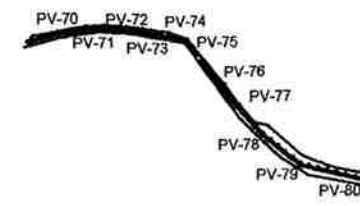
ESC H=1/1000 V=1/200

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
Escuela Profesional Supervisado

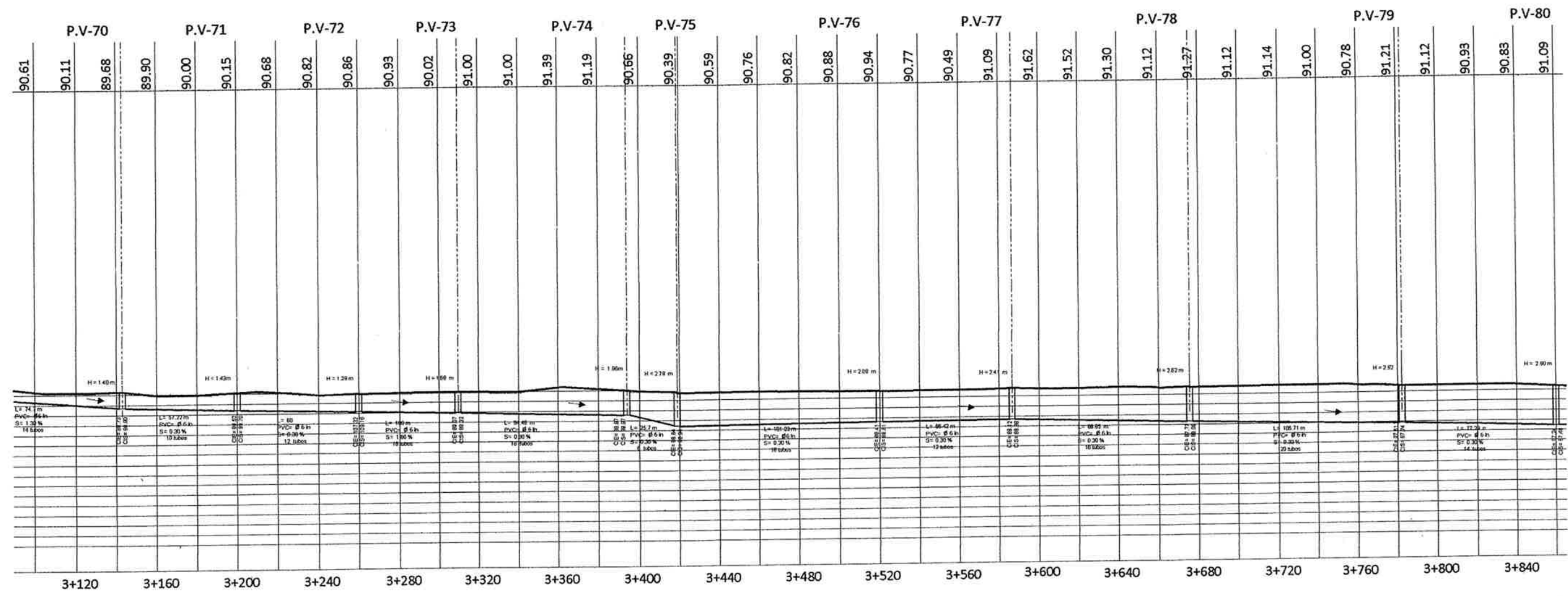
PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO - P.V.37 AL P.V.62

FECHA: 2014

HOJA No. 5 / 15



PLANTA ALCANTARILLADO SANITARIO - P.V.70 AL P.V.80
 ESC 1/1000



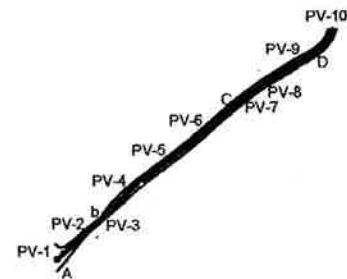
PERFIL ALCANTARILLADO SANITARIO - P.V.70 AL P.V.80
 ESC H=1/1000 V=1/200

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

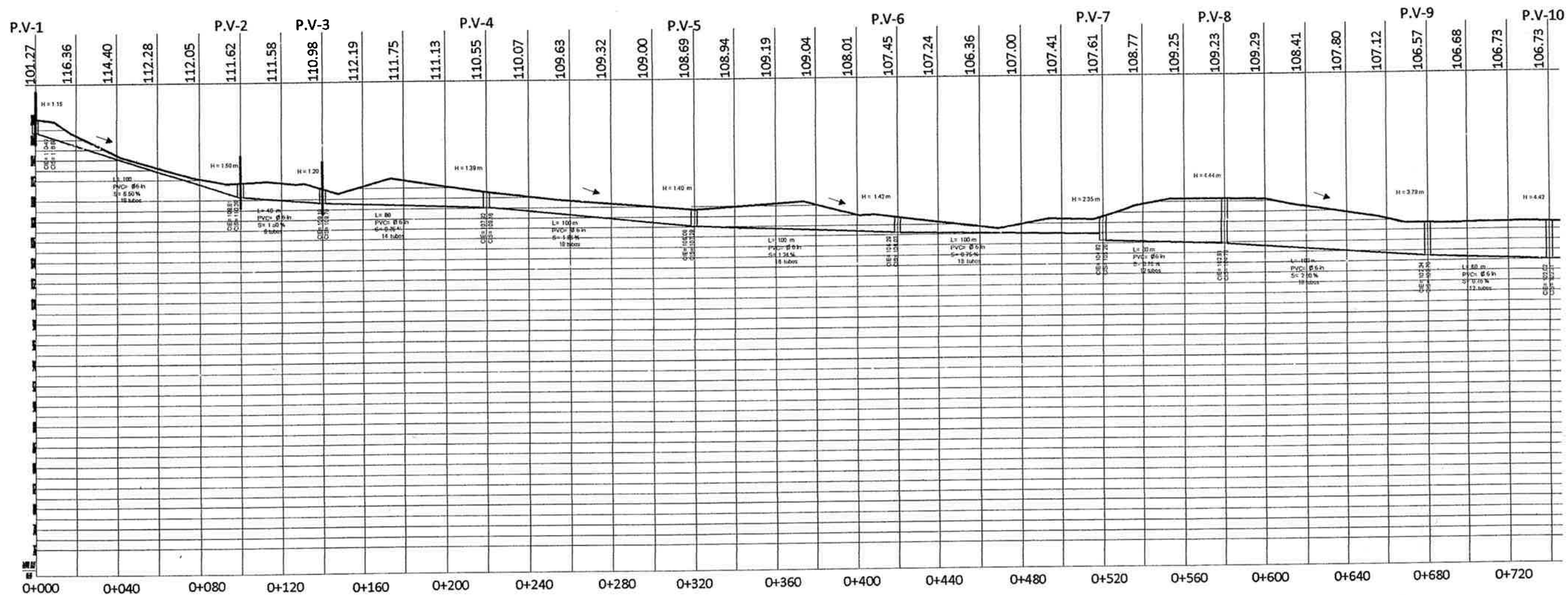
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO AEREAZOTE

PLANTA Y PERFIL DE ALCANTARILLADO SANITARIO

NO. 6 / 15



PLANTA ALCANTARILLADO SANITARIO - P.V.1 AL P.V.10
 ESC 1/1000



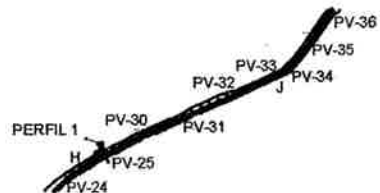
PERFIL ALCANTARILLADO SANITARIO - P.V.1 AL P.V.10
 ESC H=1/1000 V=1/200

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

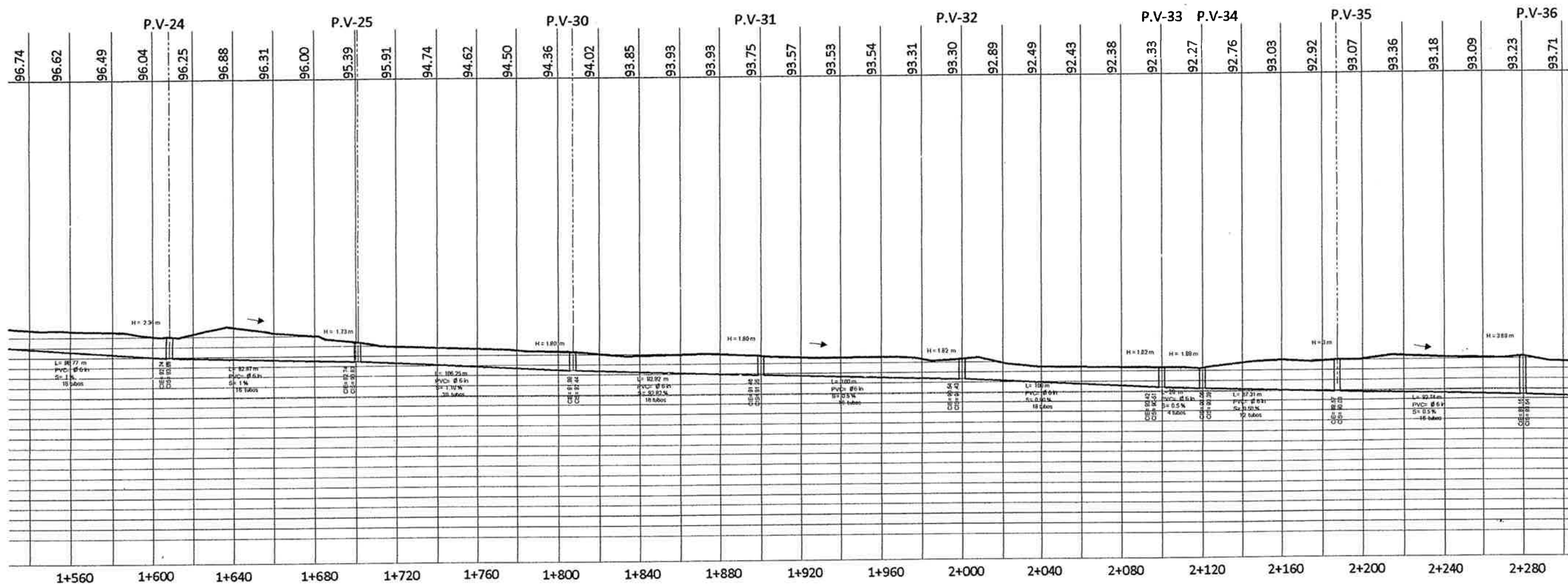
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EMBUDO PROFESIONAL SUPERVISADO

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

H.O.M. No.
 2/15



PLANTA ALCANTARILLADO SANITARIO - P.V.24 AL P.V.36
 ESC 1/1000

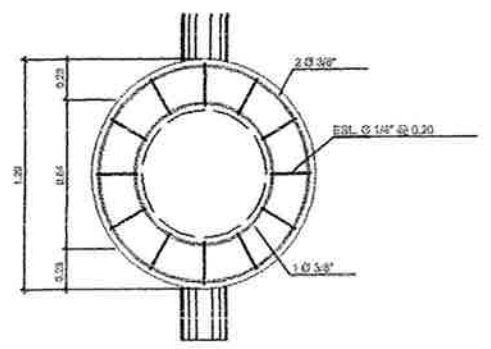
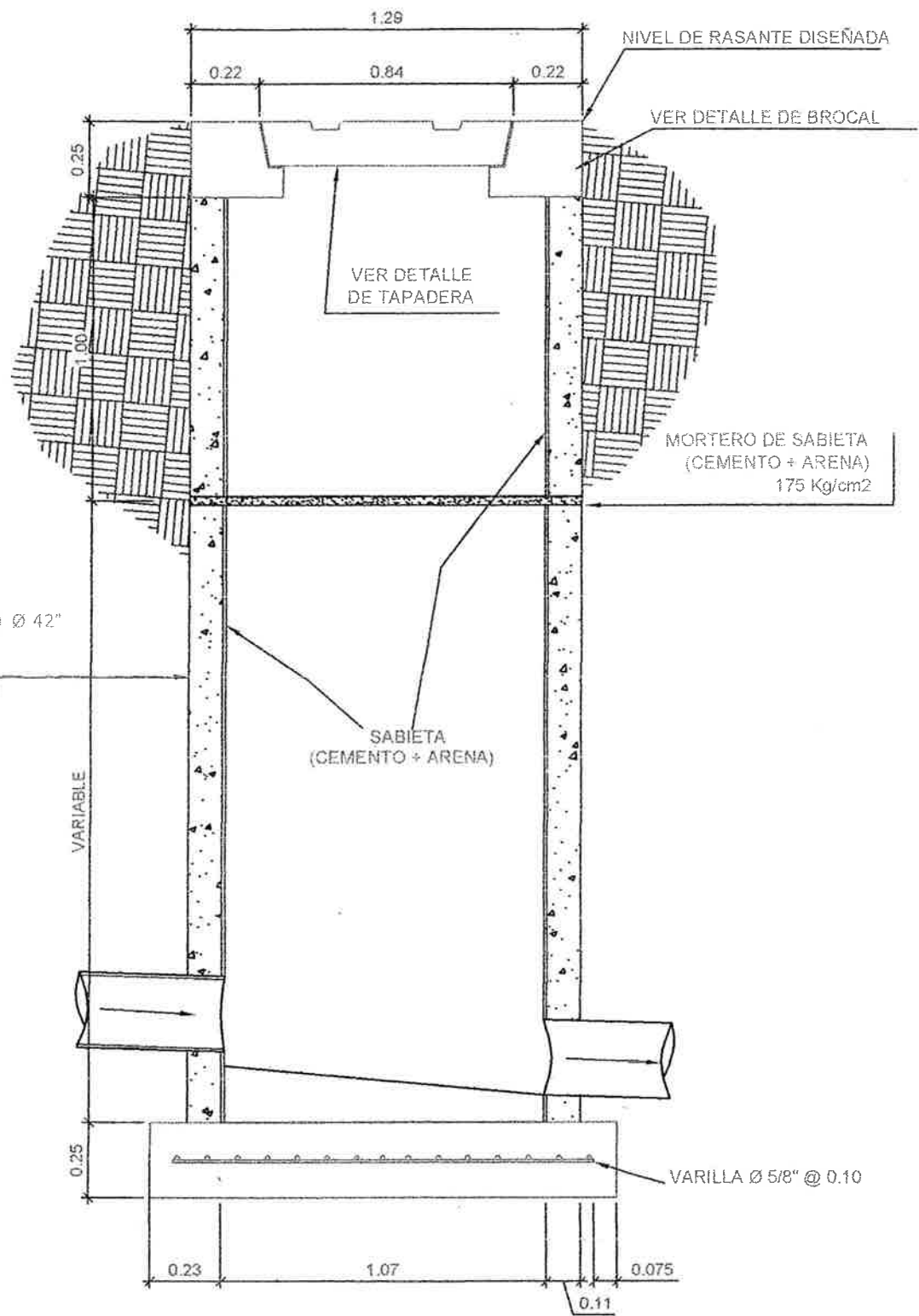


PERFIL ALCANTARILLADO SANITARIO - P.V.24 AL P.V.36
 ESC H=1/1000 V=1/200

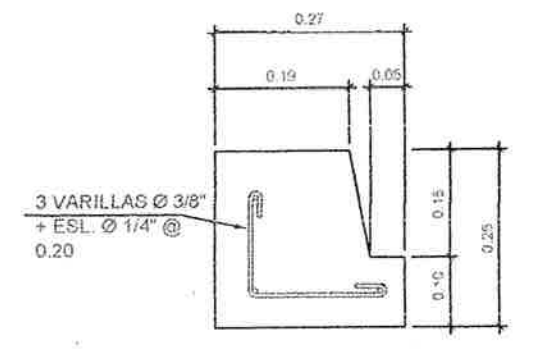


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA PROFESIONAL SUPERIOR

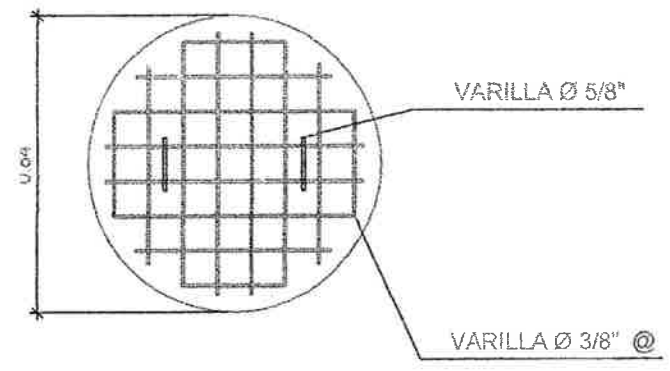
Proyecto:	UNIDAD DE SERVICIOS DE ALCANTARILLADO SANITARIO	Hoja No:	4/15
Cliente:	UNIDAD DE SERVICIOS DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE EPS	Escala:	1:1000
Fecha:	15/05/2011	Autores:	[Firmas]



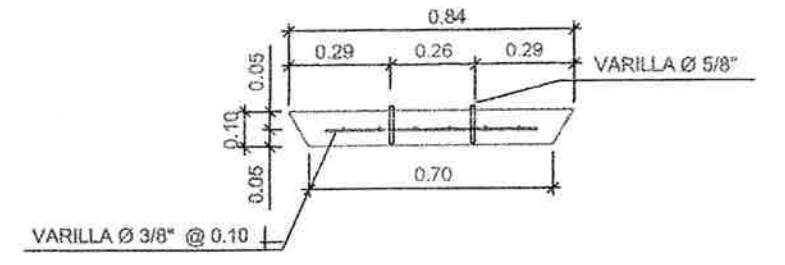
PLANTA DE ARAMADO DE BROCAL
ESC. 1:20



SECCION DE ARMADO DE BROCAL
ESC. 1:5



PLANTA DE ARAMADO DE TAPADERA
ESC. 1:20

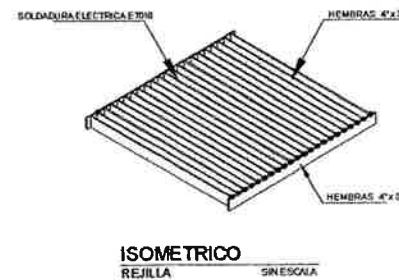
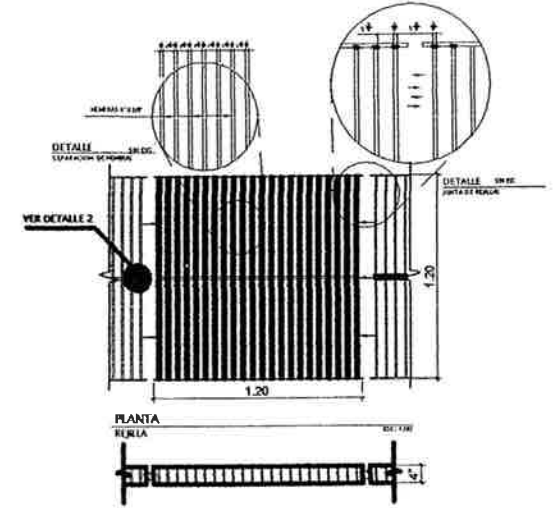
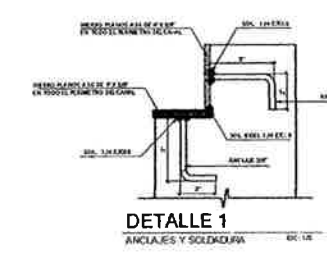
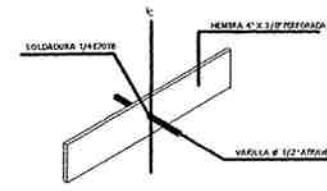
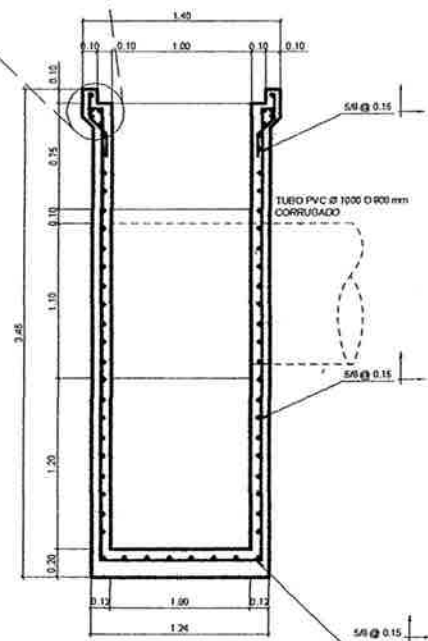
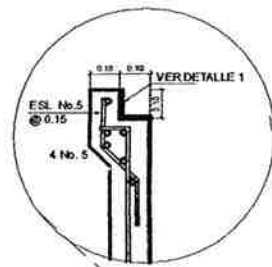
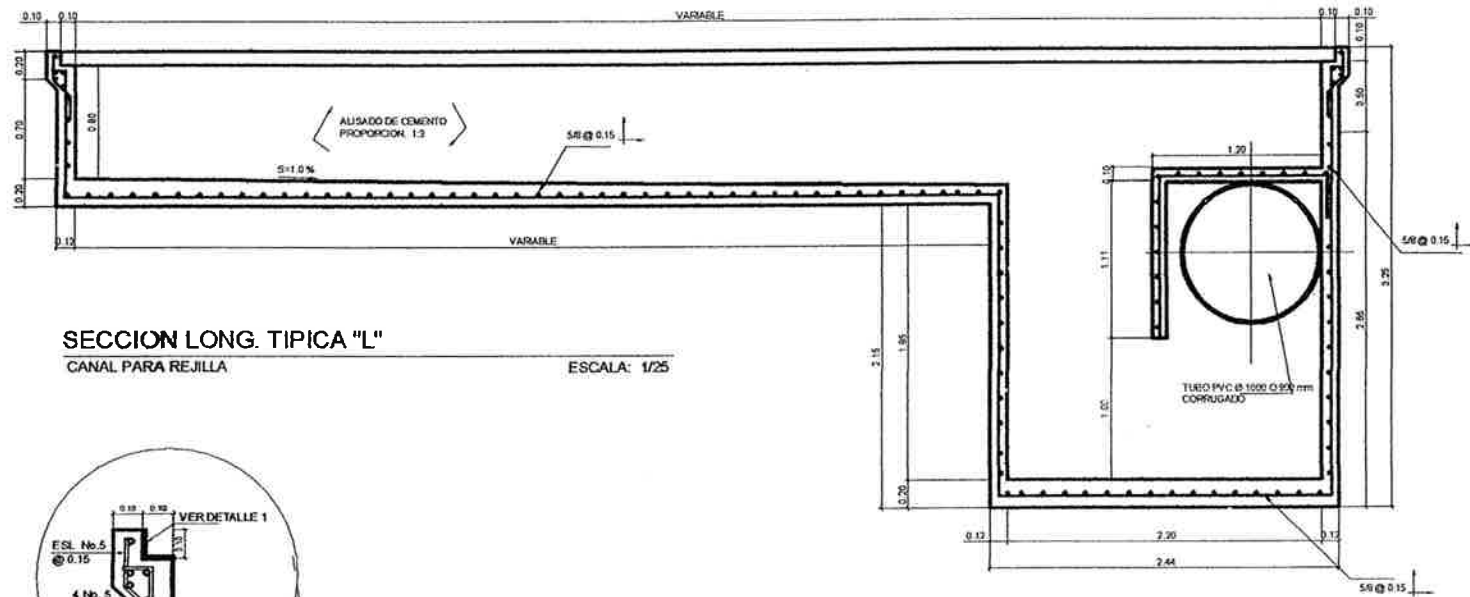
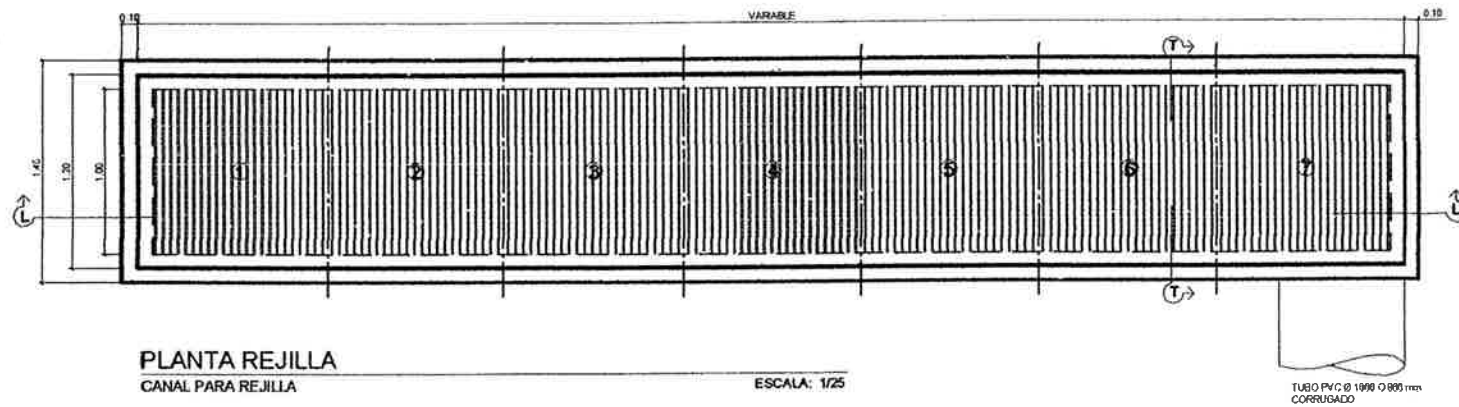


SECCION DE ARMADO DE TAPADERA
ESC. 1:20

POZO DE VISITA
ESC. 1:10


Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERIA
 Escuela Profesional: San Marcos

Proyecto: **Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS**
 Asesor(a) Supervisor(a) de EPS: **[Signature]**
 Fecha: **1/4**



ESPECIFICACIONES:

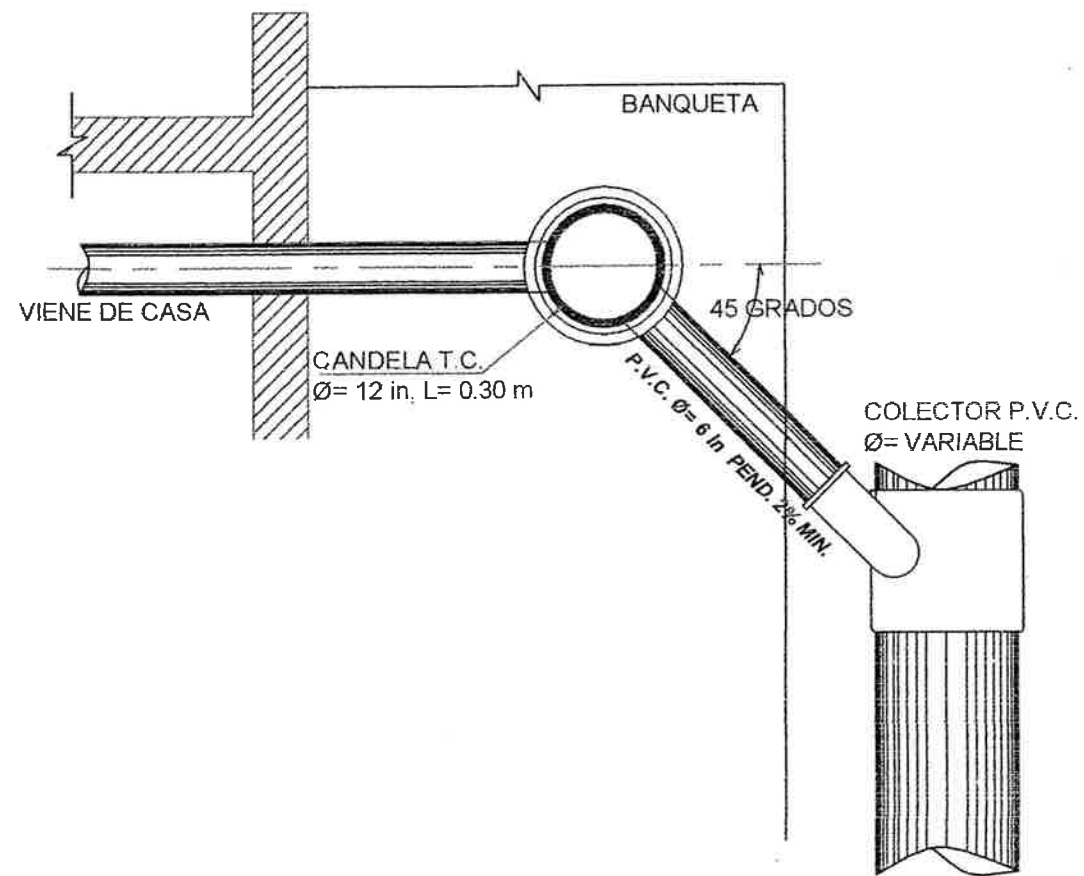
- CONCRETO:
f'c = 281 Kg/ Cm² (4,000 PSI)
- ACERO:
f'y = 2812 Kg/Cm² (40,000 PSI)
GRADO 40
PARA REJILLAS TIPO A-36
- RECUBRIMIENTO ESTRUCTURAL:
INDICADO

NOTA:
- TODAS LAS LONGITUDES ESTAN DADAS EN METROS
- TODAS LOS DIAMETROS DE TUBERIA ESTAN DADAS EN MILIMETROS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
Escuela Profesional Supervisora

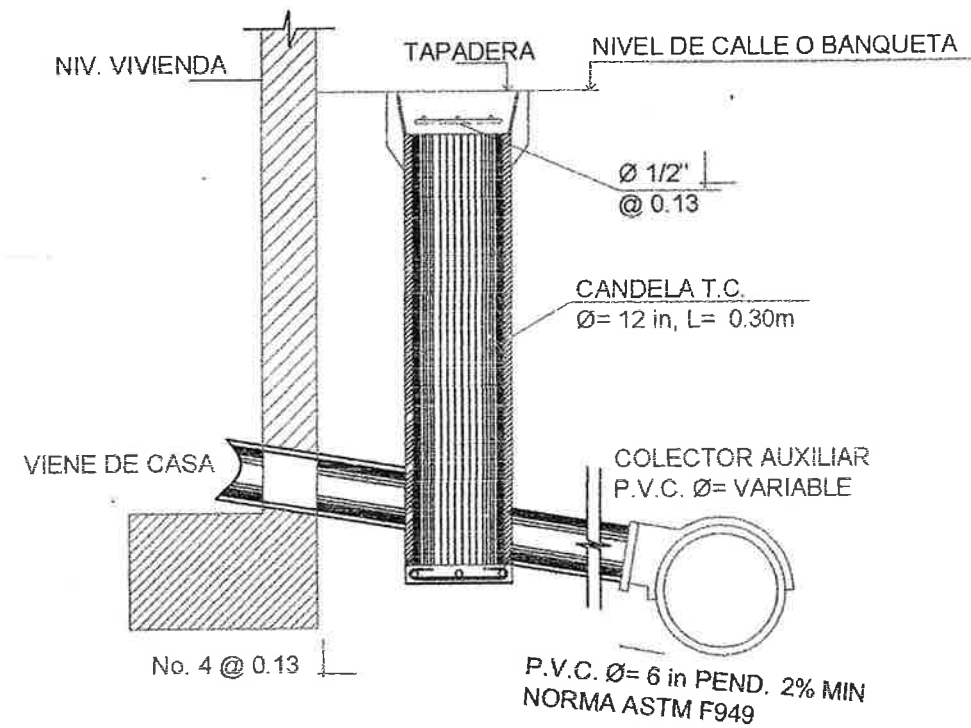
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Escuela Profesional Supervisora
ASesor(A) SUPERVISORIAL DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

HOJA No. 2/4



PLANTA DE CANDELA

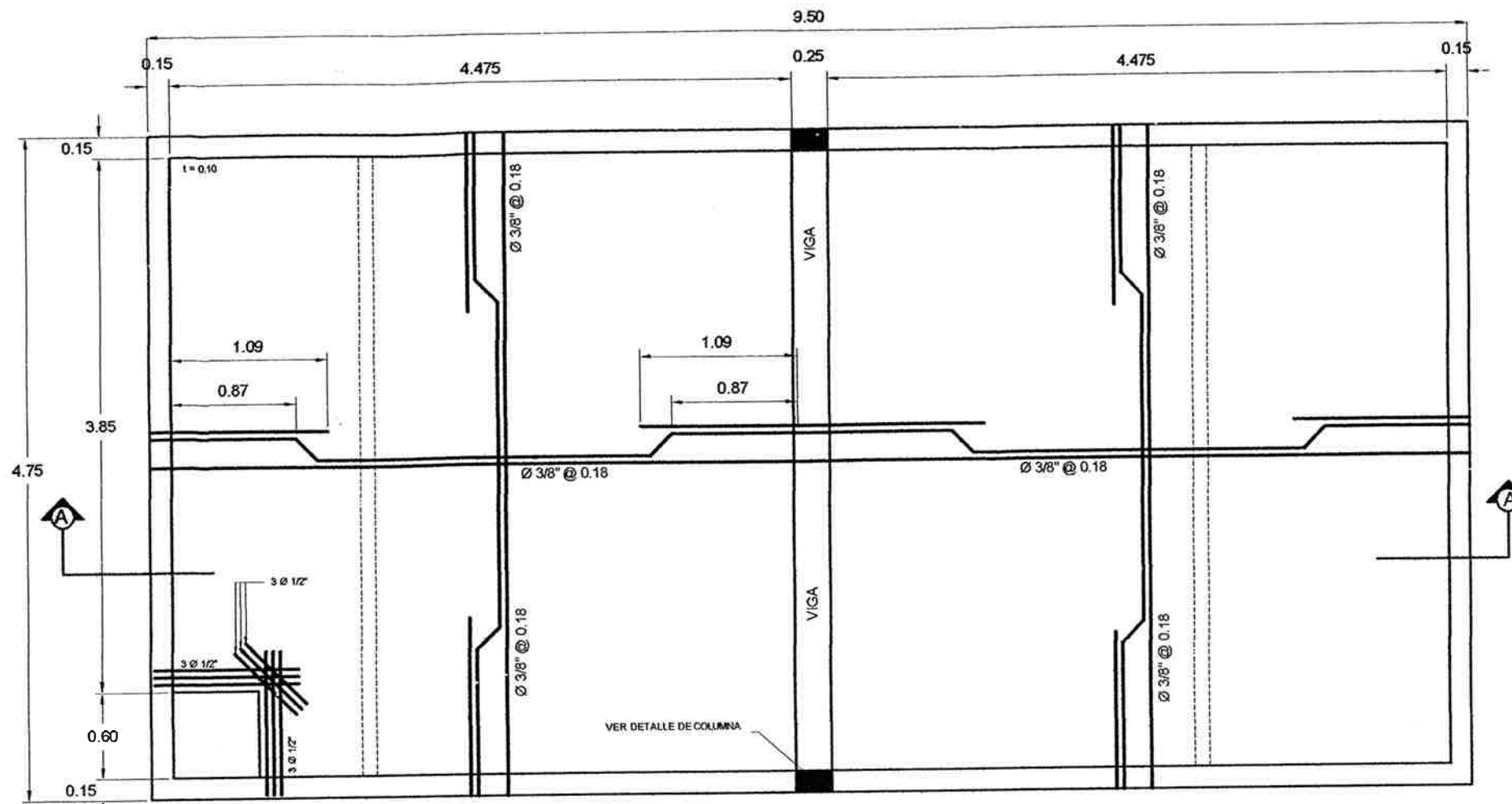
ESC. 1:10



SECCION DE CANDELA

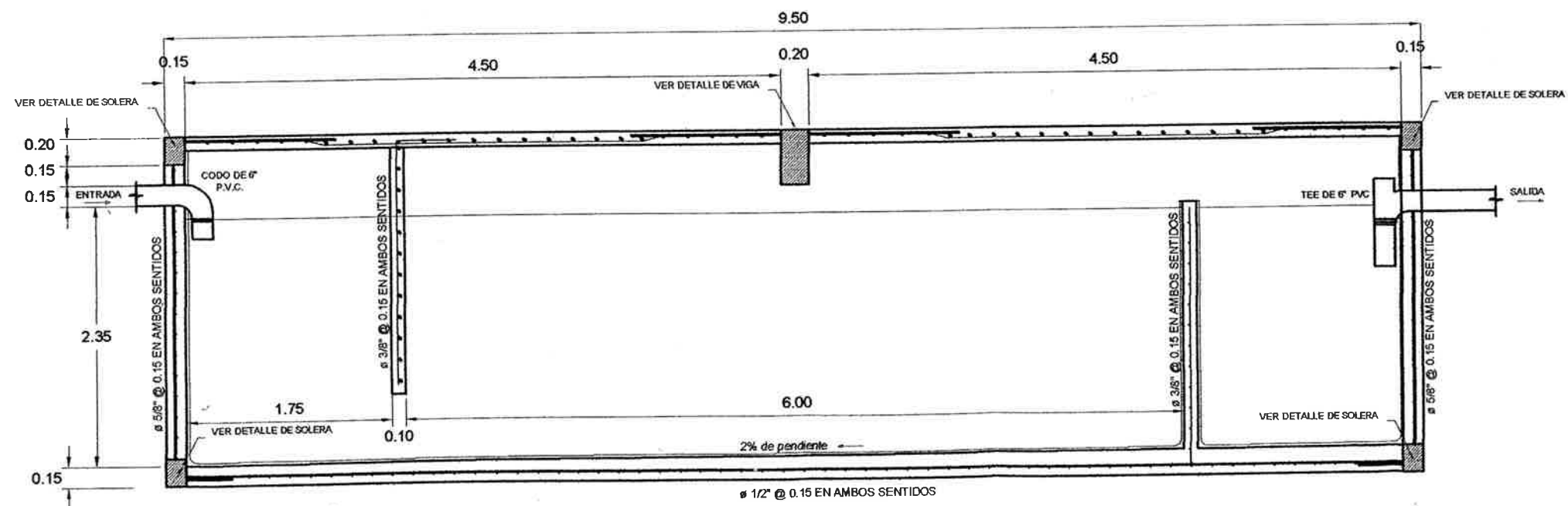
ESC. 1:10

 <p>Universidad de San Carlos de Guatemala FACULTAD DE INGENIERIA Escuela Profesional de Ingeniería</p>	
<p>Nombre del Proyecto: <i>Manif. de Agua Residual</i></p>	<p>Nombre del Estudiante: <i>[Signature]</i></p>
<p>Universidad de San Carlos de Guatemala Escuela Profesional de Ingeniería</p>	
<p>ASESOR(A) SUPERVISOR(A) DE EPS</p>	
<p>Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS</p>	
<p>Escuela de Ingeniería</p>	
<p>3/4</p>	



PLANTA DE ARMADO LOSA (10 cms)

ESCALA 1:20



SECCION A-A

ESCALA 1:20



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

Nombre del Proyecto	Asesor(a) Supervisor(a) de EPS	Fecha	Hoja No.
Proyecto	Asesor(a) Supervisor(a) de EPS	Fecha	4 / 4
Detalle de Obra Complementaria	Unidad de Delineación, Ingeniería y EPS		