



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARATIVO PARA LA  
ALDEA LA EMBAULADA, DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ**

**Fabian Estuardo Chay Pérez**

Asesorado por la Inga. Mayra Rebeca García de Sierra

Guatemala, marzo de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARATIVO PARA LA  
ALDEA LA EMBAULADA, DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**FABIAN ESTUARDO CHAY PÉREZ**

ASESORADO POR LA INGA. MAYRA REBECA GARCÍA DE SIERRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, MARZO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	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**

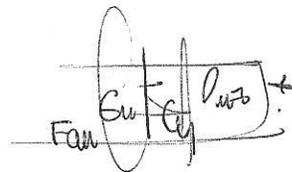
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
EXAMINADOR	Ing. Oscar Argueta Hernández
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## 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 SEPARATIVO PARA LA ALDEA LA EMBAULADA, DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 23 de enero de 2013.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Fabian Estuardo Chay Pérez', written over a faint grid or stamp.

**Fabian Estuardo Chay Pérez**



Guatemala, 27 de enero de 2014  
Ref.EPS.DOC.115.01.14

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Fabian Estuardo Chay Pérez** con carné No. **200412356**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARATIVO PARA LA ALDEA LA EMBAULADA, DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ.**

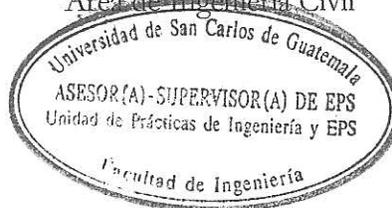
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

  
Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra  
Asesora-Supervisora de EPS  
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo  
MRGSdS/ra



Guatemala,  
13 febrero de 2014

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 SEPARATIVO PARA LA ALDEA LA EMBAULADA, DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Fabian Estuardo Chay Pérez, con Carnet No. 200412356, 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

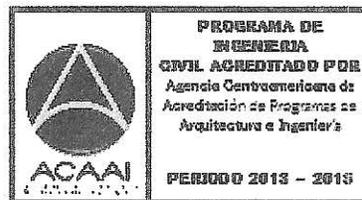
  
Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa  
Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 19 de febrero de 2014  
Ref.EPS.D.79.02.14

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco..

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARATIVO PARA LA ALDEA LA EMBAULADA, DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Fabian Estuardo Chay Pérez**, quien fue debidamente asesorado y supervisado 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. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra y del Coordinador de E.P.S. Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, al trabajo de graduación del estudiante Fabian Estuardo Chay Pérez titulado DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARATIVO PARA LA ALDEA LA EMBAULADA, DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.



Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, marzo 2014

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 127.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARATIVO PARA LA ALDEA LA EMBAULADA, DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ**, presentado por el estudiante universitario **Fabian Estuardo Chay Pérez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, 17 de marzo de 2014

/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por la vida y permitirme alcanzar esta meta, por enseñarme el camino de la sabiduría y felicidad, tuyo es todo Señor.
<b>Virgen María</b>	Gracias madre, intercesora, luz de mi camino.
<b>Mis padres</b>	Rosalía Pérez de Chay y Fabián Chay Medrano. Su amor incondicional es mi mayor bendición.
<b>Mis hermanos</b>	Paola Rossmery, Jessica Nineth y Andrés Adolfo Chay Pérez. Todo lo vivido llena mi vida son fuente de inspiración y felicidad.
<b>Mi sobrina</b>	María Jimena Chay Pérez. Mi muñeca hermosa, te amo.
<b>Mis abuelos</b>	Clara Gómez de Pérez y Saturnino Pérez. María Medrano de Chay y Simeón Chay. (q.e.p.d.) Formadores incansables, por su ejemplo de vida, trabajo y entrega.
<b>Mis tíos</b>	Por su ejemplo profesional, laboral y familiar, por fomentar la formación de valores en mi vida.

**Mis primos**

Tantos buenos momentos compartidos, su apoyo y amistad

**Mi familia en general**

**Luis Eduardo Morales  
(q.e.p.d.)**

Tu ejemplo de alegría, responsabilidad y entrega tiene frutos en la vida de tus amigos, gracias.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por promover los medios para mi formación profesional.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por permitirme los medios para transformar mi mente, edificar mis principios y fundamentarme como ingeniero civil.
<b>Mi asesora</b>	Inga. Mayra García de Sierra, por transmitirme sus conocimientos y por su apoyo en la realización de este trabajo.
<b>Mi novia</b>	Yessica Paola Rosales Martínez, por tu amor incondicional y apoyo en la realización del presente documento, gracias preciosa.
<b>Mis amigos de la Facultad</b>	José Ovalle, Juan José García, Ángel Filippi, Viviana López, Ligia Corado, Ricardo Aragón, por su apoyo, amistad y los inolvidables momentos compartidos.
<b>Mis padrinos de graduación</b>	Mi padre y mis hermanas, por su apoyo ilimitado en mi formación profesional y humana.

**Mis amigos**

De Juventi, mi reunión de grupo y amigos, son mi familia fuera de casa.

**Mis compañeros de  
trabajo en Grupo  
Altamira**

Ing. Gustavo Siebold, Ing. Hugo Antillon,  
Ing. Julio Lemus y Mynor Garcia, por compartir  
sus conocimientos, experiencia y apoyo.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	VII
LISTADO DE ABREVIATURAS .....	IX
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN .....	XV
OBJETIVOS .....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	XIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura de la aldea La Embaulada, San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez, Guatemala .....	1
1.1.1. Monografía del municipio de San Lucas Sacatepéquez .....	1
1.1.1.1. Ubicación y mapa topográficos .....	2
1.1.1.2. Clima .....	3
1.1.1.3. Población .....	3
1.1.1.4. Características económicas .....	3
1.1.1.5. Educación .....	4
1.1.1.6. Idioma .....	4
1.1.1.7. Turismo .....	4
1.1.1.8. Aspectos de infraestructura .....	4
1.1.1.8.1. Vías de acceso .....	5
1.1.1.8.2. Distribución de viviendas .....	5
1.1.1.8.3. Tipología de viviendas .....	5

	1.1.1.8.4.	Agua potable .....	5
	1.1.1.8.5.	Disposición de aguas servidas .....	6
	1.1.1.8.6.	Alumbrado público .....	6
1.1.2.		Descripción de las necesidades de la aldea La Embaulada, San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez, Guatemala. ....	6
1.1.3.		Análisis y evaluación de las necesidades de la aldea La Embaulada, San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez, Guatemala. ....	7
2.		FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....	9
2.1.		Diseño del sistema de alcantarillado separativo para la aldea La Embaulada, San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez, Guatemala .....	9
2.1.1.		Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea La Embaulada, San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez, Guatemala .....	9
	2.1.1.1.	Descripción del proyecto.....	9
	2.1.1.2.	Levantamiento topográfico.....	10
	2.1.1.2.1.	Altimetría .....	10
	2.1.1.2.2.	Planimetría .....	10
	2.1.1.3.	Diseño del sistema .....	11
	2.1.1.3.1.	Descripción del sistema a utilizar .....	11
	2.1.1.3.2.	Período de diseño.....	11
	2.1.1.3.3.	Población de diseño.....	12
	2.1.1.3.4.	Dotación .....	12
	2.1.1.3.5.	Factor de retorno .....	13

	2.1.1.3.6.	Factor de Hardmond .....	13
	2.1.1.3.7.	Caudal sanitario .....	14
	2.1.1.3.8.	Factor de caudal medio .....	17
	2.1.1.3.9.	Caudal de diseño .....	18
	2.1.1.3.10.	Selección del tipo de tubería.....	18
	2.1.1.3.11.	Diseño de secciones y pendientes .....	23
	2.1.1.3.12.	Pozos de visita .....	29
	2.1.1.3.13.	Conexiones domiciliarias .....	30
	2.1.1.3.14.	Principios hidráulicos.....	32
	2.1.1.3.15.	Cálculo hidráulico .....	33
2.1.1.4.		Estudio del Impacto Ambiental .....	39
	2.1.1.4.1.	Definición de actividades relevantes...40 en las distintas etapas del proyecto.....	40
2.1.1.5.		Propuesta de tratamiento .....	44
2.1.1.6.		Planos .....	44
2.1.1.7.		Presupuesto .....	45
2.1.1.8.		Evaluación socioeconómica .....	46
	2.1.1.8.1.	Valor Presente Neto .....	47
	2.1.1.8.2.	Tasa Interna de Retorno .....	48
2.1.2.		Diseño del sistema de alcantarillado pluvial para la aldea La Embaulada, San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez, Guatemala .....	49
	2.1.2.1.	Descripción del proyecto .....	49

2.1.2.2.	Levantamiento topográfico.....	49
2.1.2.2.1.	Planimetría .....	50
2.1.2.2.2.	Altimetría .....	50
2.1.2.3.	Especificaciones del sistema a utilizar .....	50
2.1.2.3.1.	Tuberías .....	51
2.1.2.3.2.	Diámetro mínimo .....	51
2.1.2.3.3.	Velocidades mínimas y máximas .....	52
2.1.2.3.4.	Profundidad de las tuberías.....	52
2.1.2.3.5.	Diámetro de tuberías ....	52
2.1.2.3.6.	Pozos de visita.....	53
2.1.2.3.7.	Profundidad de pozos de visita .....	53
2.1.2.3.8.	Tragantes .....	54
2.1.2.3.9.	Normas y recomendaciones .....	57
2.1.2.4.	Método racional .....	58
2.1.2.4.1.	Caudal de diseño .....	58
2.1.2.5.	Velocidades máximas y mínimas .....	64
2.1.2.6.	Ecuación de Manning .....	64
2.1.2.6.1.	Factor de rugosidad.....	65
2.1.2.7.	Cálculo de cotas Invert .....	65
2.1.2.8.	Diseño hidráulico de alcantarillado pluvial .....	66
2.1.2.9.	Desfogue .....	72
2.1.2.10.	Presupuesto del alcantarillado pluvial ..	73
2.1.2.11.	Estudio de Impacto Ambiental Inicial ...	74

	2.1.2.11.1.	Definición de actividades relevantes en las distintas etapas del proyecto.....	74
2.1.2.12.		Evaluación socioeconómica .....	75
	2.1.2.12.1.	Valor Presente Neto .....	76
	2.1.2.12.2.	Tasa Interna de Retorno .....	77
CONCLUSIONES .....			79
RECOMENDACIONES.....			81
BIBLIOGRAFÍA.....			83
ANEXOS .....			87



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Mapa de localización, aldea La Embaulada, San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez .....	2
2.	Tubería Novafort .....	19
3.	Fabricación de zanja .....	21
4.	Tipos de zanja según estabilidad del suelo .....	21
5.	Relleno de zanja .....	22
6.	Sección transversal de un pozo de visita .....	29
7.	Detalle sección de brocal y tapadera de un pozo de visita .....	30
8.	Sección típica de conexión domiciliar .....	31
9.	Planta típica de conexión domiciliar .....	32
10.	Tubería Novaloc y Novafort.....	51
11.	Detalles de rejilla típica .....	55
12.	Lluvia máxima diaria, período de retorno 10 años .....	63

### TABLAS

I.	Ancho de zanja .....	20
II.	Relaciones hidráulicas para sección circular .....	25
III.	Especificaciones técnicas para el alcantarillado sanitario .....	33
IV.	Diseño de tramo de alcantarillado sanitario.....	33
V.	Matriz de Leopold en fase de operación de alcantarillado sanitario y pluvial para la aldea La Embaulada, San Lucas Sacatepéquez.....	42

VI.	Matriz de Leopold en fase de construcción de alcantarillado sanitario y pluvial, para la aldea La Embaulada, San Lucas Sacatepéquez.....	43
VII.	Integración de costos unitarios del alcantarillado sanitario .....	46
VIII.	Cálculo de dimensionamiento de rejillas .....	57
IX.	Aplicación del período de retorno .....	62
X.	Especificaciones técnicas para el alcantarillado pluvial .....	66
XI.	Diseño de tramo de alcantarillado pluvial.....	67
XII.	Integración de costos unitarios del alcantarillado pluvial.....	73

## LISTADO DE ABREVIATURAS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>CIE</b>	Cota Invert de Entrada
<b>CIS</b>	Cota Invert de Salida
<b>Ha</b>	Hectáreas
<b>h</b>	Hora
<b>Km</b>	Kilómetros
<b>L</b>	Litros
<b>L/ha/d</b>	Litros por habitante por día
<b>L/s</b>	Litros por segundo
<b>PVC</b>	Material fabricado a base de cloruro de polivinilo
<b>m</b>	Metros
<b>m<sup>2</sup></b>	Metros cuadrados
<b>m<sup>3</sup></b>	Metros cúbicos
<b>m<sup>3</sup>/s</b>	Metros cúbicos por segundo
<b>m/s</b>	Metros por segundo
<b>mm</b>	Milímetros
<b>mm/h</b>	Milímetros por hora
<b>Min</b>	Minutos
<b>No.</b>	Número
<b>S</b>	Pendiente
<b>PV</b>	Pozo de visita
<b>“</b>	Pulgadas
<b>q/Q</b>	Relación de caudales
<b>d/D</b>	Relación de diámetros

<b>v/V</b>	Relación de velocidades
<b>s</b>	Segundos
<b>r</b>	Tasa de crecimiento de la población, expresado en %
<b>TC</b>	Tubería de concreto

## GLOSARIO

<b>Agua pluvial</b>	Aguas procedentes de la precipitación natural, que no han sido contaminadas deliberadamente.
<b>Aguas grises</b>	Agua que llevan restos de jabones, detergentes y son menos contaminantes que las aguas negras.
<b>Aguas negras</b>	Agua que se encuentra contaminada con sustancia fecal y orina, justamente proceden de los desechos orgánicos, tanto de animales como de humanos.
<b>Aguas servidas</b>	Sinónimo de aguas negras.
<b>Alcantarillado pluvial</b>	Sistema de tuberías, sumideros e instalaciones que permite el rápido desalojo de aguas de lluvia para evitar daños.
<b>Alcantarillado sanitario</b>	Sistema de estructuras y tuberías usado para la recolección y transporte de las aguas residuales.
<b>Candela</b>	Receptáculo donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que conduce al sistema de alcantarillado.

<b>Colector</b>	Tramo del alcantarillado que conecta diversos ramales de una alcantarilla, de manera que cada una de las viviendas de esa vía pueda conectarse para la evacuación apropiada de las aguas residuales.
<b>Cota Invert</b>	Cota o altura de la parte inferior interior del tubo ya instalado.
<b>Desfogue</b>	Salida del agua de desecho de un colector en un punto determinado.
<b>Dotación</b>	Estimación de la cantidad de agua que, en promedio, consume cada habitante.
<b>Factor de Hardmond</b>	Es un factor de seguridad para la horas de mayor consumo y está en relación directa con la población. No es constante para todo el sistema, sino, varía para cada tramo, de acuerdo al número de habitantes acumulados de dicho tramo.
<b>Factor de rugosidad</b>	Expresa la intensidad de la rugosidad o lisura de una tubería. Depende del material con que sea fabricada.
<b>INFOM</b>	Instituto de Fomento Municipal.
<b>Período de diseño</b>	Es el período de funcionamiento eficiente del sistema; una vez pasado este período, es necesario rehabilitar el mismo.

<b>Pozo de visita</b>	Estructura subterránea que sirve para cambiar de dirección, pendiente, diámetro, unión de tubería y para iniciar un tramo de drenaje.
<b>Tirante</b>	Altura de las aguas negras dentro de la alcantarilla.
<b>Tubería secundaria</b>	Conexión que transporta el agua de la candela hacia el colector principal del sistema.



## RESUMEN

Para la ingeniería civil el correcto manejo de las aguas negras y pluviales de una población es de carácter prioritario y para el presente caso, al realizar un estudio específico, se identificaron carencias de infraestructuras en la aldea La Embaulada, entre las cuales resalta la urgencia de proponer un sistema que permita la correcta conducción de las aguas mencionadas y que contribuirá a atender la necesidad de disminuir enfermedades gastrointestinales, la proliferación de insectos, olores fétidos y el deterioro de los suelos en la aldea.

La propuesta consiste en el diseño de un sistema de alcantarillado separativo, que conduzca las aguas negras a un tratamiento primario, y la escorrentía, a un afluente ubicado en la parte más baja de la aldea. La metodología empleada para el diseño es la recomendada en el documento *Códigos y normas generales para el diseño de alcantarillados*, del Instituto de Fomento Municipal (INFOM); del cual, se utilizaron algunos criterios de diseño normados en el mismo; y otros, propuestos por los fabricantes de la tubería, quienes garantizan cumplir con las Normas ASTM F949, ASTM F2307 y AASHTO M-304.

Además de los cálculos hidráulicos se realizó una serie de planos con las especificaciones técnicas y físicas necesarias para la construcción de los sistemas. Se efectuó la cuantificación de materiales, mano de obra y maquinaria, para obtener el presupuesto financiero; asimismo, se realizó un Estudio de Impacto Ambiental y se finalizó con una serie de recomendaciones pertinentes al sistema de alcantarillado separativo para la aldea La Embaulada,

presentadas en determinado momento a la Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez, para la adecuada ejecución y funcionamiento del sistema.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar el sistema de alcantarillado separativo para la aldea La Embaulada, San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez.

### **Específicos**

1. Establecer un diseño funcional y adecuado a las especificaciones hidrológicas, topográficas y a las condiciones poblacionales de la aldea.
2. Utilizar los criterios de diseño que proponen los fabricantes de la tubería a utilizar, considerando los códigos y normas para el diseño de alcantarillados establecidos por el Instituto de Fomento Municipal (INFOM).
3. Definir el presupuesto financiero, correspondiente al sistema de alcantarillado separativo que se propone para la aldea.
4. Realizar planos técnicos con las especificaciones necesarias para la construcción del sistema separativo.



## INTRODUCCIÓN

Este Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) se realizó en el municipio de San Lucas, en la Dirección Municipal de Planificación, del departamento de Sacatepéquez.

La información base y de sustento para establecer las necesidades de las diferentes aldeas y caseríos que conforman el municipio se obtuvo directamente de fuentes de dicha dirección y de la Oficina de Catastro de la misma municipalidad; asimismo, de los vecinos de la aldea seleccionada para el desarrollo específico del proyecto relacionado a este EPS; que, para el presente caso, corresponde a la aldea La Embaulada del municipio de San Lucas Sacatepéquez, con enfoque hacia las necesidades y prioridades que se tienen en esa comunidad.

Resalta en la información obtenida que la contaminación con aguas servidas y la mala conducción de las aguas pluviales es un tema prioritario en la aldea La Embaulada. En virtud de no existir recursos físicos que contribuyan al tratamiento del tema directamente en la propia aldea, ya que en la actualidad, el no contar con un sistema de alcantarillado sanitario y un sistema de alcantarillado pluvial independientes, incide en la calidad de la salud de los vecinos, así también, en la contaminación de los ambientes aledaños al poblado.

El proyecto que se propone al ser realizado contribuirá en una mejora a las condiciones actuales de salud de la población de la aldea, pues proveerá de un sistema adecuado para que los vecinos dispongan de áreas libres de

contaminación, como efecto del sistema de alcantarillado separativo y de la infraestructura básica para el tratamiento del líquido residual.

# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura de la aldea La Embaulada, San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez, Guatemala**

Esta fase del proyecto permitió determinar la situación y las tendencias que se dan en la aldea La Embaulada con respecto de las necesidades de infraestructura primaria y de qué manera pueden ser solventadas; esto se estableció por medio de hechos y datos recolectados en la misma aldea y en la Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez, que permitió identificar de manera clara y precisa, la forma de cómo beneficiar al mayor número de vecinos posible y proponer, como en el presente caso, una solución específica y adecuada para esa aldea.

### **1.1.1. Monografía del municipio de San Lucas Sacatepéquez**

El municipio de San Lucas Sacatepéquez, departamento de Sacatepéquez, tiene una extensión territorial de 24,5 Km<sup>2</sup> está ubicado en la parte noreste del departamento, colinda al norte con San Bartolomé Milpas Altas; al éste con Mixco; al sur con Santa Lucía Milpas Altas; al oeste con San Bartolomé Milpas Altas y Antigua Guatemala.

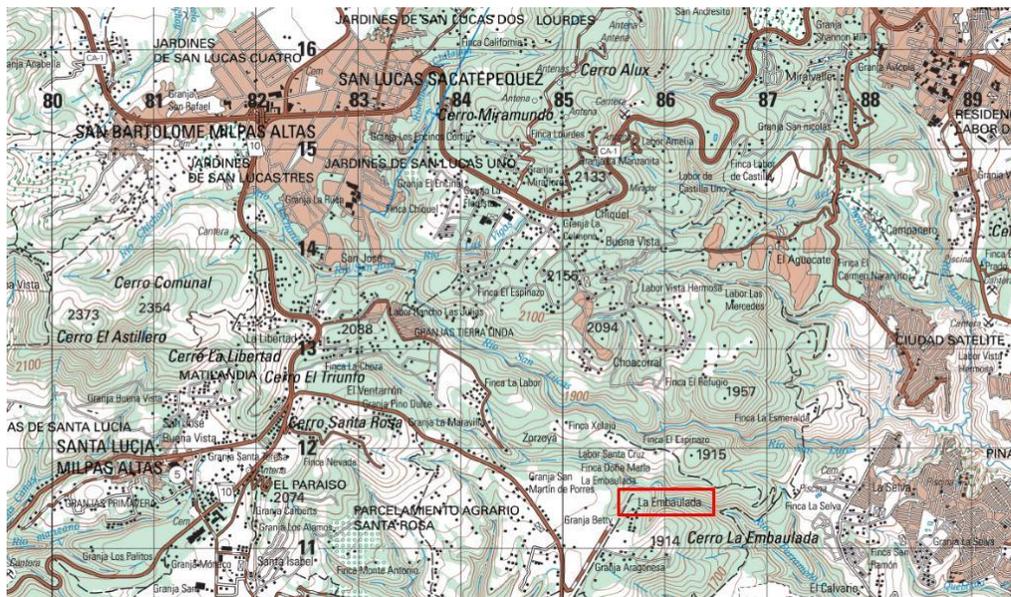
La distribución territorial consta de cuatro aldeas: Choacorrál, Zorzoya, El Manzanillo y La Embaulada, tres caseríos: San José, Chichorin, Chiquel, una comunidad agraria llamada Pachalí, diecisiete fincas entre las que destacan: La Suiza, La Cruz Grande, San Juan, Santa Marta, La Esmeralda, San Ramón,

California, los Ángeles, Xelajú, Lourdes, y cincuenta y una granjas, las cuales pertenecen a familias capitalinas. La ubicación geográfica es 2 062,85 m sobre el nivel del mar, con una latitud de 14° 36' 29" y longitud de 90° 39' 32". La cabecera municipal dista de la cabecera departamental 17 Km y 29 Km de la capital de la República, sobre vía totalmente asfaltada de intenso tráfico, ruta CA-1 (carretera Panamericana).

### 1.1.1.1. Ubicación y mapa topográficos

La topografía es irregular, ya que pertenece al complejo montañoso del Altiplano Central. Las alturas oscilan entre 2 000 y 2 200 m sobre el nivel del mar.

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



Fuente: mapa 1:50 000 ciudad de Guatemala, Guatemala. Consulta: 4 de noviembre de 2013.

#### **1.1.1.2. Clima**

En esta región existen climas que varían de templado a frío, con temperaturas que oscilan entre los 13 y 25 grados Celsius, precipitación de 472,3 mm anuales y humedad de 48 %, según los datos obtenidos de la estación meteorológica del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH).

#### **1.1.1.3. Población**

San Lucas Sacatepéquez cuenta con 21 784 habitantes de los cuales 10 667 son hombres (48,97 %) y 11 117 mujeres (51,03 %). El 80,37 % pertenece al área urbana y el 19,63 % al área rural. Posee una tasa de mortalidad del 1,55 %, una tasa de natalidad del 1,32 % y una tasa de fecundidad del 10,78 %.

#### **1.1.1.4. Características económicas**

La Población Económicamente Activa (PEA) es de un 25 % de hombres y 13 % de mujeres.

El comercio está mayormente representado en el área urbana del municipio, acá se encuentra concentrado una diversidad de actividades importantes que son fuentes de ingresos para las familias, asimismo son fuentes generadoras de empleo. Dentro de esta diversidad encontraremos toda una variedad de negocios que ofrecen diferentes tipos de productos, así como la prestación de algún servicio, lo que genera actividades económicas. Dentro de los comercios e industrias se pueden mencionar: centros comerciales, maquilas, actividades agrícolas y pequeños comercios como panaderías,

cafeterías, ferreterías, salones de belleza, farmacias, librerías etc.

#### **1.1.1.5. Educación**

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

#### **1.1.1.6. Idioma**

El 95 % de la población de San Lucas Sacatepéquez habla español y el 5 % cakchiquel.

#### **1.1.1.7. Turismo**

Algunas opciones turísticas que puede visitarse en San Lucas Sacatepéquez son: el mercado Monumento al Caminero ubicado en el Km 29,8 carretera Interamericana, en donde se pueden degustar los platillos típicos del lugar y a la vez, aprovechar el día de mercado; también puede visitarse el parque ecológico Senderos de Alux ubicado en el Km 26,2 carretera Interamericana, disfrutando de la naturaleza y de los paisajes del lugar.

#### **1.1.1.8. Aspectos de infraestructura**

San Lucas cuenta con obras civiles de razonable calidad que sirven de soporte para el desarrollo de otras actividades y funcionamiento.

#### **1.1.1.8.1. Vías de acceso**

Por la carretera Interamericana CA-1 o Ruta Nacional 1, de la capital al oeste, 14 Km al entronque lado sur de la entrada a la cabecera municipal de Mixco; de allí, a la cabecera de San Lucas Sacatepéquez, 13 Km cuenta también con caminos, roderas y veredas que unen a los poblados y propiedades rurales entre sí y con los municipios vecinos.

#### **1.1.1.8.2. Distribución de viviendas**

Existe una concentración de viviendas en el casco urbano y los alrededores, sin embargo, actualmente se están construyendo urbanizaciones y residenciales fuera del límite urbano del casco, incrementando la población en las aldeas.

#### **1.1.1.8.3. Tipología de 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.

#### **1.1.1.8.4. Agua potable**

Este es administrado por la Oficina de Aguas de la Municipalidad de San Lucas, 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.

#### **1.1.1.8.5. Disposición de aguas servidas**

La Embaulada actualmente no cuenta con sistema de evacuación de aguas servidas, lo que obliga a los vecinos a desfogarlas a las calles de la comunidad, proliferando así los mosquitos, las enfermedades de tipo gastrointestinal, dérmicas, entre otras. En época de invierno, la falta del sistema de evacuación de agua pluvial, afecta gravemente las calles de la aldea, deteriorándolas y haciéndolas prácticamente intransitables, así también, afecta a algunos vecinos, inundando las áreas geográficamente más bajas.

#### **1.1.1.8.6. Alumbrado público**

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

### **1.1.2. Descripción de las necesidades de la aldea La Embaulada, San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez, Guatemala**

La aldea La Embaulada no cuenta con un sistema de salud adecuado a las necesidades de la población; y para ello, periódicamente se establece un centro de convergencia para cubrir programas de atención, coordinado por el centro de salud ubicado en el casco urbano de San Lucas. Estas actividades se concentran en jornadas de vacunación, odontología, consulta externa y capacitaciones de higiene y saneamiento.

Dentro de la problemática del saneamiento básico de comunidades, tiene suma importancia y relación, el suministro de agua potable, la conducción del

agua pluvial y recolección de aguas residuales y esta última, es una situación adicional que agudiza la problemática del saneamiento básico en la comunidad, pues, no cuenta con un sistema de recolección de aguas residuales ni de aguas pluviales.

### **1.1.3. Análisis y evaluación de las necesidades de la aldea La Embaulada, San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez, Guatemala**

Siendo la atención médica de manera periódica, no se logra atender las necesidades de los pobladores, ni la demanda que se tiene de este servicio. Por la lejanía de los servicios de salud, los pobladores incurren en descuidos en la atención de las enfermedades, provocando deterioro y daños a la salud, sin practicar la medicina preventiva, ni tampoco la capacitación de higiene y saneamiento.

Asimismo, los pobladores, al no contar con un sistema de evacuación de aguas servidas, se ven obligados a descargar estos fluidos a las calles de la aldea, lo que afecta la salud en todos los niveles y se refleja en el aumento de la tasa de morbilidad y mortalidad, en especial en la población infantil, originado típicamente de las enfermedades hídricas (gastrointestinales) que son causadas por elementos patógenos, que proliferan sustancialmente en medios como el agua y otros agentes, como insectos, algunos animales y alimentos. Generalmente son originados por descargas intestinales, contagio o estancamiento del líquido.

Tomando en cuenta las situaciones anteriormente descritas, se ha determinado que el diseño del sistema de alcantarillado separativo para la aldea La Embaulada, es de tipo prioritario.



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

### **2.1. Diseño del sistema de alcantarillado separativo para la aldea La Embaulada, San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez, Guatemala**

El diseño de un alcantarillado separativo lo conforma el diseño del alcantarillado sanitario y el del alcantarillado pluvial, con tuberías que conducen y colectan en forma separada las aguas negras y las aguas pluviales para la correcta evacuación.

#### **2.1.1. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea La Embaulada, San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez, Guatemala**

Para el desarrollo del diseño del alcantarillado sanitario de la aldea La Embaulada, se utilizan los criterios establecidos en las normas generales para el diseño de alcantarillados del INFOM y las especificaciones de los fabricantes de las tuberías que se utilizan en el diseño.

##### **2.1.1.1. Descripción del proyecto**

El proyecto consistirá en el diseño de alcantarillado sanitario para recolectar las aguas residuales para la aldea La Embaulada, San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez, Guatemala.

Este diseño incluirá redes de tuberías tipo Novafort de diámetro de 6", fabricada bajo la Norma ASTM F949, AASHTO M-304 y pozos de visita

fabricados con tubería de concreto de diámetro de 42” que pasarán por calles, avenidas y callejones de la aldea, a las que se integrarán las conexiones domiciliarias correspondientes al sistema, mismas que serán conducidas hacia el terreno en el cual se ubicará el tratamiento primario.

### **2.1.1.2. Levantamiento topográfico**

Se realizó previamente el levantamiento topográfico, lo cual conllevó dos actividades en el campo: el trazo planimétrico y el trazo altimétrico utilizando, aparatos de precisión, para ubicar accidentes geográficos considerables dentro del área del proyecto; en el levantamiento fue utilizado un equipo de tipo estación total marca Topcom modelo Gts-3.

#### **2.1.1.2.1. Altimetría**

Conjunto de métodos y procedimientos que permitieron obtener el relieve del terreno donde se construirán los sistemas. Para obtener los niveles se realizó la altimetría sobre el eje de la calle a cada 20 metros de distancia y en depresiones geográficas, en intersecciones de calle y cambios de dirección.

#### **2.1.1.2.2. Planimetría**

Permitió desarrollar un modelo que representará las distancias y posiciones de construcciones y accidentes geográficos que tienen relación directa con los sistemas, el modelo se dibujó a escala y sobre una superficie plana. Se procedió a realizar el levantamiento del eje central y las intersecciones secundarias, anchos de calles y posición de pozos de visita a distancias menores a 100 metros.

### **2.1.1.3. Diseño del sistema**

Esta técnica se desarrolla por medio de ecuaciones y métodos que permiten estimar caudales actuales y futuros, elegir tubería a utilizar, determinar las pendientes óptimas, velocidades apropiadas para el buen funcionamiento de la tubería, calcular tirantes dentro de la tubería para que la misma trabaje bajo la condición de canal parcialmente lleno, cotas Invert, profundidad de pozos; entre otros.

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

Para el proyecto, el sistema de alcantarillado de la Aldea La Embaulada se diseñó de forma separativa, con la tubería funcionando como canales parcialmente llenos.

Para el sistema de alcantarillado sanitario se utilizará una red de tuberías, la cual será conectada por medio de cajas de pozos de visita y la ubicación, profundidad, diámetro, pendiente, velocidad y demás variables, serán calculadas sobre la base de las especificaciones de las normas generales para diseño de alcantarillados del INFOM y de las especificaciones técnicas de los fabricantes de tuberías para drenajes.

#### **2.1.1.3.2. Período de diseño**

El diseño del sistema de alcantarillado de la aldea La Embaulada se proyecta para un período de vida de 40 años, tiempo durante el cual se calcula que el sistema de alcantarillado tendrá un funcionamiento correcto y eficiente, el valor utilizado corresponde al período máximo que establecen las normas generales para el diseño de alcantarillados del INFOM.

### **2.1.1.3.3. Población de diseño**

Esta se determina por medio del método de incremento geométrico, que es una ecuación, permite proponer un tiempo específico, es decir el período del diseño, en este caso son 40 años; asimismo, se utiliza la tasa de crecimiento de 2,9 % correspondiente a la aldea, obtenida en el Instituto Nacional de Estadística (INE), y la población actual, que la indica la Oficina de Catastro de la Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez, cifra que obtienen del último censo realizado en la aldea en el cuarto trimestre del 2012.

La ecuación esta descrita a continuación:

$$P_f = P_0 * (1 + r)^n$$

Donde:

$P_f$  = población futura

$P_0$  = población actual

$r$  = tasa de crecimiento (fuente INE)

$n$  = período de diseño

$$P_f = 756 * (1 + 0,029)^{40}$$

$$P_f = 2\ 373$$

### **2.1.1.3.4. Dotación**

Bajo el concepto de que la dotación corresponde a la cantidad de agua potable expresada en litros destinada para cada habitante por día (L/hab/día);

para el diseño del sistema de la aldea La Embaulada, de acuerdo a la información proporcionada por la oficina de aguas de la Municipalidad de San Lucas, la dotación estimada es de 200 Lts/hab/día.

#### **2.1.1.3.5. Factor de retorno**

Es el porcentaje de la dotación que es devuelta al sistema de drenaje y se estima un porcentaje entre 75 % y 90 %, dependiendo del uso que se le dé al agua. Para la aldea de La Embaulada se asumió un Factor de Retorno del 80 %, debido a que un porcentaje de la dotación es utilizada con fines de riego de patios, jardines y de producción agrícola, ese 20 % del agua no es ingresada al sistema de alcantarillado sanitario.

#### **2.1.1.3.6. Factor de Hardmond**

El Factor de Hardmond también es llamado Factor de Flujo Instantáneo; este valor indica la probabilidad de que múltiples accesorios sanitarios sean utilizados simultáneamente en el mismo tramo, para el efecto, el valor de este factor, se debe encontrar en el rango de 1,5 – 4,5; y, es adimensional.

El Factor de Hardmond es calculado con la siguiente ecuación:

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

$$FH = \frac{18 + \sqrt{2\ 373/1\ 000}}{4 + \sqrt{2\ 373/1\ 000}}$$

$$FH = 3,53$$

### 2.1.1.3.7. Caudal sanitario

El caudal sanitario también llamado caudal medio, está conformado por el caudal domiciliar, caudal de infiltración, caudal comercial, caudal industrial y el caudal por conexiones ilícitas. La ecuación para determinar el caudal sanitario es la siguiente:

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

Donde:

$Q_{\text{med}}$  = caudal Sanitario o caudal medio

$Q_{\text{dom}}$  = caudal domiciliar

$Q_{\text{inf}}$  = caudal de infiltración

$Q_{\text{com}}$  = caudal comercial

$Q_{\text{ind}}$  = caudal industrial

$Q_{\text{CI}}$  = caudal por conexiones ilícitas

- Caudal domiciliar

Valor que se utiliza para representar el volumen de agua residual que aportan las viviendas al sistema, en período de tiempo determinado, obteniendo el caudal domiciliar con dimensiones L/s.

Se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{dom}} = \frac{\text{No. habitantes} * \text{dotación} * \text{factor de retorno}}{86\ 400}$$

Al calcular el caudal domiciliar por medio de la anterior ecuación, las dimensionales quedan como L/s.

$$Q_{\text{dom}} = \frac{2\,373 * 200 * 0,80}{86\,400}$$

$$Q_{\text{dom}} = 4,39 \text{ L/s}$$

- Caudal industrial

Es el caudal proveniente del interior de todas las industrias que aporten al sistema en estudio. Si no se cuenta con el dato de la dotación de agua suministrada se puede utilizar como valor de diseño cifras 1 000 y 18 000 L/i/d.

Para el diseño del sistema de alcantarillado de la aldea La Embaulada, dicho caudal tiene valor cero, ya que no se existe ningún tipo de industria en la aldea.

- Caudal comercial

Es el caudal que ha sido utilizado por cualquier tipo de comercio. La dotación comercial varía entre 600 y 3 000 L/comercio/d, dependiendo del tipo.

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

Donde:

$Q_{\text{com}}$  = caudal comercial

No. comercios = número de comercios

Dot = dotación (L/hab/día)

86 400 = constante

Para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la aldea La Embaulada no se calculó el caudal comercial, pues no se cuenta con ningún tipo de comercio actualmente.

- Caudal por conexiones ilícitas

Este caudal depende de la existencia de un sistema de alcantarillado pluvial, ya 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 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 asimismo se realizará la construcción del sistema de alcantarillado pluvial de manera paralela lo cual permitirá a los usuarios conectarse correctamente a los dos sistemas.

- 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:  $Q_i = 0,01 * \text{diámetro en " } * \text{ longitud en Km}$

→ Para tuberías que quedarán bajo el nivel freático:

Tuberías de PVC:  $Q_i = 0,02 * \text{diámetro en " } * \text{ longitud en Km}$

Se obtiene como resultado el caudal con valor en litros por segundo. Para este proyecto se utilizó la estimación para tuberías que quedarán sobre el nivel freático.

$$Q_i = 0,01 * 6" * 3.32\text{Km}$$

$$Q_i = 0.20 \text{ L/s}$$

Para el diseño del alcantarillado sanitario se tomaron en cuenta únicamente los caudales domiciliario y por infiltración. El caudal comercial e industrial se omitió, debido a que la aldea carece de ello y el caudal por conexiones ilícitas no se consideró, ya que el diseño del alcantarillado sanitario se realizó en conjunto al diseño del alcantarillado pluvial y la municipalidad cuenta con un estricto control de las conexiones a los sistemas.

Para los efectos del presente informe se explican los elementos técnicos que deben considerarse para el cálculo del caudal sanitario.

#### **2.1.1.3.8. Factor de caudal medio**

Es el valor que se calcula dividiendo el caudal sanitario dentro del total de habitantes, debe ser un valor dentro del rango 0,002 – 0,005, si el valor de este quedará fuera del rango, se debe de aproximar al valor más cercano del rango.

$$F_{qm} = \frac{Q_{med}}{\text{No. habitantes total}}$$

$$F_{qm} = \frac{4,39 * 0.20}{2\ 373}$$

$$F_{qm} = 0,0019 \approx 0,002$$

#### **2.1.1.3.9. Caudal de diseño**

Es el caudal con que se diseña cada tramo del sistema, éste, se obtiene por medio de la siguiente ecuación:

$$Q_{diseño} = \text{No. habitantes} * \text{Factor de Hardmon} * \text{factor de caudal medio}$$

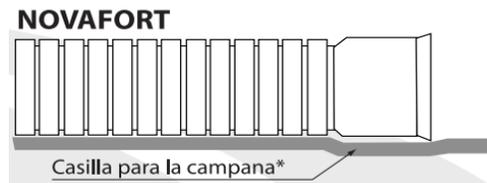
$$Q_{diseño} = 2\ 373 * 3,53 * 0,002$$

$$Q_{diseño} = 16,75 \text{ L/s}$$

#### **2.1.1.3.10. Selección del tipo de tubería**

El tipo de tubería seleccionado fue Novafort, fabricada bajo la Norma ASTM F949, AASHTO M-304 y la tubería Novaloc, fabricada bajo la Norma ASTM F2307. Este material es seleccionado por la resistencia estructural y por el beneficio que representa al proyecto, debido a que pueden ser instaladas a bajas y altas profundidades y todos los diámetros utilizados, son diámetros comerciales.

Figura 2. **Tubería Novafort**



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

- Profundidad de tubería

La profundidad mínima de coronamiento en las normas generales para diseño de alcantarillados del INFOM, es de 1,00 m; este valor es utilizado para este proyecto, para que las calles y avenidas de la aldea puedan ser utilizadas por todo tipo de tráfico, sin dañar ningún elemento del sistema.

- Ancho de zanja

Para colocar la tubería se precisa de una zanja entre los pozos de visita; la profundidad de estas zanjas está condicionada por el diámetro y profundidad de la tubería. Se presenta a continuación una tabla que muestra anchos de zanjas recomendados por los fabricantes de la tubería seleccionada, en función del diámetro y de las alturas a excavar.

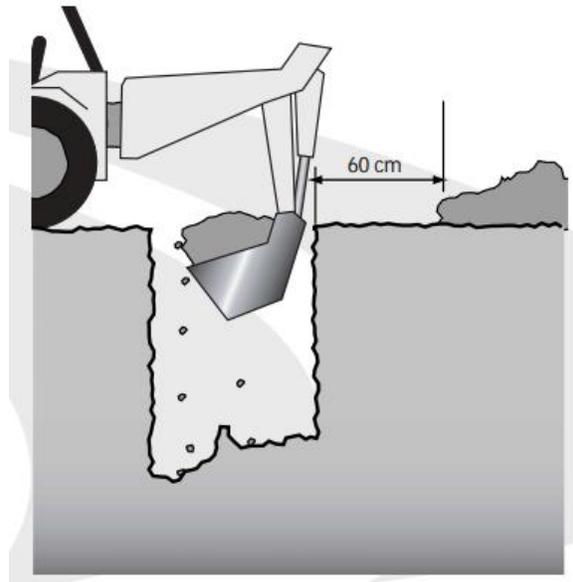
Tabla I. Ancho de zanja

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.

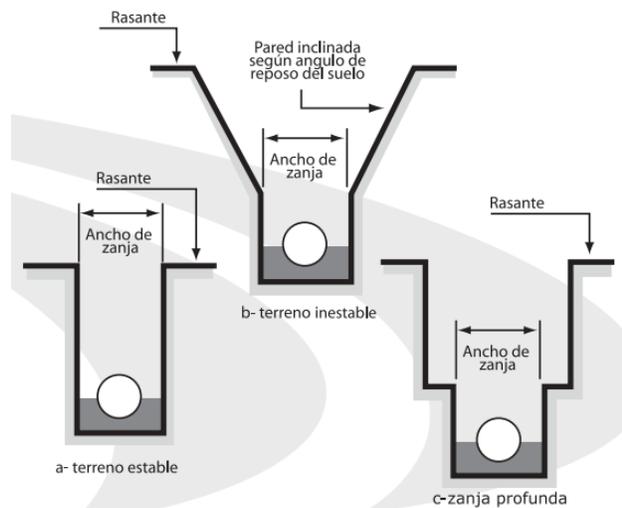
A continuación se presentan una serie de criterios esquematizados por los fabricantes de la tubería representan excavación, tipos de zanja, procedimiento para rellenar zanjas y cabe resaltar como medida de seguridad la recomendación de cuidar que el material extraído se coloque a 0,60 mts mínimo de la zanja.

Figura 3. **Fabricación de zanja**



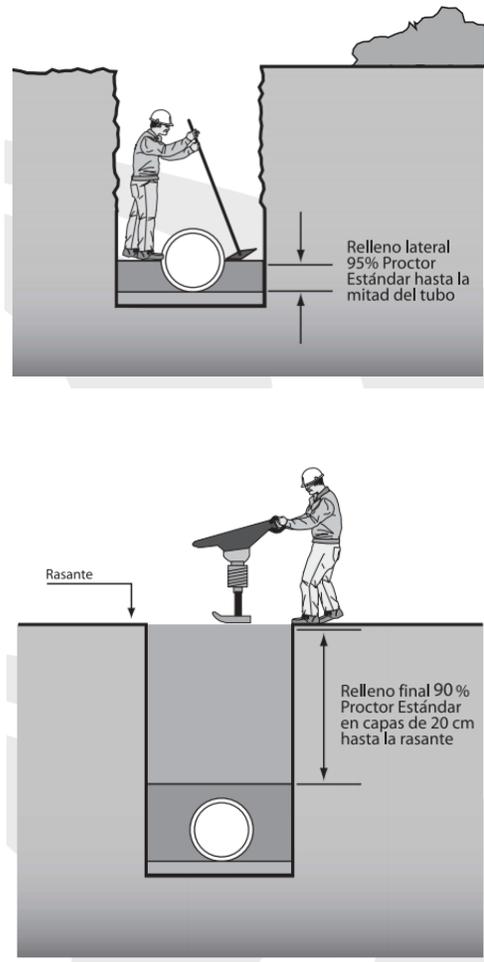
Fuente: Amanco, Manual de bolsillo Novas. p. 5.

Figura 4. **Tipos de zanja según estabilidad del suelo**



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

Figura 5. **Relleno de zanja**



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

- **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 las dimensionales  $m^3$ .

$$\text{Vol} = \left[ \left( \frac{H_1 + H_2}{2} \right) * d * z \right]$$

Donde:

Vol = volumen de excavación (m<sup>3</sup>).

H<sub>1</sub> = profundidad del primer pozo (m).

H<sub>2</sub> = profundidad del segundo pozo (m).

d = distancia entre pozo (m).

#### 2.1.1.3.11. Diseño de secciones y pendientes

Se realiza el diseño utilizando la ecuación de Manning en el sistema métrico para secciones circulares siendo la siguiente:

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

Donde:

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

D = diámetro de la sección circular (pulgadas)

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

n = coeficiente de rugosidad de Manning (0,010 PVC – 0,014 TC)

Las condiciones hidráulicas para tubos parcialmente llenos se calculó por medio del método analítico, utilizando el caudal acumulado al final del tramo, por ser el punto más bajo.

Las pendientes utilizadas fueron las que permitieron cumplir con las velocidades mínimas y máximas recomendadas por los fabricantes de tuberías, para el correcto autolavado y evitar erosión en las tuberías.

- Relaciones hidráulicas

Para el diseño de alcantarillados se parte de la igualdad entre la relación de caudales reales y la relación de caudales teóricos, utilizando la ecuación de Manning; por medio de la cual, al ser conocida la relación  $q/Q$ , se pueden determinar las demás relaciones,  $v/V$ ,  $d/D$ ,  $a/A$ .

Se pueden enlistar las siguientes características de estos valores:

- Relación  $q/Q$ : 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 II. Relaciones hidráulicas para sección circular

<b>d/D</b>	<b>a/A</b>	<b>v/V</b>	<b>q/Q</b>
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 II.

<b>d/D</b>	<b>a/A</b>	<b>v/V</b>	<b>q/Q</b>
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.

- Velocidades máximas y mínimas de diseño

Para la velocidad máxima y mínima del diseño, las normas generales para diseño de alcantarillados del INFOM, recomienda utilizar como máximo 2,50 m/s y como mínimo 0,60 m/s; las especificaciones que garantizan los fabricantes de tubería, recomiendan 5,00 m/seg como máximo y 0,40 m/seg como mínimo.

Para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la aldea La Embaulada se utilizaron las velocidades mínimas recomendadas por los fabricantes de tuberías, ya que representa un ahorro económico al evitar excavaciones de gran profundidad.

La velocidad del flujo se determina por medio de la ecuación de Manning y la relación hidráulica  $v/V$ , donde  $v$ , es la velocidad del flujo a sección parcialmente llena y  $V$ , es la velocidad del flujo a sección llena.

- Cotas Invert

Es la distancia entre la rasante del terreno y la parte inferior interna de la tubería son calculadas con base en la pendiente del terreno y la distancia entre pozos.

Las cotas Invert se calculan utilizando las siguientes ecuaciones:

$$\text{CIS PV} - 1 = \text{CT} - (\text{HP} + \text{diámetro tubo en m})$$

$$\text{CIE PV} - 2 = (\text{CIS PV} - 1) - ((\text{DH} * \text{S\% Tubo})/100)$$

$$\text{CIS PV} - 2 = (\text{CIE PV} - 2) - \text{Diferencia requerida}$$

Donde:

CIS PV-1 = cota Invert de salida de pozo de visita 1

CIE PV-2 = cota Invert de entrada de pozo de visita 2

CIS PV-2 = cota Invert de salida de pozo de visita 2

CT = cota de terreno

HP = altura de pozo de visita

DH = distancia horizontal entre pozos

S% = pendiente de la tubería

Para calcular la diferencia requerida entre la cota Invert de entrada y la cota Invert de salida de un mismo pozo se debe seguir las siguientes reglas:

- Cuando el diámetro del tubo de entrada es igual al diámetro del tubo de salida, la diferencia requerida es 0,03 m.
- Cuando el diámetro del tubo de entrada es diferente al diámetro del tubo de salida, la diferencia requerida es la diferencia de los diámetros o 0,03 m, el valor que sea mayor.
- El diámetro de la tubería que sale del pozo de visita nunca debe ser menor al diámetro de la tubería o tuberías que entran al pozo de visita.

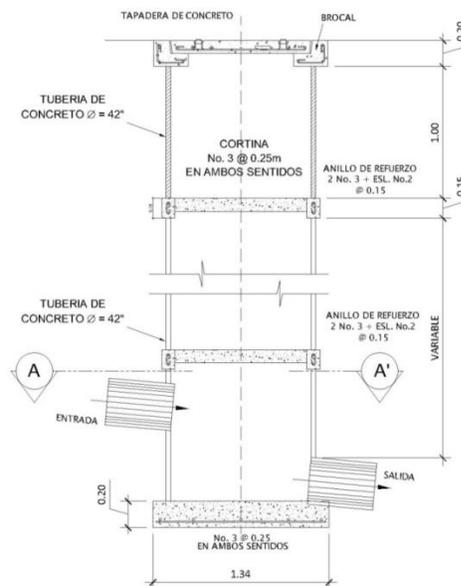
### 2.1.1.3.12. Pozos de visita

Estas estructuras verticales se utilizan para el mantenimiento del sistema de drenaje.

Para el sistema de alcantarillado para la aldea La Embaulada son fabricados con tubería de concreto de 42" de diámetro y van ubicados en:

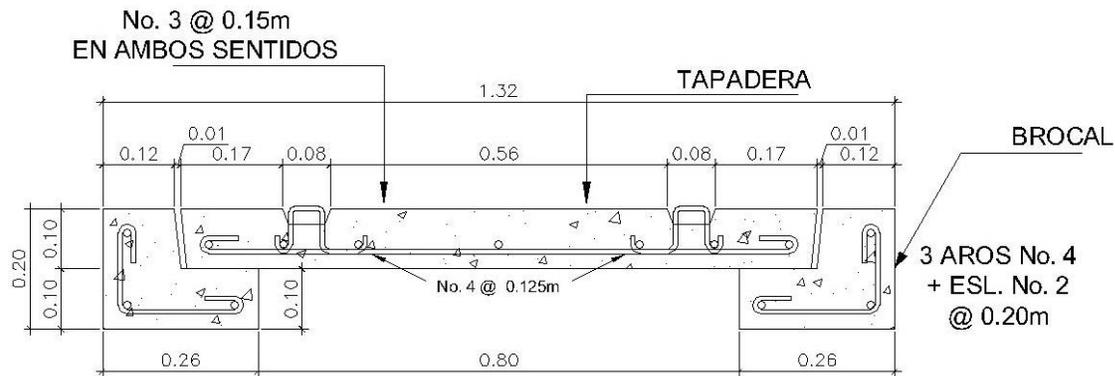
- Inicio de ramales
- Cambios de dirección
- Cambios de pendientes
- Intersecciones de dos o más tuberías
- A una distancias no mayor a 100 m.

Figura 6. **Sección transversal de un pozo de visita**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2014.

Figura 7. **Detalle sección de brocal y tapadera de un pozo de visita**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2014.

### 2.1.1.3.13. **Conexiones domiciliarias**

Estas conexiones tienen la función de integrar las aguas servidas producidas en las viviendas, al sistema de alcantarillado sanitario y constan de:

- Candela

Ubicada frente a la vivienda, construida con un tubo de concreto impermeabilizado de 12", colocado de forma vertical, base fundida en concreto y tapadera para permitir la inspección.

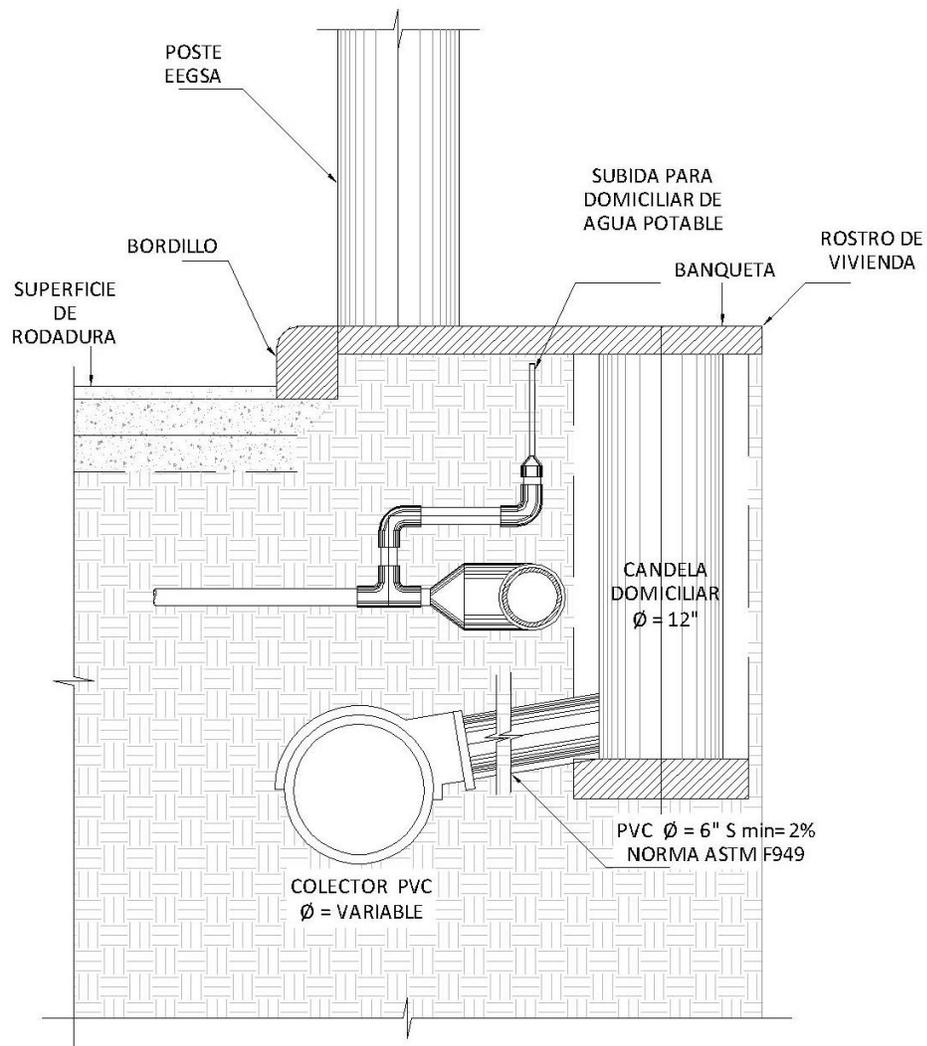
- Tubería secundaria

Tubo de PVC con diámetro 6", que conecta la candela con la tubería principal del drenaje, tiene una pendiente mínima de 2 % y una pendiente máxima de 6 %.

- Silleta

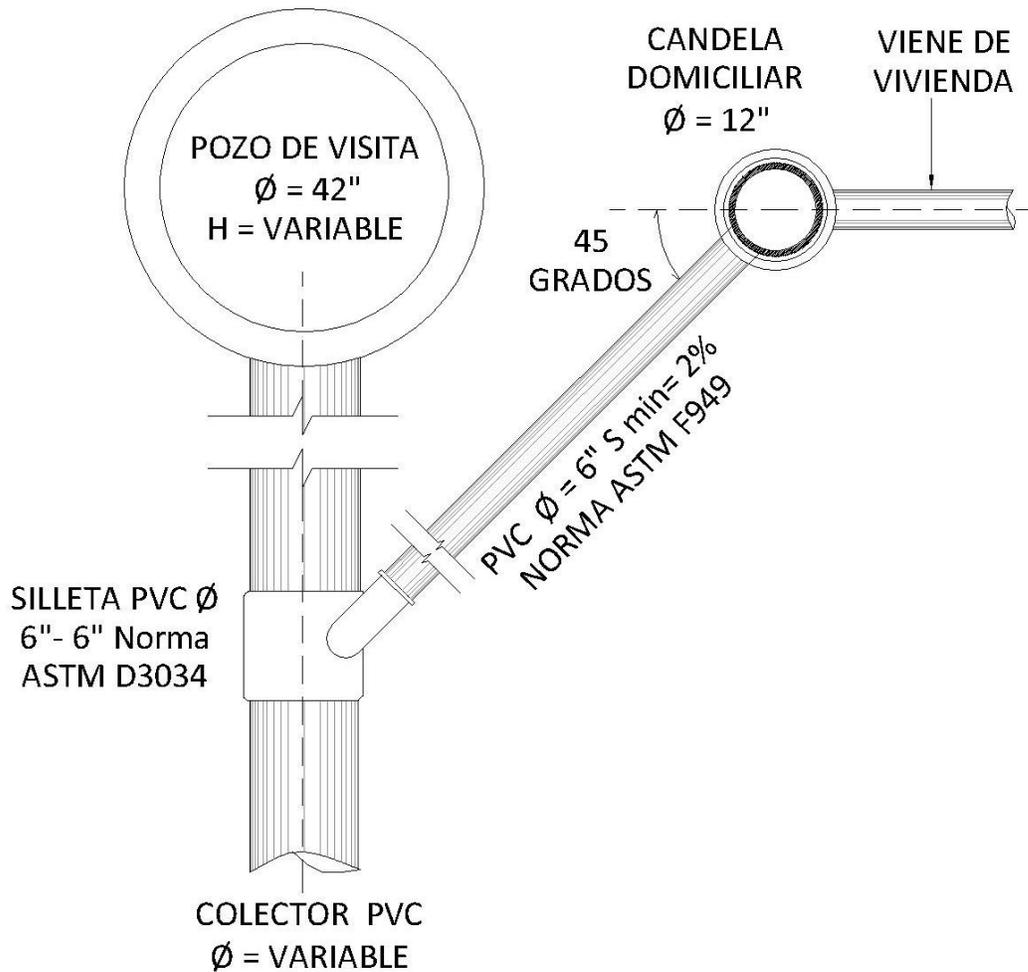
Accesorio fabricado de PVC, que permite la unión entre la tubería secundaria y la tubería principal, evita las fugas y las filtraciones en el sistema.

Figura 8. **Sección típica de conexión domiciliar**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2014.

Figura 9. **Planta típica de conexión domiciliar**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2014.

#### **2.1.1.3.14. Principios hidráulicos**

El diseño del Sistema de Alcantarillado Sanitario de la aldea La Embaulada se sustentó en el principio de que la única presión actuante es la presión atmosférica, todas las tuberías funcionarán como canales abiertos, en las que el agua fluirá por acción de gravedad.

### 2.1.1.3.15. Cálculo hidráulico

A continuación se detallan las condiciones para la realización del cálculo hidráulico.

Tabla III. **Especificaciones técnicas para el alcantarillado sanitario**

Tipo de sistema	Alcantarillado Sanitario
Periodo de diseño	40 años
Población actual	756 habitantes
Población futura	2 373 habitantes
Tasa de crecimiento	2,90 % (fuente INE)
Habitantes por casa	6 habitantes
Dotación	200 Lts/hab/día
Factor de retorno	80 %
Tipo de tubería	Novafort Norma ASTM F949
Diámetro inicial	6 pulgadas
Velocidad mínima	0,40 m/seg
Velocidad máxima	5,00 m/seg
Tirante máximo	75 %
Pendiente mínima	0,50 %
Fqm	0,002

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Diseño de tramo de alcantarillado sanitario**

Cota PV-11	475,79
Cota PV-10	475,60
Distancia entre pozos (DH)	61,80
Población actual en el tramo	30 habitantes
CIE PV-11	474,17

Fuente: elaboración propia.

- Tramo PV-11 a PV-10

→ Pendiente del terreno

$$S = \frac{(\text{cota PV} - 10) - (\text{cota PV} - 11)}{DH} * 100$$

$$S = \frac{475,79 - 475,60}{61,80} * 100$$

$$S = 0,31 \%$$

→ Población futura

$$P_f = P_0 * \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n$$

$$P_f = 48 * \left(1 + \frac{2,9}{100}\right)^{40}$$

$$P_f = 150,61 \approx 151 \text{ habitantes}$$

→ Factor de Hardmond

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

$$FH_{\text{actual}} = \frac{18 + \sqrt{48/1\,000}}{4 + \sqrt{48/1\,000}}$$

$$FH_{\text{actual}} = 4,32$$

$$FH_{\text{futura}} = \frac{18 + \sqrt{151/1\,000}}{4 + \sqrt{151/1\,000}}$$

$$FH_{\text{futuro}} = 4,19$$

→ Caudal de diseño

$$Q_D = F_{qm} * FH * \text{No. habitantes}$$

$$Q_{D \text{ actual}} = 0,002 * 4,32 * 48$$

$$Q_{D \text{ actual}} = 0,41 \text{ L/s}$$

$$Q_{D \text{ futuro}} = 0,002 * 4,19 * 151$$

$$Q_{D \text{ futuro}} = 1,27 \text{ L/s}$$

Para continuar con el diseño se propone el diámetro de la tubería y la pendiente.

Diámetro propuesto      6"

Pendiente propuesta      0,70 %

- Velocidad, área y caudal a sección llena

→ Velocidad

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

$$V = \frac{0,03429 * 6^{2/3} * \left(\frac{0,70}{100}\right)^{1/2}}{0,010}$$

$$V = 0,95 \text{ m/seg}$$

→ Área

Para calcular el área, en principio, se debe convertir en metros el diámetro de la tubería que se encuentra en pulgadas, esto se realiza multiplicando el diámetro por 2,54 y dividiendo dentro de 100.

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

$$A = \frac{\pi}{4} * \left(\frac{6 * 2,54}{100}\right)^2$$

$$A = 0,0182412 \text{ m}^2$$

→ Caudal

$$Q = V * A$$

$$Q = 0,95 * 0,0182412$$

$$Q = 0,01733 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para convertir el caudal que se encuentra en metros cúbicos por segundo, a litros por segundo, se debe multiplicar por 1 000.

$$0,01733 * 1000 = 17,33 \text{ L/s}$$

→ Relaciones hidráulicas

$$\text{Relación de caudales} = \frac{q}{Q}$$

$$\text{Relación de caudales}_{\text{actual}} = \frac{0,41}{17,33}$$

$$\text{Relación de caudales}_{\text{actual}} = 0,023658$$

$$\text{Relación de caudales}_{\text{futuro}} = \frac{1,27}{17,33}$$

$$\text{Relación de caudales}_{\text{futuro}} = 0,073283$$

De las tablas de relaciones hidráulicas se obtienen los valores de relación de velocidad y tirante.

$$\text{Relación de velocidad}_{\text{actual}} = 0,420$$

$$0,420 = v_{\text{actual}}/0,95$$

$$v_{\text{actual}} = 0,95 * 0,420$$

$$v_{\text{actual}} = 0,40 \text{ m/s}$$

$$\text{Relación de velocidad}_{\text{futuro}} = 0,587$$

$$0,587 = v_{\text{futuro}}/0,95$$

$$v_{\text{futuro}} = 0,95 * 0,587$$

$$v_{\text{futuro}} = 0,56 \text{ m/s}$$

$$\text{Relación de tirante}_{\text{actual}} = 0,1075$$

$$\text{Relación de tirante}_{\text{futuro}} = 0,1850$$

- Cotas Invert

→ Cota Invert de salida

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

$$\text{CIS} = 471,17 - 0,03$$

$$\text{CIS} = 471,14 \text{ m}$$

→ Cota Invert de entrada

$$\text{CIE} = \text{CIS} - [S * (\text{DH} - 1,05)/100]$$

$$\text{CIE} = 471,14 - [0,70 * (61,80 - 1,05)/100]$$

$$\text{CIE} = 473,71 \text{ m}$$

El diseño completo del sistema de alcantarillado sanitario está en el anexo titulado Los cálculos hidráulicos para el diseño de alcantarillado sanitario, aldea La Embaulada, San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez.

#### **2.1.1.4. Estudio del Impacto Ambiental**

Este estudio comprende el procedimiento técnico-administrativo que permite identificar, prevenir e interpretar los impactos ambientales, producidos en el entorno, en caso de ser ejecutado, con el fin de que la administración pueda aceptarlo, modificarlo o rechazarlo.

Es necesario considerar las medidas de mitigación que permitan eliminar o reducir el impacto que generen los sistemas en el ambiente. Es necesario tomar en cuenta todas aquellas consideraciones negativas hacia el ambiente, en este caso, basados en la matriz de Leopold, para anotar los posibles impactos adversos significativos; impactos adversos no significativos e impactos

benéficos significativos; basándose en la información del diseño de los proyectos.

#### **2.1.1.4.1. Definición de actividades relevantes en las distintas etapas del proyecto**

El objetivo de este es reconocer los impactos generados en las etapas de operación y construcción de los sistemas para la aldea La Embaulada.

- Etapa de operación

En esta etapa se presentan los impactos ambientales de mayor relevancia, principalmente en lo relacionado a desechos sólidos y líquidos. La contaminación por las aguas residuales, puede reducirse mediante los siguientes procesos:

- → Deben quedar instalados los métodos de tratamiento de las aguas negras, para que los desechos sólidos y líquidos sean tratados de manera adecuada y las aguas pasen a los mantos freáticos debidamente tratadas.

Durante la etapa de operación del sistema de alcantarillado sanitario, el impacto al medio ambiente es inapreciable, considerando el diseño, obras de protección, sistema constructivo, materiales y mantenimiento (ver tabla V).

- Etapa de construcción

Al realizar el análisis a través de la matriz de Leopold, sobre los impactos que se ocasionarán por la construcción del sistema de alcantarillado sanitario

para la aldea La Embaulada, se concluye que estos, son impactos adversos significativos positivos para el ambiente (ver tabla VI), siendo esto cuantitativa y cualitativamente planificado.

El impacto ambiental generado por la construcción del sistema de alcantarillado radicarán, por ejemplo, en la generación de polvo, ruidos, entre otros, así como la acumulación de material extraído y congestión vehicular, cuando se construyan las fases que atraviesan las calles principales.

Algo que debe considerarse en el momento de la construcción es el lugar donde se depositará el material extraído, ya que esto también puede afectar a la aldea o al municipio, en el caso del sistema de alcantarillado separativo para la aldea La Embaulada, este material es utilizado por la Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez, para realizar rellenos en distintas áreas del municipio.





### **2.1.1.5. Propuesta de tratamiento**

La Dirección Municipal de Planificación (DMP) de la Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez tiene planificado integrar el sistema de alcantarillado sanitario al sistema de una planta de tratamiento; formada por rejillas, tanques Imhoff con secado de lodos y tanques de aireación, razón por la cual no se desarrolla el diseño del sistema de planta de tratamiento.

### **2.1.1.6. Planos**

Los planos son representaciones gráficas a escala utilizados para esquematizar detalles de los sistemas, estos incluyen vistas desde arriba (plantas) y detalles laterales o frontales según indique el plano, el diseño del sistema de alcantarillado separativo para la aldea La Embaulada incluye los siguientes planos:

- Planta general del sistema de alcantarillado sanitario y distribución de ramales.
- Planta perfil alcantarillado sanitario.
- Planta general de sistema de alcantarillado pluvial y distribución de ramales.
- Planta perfil alcantarillado pluvial.
- Detalle de pozos de visita.
- Conexión domiciliar a sistema de alcantarillado sanitario.
- Detalles de candela domiciliar.
- Detalles de rejillas.
- Detalles de pozo de visita.

### **2.1.1.7. Presupuesto**

Se entiende por presupuesto al cálculo y negociación anticipada de los gastos de algún proyecto o alguna actividad económica, este debe expresar cantidades y valores financieros. Elaborar un presupuesto permite establecer prioridades y evaluar factibilidad, debe de ser minucioso en el cálculo de cantidades de materiales, mano de obra y demás gastos en que se incurran en la realización, fabricación o construcción de los mismos.

En el caso del diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea La Embaulada se utilizaron los precios de los materiales de los proveedores autorizados por la Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez asimismo de la mano de obra, actualizados a la fecha de la realización del diseño, e incluyendo el traslado a la obra, las fianzas y seguros, se calcularon con un 4 % y los gastos administrativos con un 29 % incluyendo el 15 % de gastos indirectos.

Tabla VII. Integración de costos unitarios del alcantarillado sanitario

CUADRO DE INTEGRACIÓN DE COSTOS UNITARIOS						
<b>NOMBRE PROYECTO:</b>	Instalación sistema de alcantarillado sanitario Aldea La Embaulada, San Lucas Sacatepéquez					
<b>MUNICIPIO:</b>	San Lucas Sacatepéquez					
<b>DEPARTAMENTO:</b>	Sacatepéquez					
<b>1. ALCANTARILLADO SANITARIO</b>						
No.	REGLÓN	GRUPO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
<b>PRELIMINARES</b>						
0,1	Limpieza, trazo y estaqueado	PRELIMINARES	5312,00	m <sup>2</sup>	Q 6,78	Q 36 015,36
<b>INSTALACIÓN DE TUBERÍA</b>						
1,1	Excavación zanja para línea de sistema de alcantarillado sanitario con maquinaria	INSTALACIÓN DE TUBERÍA	2815,00	m <sup>3</sup>	Q 25,95	Q 73 049,25
1,2	Colocación de tubería PVC Ø 6" Novafort	INSTALACIÓN DE TUBERÍA	2835,00	ml	Q 191,14	Q 541 881,90
1,3	Relleno y compactación de zanja	INSTALACIÓN DE TUBERÍA	2760,00	m <sup>3</sup>	Q 32,43	Q 89 506,80
<b>POZOS DE VISITA</b>						
2,1	Pozo de visita; PV Ø 42" h=variable (ver detalle en plano) incluye excavación, construcción e instalación de todo el pozo	POZOS DE VISITA	107,00	ml	Q 2 614,37	Q 279 737,59
2,2	Cimiento para pozo de visita de Ø 42" con refuerzo indicado en planos	POZOS DE VISITA	59,00	unidad	Q 542,72	Q 32 020,48
2,3	Brocal y tapadera para pozo de visita de Ø 42"	POZOS DE VISITA	59,00	unidad	Q 662,26	Q 39 073,34
<b>LIMPIEZA FINAL</b>						
3,1	Traslado de material sobrante a predio municipal	LIMPIEZA FINAL	95,00	m <sup>3</sup>	Q 188,75	Q 17 931,25
<b>SUBTOTAL PROYECTO</b>						<b>Q 1 109 215,97</b>
Fianzas y seguros					4,0 %	Q 44 368,64
Indirectos					29,0 %	Q 321 672,63
<b>TOTAL PROYECTO</b>						<b>Q 1 475 257,24</b>

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.1.8. Evaluación socioeconómica

Este proceso puede implicar el uso de varias técnicas en donde resulta fundamental la ponderación de los beneficios, frente a los costos proyectados, para el presente caso se utiliza el cálculo del Valor Presente Neto y la Tasa Interna de Retorno del proyecto.

### 2.1.1.8.1. Valor Presente Neto

El Valor Presente Neto (VPN) es una herramienta de análisis que sirve para comparar los ingresos y costos del proyecto, debidamente actualizados, sin importar los períodos en que ocurran y permite medir la factibilidad financiera y económica del mismo. La selección de la tasa de actualización debe ser apropiada para estimar los costos de oportunidad que corresponden a los beneficios diferidos y a las inversiones externas dentro del campo de la construcción y se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{VPN} = -\text{costo inicial} - \text{costo anual} * (1 + \text{tasa de interés})^n + \text{ingreso anual} * (1 + \text{tasa de interés})^n$$

La tasa de interés anual para calcular el VPN de este proyecto es del 10,00 %, valor de referencia que fue obtenida del Banco Inmobiliario, como tasa utilizada para proyectos de construcción y vivienda; el costo mensual de operación se estima en 2 070 quetzales y de mantenimiento anual en 10 607,45 quetzales, valores referenciados del costo de operación y mantenimiento de los sistemas de alcantarillado de las aldeas Choacorrall y Chichorin y del caserío San José, que tienen especificaciones similares al sistema de la aldea La Embaulada. Esta última información fue proporcionada por la DMP de la Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez.

$$\text{VPN} = (-1\ 475\ 257,24) - [(2070 * 12) + 10\ 607,45] * (1 + 0,10)^{40}$$

$$\text{VPN} = -68\ 373\ 369,65$$

El VPN de este caso en particular es negativo, debido a que este proyecto no tendrá ningún ingreso.

#### **2.1.1.8.2. Tasa Interna de Retorno**

La Tasa Interna de Retorno (TIR) se emplea como criterio para analizar por medio de un porcentaje, el rendimiento sobre la inversión. Así como el Valor Presente Neto se calcula con base en el valor presente de los ingresos y costos; a diferencia de este, la TIR no indica el valor actualizado de los beneficios, sino que se trata de una medida de eficiencia que refleja los beneficios netos del proyecto en términos de rendimiento porcentual sobre los desembolsos, igualándolos contra los ingresos.

La TIR de un proyecto es la tasa de actualización que hace que el valor actual de los ingresos sea exactamente cero y siendo que esta tasa no se puede determinar en forma analítica, se deben emplear mecanismos de interpolación.

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

## **2.1.2. Diseño del sistema de alcantarillado pluvial para la aldea La Embaulada, San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez, Guatemala**

El proyecto consiste en el diseño del sistema de alcantarillado pluvial para la aldea La Embaulada, municipio de San Lucas, departamento de Sacatepéquez, el cual se realiza con base en las especificaciones hidrológicas y topográficas de la aldea.

### **2.1.2.1. Descripción del proyecto**

Para el efecto se utiliza como base los principios y criterios propuestos en las normas generales para el diseño de alcantarillados del INFOM y las especificaciones de los fabricantes de tuberías. Para el efecto, se diseñó una red con tubería Novafort y Novaloc, que tendrá diámetros de 10 a 30 pulgadas de drenaje, pozos de visita construidos con tubería de concreto, rejillas y demás conexiones para el correcto funcionamiento.

### **2.1.2.2. Levantamiento topográfico**

Se realizó previamente este estudio, tomando en cuenta que es el medio utilizado para ubicar, tanto planimétricamente como altimétricamente el proyecto, el cual fue necesario para identificar accidentes geográficos considerables dentro del área.

En la realización del levantamiento se utilizó una estación total, marca Topcom modelo Gts-3; considerando para el desarrollo, el marco conceptual siguiente:

#### **2.1.2.2.1. Planimetría**

Rama de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos que tienden a conseguir la representación a escala de todos los detalles interesantes del terreno, sobre una superficie plana prescindiendo del relieve y se representa en una proyección horizontal.

#### **2.1.2.2.2. Altimetría**

Es el conjunto de métodos y procedimientos topográficos utilizados para medir alturas, también llamadas cotas de los puntos respecto a un plano de referencia, siendo el más utilizado el nivel del mar.

#### **2.1.2.3. Especificaciones del sistema a utilizar**

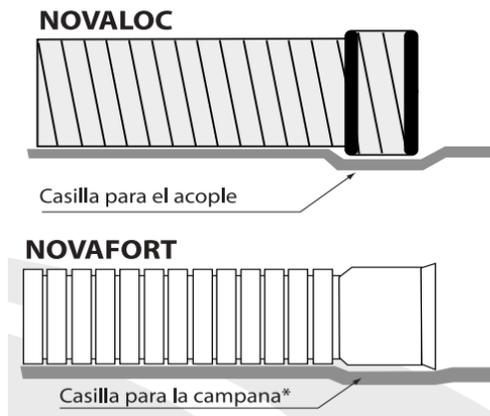
El diseño del sistema de alcantarillado pluvial para la aldea La Embaulada, se calcula utilizando la ecuación del Método Racional, para la utilización de la misma se debe calcular los valores de la intensidad de lluvia, tiempo de concentración y área tributaria, esto con el fin de hacer el uso óptimo de la topografía de la aldea.

Es importante mencionar que del cálculo del caudal pluvial se excluyen los caudales de aguas residuales provenientes de las viviendas, la escorrentía será recolectada en las rejillas, estas se conectarán directamente a los pozos de visita, donde se introducirá al sistema, con esto se evitará la erosión y socavamiento del suelo y pavimentos.

### 2.1.2.3.1. Tuberías

Las tuberías colectarán la escorrentía proveniente de calles y de los drenajes pluviales de las viviendas. 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 10. Tubería Novaloc y Novafort



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

### 2.1.2.3.2. Diámetro mínimo

El diámetro mínimo recomendado para sistemas de alcantarillado pluvial es de 8" en PVC y 10" en concreto según las Normas generales para el diseño de alcantarillados del INFOM, el diámetro mínimo de tubería PVC para tramos iniciales utilizado por la Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez es de 10 pulgadas, por lo tanto para el sistema de alcantarillado pluvial de la aldea La Embaulada se utilizará de 10 pulgadas.

### **2.1.2.3.3. Velocidades mínimas y máximas**

Para la velocidad máxima y mínima del diseño, las normas generales para diseño de alcantarillados del INFOM recomienda utilizar como máximo 2,50 m/s y como mínimo 0,60 m/s; las especificaciones que garantizan los fabricantes de tubería, recomiendan 5,00 m/seg como máximo y 0,40 m/seg como mínimo.

Para el diseño del sistema de alcantarillado pluvial de la aldea, se utilizaron las velocidades mínimas recomendadas por los fabricantes de tuberías, ya que representa un ahorro económico al evitar excavaciones de gran profundidad.

### **2.1.2.3.4. 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.

### **2.1.2.3.5. Diámetro de tuberías**

El diámetro de las tuberías se propone según el criterio del diseñador, utilizando la Ecuación de Manning y las tablas de relaciones hidráulicas con el que se calculan las velocidades y el tirante. Por medio del método de prueba y error se selecciona el diámetro de tubería óptimo.

#### **2.1.2.3.6. Pozos de visita**

Los pozos de vista son estructuras verticales que se utilizan para el mantenimiento del sistema de drenaje y van ubicados en:

- Inicio de ramales
- Cambios de dirección
- Cambios de pendientes
- Intersecciones de dos o más tuberías
- A una distancias no mayor a 100 m

#### **2.1.2.3.7. Profundidad de pozos de visita**

La profundidad de los pozos de visita está dada por la cota Invert de salida más baja dentro de cada pozo, la altura mínima será de 1,00m más el diámetro de la tubería. Esta profundidad se calcula por medio de la siguiente ecuación.

$$H_{\text{pozo}} = CT - CIS$$

Donde:

$H_{\text{pozo}}$  = altura de pozo

CT = cota del terreno

CIS = cota Invert de salida

### **2.1.2.3.8. Tragantes**

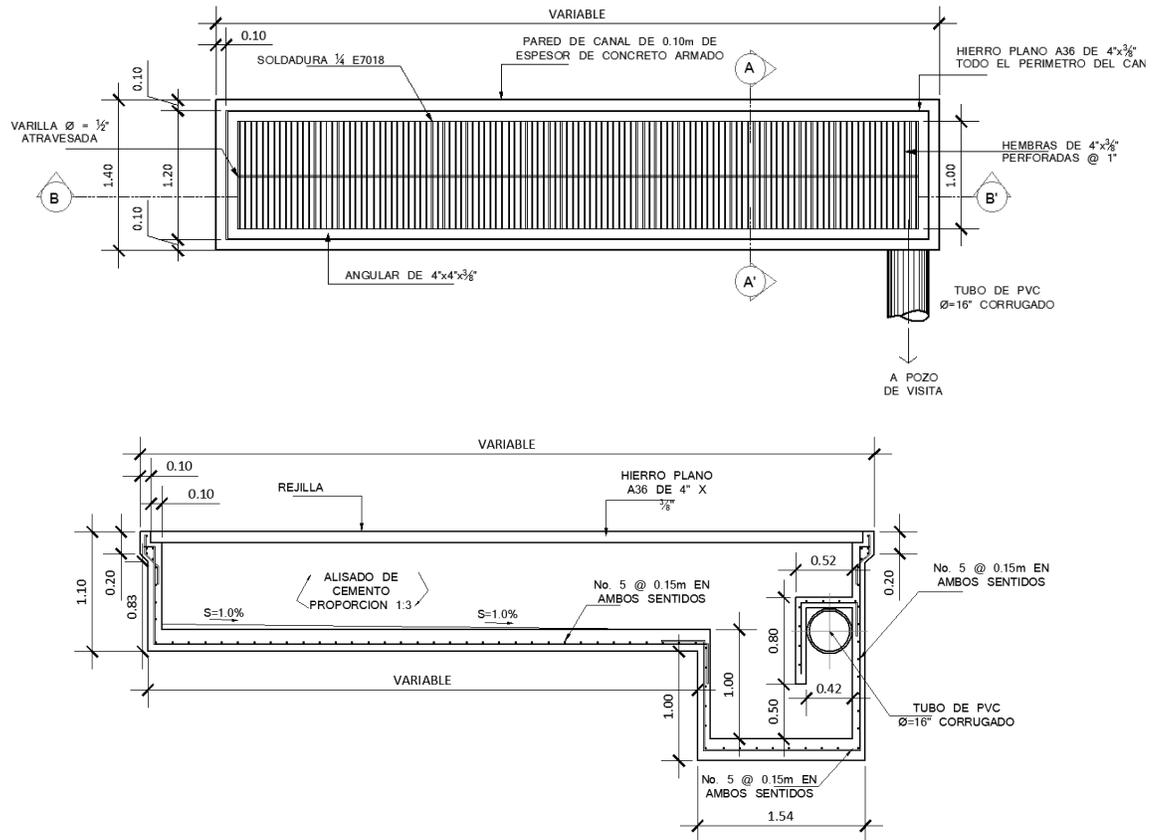
Se consideran a los tragantes como aberturas colocadas en las cunetas, para colectar el caudal de tormenta y conducirlos al colector principal de aguas pluviales. Se diseñan para asumir todo el caudal de escorrentía que pase por el punto de ubicación, y evitar la entrada de sólidos que puedan obstruir 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.

Los tragantes están constituidos por la estructura de captación en la superficie de la calle y por la caja de recolección situada debajo de la captación. El diseño del tragante será diferente de acuerdo con el tipo de captación y para el caso del municipio de San Lucas Sacatepéquez se utiliza por norma tragantes tipo rejillas, ya que este tipo de tragantes es muy eficiente para la captación de escorrentía en calles de alta pendiente, de acuerdo a la topografía del municipio.

La ubicación de las rejillas respeta los criterios enlistados anteriormente y son construidas de manera transversal en las calles, aumentando así el área de captación de los tragantes.

Figura 11. Detalles de rejilla típica



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2014.

El tragante con desarenador se utiliza cuando se espera que exista arrastre de arenas o gravas debido a la falta de pavimentación o a zonas aledañas sin recubrimiento vegetal, como es el caso del 40 % de calles de la aldea La Embaulada, para el diseño hidráulico de los tragantes hay que tomar en cuenta que la capacidad de captación debe ser consistente con el diseño hidráulico de la red de tuberías del alcantarillado pluvial.

- Capacidad de transporte de la cuneta

El primer paso en el diseño de un tragante es determinar el caudal de la escorrentía de la calle aguas arriba del tragante, la calzada puede considerarse un canal de sección triangular y el diseño se puede calcular utilizando la ecuación de Manning, adaptando la ecuación a una sección triangular se tiene:

$$Q_c = 0,375 \left( \frac{Z}{n} \right) Y^{8/3} S_o^{1/2}$$

Donde:

$Q_c$  = caudal en la calle ( $m^3/s$ ).

$Y$  = profundidad máxima de aproximación al tragante (m).

$S_o$  = pendiente longitudinal de la calle.

$Z$  = inverso de la pendiente transversal de la cuneta

$n$  = coeficiente de rugosidad de Manning.

- Diseño de tragantes de rejilla

El caudal interceptado por un tragante de rejilla se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$\frac{Q}{L} = \frac{0.39}{Y} [(Y)^{5/2}]$$

Donde:

$Q$  = caudal de aproximación en la calle ( $m^3/s$ ).

$Y$  = profundidad máxima de aproximación al tragante (m).

L = longitud de la rejilla (m).

- Dimensionamiento de rejillas

Para el cálculo hidráulico se presume la captación de la totalidad del caudal transportado por la calle, al tragante de rejilla. En la siguiente tabla se encuentran los cálculos de la longitud correspondiente al ancho de calle respectivo, que se encuentran en todas las calles de la aldea.

Tabla VIII. **Cálculo de dimensionamiento de rejillas**

Ancho de Calzada	T	1/Z	Y	S	Q <sub>c</sub>	Q/L	L
	Longitud de aporte	Pendiente transversal	Altura de escorrentía	Pendiente longitudinal	Caudal Max. en		Q <sub>c</sub> /(Q/L)
3	1,5	0,02	0,03	11	0,0025	0,00203	<b>1,20</b>
4	2	0,02	0,04	11	0,0054	0,00312	<b>1,70</b>
6	3	0,02	0,06	11	0,0160	0,00573	<b>2,80</b>
7	3,5	0,02	0,07	11	0,0241	0,00722	<b>3,30</b>
7,6	3,8	0,02	0,076	11	0,0300	0,00817	<b>3,70</b>
8	4	0,02	0,08	11	0,0344	0,00882	<b>3,90</b>

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.2.3.9. Normas y recomendaciones

El diseño del alcantarillado pluvial de la aldea La Embaulada se diseña bajo los criterios establecidos en las normas generales para diseño de alcantarillados del INFOM; sin embargo, también se toman en cuenta las recomendaciones de los fabricantes de tubería para drenajes, ya que con las especificaciones suministradas por los últimos, se puede diseñar un sistema óptimo, económicamente.

El tipo de tubería seleccionada fue la tubería Novafort fabricada bajo la Norma ASTM F949, AASHTO M-304 y la tubería Novaloc fabricada bajo la Norma ASTM F2307.

#### **2.1.2.4. Método racional**

Este método propone que el caudal máximo para un punto específico, se calcula suponiendo que el área tributaria está contribuyendo con la escorrentía superficial, durante un período de precipitación máxima y que este debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana, para llegar hasta el punto considerado.

Para la utilización de este método es necesario el empleo de una cantidad considerable de datos de precipitación es el mejor de los métodos, y se obtienen resultados más confiables. Dicho método fue el utilizado para el cálculo del sistema de alcantarillado pluvial, obteniendo los datos necesarios en el INSIVUMEH.

##### **2.1.2.4.1. 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 m<sup>3</sup>/s.

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

I = intensidad de lluvia en mm/hora.

A = área en hectáreas.

- Determinación del coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía es el porcentaje que representa el volumen de precipitación que circula sobre la superficie, después de la evaporación e infiltración; para distintos materiales o tipos de suelos, es diferente el coeficiente de escorrentía, a esto le llamamos coeficiente de escorrentía parcial.

Se determina por medio de la siguiente ecuación:

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

Donde:

C = coeficiente de escorrentía.

c = coeficiente de escorrentía parcial.

a = área parcial en hectáreas.

$$C = \frac{(\text{area de techos} * 0,9) + (\text{area de patios} * 0,3)}{\text{area de techos} + \text{area de patios}}$$

$$C = \frac{(5,41 * 0,9) + (4,43 * 0,3)}{9,84}$$

$$C = 0,63$$

- Tiempo de concentración

Valor numérico que representa el tiempo en minutos que tarda una gota de agua en recorrer la distancia entre el punto más lejano de la cuenca, hasta el punto de estudio.

El tiempo de concentración mínimo en tramos iniciales para este proyecto es de 12 minutos; para optimizar el uso de la tubería y tener capacidad de conducción en eventos con magnitudes por arriba de la media y para los demás tramos se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$T_c = T_1 + \left[ \frac{L}{60 * V_1} \right]$$

Donde:

$T_c$  = tiempo de concentración.

$T_1$  = tiempo de concentración del tramo anterior.

$L$  = longitud del tramo anterior.

$V_1$  = velocidad a sección llena del tramo anterior.

- Intensidad de lluvia

Es el espesor de la capa de agua llovida durante cierta cantidad de tiempo, bajo el supuesto que toda el agua permanece en el sitio donde cayó se utiliza la siguiente ecuación:

$$i = \frac{A}{(B + t)^n}$$

Donde:

A, B, n = parámetros de ajuste.

i = intensidad de lluvia [mm/h]

t = tiempo de concentración [min]

Para este cálculo se utiliza el folleto del Informe de Intensidades de Lluvia Guatemala del INSIVUMEH, donde se encuentra la ecuación en función del período de retorno; para el presente caso, 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:

$$i = \frac{1\ 111,67}{(0,60 + t_c)^{0.73}} = \text{mm/h}$$

$$i = \frac{1\ 111,67}{(0,60 + 12)^{0.73}}$$

$$i = 174,87 \text{ mm/h}$$

- Área tributaria

Corresponde al área que contribuye, del caudal de escorrentía, al punto de estudio; para calcularla, se debe tomar en cuenta las pendientes del terreno por medio de las curvas de nivel.

Para el cálculo de la misma se utilizó un ancho promedió de 35 metros, luego multiplicándolo por la longitud del tramo, para convertirlo en hectáreas.

$$\text{Área tributaria} = \frac{35\text{m} * 2\,810,60\text{m}}{10\,000\text{m}} = 9,84 \text{ ha}$$

El cálculo del caudal de diseño resulta:

$$Q = \frac{0,63 * 174,87 * 9,83}{360}$$

$$Q = 3,01 \text{ m}^3/\text{s}$$

- 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.

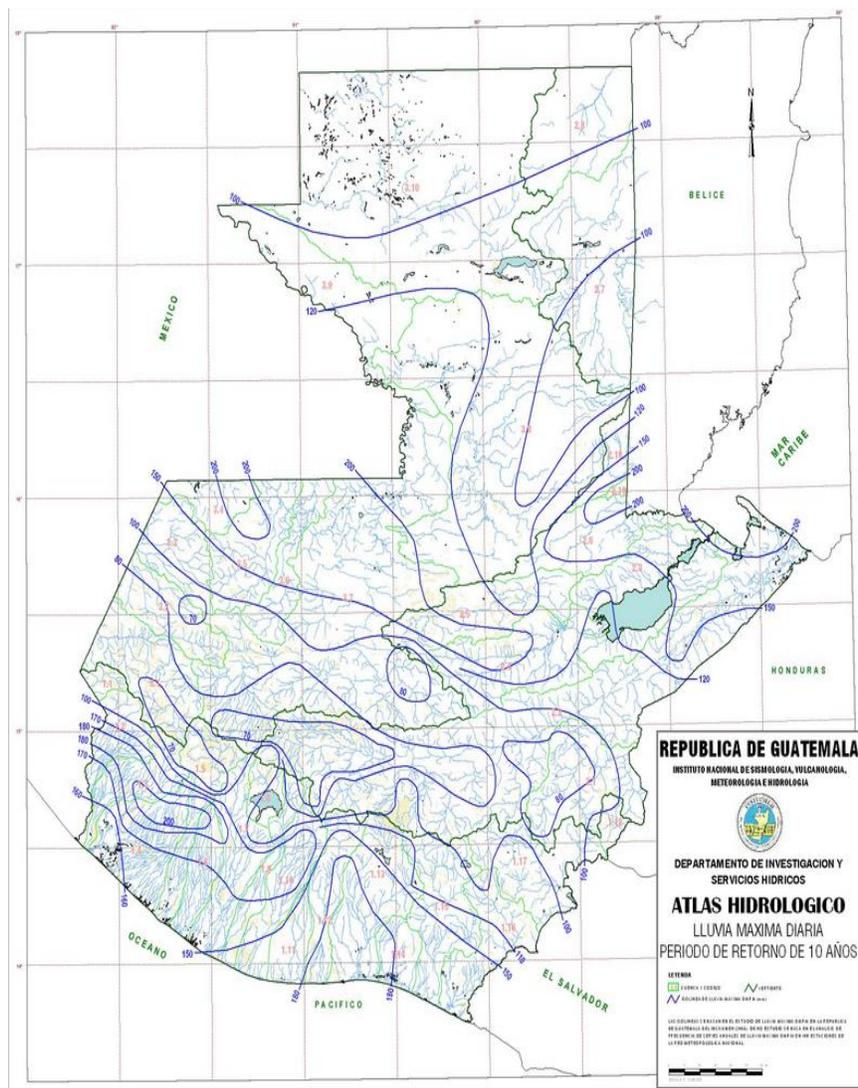
Tabla IX. **Aplicación del período de retorno**

<b>Período de retorno</b>	<b>Idoneidad de aplicación</b>
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 12. **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.

### **2.1.2.5. Velocidades máximas y mínimas**

Las normas generales para diseño de alcantarillados del INFOM, recomiendan utilizar como máximo 2,50 m/seg y como mínimo 0,60 m/seg; y, las especificaciones de los fabricantes de tubería recomiendan 5,00 m/seg como máximo y 0,40 m/seg como mínimo.

Para el diseño del sistema de drenaje sanitario de la aldea La Embaulada se utilizaron las velocidades máximas y mínimas recomendadas por los fabricantes de tuberías, ya que al utilizar estas velocidades existe un ahorro económico, evitando excavaciones de mayor profundidad con respecto a las normas del INFOM.

La velocidad del flujo se determina por medio de la Ecuación de Manning y la relación hidráulica  $v/V$ , donde  $v$ , es la velocidad del flujo a sección parcialmente llena, y  $V$ , es la velocidad del flujo a sección llena.

### **2.1.2.6. Ecuación de Manning**

Ecuación que se utiliza para calcular la velocidad de flujo; tiene como variables conocidas, el diámetro de la tubería, la pendiente de la tubería y el factor de rugosidad del material que se va a utilizar.

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

Donde:

D = diámetro de la tubería (pulgadas)

S = pendiente de la tubería

n = factor de rugosidad

#### **2.1.2.6.1. Factor de rugosidad**

Este valor adimensional expresa qué tan lisa es la superficie del material de fabricación de la tubería, varía según el material de la tubería que se utiliza y el tiempo que tenga de uso.

En el caso del diseño de alcantarillado de la aldea La Embaulada se utilizó el Factor de Rugosidad de 0,010 recomendado en Las Normas generales para diseño de alcantarillados del INFOM, para el tipo de tubería seleccionada para el sistema.

#### **2.1.2.7. Cálculo de cotas Invert**

Las cotas Invert se calculan utilizando las siguientes ecuaciones:

$$\text{CIS PV} - 1 = \text{CT} - (\text{HP} + \text{diámetro tubo en m})$$

$$\text{CIE PV} - 2 = (\text{CIS PV} - 1) - ((\text{DH} * \text{S\% tubo})/100)$$

$$\text{CIS PV} - 2 = (\text{CIE PV} - 2) - \text{diferencia requerida}$$

Donde:

CIS PV-1 = cota Invert de salida de pozo de visita 1

CIE PV-2 = cota Invert de entrada de pozo de visita 2

CIS PV-2 = cota Invert de salida de pozo de visita 2

CT = cota de terreno

HP = altura de pozo de visita

DH = distancia horizontal entre pozos

S% = pendiente de la tubería

Para calcular la diferencia requerida entre la cota Invert de entrada y la de salida de un mismo pozo se deben de seguir las siguientes reglas:

- Cuando el diámetro del tubo de entrada es igual al diámetro del tubo de salida, la diferencia requerida es 0,03 m.
- Cuando el diámetro del tubo de entrada es diferente al diámetro del tubo de salida, la diferencia requerida es la diferencia de los diámetros o 0,03 m.
- El diámetro de la tubería que sale del pozo de visita, nunca debe ser menor al diámetro de la tubería o tuberías que entran a este pozo de visita.

#### **2.1.2.8. Diseño hidráulico de alcantarillado pluvial**

A continuación se detallan las condiciones para la realización del cálculo.

Tabla X. **Especificaciones técnicas para el alcantarillado pluvial**

Tipo de sistema	Alcantarillado Pluvial
Periodo de diseño	40 años
Población actual	756 habitantes
Población futura (2053)	2 373 habitantes
Tasa de crecimiento poblacional	2,9 % (fuente INE)

Continuación de tabla IX.

No. De viviendas existentes	126
Densidad de la población	6 habitantes/vivienda
Pendiente mínima	0,50 %
Tipo de tubería	Novafort Norma ASTM F949, AASHTO M-304, ASTM F2307
Diámetro inicial	10"
Velocidad mínima	0,40 m/seg
Velocidad máxima	4,50 m/seg
Tirante máximo	80 %
Pendiente mínima	0,50 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Diseño de tramo de alcantarillado pluvial**

Cota PV-11	475,77
Cota PV-10	475,53
Distancia entre pozos (DH)	62,15
CIE PV-11	474,36
Área tributaria acumulada	0,15 Ha
Área total	9,84 Ha
Tiempo de concentración	12 min

Fuente: elaboración propia.

- Pendiente del terreno

$$S = \frac{(cota PV - 11) - (cota PV - 10)}{DH} * 100$$

$$S = \frac{475,77 - 475,53}{62,15} * 100$$

$$S = 0,40 \%$$

- Área tributaria

$$A = \frac{DH * 35m}{10000} + Aa$$

Donde:

A = área tributaria

DH = distancia horizontal entre pozos

Aa = área tributaria acumulada

$$A = \frac{62,15m * 35m}{10\ 000} + 0,15Ha$$

$$A = 0,37Ha$$

- Intensidad de lluvia

$$i_{Tr} = \frac{A}{(B + t)^n}$$

$$i_{Tr} = \frac{857,5}{(2 + 12)^{0,655}}$$

$$i_{Tr} = 152,24 \text{ mm/h}$$

- Escorrentía

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

Donde:

C = coeficiente de escorrentía.

c = coeficiente de escorrentía parcial.

a = área parcial en hectáreas.

$$C = \frac{(\text{area de techos} * 0,9) + (\text{area de patios} * 0,3)}{\text{area de techos} + \text{area de patios}}$$

$$C = \frac{(5,41 * 0,90) + (4,43 * 0,3)}{9,84}$$

$$C = 0,63$$

- Caudal de diseño

$$Q = \frac{C * i_{Tr} * A}{360} * 1000$$

$$Q = \frac{0,37 * 152,24 * 0,63}{360} * 1000$$

$$Q = 97,63 \text{ L/s}$$

En el siguiente paso se debe de proponer el diámetro de la tubería y la pendiente.

Diámetro propuesto      12"

Pendiente propuesta      1,30 %

- Velocidad, área y caudal a sección llena

→ Velocidad

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

$$V = \frac{0,03429 * 12^{2/3} * (\frac{1,30}{100})^{1/2}}{0.010}$$

$$V = 2,05 \text{ m/s}$$

→ Área

Para calcular el área, primero se debe convertir a metros, el diámetro de la tubería que se encuentra en pulgadas, eso se realiza multiplicando el diámetro por 2,54 y dividiendo dentro de 100.

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

$$A = \frac{\pi}{4} * (\frac{10 * 2,54}{100})^2$$

$$A = 0,0729648 \text{ m}^2$$

→ Caudal

$$Q = V * A$$

$$Q = 2,05 * 0,0729648$$

$$Q = 0,1495 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para convertir el caudal que se encuentra en metros cúbicos por segundo, a litros por segundo, se debe de multiplicar por 1 000.

$$0,1495 * 1000 = 149,58 \text{ L/s}$$

→ Relaciones hidráulicas

$$\text{Relación de caudales} = \frac{q}{Q}$$

$$\text{Relación de caudales} = \frac{97,73}{149,58}$$

$$\text{Relación de caudales} = 0,653363$$

De las tablas de relación hidráulica se obtienen los valores de las relaciones de velocidad y tirante.

$$\text{Relación de velocidad} = 1,066$$

$$1,066 = v/2,05$$

$$v = 2,05 * 1,066$$

$$v = 2,19 \text{ m/s}$$

Relación de tirante = 0,590

- Cotas Invert

→ Cota Invert de salida

$$CIS = CIE - 0,05$$

$$CIS = 474,36 - 0,05$$

$$CIS = 474,31 \text{ m}$$

→ Cota Invert de entrada

$$CIE = CIS - [S * (DH)/100]$$

$$CIE = 474,31 - [1,30 * (62,15)/100]$$

$$CIE = 473,50 \text{ m}$$

### **2.1.2.9. Desfogue**

Es el punto donde finalmente se va a depositar el caudal total del sistema de alcantarillado, en el caso de la aldea La Embaulada, el punto de desfogue será el afluente Parrameño que corre en el punto más bajo de la aldea.

## 2.1.2.10. Presupuesto del alcantarillado pluvial

Los datos correspondientes al presupuesto se encuentran en la tabla siguiente.

Tabla XII. Integración de costos unitarios del alcantarillado pluvial

CUADRO DE INTEGRACIÓN DE COSTOS UNITARIOS						
NOMBRE PROYECTO:		Instalación sistema de alcantarillado pluvial Aldea La Embaulada, San Lucas Sacatepéquez				
MUNICIPIO:		San Lucas Sacatepéquez				
DEPARTAMENTO:		Sacatepéquez				
1. ALCANTARILLADO PLUVIAL						
No.	RENLÓN	GRUPO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
PRELIMINARES						
0,1	Limpieza, trazo y estaqueado	PRELIMINARES	4919,25	m <sup>2</sup>	Q 6,78	Q 33 352,52
INSTALACIÓN DE TUBERÍA						
1,1	Excavación zanja para línea de sistema de alcantarillado sanitario con maquinaria	INSTALACIÓN DE TUBERÍA	7096,00	m <sup>3</sup>	Q 25,77	Q 182 863,92
1,2	Colocacion de tubería PVC Ø 10" Novafort	INSTALACIÓN DE TUBERÍA	1126,96	ml	Q 322,16	Q 363 061,69
1,3	Colocacion de tubería PVC Ø 12" Novafort	INSTALACIÓN DE TUBERÍA	132,15	ml	Q 403,56	Q 53 330,78
1,4	Colocacion de tubería PVC Ø 15" Novafort	INSTALACIÓN DE TUBERÍA	264,69	ml	Q 579,49	Q 153 387,29
1,5	Colocacion de tubería PVC Ø 18" Novafort	INSTALACIÓN DE TUBERÍA	152,32	ml	Q 893,41	Q 136 081,71
1,6	Colocacion de tubería PVC Ø 21" Novafort	INSTALACIÓN DE TUBERÍA	384,61	ml	Q 1 029,62	Q 395 998,75
1,7	Colocacion de tubería PVC Ø 24" Novafort	INSTALACIÓN DE TUBERÍA	367,90	ml	Q 1 383,25	Q 508 903,35
1,8	Colocacion de tubería PVC Ø 30" Novafort	INSTALACIÓN DE TUBERÍA	294,61	ml	Q 2 215,25	Q 652 644,33
1,9	Relleno y compactación de zanja	INSTALACIÓN DE TUBERÍA	6646,00	m <sup>3</sup>	Q 31,47	Q 209 149,62
POZOS DE VISITA						
2,1	Pozo de visita; PV Ø 42" h=variable (ver detalle en plano) incluye excavación, construcción e instalación de todo el pozo	POZOS DE VISITA	318,00	ml	Q 1 775,51	Q 564 612,18
2,2	Cimiento para pozo de visita de Ø 42" con refuerzo indicado en planos	POZOS DE VISITA	71,00	unidad	Q 539,07	Q 38 273,97
2,3	Brocal y tapadera para pozo de visita de Ø 42"	POZOS DE VISITA	71,00	unidad	Q 664,91	Q 47 208,61
LIMPIEZA FINAL						
3,1	Traslado de material sobrante a predio municipal	LIMPIEZA FINAL	752,10	m <sup>3</sup>	Q 125,09	Q 94 080,19
SUBTOTAL PROYECTO						Q 3 432 948,91
Fianzas y seguros					4,0 %	Q 137 317,96
Indirectos					29,0 %	Q 995 555,18
TOTAL PROYECTO						Q 4 565 822,05

Fuente: elaboración propia.

### **2.1.2.11. Estudio de Impacto Ambiental Inicial**

Este estudio comprende el procedimiento técnico-administrativo que permite identificar, prevenir e interpretar los impactos ambientales, que se producirán en el entorno en caso de ser ejecutado, con el fin de que la administración pueda aceptarlo, modificarlo o rechazarlo.

Es necesario considerar las medidas de mitigación que permitan eliminar o reducir el impacto que generen los sistemas en el ambiente. Se toman en cuenta todas aquellas consideraciones negativas hacia el ambiente, en este caso, basados en la matriz de Leopold, para anotar los posibles impactos adversos significativos; impactos adversos no significativos e impactos benéficos significativos; basándose en la información del diseño de los proyectos.

#### **2.1.2.11.1. Definición de actividades relevantes en las distintas etapas del proyecto**

El objetivo es reconocer los impactos generados en las etapas de operación y construcción de los sistemas para la aldea La Embaulada.

- Etapa de operación

En esta etapa se presentan los impactos ambientales de mayor relevancia. La contaminación por las aguas residuales puede reducirse mediante los siguientes procesos:

- → Deben quedar instalados los métodos de tratamiento de las aguas negras, para que los desechos sólidos y líquidos sean

tratados de manera adecuada y las aguas pasen a los mantos freáticos debidamente tratadas.

Durante la etapa de operación del sistema de alcantarillado sanitario, el impacto al medio ambiente es inapreciable, considerando el diseño, obras de protección, sistema constructivo, materiales y mantenimiento (ver tabla V).

- Etapa de construcción

Al realizar el análisis a través de la matriz de Leopold, sobre los impactos que se ocasionarán por la construcción del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea La Embaulada, se concluye que estos son impactos adversos significativos positivos para el ambiente (ver tabla VI), siendo esto, cuantitativa y cualitativamente planificado.

El impacto ambiental generado por la construcción del sistema de alcantarillado radicará, por ejemplo, en la generación de polvo, ruidos, entre otros, así como la acumulación de material extraído y congestionamiento vehicular cuando se construyan las fases que atraviesan las calles principales.

Algo que debe considerarse en el momento de la construcción es el lugar donde se depositará el material extraído.

#### **2.1.2.12. Evaluación socioeconómica**

Este proceso puede implicar el uso de varias técnicas en donde resulta fundamental la ponderación de los beneficios, frente a los costos proyectados, para el presente caso se utiliza el cálculo del Valor Presente Neto y la Tasa Interna de Retorno del proyecto.

### 2.1.2.12.1. Valor Presente Neto

El Valor Presente Neto (VPN) es una herramienta de análisis que sirve para comparar los ingresos y costos del proyecto, debidamente actualizados, sin importar los períodos en que ocurran, y permite medir la factibilidad financiera y económica del mismo. La selección de la tasa de actualización debe ser apropiada para poder estimar los costos de oportunidad que corresponden a los beneficios diferidos y a las inversiones externas dentro del campo de la construcción, se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{VPN} = -\text{costo inicial} - \text{costo anual} * (1 + \text{tasa de interés})^n + \text{ingreso anual} * (1 + \text{tasa de interés})^n$$

La tasa de interés anual para calcular el VPN de este proyecto es del 10.00 %, valor de referencia obtenida del Banco Inmobiliario, como tasa utilizada para proyectos de construcción y vivienda; se estima que el sistema no tienen ningún costo mensual de operación y de mantenimiento anual en 10 607,45 quetzales, valores referenciados del costo de operación y mantenimiento de los sistemas de alcantarillado de las aldeas Choacorrall y Chichorin y del caserío San José que tienen especificaciones similares al sistema de la aldea La Embaulada, esta información proporcionada por la DMP de la Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez.

$$\text{VPN} = (-4\ 565\ 822,05) - [(0) + 10\ 607,45] * (1 + 0,10)^{40}$$

$$\text{VPN} = -207\ 125\ 792,33$$

El VPN de este caso en particular es negativo, debido a que este proyecto no tendrá ingreso alguno.

#### **2.1.2.12.2. Tasa Interna de Retorno**

La Tasa Interna de Retorno (TIR) se emplea como criterio para analizar, por medio de un porcentaje, el rendimiento sobre la inversión. Así como el Valor Presente Neto se calcula con base en el valor presente de los ingresos y costos; a diferencia de este, la TIR no indica el valor actualizado de los beneficios, sino que se trata de una medida de eficiencia que refleja los beneficios netos del proyecto en términos de rendimiento porcentual sobre los desembolsos, igualándolos contra los ingresos.

La TIR de un proyecto es la tasa de actualización que hace que el valor actual de los ingresos sea exactamente cero y siendo que esta tasa no se puede determinar en forma analítica, se deben emplear mecanismos de interpolación.

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



## CONCLUSIONES

1. La topografía de la aldea La Embaulada permitió diseñar un sistema que funciona por gravedad en todos los tramos, optimizando el uso de la tubería y evitando gastos de impulsión hidráulica; obteniendo así, un sistema óptimo para las condiciones de la aldea, para un período de funcionamiento proyectado a 40 años, al darle el debido mantenimiento.
2. Los tipos de tuberías que cumplen con las necesidades del proyecto son las que se rigen bajo las Normas ASTM F949, ASTM F2307 y AASHTO M-304, y según especificaciones del fabricante, la tubería soporta cargas de tráfico pesado a menor profundidad, reduciendo el volumen de excavación.
3. Las ecuaciones que se utilizaron para los cálculos hidráulicos y para la secuencia del diseño, son las que se proponen en las *Normas generales para diseño de alcantarillados*, establecidas por el INFOM.
4. La construcción del sistema de alcantarillado separativo de la aldea La Embaulada erradicará la mala conducción de las aguas negras y el estancamiento de las aguas pluviales, y reducirá el contagio de enfermedades y los daños a la infraestructura.
5. Realizar los cálculos de nivel a cada 20 metros de distancia longitudinal en campo permitió agilizar el diseño del sistema y hacer un cálculo de presupuesto financiero mucho más ajustado a la realidad del proyecto.



## RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez:

1. Programar periódicamente inspecciones de limpieza y mantenimiento al sistema, para eliminar sedimentaciones e incrustaciones; con ello, mejorar la hidráulica de las tuberías y asegurar el buen funcionamiento durante el período de diseño de la obra.
2. Promover el conocimiento del funcionamiento y buen uso de los sistemas de alcantarillado a los ejecutores, vecinos y usuarios del sistema para instruirlos en la correcta utilización y conexión a los alcantarillados, y optimizar así, la funcionalidad del sistema.
3. Proyectar la pavimentación de las calles, avenidas y callejones de la aldea La Embaulada, para optimizar el funcionamiento del alcantarillado pluvial y evitar sedimentación, taponamientos y estancamientos de la escorrentía.
4. Priorizar la correcta ejecución y supervisión de la construcción de los sistemas, para garantizar que el proyecto cumplirá con los valores hidráulicos, financieros y físicos calculados en el diseño de los sistemas.

5. Prever la variación de los precios de los materiales, mano de obra y maquinaria, para actualizar el presupuesto antes de realizar la publicación de la licitación o de incluirlo en el presupuesto de obras públicas de la municipalidad.
  
6. Negociar el alquiler de la maquinaria por trato, dependiendo de las cantidades a trabajar; no es recomendable por tiempo, ya que se realizan trabajos paralelos en los que alguna maquinaria se detiene y debe esperar la finalización de trabajos previos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. AGUEDA BARRIOS, Guillermo José. *Diseño del sistema de alcantarillado pluvial en la zona 4 y ampliación del edificio escolar de dos niveles para el barrio San Miguel Escobar zona 6, Municipio de Ciudad Vieja, departamento de Sacatepéquez*. Trabajo de graduación Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2010. 143 p.
2. Amanco Mexichem. *Listado de precios 2013*. Guatemala, 2012. 40 p.
3. ————. *Manual de instalación Novafort – Novaloc*. Guatemala 2013. 6 p.
4. ————. *Novafort y Novaloc manual de diseño*. Guatemala 2013. 46 p.
5. ÁVILA PERNILLO, Esvin Rafael. *Diseño y planificación del salón municipal de usos múltiples y alcantarillado sanitario y pluvial para el sector Monterrey Méndez, el Tejar, Chimaltenango*. Trabajo de graduación Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2012. 203 p.
6. CABRERA RIEPELE, Ricardo Antonio. *Apuntes de ingeniería sanitaria 2*. Trabajo de graduación Ing. Civil.. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 1989. 135 p.

7. CHILE BAJXAC, Nelson Eduardo. *Diseño del sistema de alcantarillado pluvial, para las zonas 2 y 3 de la cabecera municipal y puente vehicular en el sector panuca, municipio de Santo Domingo Xenacoj, departamento de Sacatepéquez*. Trabajo de graduación Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2010. 129 p.
8. CONTRERAS ÁLVAREZ, Ismael. *Diseño de alcantarillado sanitario y pluvial de las colonias Monte Carlo y las Brisas I y II, del municipio de Villa Nueva, departamento de Guatemala*. Trabajo de graduación Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2007. 86 p.
9. GÁLVEZ ÁLVAREZ, Hugo Alejandro. *Planificación y diseño de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial de la cabecera municipal de Pasco, Jutiapa*. Trabajo de graduación Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2004. 142 p.
10. Instituto de Fomento Municipal (INFOM). *Normas generales para diseño de alcantarillados*. Edición 2001. 31 p.
11. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. *Informe de intensidades de lluvia Guatemala: INSIVUMEH*, 2003. 12 p.
12. ORANTES SANDOVAL, Juan Gabriel. *Diseño del sistema de alcantarillado pluvial y sanitario para la zona 6 de ciudad vieja, Sacatepéquez*. Trabajo de graduación Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2012. 205 p.

13. OROZCO MIRANDA, Jenner Daniel. *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el cantón San Francisco, Aldea Corral Grande y del alcantarillado sanitario y pluvial para el caserío San Vicente Esquipulas, aldea Chim, San Pedro Sacatepéquez, San Marcos*. Trabajo de graduación Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2012. 136 p.
  
14. OVALLE MORALES, José Francisco. *Diseño del sistema de alcantarillado separativo para la aldea Sacoj Grande fase II, Mixco, Guatemala*. Trabajo de graduación Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2013. 85 p.
  
15. 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 Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2006. 135 p.



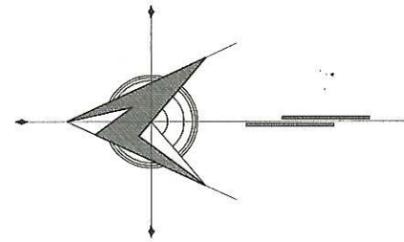
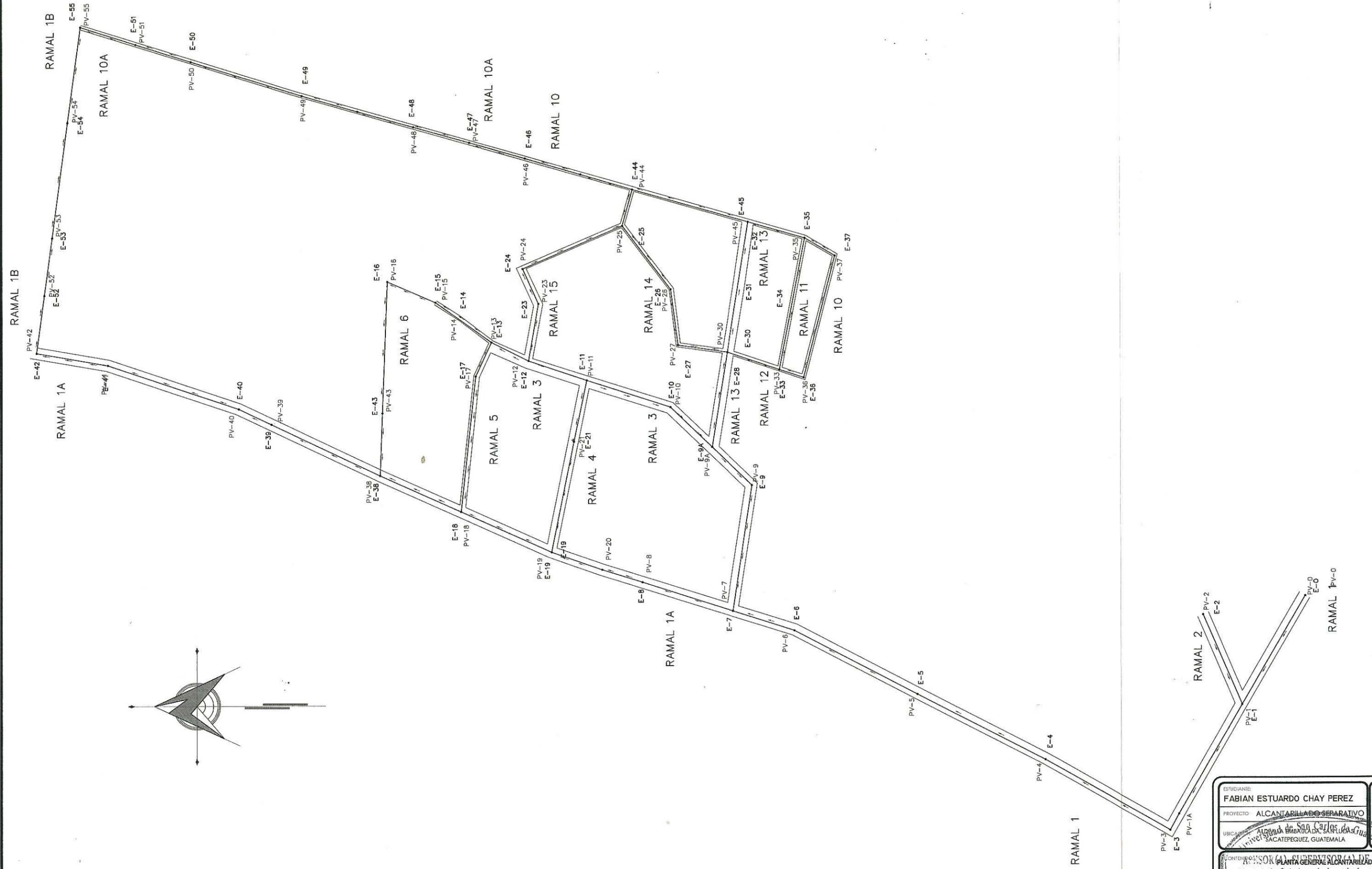
## **ANEXOS**

**CALCULOS HIDRAULICOS PARA EL DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA LA EMBAULADA, SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, SACATEPEQUEZ**

RAMAL	Poza Visita		Cotas		Distancia mts	S Terreno	# Casas Tramo	# Casas Acum	Total de Casas	Hab X Casa	Poblacion		Factor de Flujo		f.q.m	q Diseño		q Diseño Verificado		Diam Tuberia	S Tubo %	SECCION LLENA			q/Q		d/D		v/V		V		por tuberia	Paso q Inicio	MIN Total	Cotas Inver		Altura de Pozo						
	Inicial	Final	Inicial	Final							Actual	Futura	Actual	Futura		Actual	Futura	Actual	Futura			Actual	Futura	Actual	Futura	Actual	Futura	Actual	Futura	Actual	Futura	Actual				Futura	Actual	Futura	Actual	Futura	Inicio	Final	Inicio	Final
RAMAL 2	1	2	1	490.41	485.11	66.9	7.92	4	0	4	6	24	76	4.37	4.27	0.002	0.21	0.65	0.40	0.65	6	8.10	3.22	0.0182412	58.74	0.006810	0.011066	0.0600	0.0750	0.289	0.334	0.93	1.08	0.15	1.2	1.35	489.06	483.73	1.35	1.38				
	RAMAL 3	12	11	475.82	475.79	41.4	0.07	3	0	3	6	18	57	4.39	4.30	0.002	0.16	0.49	0.40	0.49	6	0.75	0.98	0.0182412	17.88	0.022371	0.027405	0.1050	0.1150	0.414	0.439	0.41	0.43	0.15	1.2	1.35	474.47	474.17	1.35	1.62				
		11	10	475.79	475.60	61.8	0.31	5	3	8	6	48	151	4.32	4.19	0.002	0.41	1.27	0.41	1.27	6	0.70	0.95	0.0182412	17.33	0.023658	0.073283	0.1075	0.1850	0.420	0.587	0.40	0.56	0.03	0.03	474.14	473.71	1.65	1.89					
		10	9A	475.60	474.97	40.77	1.55	4	8	12	6	72	226	4.28	4.13	0.002	0.62	1.87	0.62	1.87	6	0.50	0.80	0.0182412	14.59	0.042495	0.128170	0.1425	0.2450	0.501	0.692	0.40	0.55	0.03	0.03	473.68	473.48	1.92	1.49					
		9A	9	474.97	474.32	36.77	1.77	3	12	15	6	90	283	4.26	4.09	0.002	0.77	2.31	0.77	2.31	6	1.40	1.34	0.0182412	24.44	0.031506	0.094517	0.1225	0.2100	0.456	0.633	0.61	0.85	0.03	0.03	473.45	472.95	1.52	1.37					
2	9	7	474.32	473.69	86.87	0.73	3	15	18	6	108	339	4.23	4.06	0.002	0.91	2.75	0.91	2.75	6	0.70	0.95	0.0182412	17.33	0.052510	0.158684	0.1575	0.2700	0.533	0.730	0.51	0.69	0.03	0.03	472.92	472.32	1.40	1.37						
RAMAL 4	3	11	21	475.79	472.09	43.0218	8.61	2	0	2	6	12	38	4.41	4.34	0.002	0.11	0.33	0.40	0.40	6	9.00	3.40	0.0182412	62.02	0.006450	0.006450	0.0575	0.0575	0.281	0.281	0.96	0.96	0.15	1.2	1.35	474.44	470.66	1.35	1.43				
	21	21A	472.09	462.34	42.3782	23.00	1	2	3	6	18	57	4.39	4.30	0.002	0.16	0.49	0.40	0.49	6	23.26	5.46	0.0182412	99.60	0.004016	0.004920	0.0475	0.0525	0.248	0.264	1.35	1.44	0.03	0.03	470.63	461.02	1.46	1.32						
	21A	19	462.34	459.65	33.9707	7.92	4	3	7	6	42	132	4.33	4.21	0.002	0.36	1.11	0.40	1.11	6	8.08	3.22	0.0182412	58.74	0.006810	0.018897	0.0600	0.0975	0.289	0.393	0.93	1.27	0.03	0.03	460.99	458.33	1.35	1.32						
RAMAL 6	12	13	475.82	474.57	28.6053	4.36	2	0	2	6	12	38	4.41	4.34	0.002	0.11	0.33	0.40	0.40	6	4.60	2.43	0.0182412	44.33	0.009023	0.009023	0.0675	0.0675	0.312	0.312	0.76	0.76	0.15	1.2	1.35	474.47	473.20	1.35	1.37					
	13	14	474.57	472.16	27.7	8.70	3	2	5	6	30	95	4.35	4.25	0.002	0.26	0.81	0.40	0.81	6	8.93	3.38	0.0182412	61.66	0.006487	0.013137	0.0600	0.0825	0.289	0.355	0.98	1.20	0.03	0.03	473.17	470.79	1.40	1.37						
	14	15	472.16	470.58	19.5652	8.10	2	5	7	6	42	132	4.33	4.21	0.002	0.36	1.11	0.40	1.11	6	2.85	1.91	0.0182412	34.84	0.011481	0.031860	0.0775	0.1225	0.341	0.456	0.65	0.87	1.056	1.06	469.73	469.20	2.43	1.38						
	15	16	470.58	465.50	36.25	14.00	2	7	9	6	54	170	4.31	4.17	0.002	0.47	1.42	0.47	1.42	6	14.34	4.29	0.0182412	78.25	0.006006	0.018147	0.0575	0.0950	0.281	0.388	1.21	1.66	0.03	0.03	469.17	464.12	1.41	1.38						
	16	43	465.50	460.87	90.4127	5.12	1	9	10	6	60	189	4.30	4.16	0.002	0.52	1.57	0.52	1.57	6	5.15	2.57	0.0182412	46.88	0.011092	0.033490	0.0750	0.1275	0.334	0.468	0.86	1.20	0.03	0.03	464.09	459.49	1.41	1.38						
4	43	38	460.87	453.34	42.9913	17.52	0	10	10	6	60	189	4.30	4.16	0.002	0.52	1.57	0.52	1.57	6	17.88	4.79	0.0182412	87.38	0.005951	0.017967	0.0575	0.0950	0.281	0.388	1.35	1.86	0.03	0.03	459.46	451.96	1.41	1.38						
RAMAL 5	13	17	474.60	472.54	25.7	8.02	2	0	2	6	12	38	4.41	4.34	0.002	0.11	0.33	0.40	0.40	6	8.35	3.27	0.0182412	59.65	0.006706	0.006706	0.0600	0.0600	0.289	0.289	0.95	0.95	0.15	1.2	1.35	473.25	471.19	1.35	1.35					
	17	17A	472.54	461.13	59.77	19.09	2	2	4	6	24	76	4.37	4.27	0.002	0.21	0.65	0.40	0.65	6	19.36	4.98	0.0182412	90.84	0.004403	0.007155	0.0500	0.0625	0.256	0.297	1.27	1.48	0.03	0.03	471.16	459.79	1.38	1.34						
	17A	18	461.13	457.37	33.97	11.07	3	4	7	6	42	132	4.33	4.21	0.002	0.36	1.11	0.40	1.11	6	11.33	3.81	0.0182412	69.50	0.005755	0.015971	0.0550	0.0900	0.273	0.375	1.04	1.43	0.03	0.03	459.76	456.03	1.37	1.34						
RAMAL 1	0	1	500.00	485.11	80	18.61	4	0	4	6	24	76	4.37	4.27	0.002	0.21	0.65	0.40	0.65	6	8.62	4.89	0.0182412	89.20	0.004484	0.007287	0.0500	0.0625	0.256	0.297	1.25	1.45	0.15	1.295	1.45	498.55	483.85	1.45	1.26					
	1	1A	485.11	477.26	93.653	8.35	5	8	13	6	78	245	4.27	4.11	0.002	0.67	2.02	0.67	2.02	6	18.44	3.29	0.0182412	60.01	0.011165	0.033661	0.0750	0.1275	0.334	0.468	1.10	1.54	0.03	0.03	483.70	475.88	1.41	1.38						
	1A	3	477.26	476.51	12.8	5.86	1	13	14	6	84	264	4.26	4.10	0.002	0.72	2.17	0.72	2.17	6	5.26	2.60	0.0182412	47.43	0.015180	0.045752	0.0875	0.1475	0.368	0.511	0.96	1.33	0.03	0.03	475.85	475.23	1.41	1.28						
	3	4	476.51	476.84	98.8	-0.33	9	14	23	6	138	434	4.20	4.01	0.002	1.16	3.48	1.16	3.48	6	0.50	0.80	0.0182412	14.59	0.079507	0.238520	0.1950	0.3400	0.605	0.830	0.48	0.66	0.03	0.03	475.20	474.71	1.31	2.13						
	4	5	476.84	475.85	99	1.00	6	23	29	6	174	546	4.17	3.95	0.002	1.45	4.32	1.45	4.32	6	0.50	0.80	0.0182412	14.59	0.099383	0.296093	0.2150	0.3800	0.644	0.879	0.52	0.70	0.03	0.03	474.68	474.19	1.26	1.66						
	5	6	475.85	474.94	96	0.94	1	29	30	6	180	565	4.16	3.95	0.002	1.50	4.46	1.50	4.46	6	0.50	0.80	0.0182412	14.59	0.102810	0.305689	0.2200	0.3800	0.651	0.879	0.52	0.70	0.03	0.03	474.16	473.69	1.69	1.25						
	6	7	474.94	473.66	45.5399	2.82	1	30	31	6	186	584	4.16	3.94	0.002	1.55	4.60	1.55	4.60	6	2.85	1.91	0.0182412	34.84	0.044489	0.132032	0.1450	0.2500	0.507	0.702	0.97	1.34	0.03	0.03	473.66	472.39	1.28	1.27						
	7	8	473.66	466.77	65.546	10.51	2	49	51	6	306	961	4.07	3.81	0.002	2.49	7.32	2.49	7.32	6	10.56	3.68	0.0182412	67.13	0.037092	0.109042	0.1325	0.2250	0.479	0.659	1.76	2.43	0.03	0.03	472.29	465.48	1.27	1.31						
	8	20	466.77	459.42	27.846	26.38	1	51	52	6	312	979	4.07	3.81	0.002	2.54	7.45	2.54	7.45	6	27.40	5.93	0.0182412	108.17	0.023482	0.068873	0.1075	0.1800	0.420	0.577	2.49	3.42	0.03	0.03	465.45	458.11	1.32	1.31						
	20	19	459.42	459.62	38.2534	-0.51	1	52	53	6	318	998	4.07	3.80	0.002	2.59	7.59	2.59	7.59	6	0.50	0.80	0.0182412	14.59	0.177519	0.520219	0.2900	0.5200	0.761	1.016	0.61	0.81	0.03	0.03	458.08	457.89	1.34	1.73						
19	18	459.62	457.31	68.5539	3.37	1	60	61	6	366	1149	4.04	3.76	0.002	2.96	8.64	2.96	8.64	6	2.80	1.89	0.0182412	34.84	0.085847	0.250580	0.2000	0.3500</																	

**CALCULOS HIDRAULICOS PARA EL DISEÑO DE ALCANTARILLADO PLUVIAL, ALDEA LA EMBALADA, SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, SACATEPEQUEZ**

RAMAL	Estacion		Cotas		Distancia mts	Diam Pozo	DHD	S Pend. Terreno %	Area Tributaria [Ha]			tc [min]	I Intensidad [mm/h]	C Escorrentia	q Actual	q Diseño	Diam Tuberia	S Pendle	SECCION LLENA			H inicio	H paso	H total Minima	Cotas Inver		Altura Pozo					
	Inicio	Final	Inicio	Final					Local	Acum.	Actual								Velocidad	Area	Cauda (Q)				d/D	v/V	v	Salida	Entrada	Salida	Entrada	
RAMAL 4	11	21	475.79	471.86	44.986	1.15	43.84	8.97	0.16	0.00	0.16	12.00	152.24	0.6300	41.95	41.95	10	8.74	4.71	0.05067	238.66	0.175773	0.290	0.761	3.58	0.25	1.00	1.25	474.54	470.61	1.25	1.25
	21	21A	471.86	462.34	40	1.15	38.85	24.50	0.14	0.16	0.30	12.00	152.24	0.6300	79.25	79.25	10	10.50	5.16	0.05067	261.46	0.303106	0.380	0.879	4.54	5.32	5.32	465.29	461.09	6.57	1.25	
	21A	19	462.34	459.721	33.08	1.15	31.93	8.20	0.12	0.30	0.41	12.00	152.24	0.6300	110.09	110.09	10	7.83	4.45	0.05067	225.48	0.488247	0.500	1.000	4.45	0.03	0.03	461.06	458.47	1.48	1.25	
RAMAL 5	12	13	475.85	474.709	26.67	1.15	25.52	4.49	0.09	0.00	0.09	12.00	152.24	0.6300	24.87	24.87	10	4.29	3.30	0.05067	167.21	0.148735	0.270	0.730	2.41	0.25	1.00	1.25	474.60	473.46	1.25	1.25
	13	17	474.71	472.943	23.89	1.15	22.74	7.77	0.08	0.09	0.18	12.00	152.24	0.6300	47.14	47.14	10	7.27	4.29	0.05067	217.37	0.216865	0.320	0.804	3.45	0.03	0.03	473.43	471.69	1.28	1.25	
	17	17A	472.94	467.915	35.48	1.15	34.33	14.65	0.12	0.18	0.30	12.00	152.24	0.6300	80.23	80.23	10	10.00	5.03	0.05067	254.87	0.314788	0.390	0.891	4.48	1.48	1.48	470.21	466.66	2.93	1.26	
	17A	17B	467.92	461.13	28.51	1.15	27.36	24.80	0.10	0.30	0.40	12.00	152.24	0.6300	106.81	106.81	10	8.25	4.57	0.05067	231.56	0.461263	0.480	0.983	4.49	4.43	4.43	462.23	459.88	5.89	1.25	
	17B	18	461.13	457.475	33.02	1.15	31.87	11.47	0.12	0.40	0.52	12.00	152.24	0.6300	137.60	137.60	10	7.00	4.21	0.05067	213.32	0.645040	0.590	1.066	4.49	1.35	1.35	458.53	456.22	2.80	1.26	
RAMAL 3	12	11	475.82	475.77	42.66	1.15	41.51	0.12	0.15	0.00	0.15	12.00	152.24	0.6300	39.78	39.78	10	0.50	1.13	0.05067	57.26	0.694726	0.620	1.083	1.22	0.25	1.00	1.25	474.57	474.36	1.25	1.41
	11	10	475.77	475.528	62.15	1.15	61.00	0.40	0.22	0.15	0.37	12.00	152.24	0.6300	97.73	97.73	12	1.30	2.05	0.0729648	149.58	0.653363	0.590	1.066	2.19	0.05	0.05	474.31	473.50	1.46	2.03	
	10	9	475.53	474.32	76.41	1.15	75.26	1.60	0.27	0.37	0.63	12.00	152.24	0.6300	168.98	168.98	15	1.30	2.38	0.1140075	271.34	0.622761	0.570	1.058	2.52	0.08	0.08	473.42	472.43	2.11	1.89	
	9	7	474.32	473.69	85.16	1.15	84.01	0.75	0.30	0.63	0.93	12.00	152.24	0.6300	248.39	248.39	15	1.15	2.24	0.1140075	255.38	0.972629	0.800	1.140	2.55	0.03	0.03	472.40	471.42	1.92	2.27	
RAMAL 2	2	1	490.4	485.11	66.9	1.15	65.75	8.05	0.23	0.00	0.23	12.00	152.24	0.6300	62.38	62.38	10	7.90	4.47	0.05067	226.49	0.275421	0.360	0.856	3.83	0.25	1.00	1.25	489.15	483.86	1.25	1.25
RAMAL 1	0	0A	500	492.38	40	1.15	38.85	19.61	0.14	0.00	0.14	12.00	152.24	0.6300	37.30	37.30	10	18.30	6.81	0.05067	345.06	0.108097	0.225	0.659	4.49	0.25	1.90	2.15	497.85	490.53	2.15	1.85
	0A	1	492.38	485.11	43.25	1.15	42.10	17.27	0.15	0.14	0.29	12.00	152.24	0.6300	77.63	77.63	10	8.10	4.53	0.05067	229.54	0.338198	0.410	0.913	4.14	3.54	3.54	486.99	483.49	5.39	1.62	
	1	1A	485.11	480.392	53.69	1.15	52.54	8.98	0.19	0.53	0.71	12.00	152.24	0.6300	190.07	190.07	10	5.90	3.73	0.05067	189.00	1.005661	0.830	1.139	4.25	1.40	1.40	482.09	479.14	3.02	1.25	
	1A	3	480.39	476.51	49.263	1.15	48.11	8.07	0.17	0.71	0.89	12.00	152.24	0.6300	236.01	236.01	12	4.50	4.00	0.0729648	291.86	0.808641	0.690	1.116	4.46	1.63	1.63	477.51	475.07	2.88	1.44	
	3	3A	476.51	476.72	57.77	1.15	56.62	-0.36	0.20	0.89	1.09	12.00	152.24	0.6300	289.87	289.87	15	1.40	2.47	0.1140075	281.60	1.029368	0.850	1.138	2.81	0.08	0.08	474.99	474.18	1.52	2.54	
	3A	4	476.72	476.73	49.954	1.15	48.80	-0.04	0.17	1.09	1.26	12.00	152.24	0.6300	336.45	336.45	15	1.90	2.87	0.1140075	327.20	1.028270	0.850	1.138	3.27	0.03	0.03	474.15	473.20	2.57	3.53	
	4	4A	476.73	476.078	50.33	1.15	49.18	1.34	0.18	1.26	1.44	12.00	152.24	0.6300	383.38	383.38	18	2.25	3.53	0.1641708	579.52	0.661547	0.600	1.072	3.78	0.08	0.08	473.12	471.99	3.61	4.09	
	4A	5	476.08	475.805	49.75	1.15	48.60	0.56	0.17	1.44	1.61	12.00	152.24	0.6300	429.77	429.77	21	0.50	1.85	0.2234547	413.39	1.039624	0.860	1.136	2.10	0.10	0.10	471.89	471.64	4.19	4.16	
	5	5A	475.8	475.521	50.33	1.15	49.18	0.58	0.18	1.61	1.79	12.00	152.24	0.6300	476.70	476.70	21	0.60	2.02	0.2234547	451.38	1.056095	0.890	1.128	2.28	0.03	0.03	471.61	471.31	4.19	4.21	
	5A	6	475.52	474.921	35.37	1.15	35.22	1.70	0.13	1.79	1.92	12.00	152.24	0.6300	510.62	510.62	21	0.70	2.18	0.2234547	487.13	1.048221	0.880	1.131	2.47	0.03	0.03	471.28	471.03	4.24	3.89	
	6	7	474.92	473.658	44.182	1.15	43.03	2.94	0.15	1.92	2.07	12.00	152.24	0.6300	551.81	551.81	21	0.80	2.33	0.2234547	520.65	1.059848	0.890	1.128	2.63	0.03	0.03	471.00	470.65	3.92	3.01	
	7	8	473.66	467.141	64.736	1.15	63.59	10.25	0.23	3.00	3.23	12.00	152.24	0.6300	860.56	860.56	21	2.25	3.92	0.2234547	875.94	0.982442	0.800	1.140	4.47	3.80	3.80	466.85	465.39	6.81	1.75	
	8	8A	467.14	463.274	14.579	1.15	13.43	28.80	0.05	3.23	3.28	12.00	152.24	0.6300	874.16	874.16	21	2.25	3.92	0.2234547	875.94	0.997968	0.810	1.140	4.47	5.08	5.08	460.31	459.98	6.83	3.29	
	8A	8B	463.27	459.428	15	1.15	13.85	27.76	0.05	3.23	3.28	12.00	152.24	0.6300	874.55	874.55	21	2.25	3.92	0.2234547	875.94	0.998413	0.810	1.140	4.47	1.78	1.78	458.20	457.86	5.07	1.57	
	8B	19	459.43	459.607	38.094	1.15	36.94	-0.48	0.13	3.28	3.41	12.00	152.24	0.6300	909.68	909.68	24	1.00	2.85	0.2918592	831.80	1.036328	0.000	0.000	0.00	0.08	0.08	457.78	457.40	1.65	2.21	
	19	18	459.61	457.37	65.91	1.15	64.76	3.45	0.23	3.83	4.06	12.00	152.24	0.6300	1081.23	1081.23	24	1.80	3.83	0.2918592	1117.82	0.967267	0.790	1.140	4.37	0.08	0.08	456.92	455.73	2.69	1.64	
	18	38	457.37	452.228	95.89	1.15	94.74	5.43	0.34	4.57	4.91	12.00	152.24	0.6300	1308.24	1308.24	30	1.20	3.63	0.45603	1655.39	0.790291	0.680	1.112	4.04	4.25	4.25	451.48	450.33	5.89	1.90	
	38	40	452.23	450.3	74.211	1.15	73.06	2.64	0.26	4.91	5.17	12.00	152.24	0.6300	1377.44	1377.44	30	0.90	3.14	0.45603	1431.93	0.961946	0.790	1.140	3.58	1.78	1.78	448.55	447.88	3.68	2.42	
	40	40A	450.3	444.908	23.668	1.15	22.52	23.95	0.08	5.17	5.25	12.00	152.24	0.6300	1399.51	1399.51	30	1.50	4.05	0.45603	1846.92	0.757753	0.660	1.104	4.47	4.42	4.42	443.46	443.10	6.84	1.81	
	40A	40B	444.91	439.589	18.771	1.15	17.62	30.18	0.07	5.25	5.32	12.00	152.24	0.6300	1417.01	1417.01	30	1.50	4.05	0.45603	1846.92	0.767229	0.660	1.104	4.47	5.04	5.04	438.06	437.78	6.85	1.81	
	40B	40C	439.59	434.314	15.827	1.15	14.68	35.94	0.06	5.32	5.37	12.00	152.24	0.6300	1431.77	1431.77	30	1.50	4.05	0.45603	1846.92	0.775220	0.670	1.108	4.49	5.04	5.04	432.74	432.			

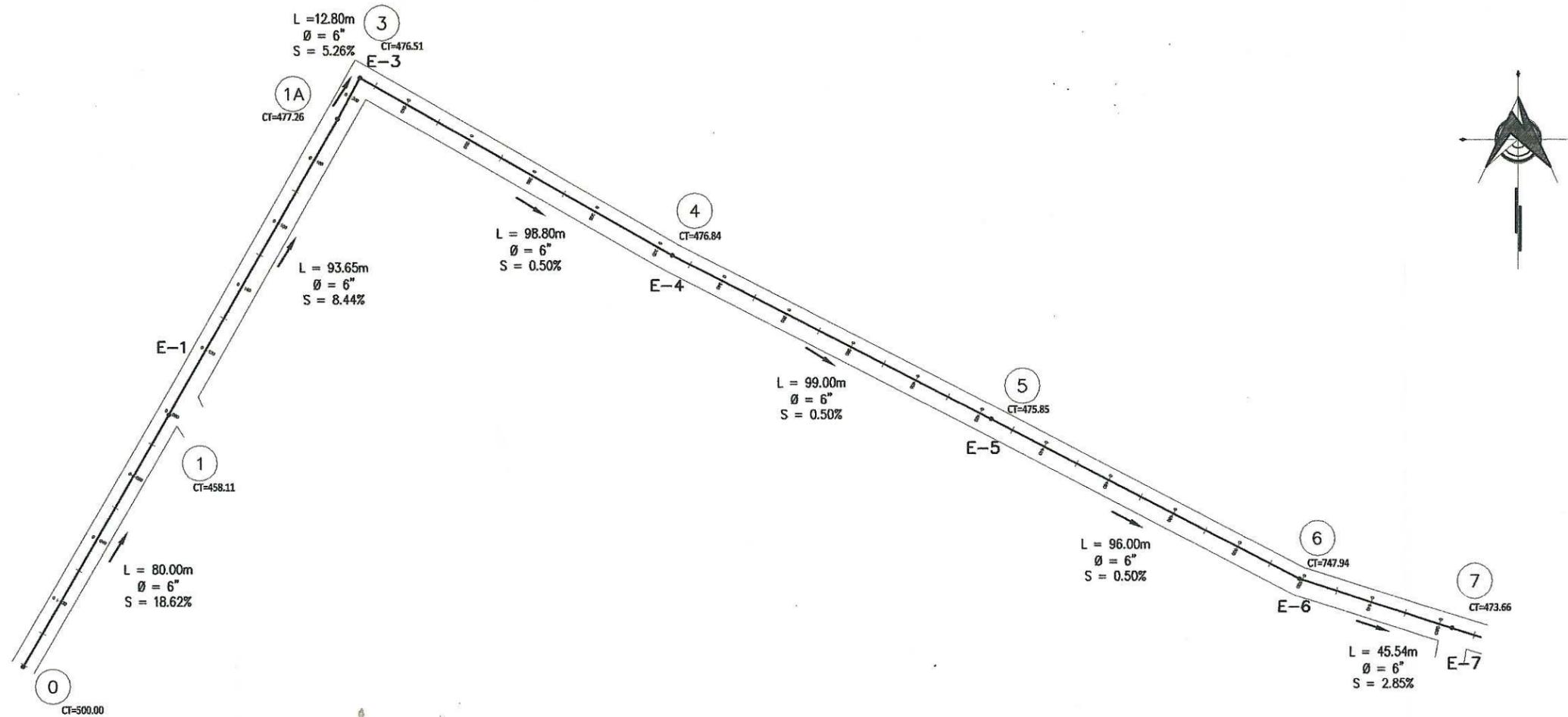


# PLANTA GENERAL DEL ALCANTARILLADO SANITARIO

DISTRIBUCION Y UBICACION DE RAMALES

ESCALA: 1/1250

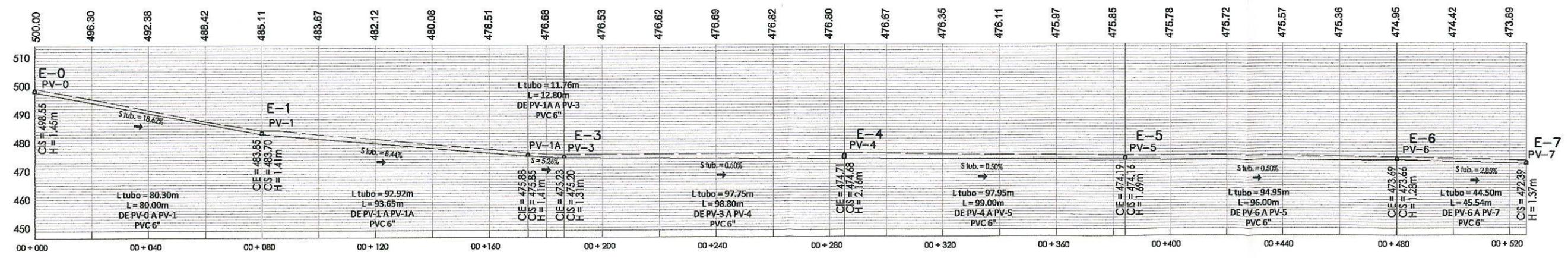
ESTUDIANTE: <b>FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ</b>			HOJA 1 25
PROYECTO: <b>ALCANTARILLADO SEPARATIVO</b>			
UBICACION: <b>ALDEA EMBAJADA, SAN LUIS GUATEMALA</b>			
CONTENIDO: <b>PLANTA GENERAL ALCANTARILLADO SANITARIO</b>			
DIBUJANTE: <b>FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ</b>		Visto y Aprobado:  Ing. MAYRA GARCIA DESERRA	
ESCALA: INDICADA		FECHA: 02 DE AGOSTO DE 2015	



## PLANTA RAMAL 1

LA EMBAULADA

ESCALA: 1/750

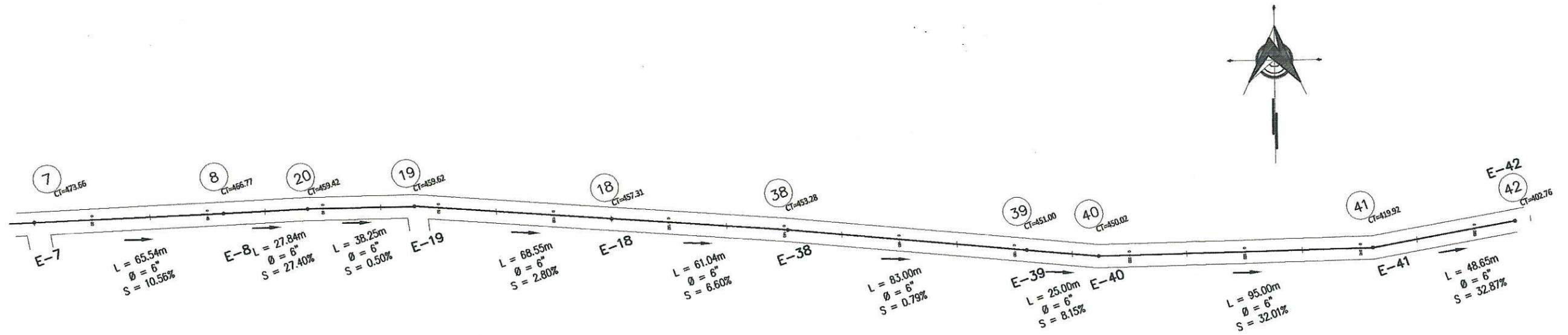


## PERFIL RAMAL 1

LA EMBAULADA

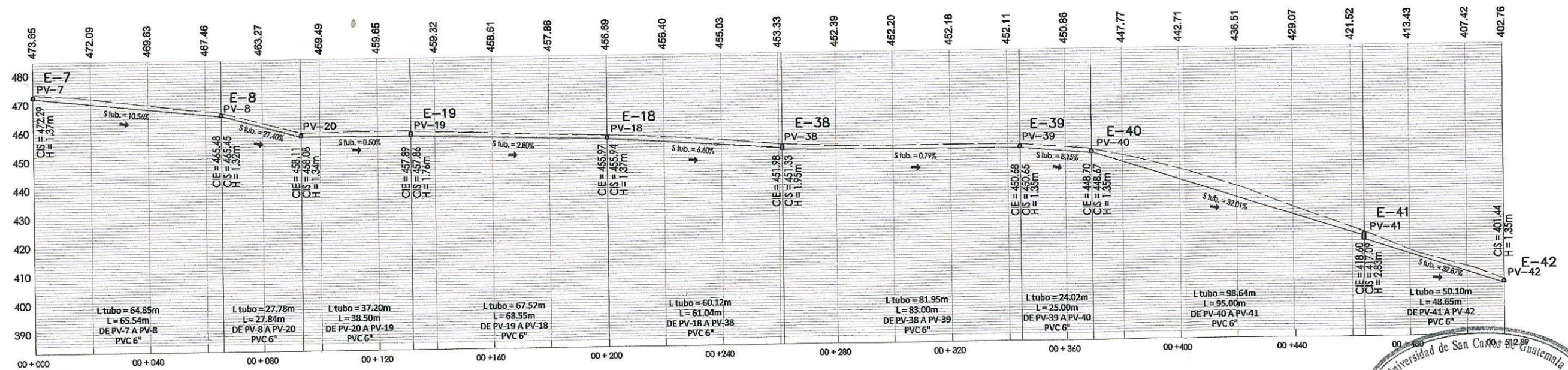
ESCALA: 1/750

INGENIERO <b>FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ</b>		
PROYECTO: ALCANTARILLADO SEPARATIVO		
INGENIERIA: ALCANTARILLADO SANITARIO		
UBICACION: LA EMBAULADA SAN CARLOS DE GUATEMALA, GUATEMALA		
TITULO: PLANTA PERIFERICA DE ALCANTARILLADO SANITARIO RAMAL 1		HOJA <b>2</b> 25
UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERIA DE EPS		
DE: FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ		
ESCALA: 1/750		



PLANTA RAMAL 1A  
LA EMBAULADA

ESCALA: 1/750



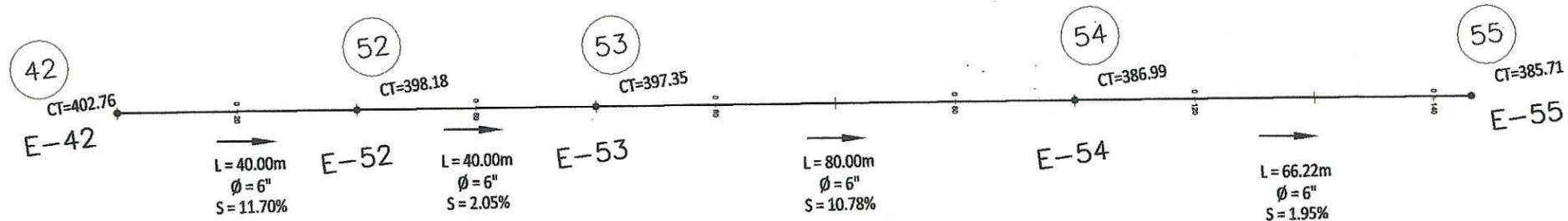
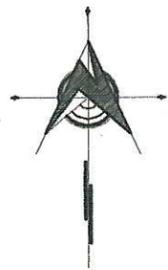
PERFIL RAMAL 1A  
LA EMBAULADA

ESCALA: 1/750

Universidad de San Carlos de Guatemala

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

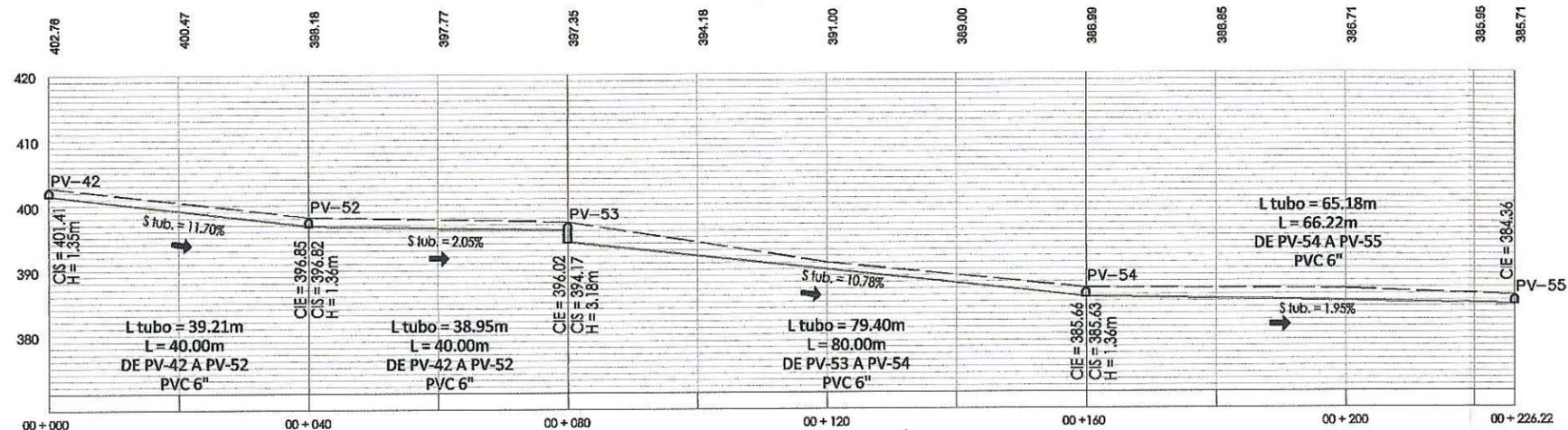
INGENIERO: FABIAN ESTUARDO CHAY PÉREZ	
PROYECTO: ALCANTARILLADO SEPARATIVO	
LOCALIDAD: ALDEA LA EMBAULADA, SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, GUATEMALA	
CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL DE ALCANTARILLADO SANITARIO RAMAL 1A	HOJA: 3 / 25
CÁLCULO: FABIAN ESTUARDO CHAY PÉREZ	
REVISIÓN: FABIAN ESTUARDO CHAY PÉREZ	
ESCALA: INDICADA	FECHA: OCTUBRE 2013



### PLANTA RAMAL 1B

LA EMBAULADA

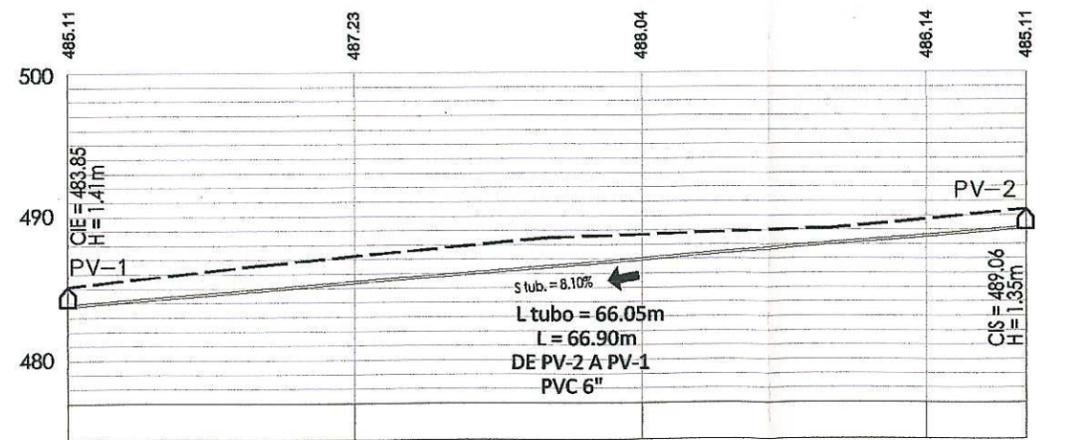
ESCALA: 1/500



### PERFIL RAMAL 1B

LA EMBAULADA

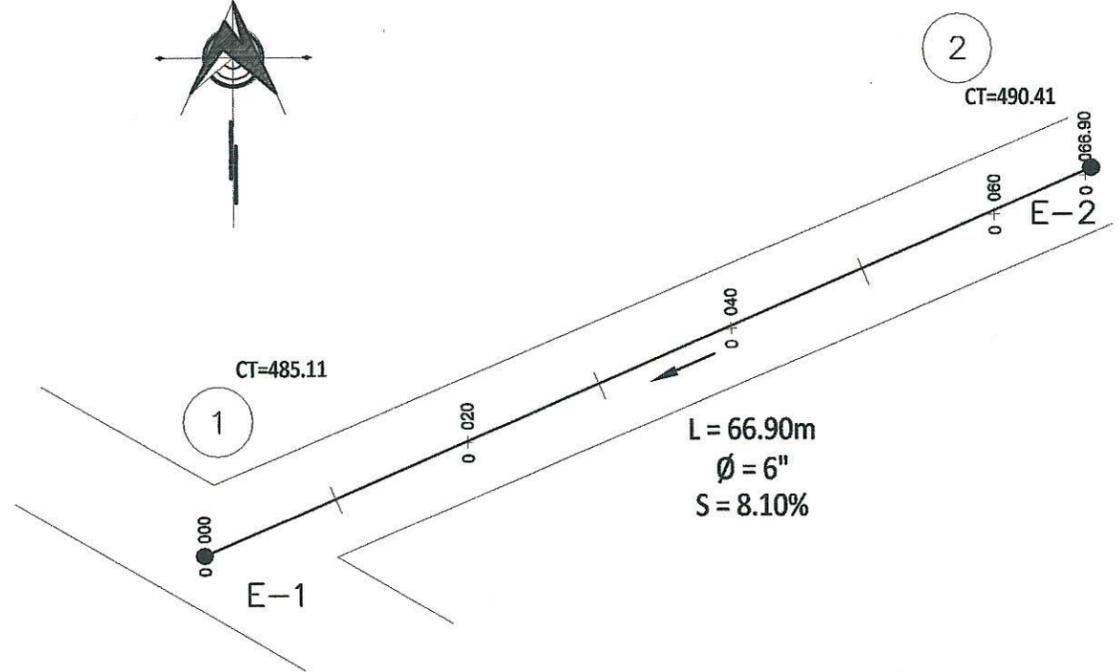
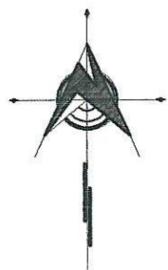
ESCALA: 1/500



### PERFIL RAMAL 2

LA EMBAULADA

ESCALA: 1/250



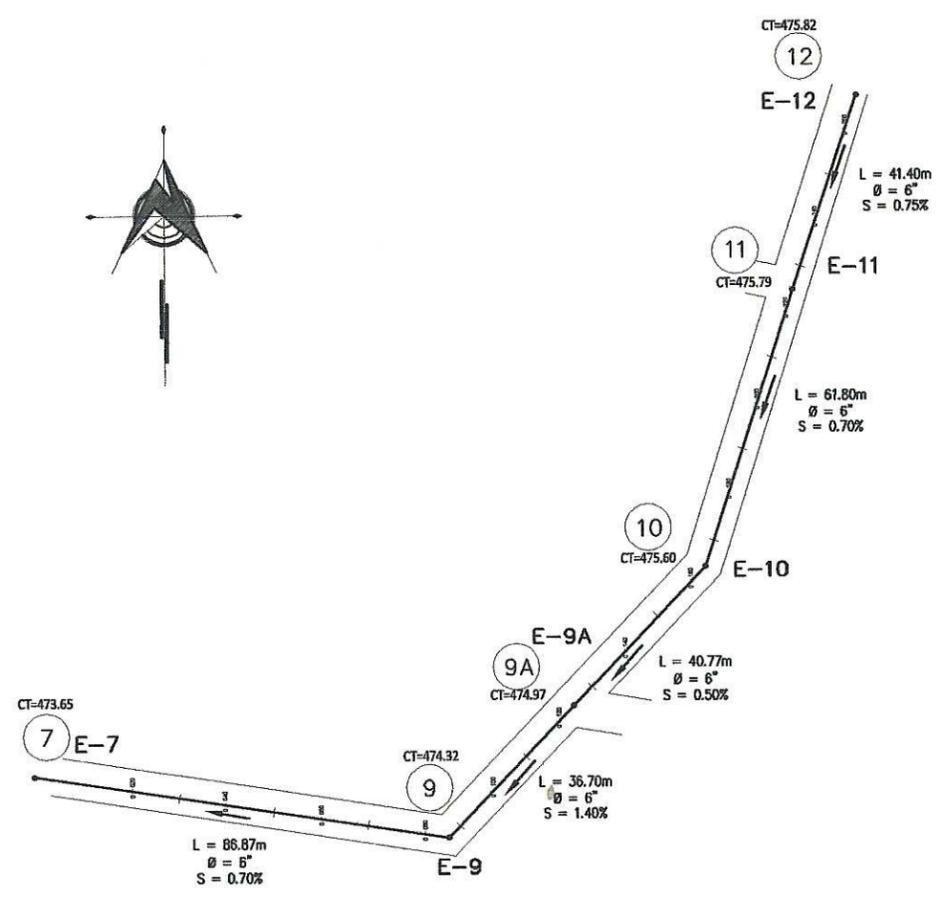
### PLANTA RAMAL 2

LA EMBAULADA

ESCALA: 1/250

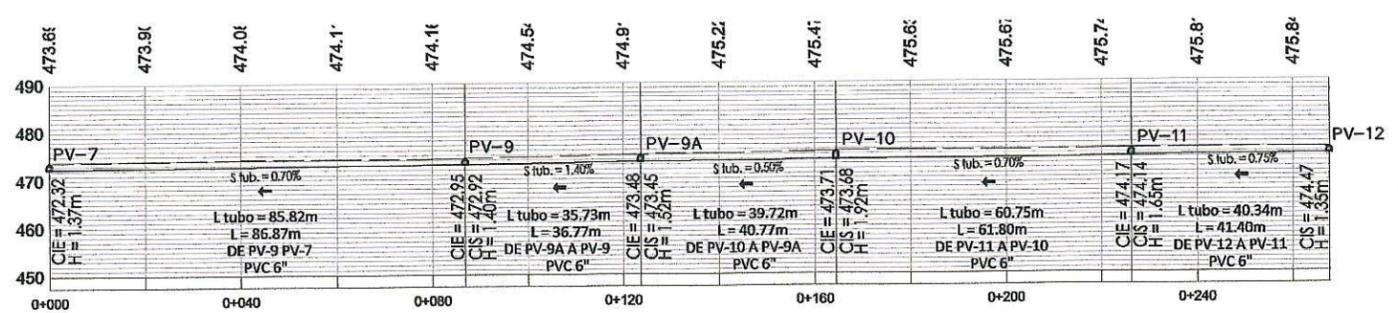
Universidad de San Carlos de Guatemala  
 ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

PROFESOR: FABIAN ESTUARDO CHAY PÉREZ TÍTULO: ALCANTARILLADO SEPARATIVO UBICACIÓN: ALDEA LA EMBAULADA, SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA		
TÍTULO: PLANTA Y PERFIL DE ALCANTARILLADO SANITARIO RAMAL 1B Y 2		
AUTOR: FABIAN ESTUARDO CHAY PÉREZ FECHA: INDICADA	VOUCHER: [Signature] FECHA: OCTUBRE DE 2013	HOJA: 4 / 25



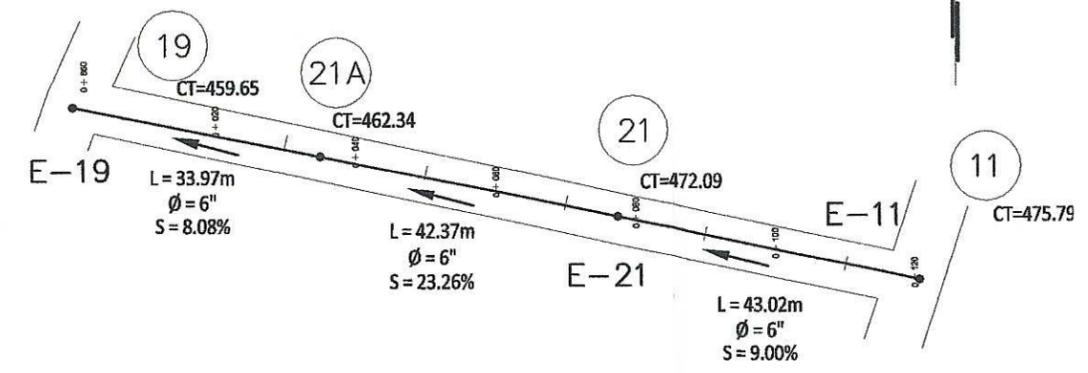
**PLANTA RAMAL 3**  
LA EMBAULADA

ESCALA: 1/750



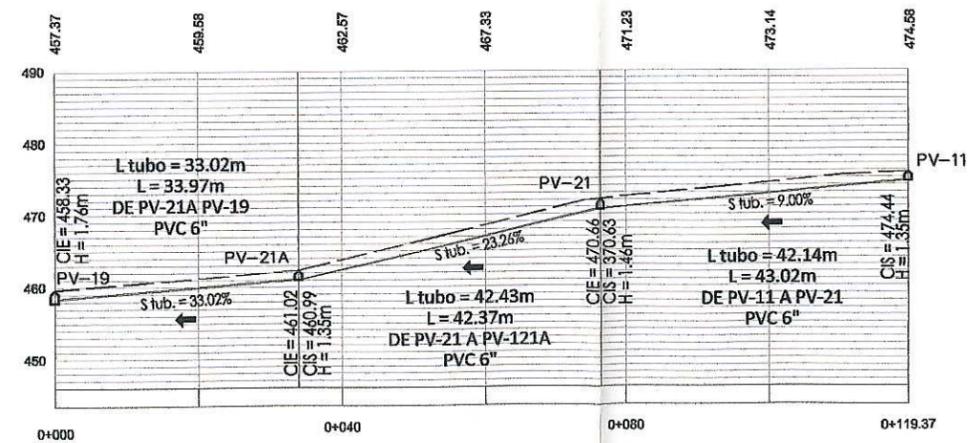
**PERFIL RAMAL 3**  
LA EMBAULADA

ESCALA: 1/750



**PLANTA RAMAL 4**  
LA EMBAULADA

ESCALA: 1/500

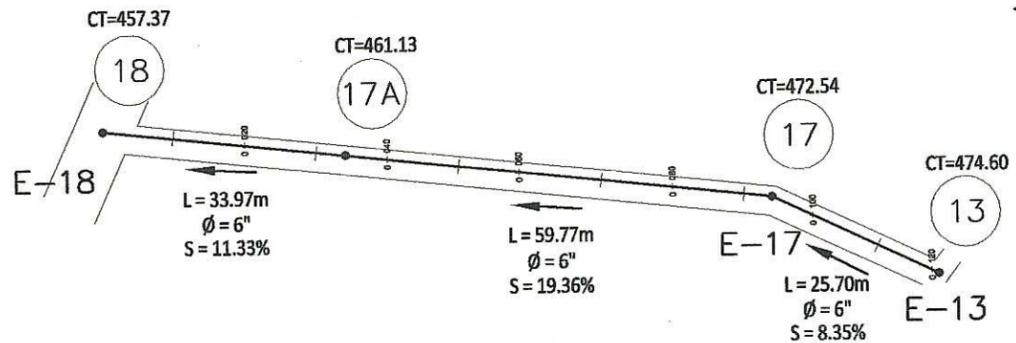


**PERFIL RAMAL 4**  
LA EMBAULADA

ESCALA: 1/500

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

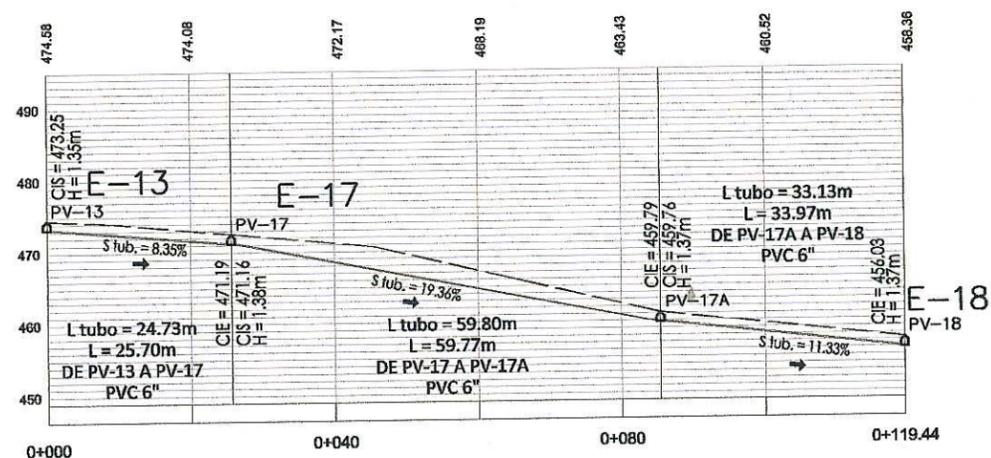
PROYECTO: FABIAN ESTUARDO CHAY PÉREZ TIPO: ALCANTARILLADO SEPARATIVO UBICACIÓN: ALDEA LA EMBAULADA, SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, GUATEMALA		
TÍTULO: PLANTA Y PERFIL DE ALCANTARILLADO SANITARIO RAMAL 3 Y 4		
AUTOR: FABIAN ESTUARDO CHAY PÉREZ FECHA: OCTUBRE DE 2013	VALOR: ASESORIA 	HOJA 5 25



### PLANTA RAMAL 5

LA EMBAULADA

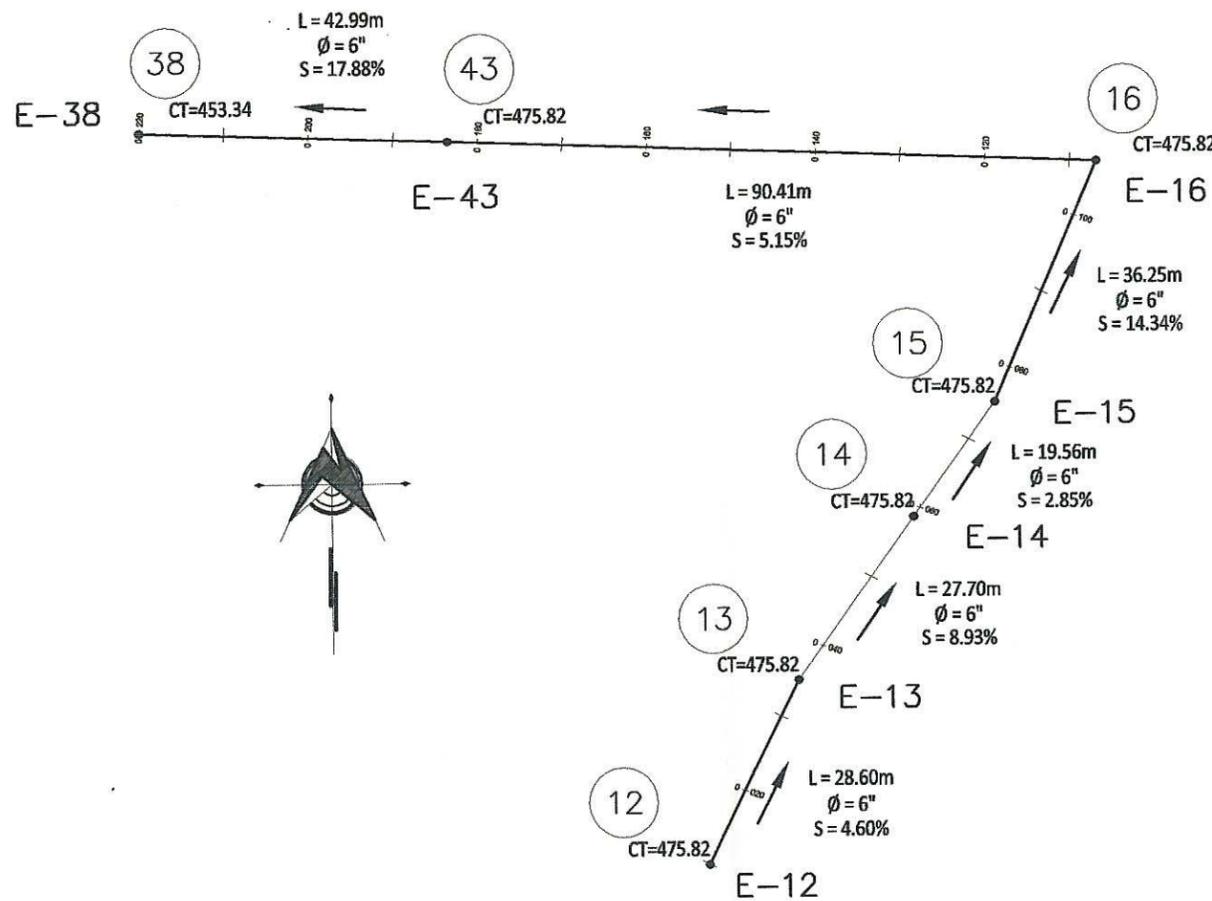
ESCALA: 1/500



### PERFIL RAMAL 5

LA EMBAULADA

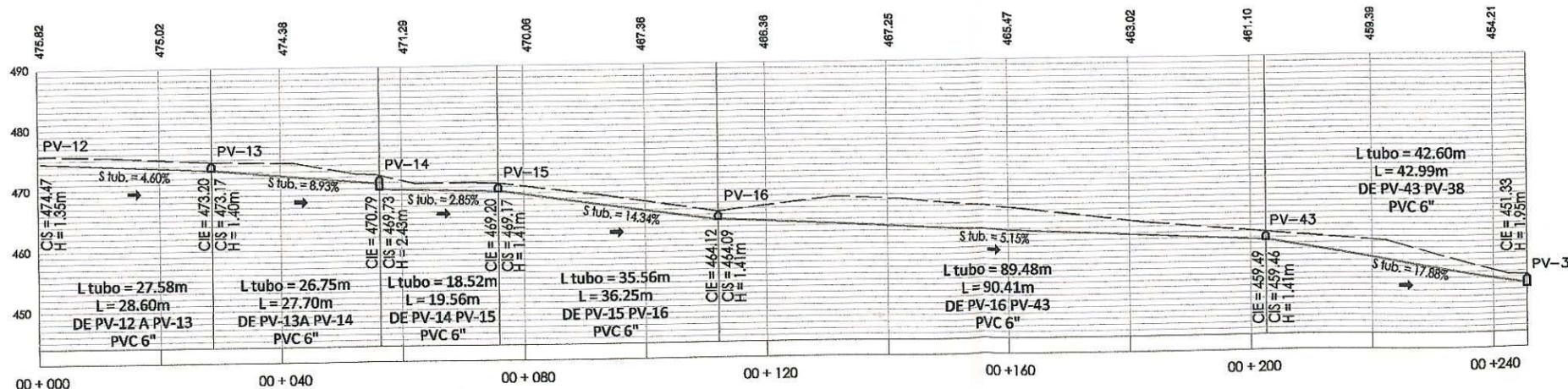
ESCALA: 1/500



### PLANTA RAMAL 6

LA EMBAULADA

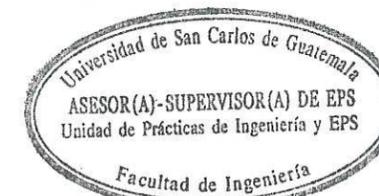
ESCALA: 1/500



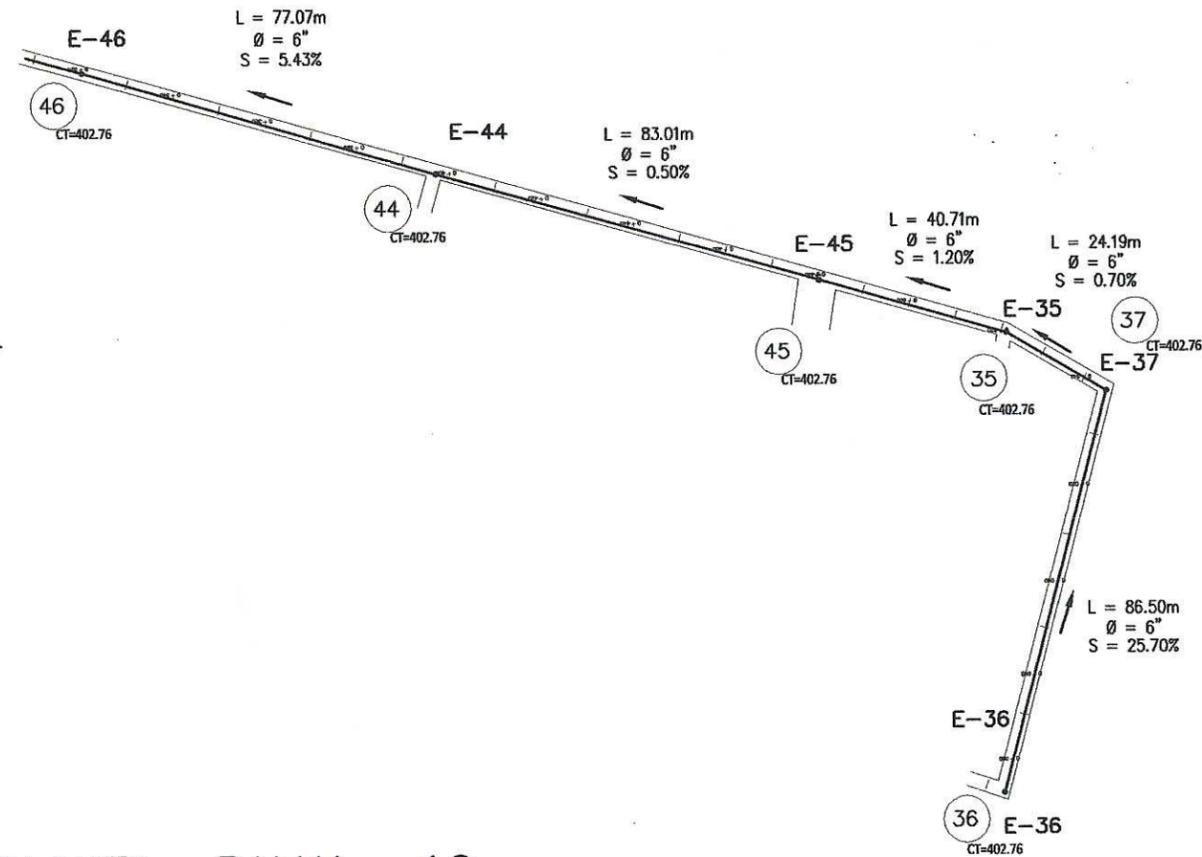
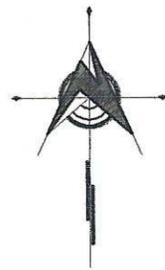
### PERFIL RAMAL 6

LA EMBAULADA

ESCALA: 1/500



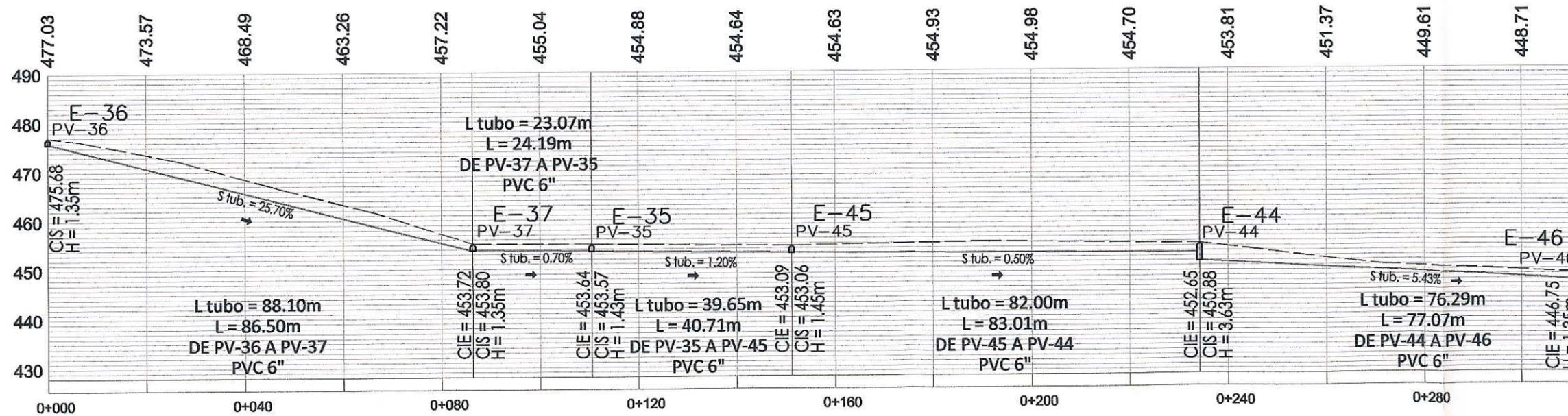
ESTUDIANTE: FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ		
PROYECTO: ALCANTARILLADO SEPARATIVO		
UBICACION: ALDEA LA EMBAULADA, SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, GUATEMALA		
CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL DE ALCANTARILLADO SANITARIO RAMAL 5 y 6		HOJA
CALCULO: FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ	VOLTA ASESORA	6
DISEÑO: FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ	FECHA: OCTUBRE DE 2013	25



## PLANTA RAMAL 10

LA EMBAULADA

ESCALA: 1/750



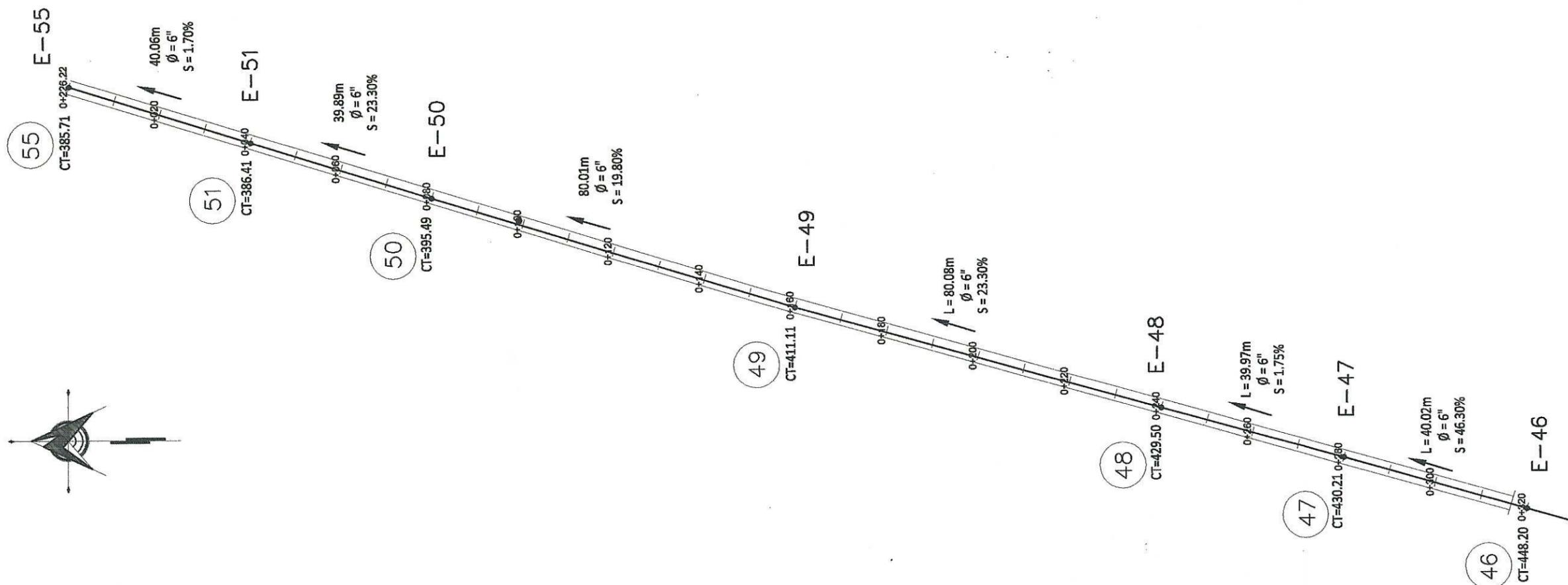
## PERFIL RAMAL 10

LA EMBAULADA

ESCALA: 1/1000

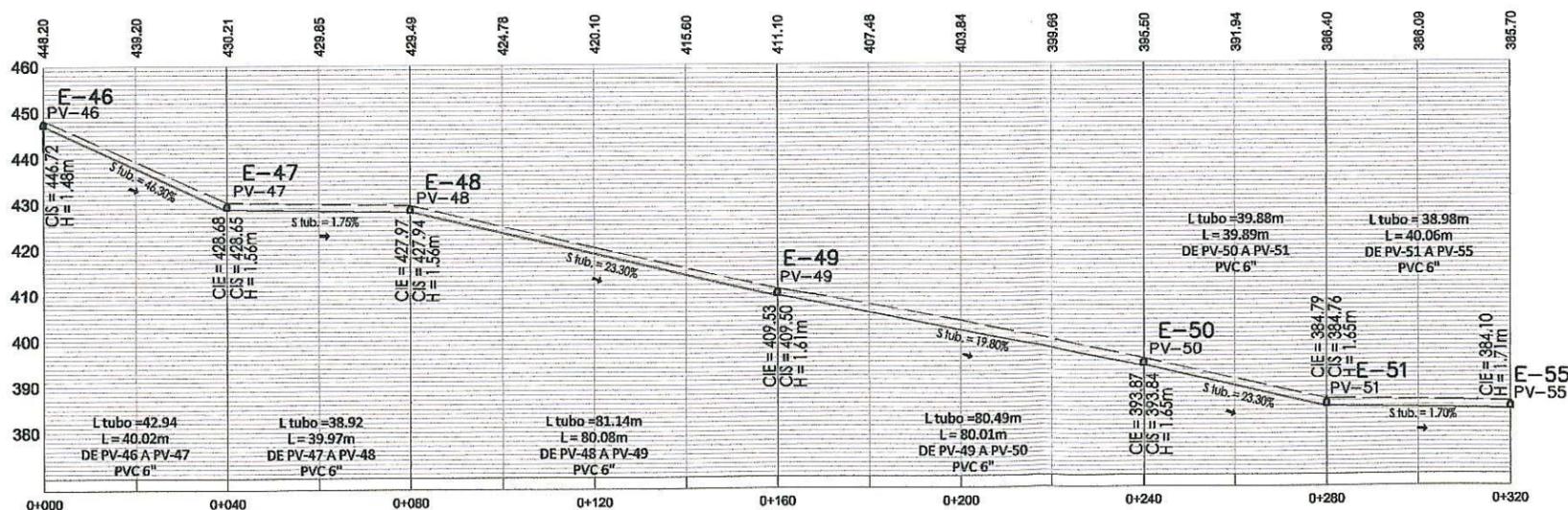


PROYECTANTE: FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ	
PROYECTO: ALCANTARILLADO SEPARATIVO	
UBICACION: ALDEA LA EMBAULADA, SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, GUATEMALA	 V. ASESORA M. S. MAYRA GONZALEZ DE SERRA
CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL DE ALCANTARILLADO SANITARIO RAMAL 10	
DISEÑADO: FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ	
INDICADA: OCTUBRE DE 2013	
HOJA 7 25	



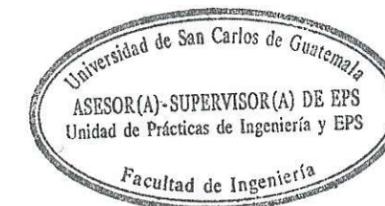
**PLANTA RAMAL 1A**  
LA EMBAULADA

ESCALA: 1/500

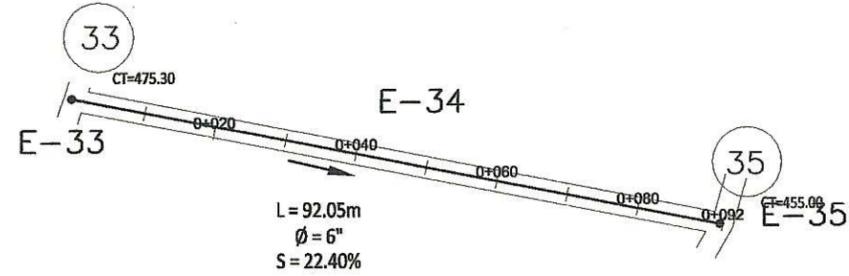
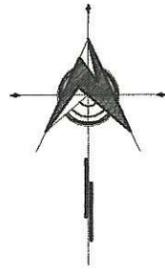


**PERFIL RAMAL 10A**  
LA EMBAULADA

ESCALA: 1/750



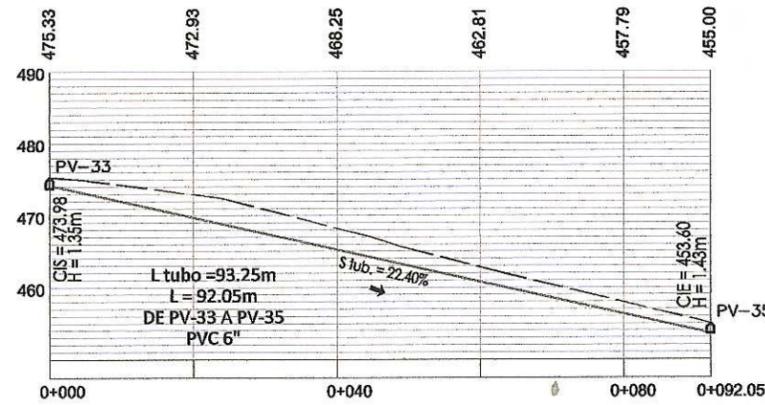
ESTUDIANTE <b>FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ</b>		
PROYECTO <b>ALCANTARILLADO SEPARATIVO</b>		
UBICACION <b>ALDEA LA EMBAULADA, SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, GUATEMALA</b>		HOJA <b>8</b> 25
CONTENIDO <b>PLANTA Y PERFIL DE ALCANTARILLADO SANITARIO RAMAL 10A</b>		
CALCULO <b>FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ</b>	VOL. DE ASESORIA <i>[Signature]</i>	
DISEÑO <b>FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ</b>	IMP. ALFONSO GARCIA DE JERRA	
FECHA <b>INDICADA</b>	FECHA <b>OCTUBRE DE 2013</b>	



### PLANTA RAMAL 11

LA EMBAULADA

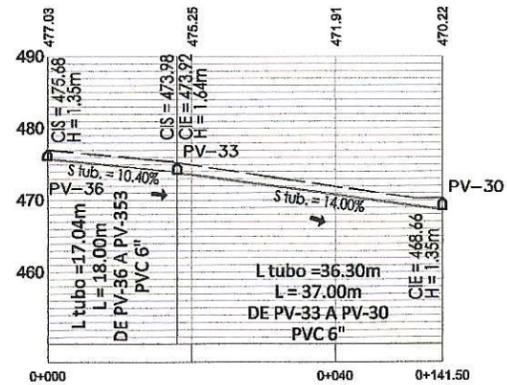
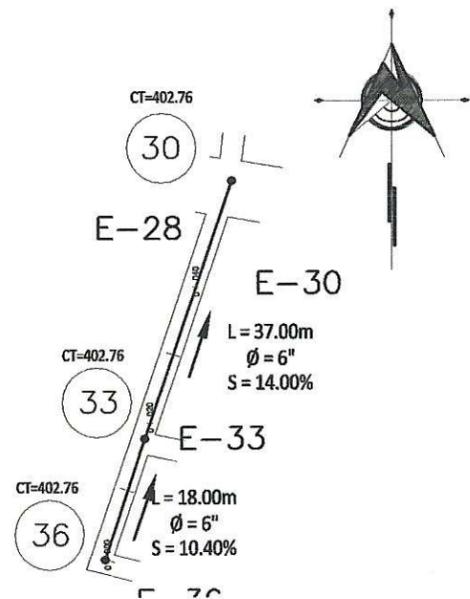
ESCALA: 1/500



### PERFIL RAMAL 11

LA EMBAULADA

ESCALA: 1/500



### PERFIL RAMAL 12

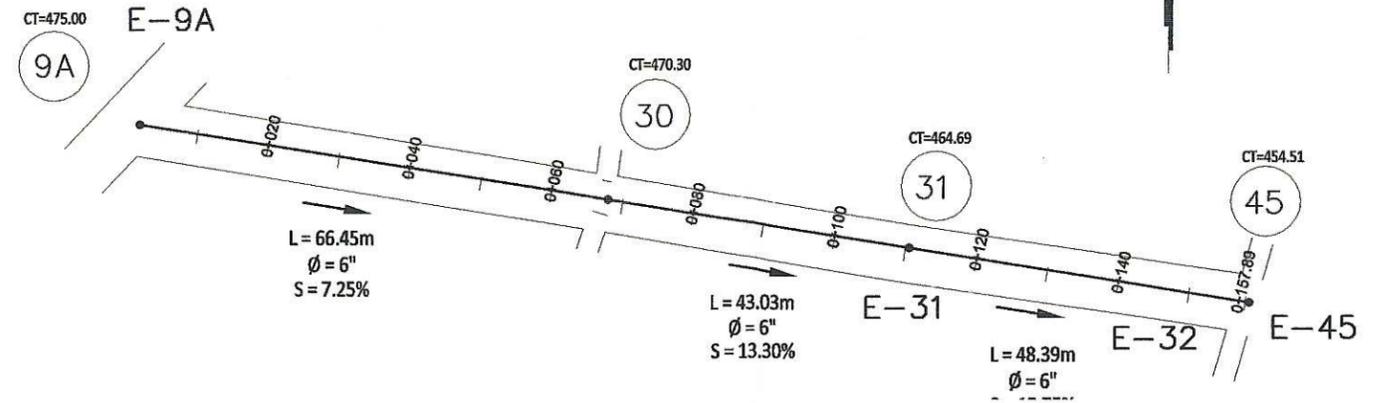
LA EMBAULADA

ESCALA: 1/500

### PLANTA RAMAL 12

LA EMBAULADA

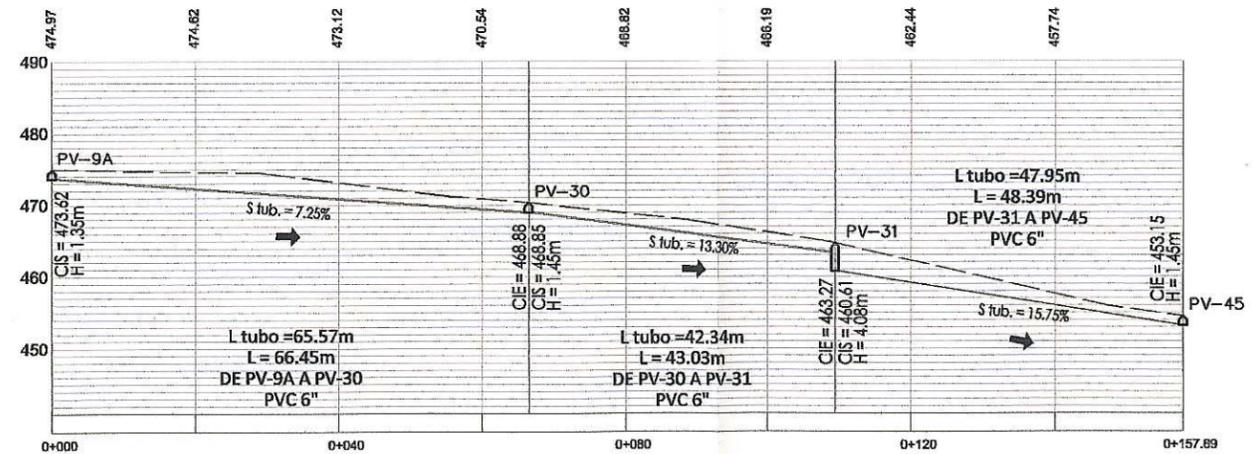
ESCALA: 1/500



### PLANTA RAMAL 13

LA EMBAULADA

ESCALA: 1/500



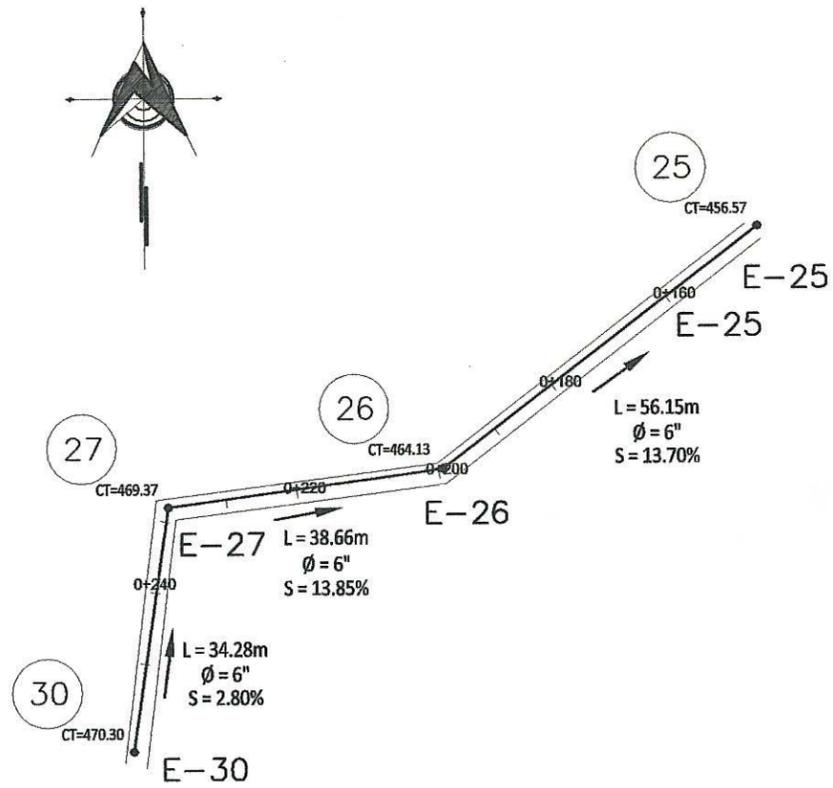
### PERFIL RAMAL 13

LA EMBAULADA

ESCALA: 1/500

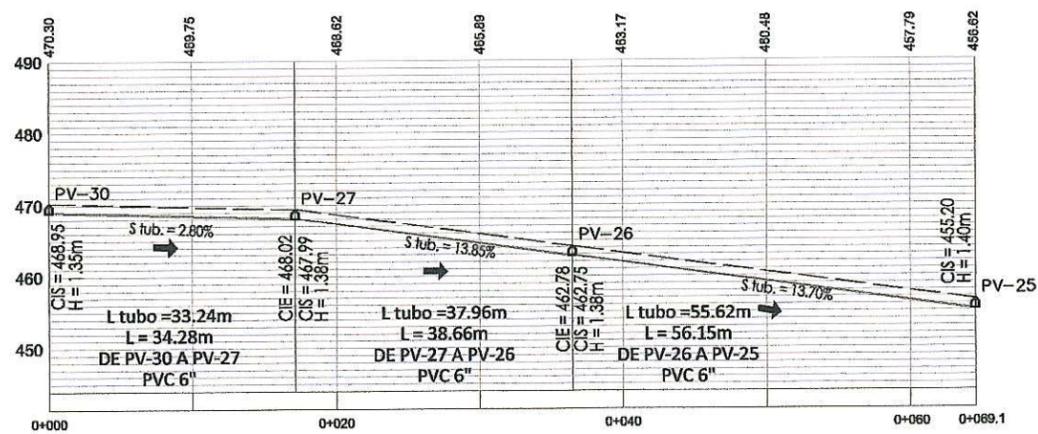


TITULAR: FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ PROYECTO: ALCANTARILLADO SEPARATIVO UBICACION: ALDEA LA EMBAULADA, SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, GUATEMALA		
CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL DE ALCANTARILLADO SANITARIO RAMAL 11, 12 Y 13		
ELABORADO: FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ DISEÑADO: FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ	VOLTA ATECTORA 	HOJA 9 / 25
ESCALA: INDICADA FECHA: OCTUBRE DE 2013	INGENIERO: FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ INGENIERO AUXILIAR:	



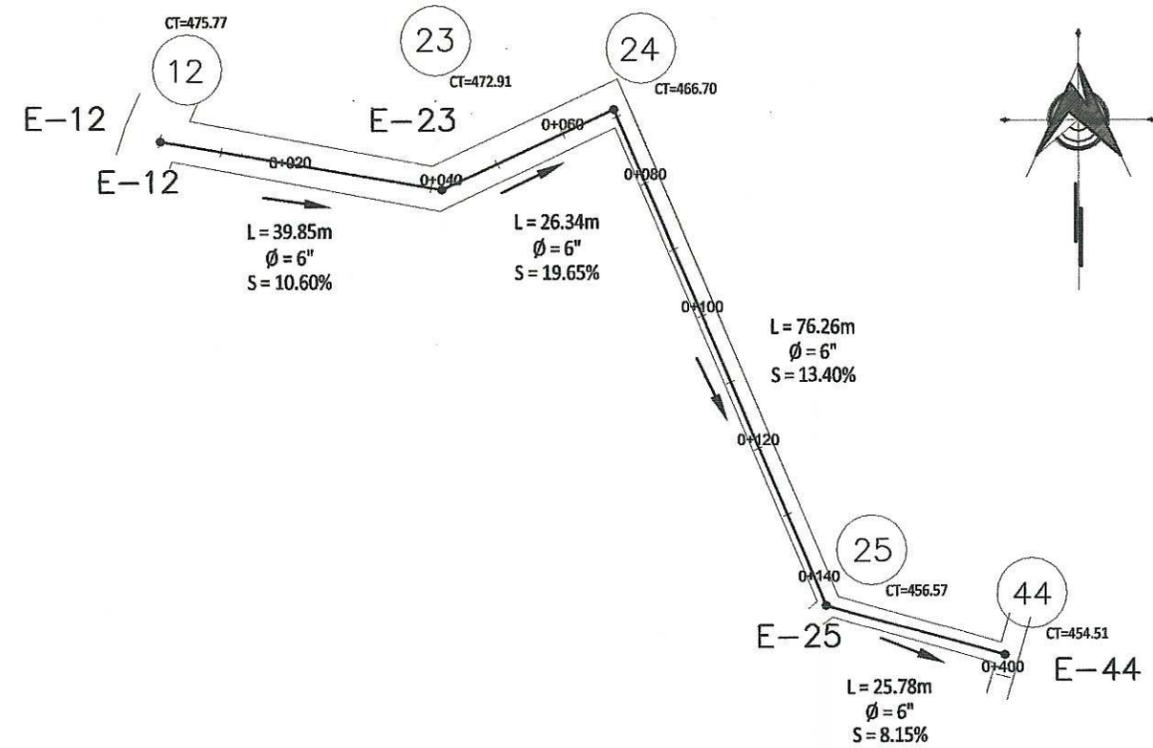
**PLANTA RAMAL 14**  
LA EMBAULADA

ESCALA: 1/500



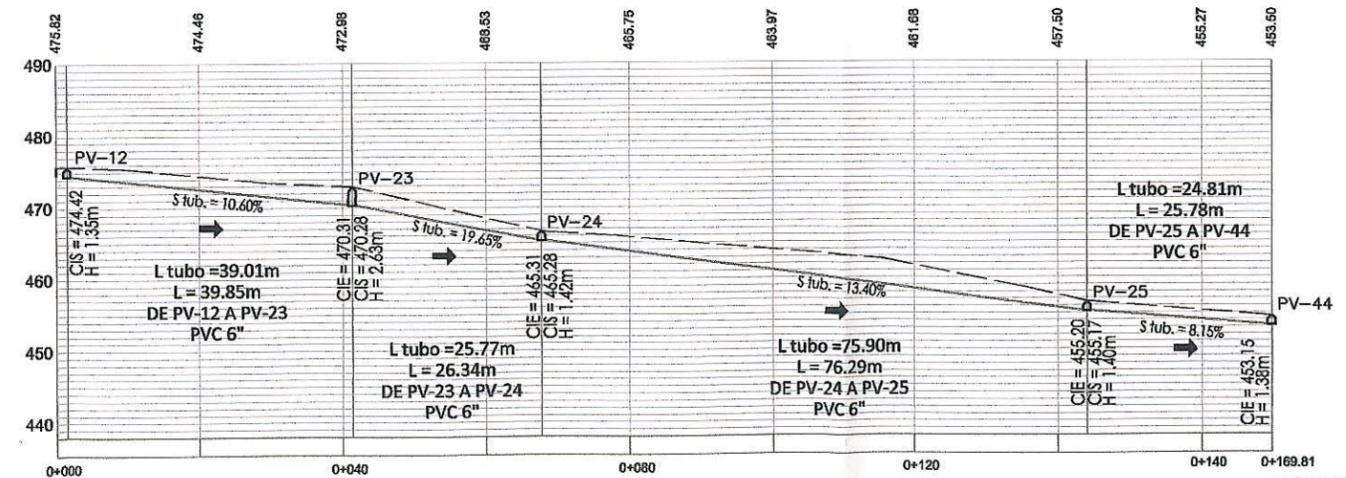
**PERFIL RAMAL 14**  
LA EMBAULADA

ESCALA: 1/500



**PLANTA RAMAL 15**  
LA EMBAULADA

ESCALA: 1/500

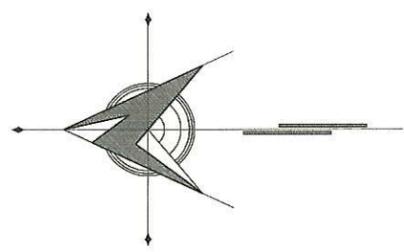
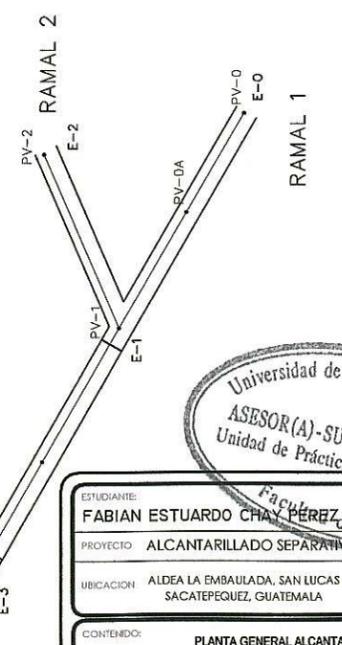
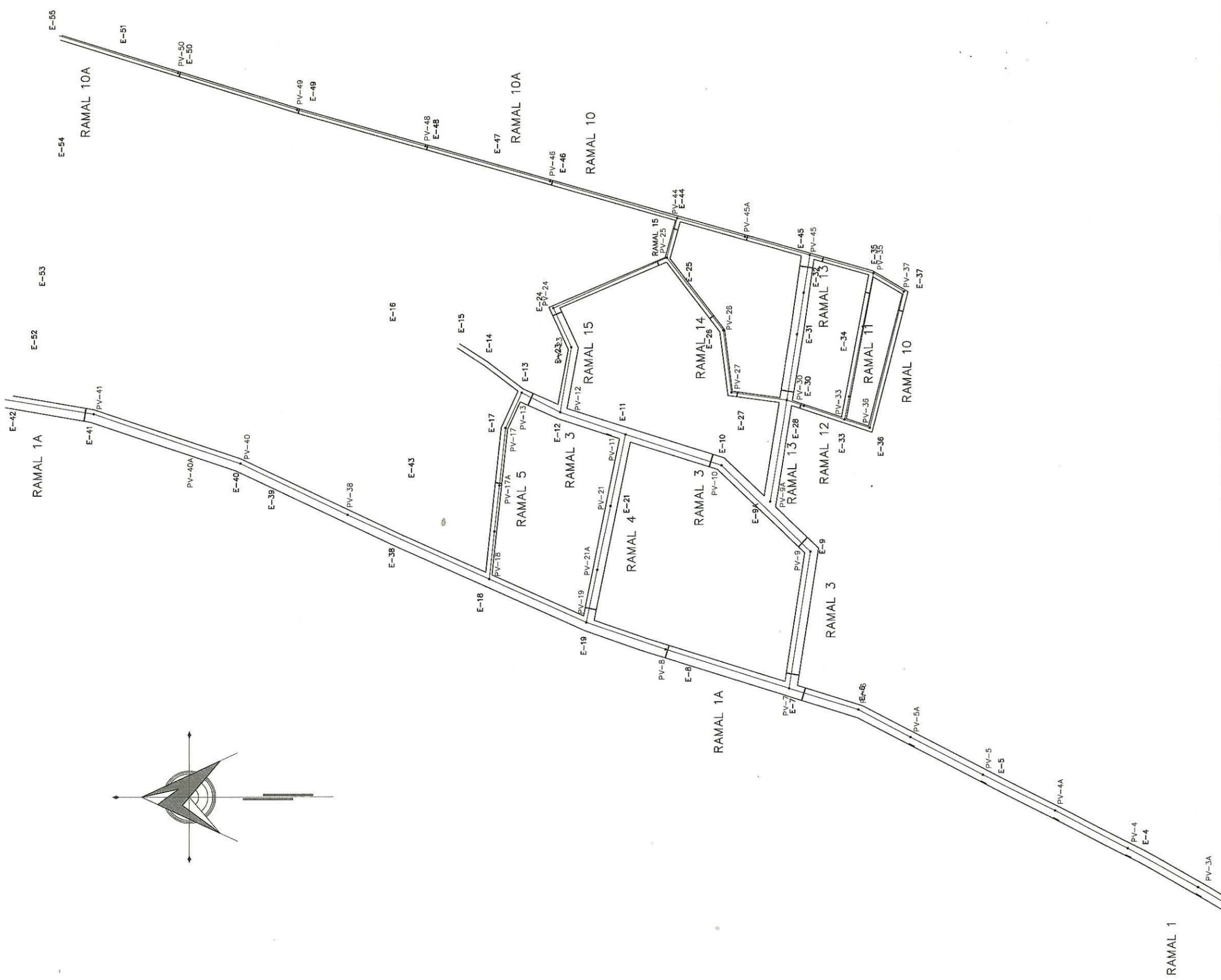


**PERFIL RAMAL 15**  
LA EMBAULADA

ESCALA: 1/500

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

ESTUDIANTE: <b>FABIAN ESTUARDO CHAY PÉREZ</b>		
PROYECTO: ALcantarillado Separativo		
UBICACIÓN: ALDEA LA EMBAULADA, SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, GUATEMALA		
CLIENTE: PLANTA Y PERFIL DE ALcantarillado Sanitario Ramal		HOJA 10 / 25
CALIFICADO: FABIAN ESTUARDO CHAY PÉREZ	V.O. ASISOR(A) 	ESCALA: INDICADA
DISEÑO: FABIAN ESTUARDO CHAY PÉREZ	FECHA: OCTUBRE DE 2013	



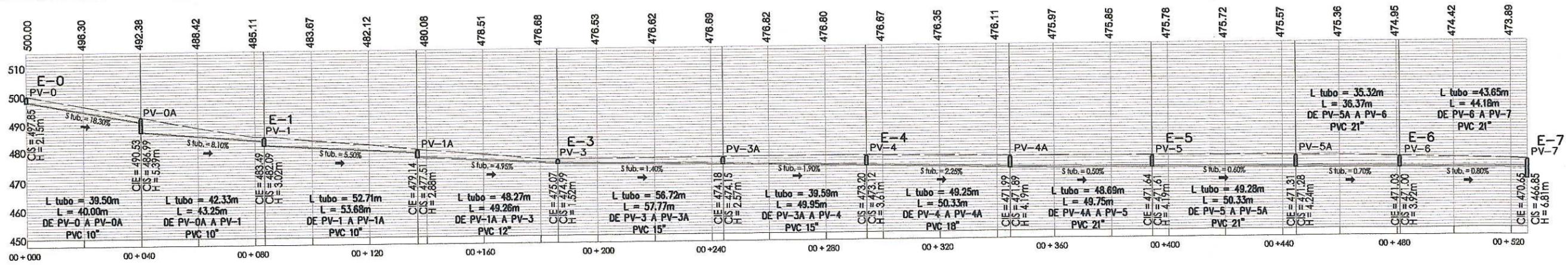
Universidad de San Carlos de Guatemala  
**ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EDS**  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EDS

ESTUDIANTE: <b>FABIAN ESTUARDO CHAY PÉREZ</b>		
PROYECTO: <b>ALCANTARILLADO SEPARATIVO</b>		
UBICACION: <b>ALDEA LA EMBALUADA, SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, GUATEMALA</b>		
CONTENIDO: <b>PLANTA GENERAL ALCANTARILLADO PLUVIAL</b>		HOJA
CALCULO: <b>FABIAN ESTUARDO CHAY PÉREZ</b>	Visto, ASESORA	11
DIBUJO: <b>FABIAN ESTUARDO CHAY PÉREZ</b>		25
ESCALA: <b>INDICADA</b>	FECHA: <b>OCTUBRE DE 2013</b>	

# PLANTA GENERAL DEL ALCANTARILLADO PLUVIAL

DISTRIBUCION Y UBICACION DE RAMALES

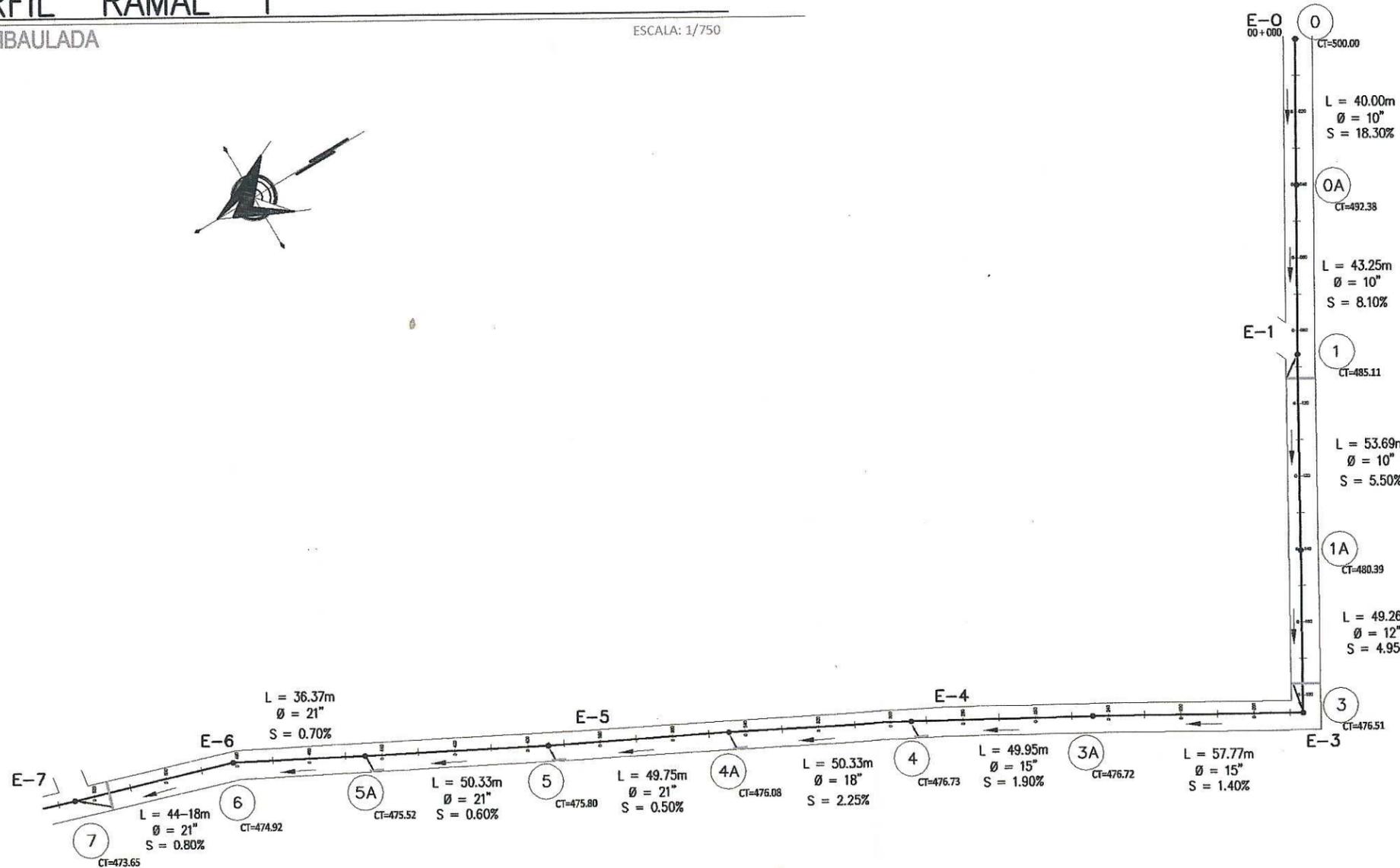
ESCALA: 1/1250



# PERFIL RAMAL 1

LA EMBAULADA

ESCALA: 1/750



# PLANTA RAMAL 1

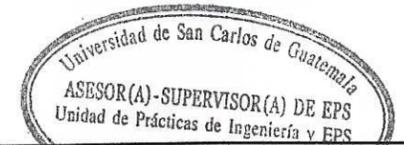
LA EMBAULADA

ESCALA: 1/750

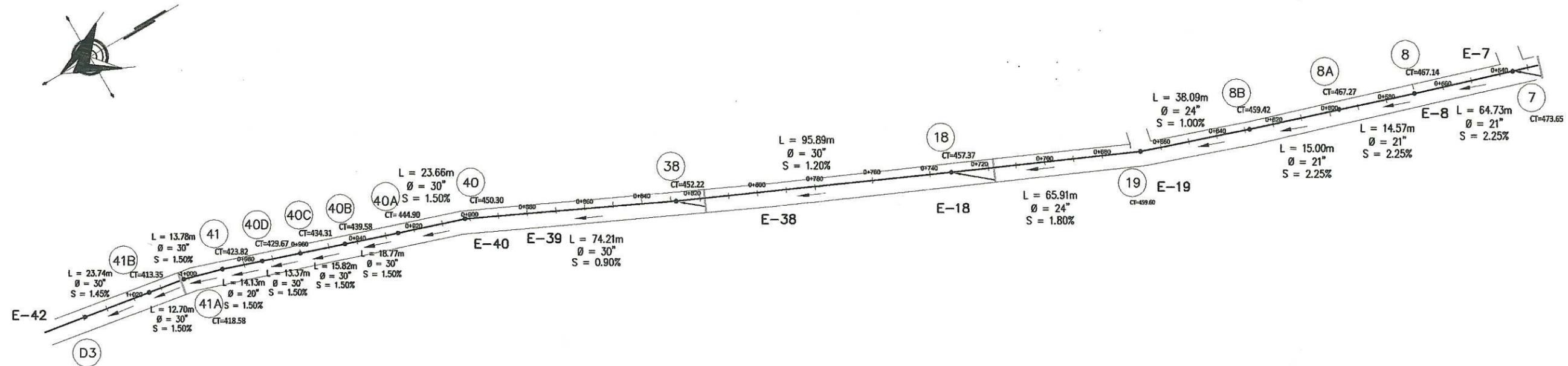
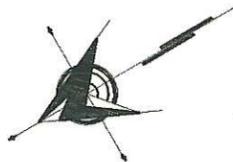


## SIMBOLOGIA

escala 1/500



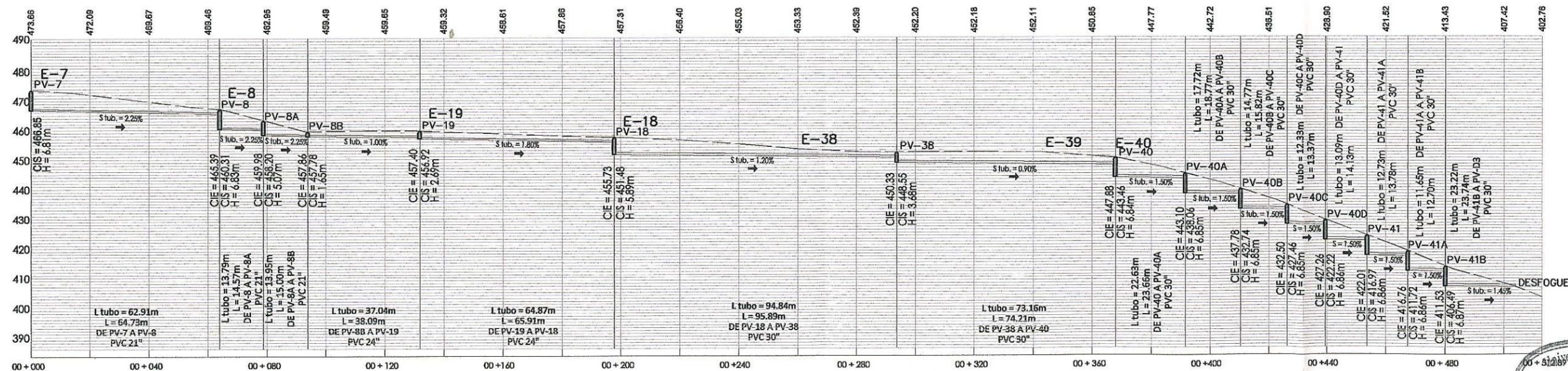
ESTUDIANTE: FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ		
PROYECTO: ALCANTARILLADO SEPARATIVO		
UBICACION: ALDEA LA EMBAULADA, SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, GUATEMALA		
CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL DE ALCANTARILLADO PLUVIAL RAMAL 1		HOJA
CALEIFICADO: FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ		12
DISEÑADO: FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ		25
ESCALA: INDICADA	FECHA: OCTUBRE DE 2013	



# PLANTA RAMAL 1A

LA EMBAULADA

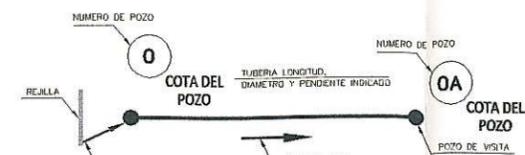
ESCALA: 1/750



# PERFIL RAMAL 1A

LA EMBAULADA

ESCALA: 1/750

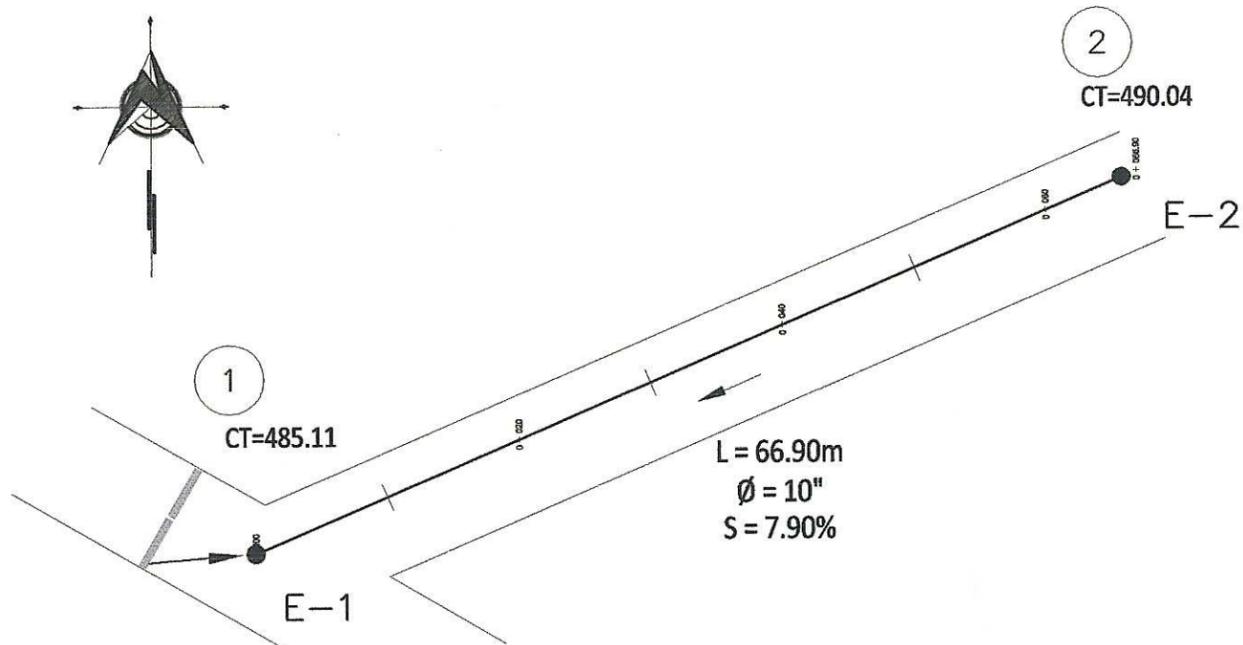


SIMBOLOGIA

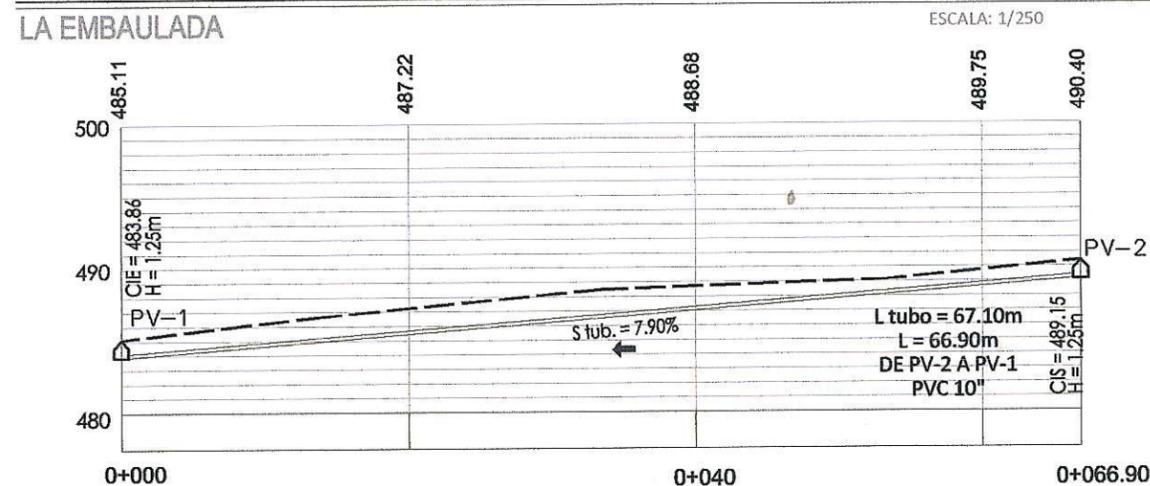
escala 1/500



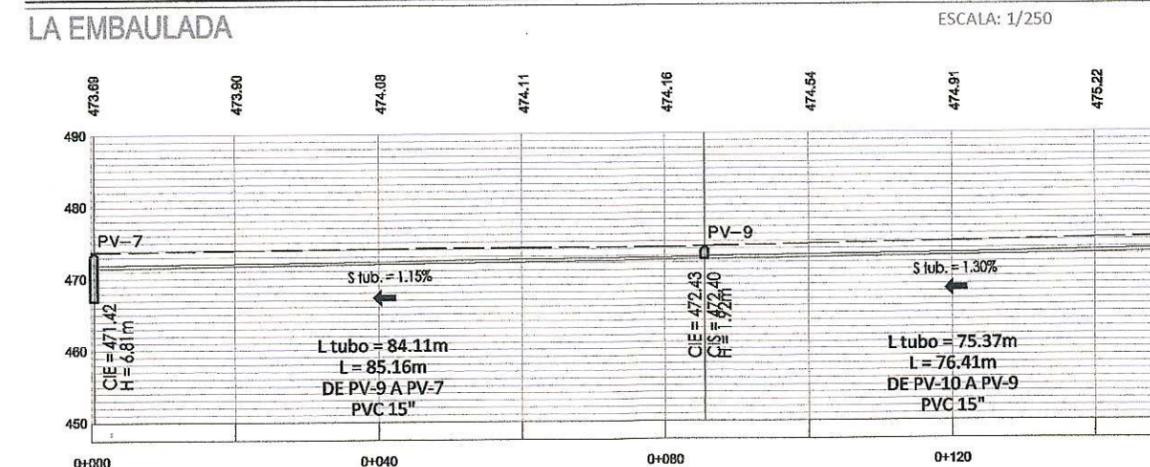
FABIAN ESTUARDO CHAY PÉREZ		
ALCANTARILLADO SEPARATIVO		
ALDEA LA EMBAULADA, SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, GUATEMALA		
PLANTA Y PERFIL DE ALCANTARILLADO PLUVIAL RAMAL 1A		HOJA
FABIAN ESTUARDO CHAY PÉREZ		13
FABIAN ESTUARDO CHAY PÉREZ		25
INDICADA	OCTUBRE DE 2013	



**PLANTA RAMAL 2**

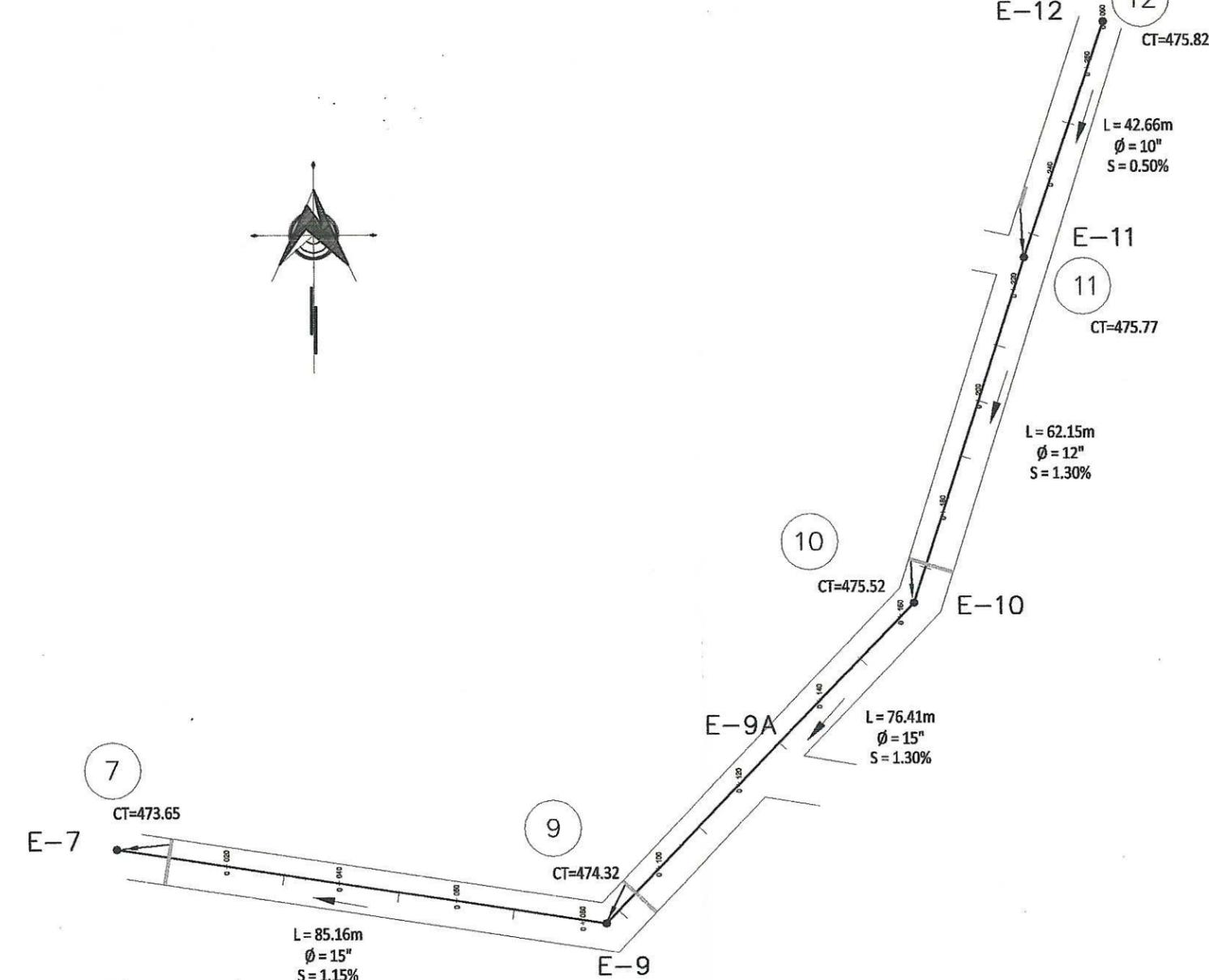


**PERFIL RAMAL 2**

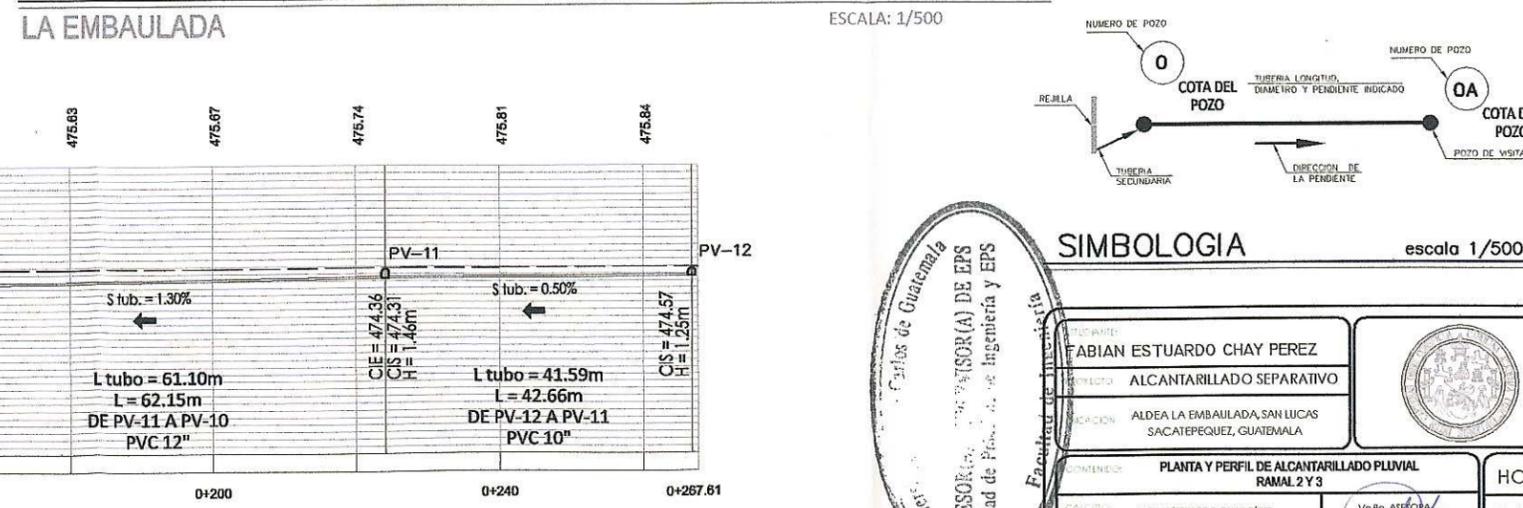


**PERFIL RAMAL 3**

LA EMBAULADA



**PLANTA RAMAL 3**

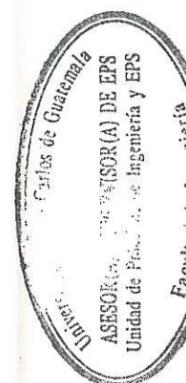


LA EMBAULADA

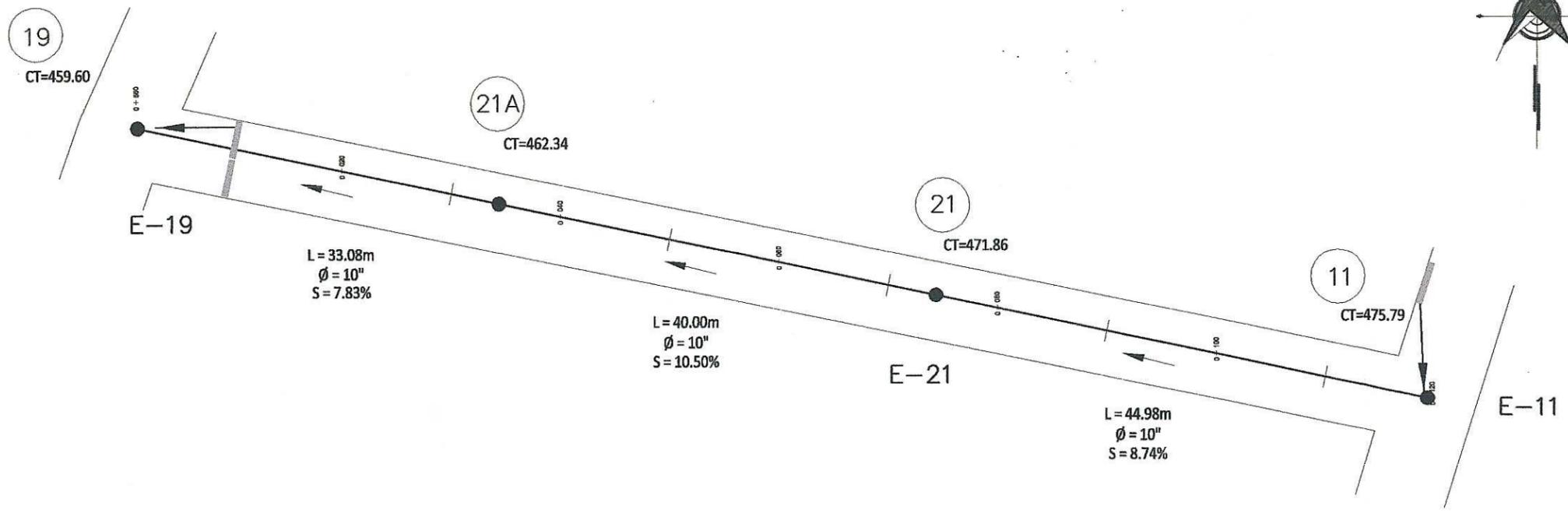
ESCALA: 1/500



**SIMBOLOGIA** escala 1/500



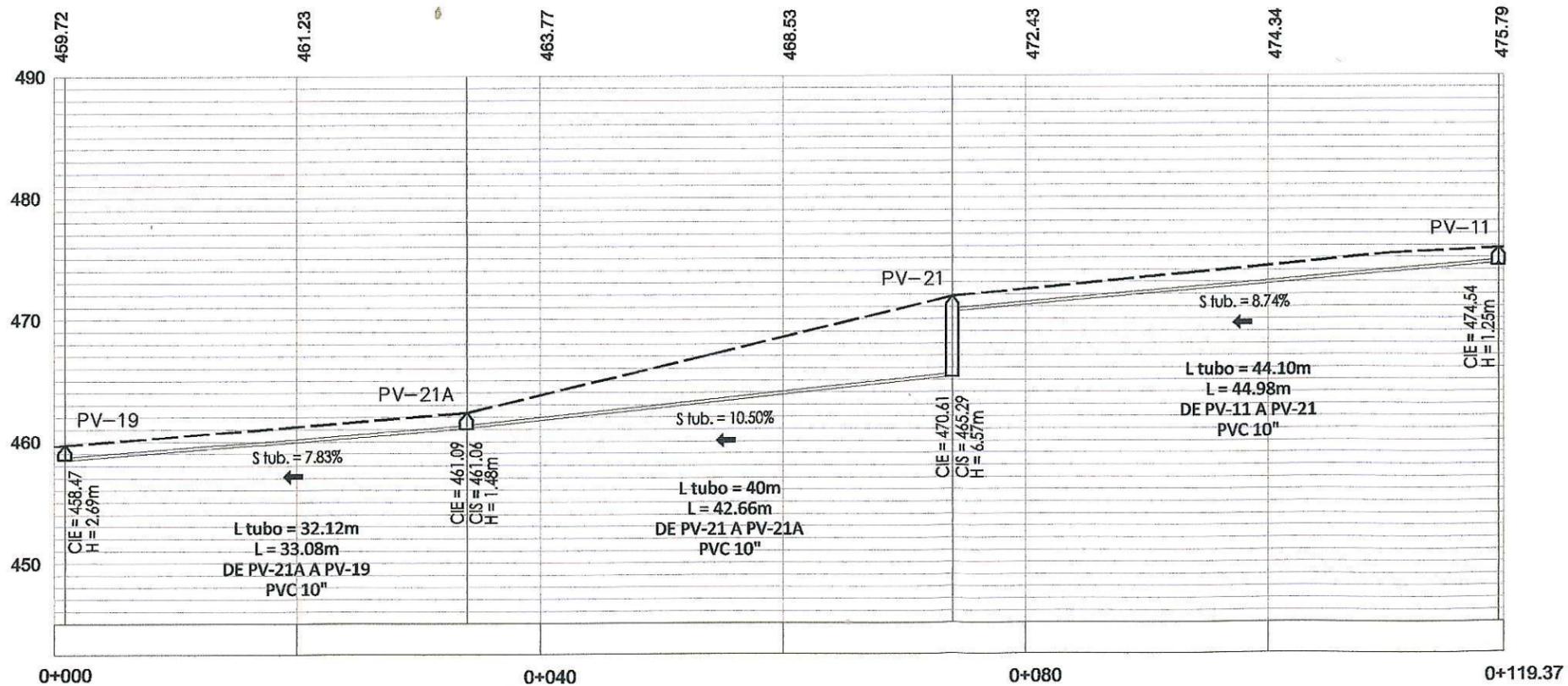
ELABORADO:	FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ	
PROYECTADO:	ALCANTARILLADO SEPARATIVO	
UBICACION:	ALDEA LA EMBAULADA, SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, GUATEMALA	<b>PLANTA Y PERFIL DE ALCANTARILLADO PLUVIAL RAMAL 2 Y 3</b>
CONTENIDO:	PLANTA Y PERFIL DE ALCANTARILLADO PLUVIAL RAMAL 2 Y 3	
ELABORADO:	FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ	
PROYECTADO:	FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ	
FECHA:	OCTUBRE DE 2013	HOJA <b>14</b> 25



### PLANTA RAMAL 4

LA EMBAULADA

ESCALA: 1/250



### PERFIL RAMAL 4

LA EMBAULADA

ESCALA: 1/250



### SIMBOLOGIA

escala 1/500

Universidad de San Carlos de Guatemala  
 ASESOR(A) SUPERVISOR(A) DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

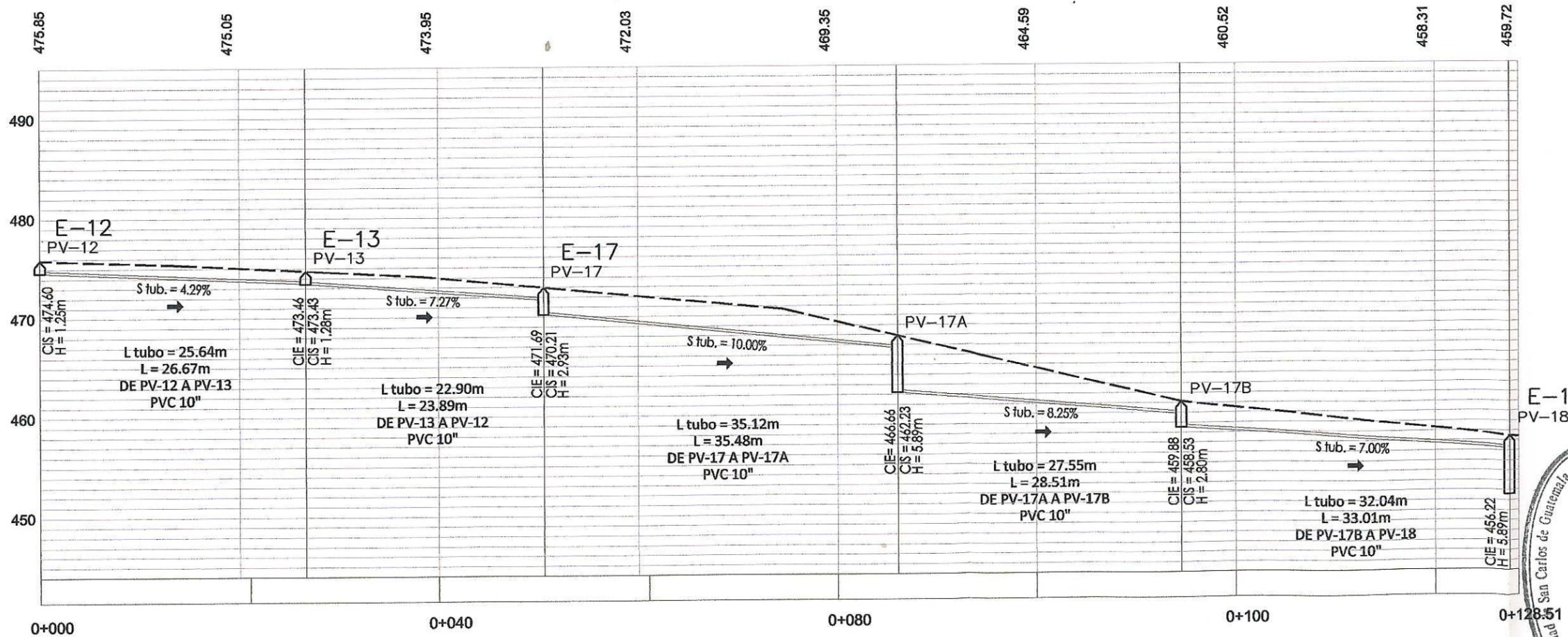
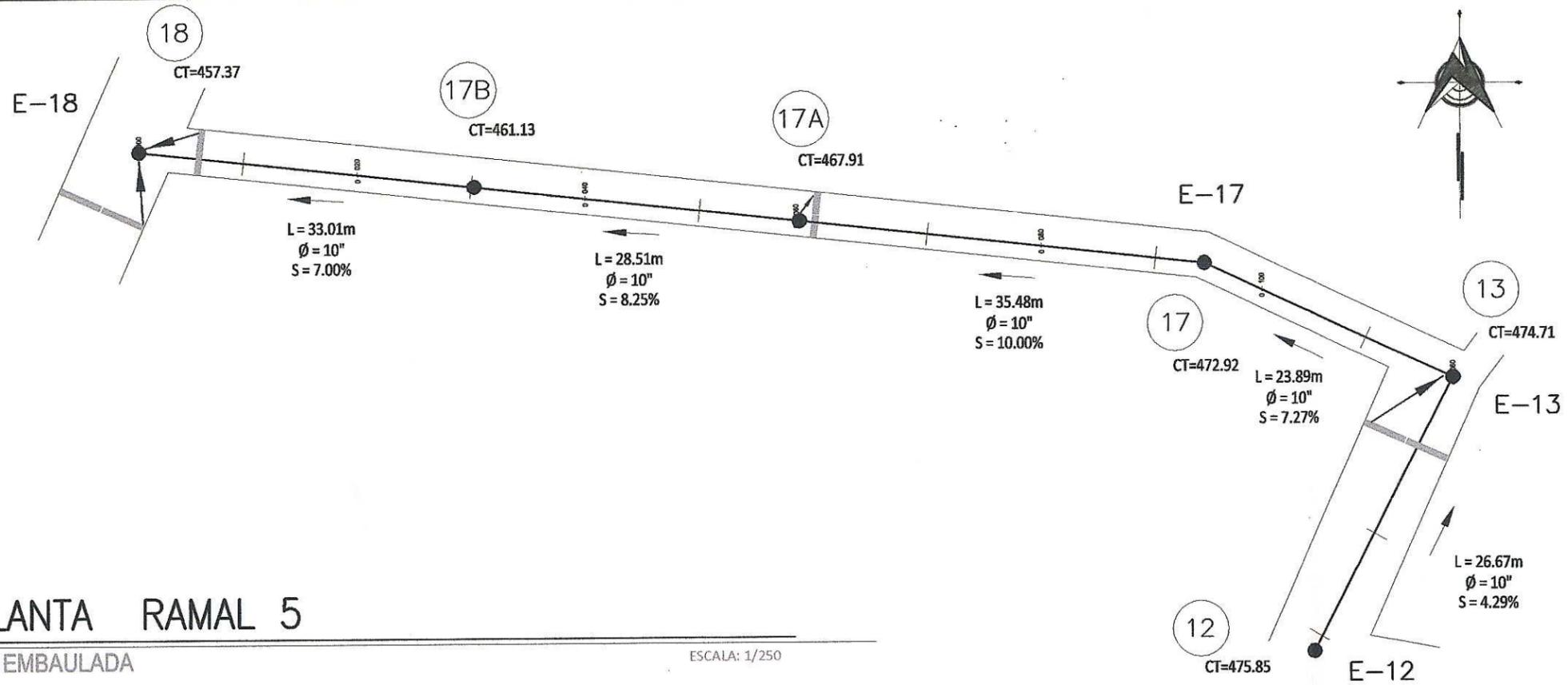
PROYECTANTE FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ	
TÍTULO ALCANTARILLADO SEPARATIVO	
UBICACIÓN ALDEA LA EMBAULADA, SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, GUATEMALA	
PROYECTO PLANTA Y PERFIL DE ALCANTARILLADO PLUVIAL RAMAL 4	
ELABORADO FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ	
FECHA OCTUBRE DE 2013	
ESCALA INDICADA	

HOJA  
15  
25

# PLANTA RAMAL 5

LA EMBAULADA

ESCALA: 1/250



SIMBOLOGIA escala 1/500

# PERFIL RAMAL 5

LA EMBAULADA

ESCALA: 1/250

San Carlos de Guatemala

UNIVERSIDAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

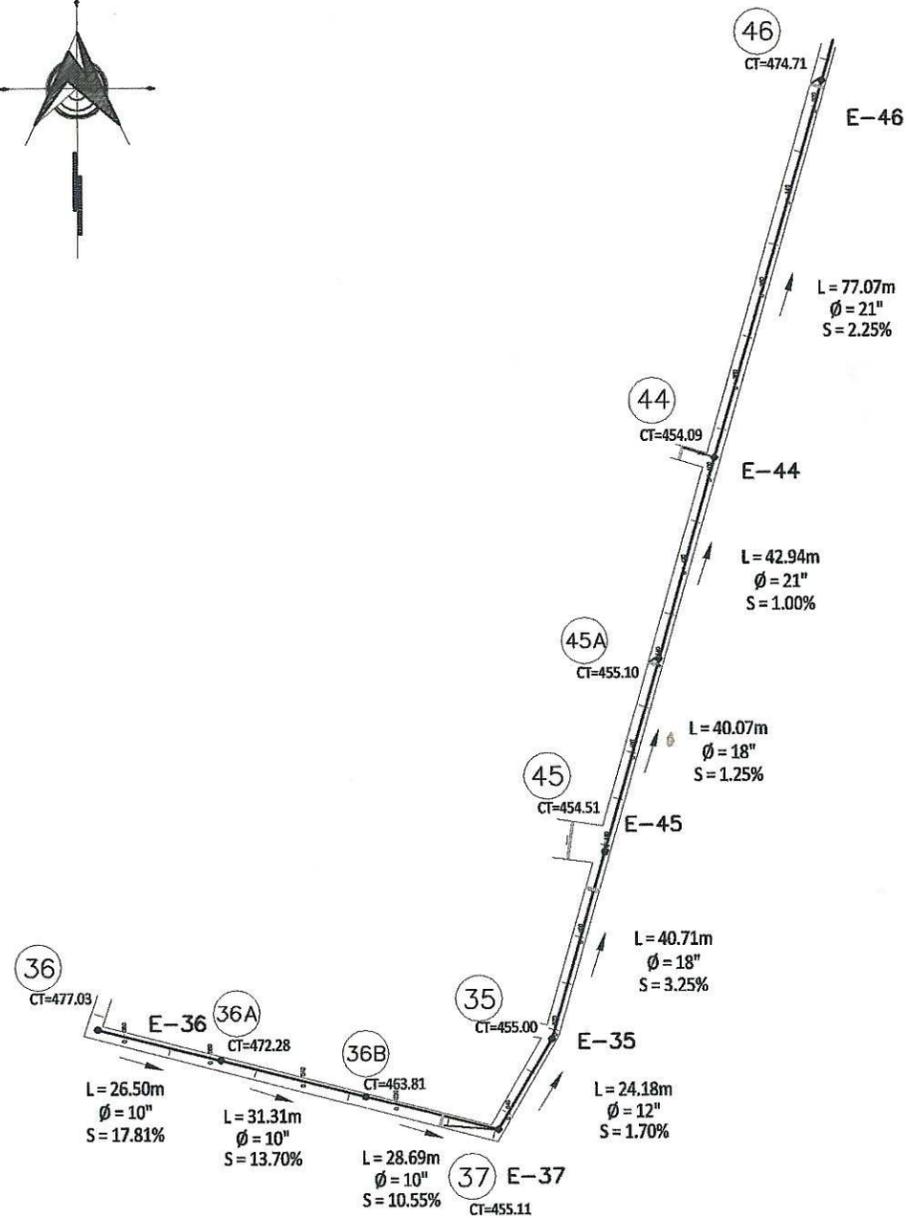
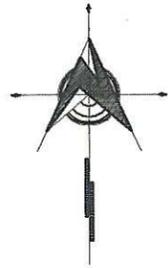
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS

Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

ESTUDIANTE	FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ	
PROYECTO	ALCANTARILLADO SEPARATIVO	
LUGAR	ALDEA LA EMBAULADA, SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, GUATEMALA	HOJA 16 / 25
FECHA	OCTUBRE DE 2015	

Volvo ASSESORA

Ing. MARGARITA GARCIA DE SIERRA



# PLANTA RAMAL 10

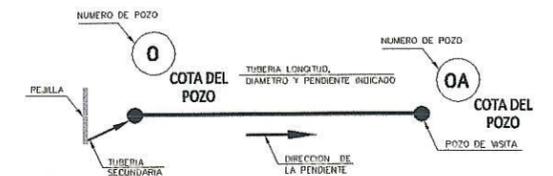
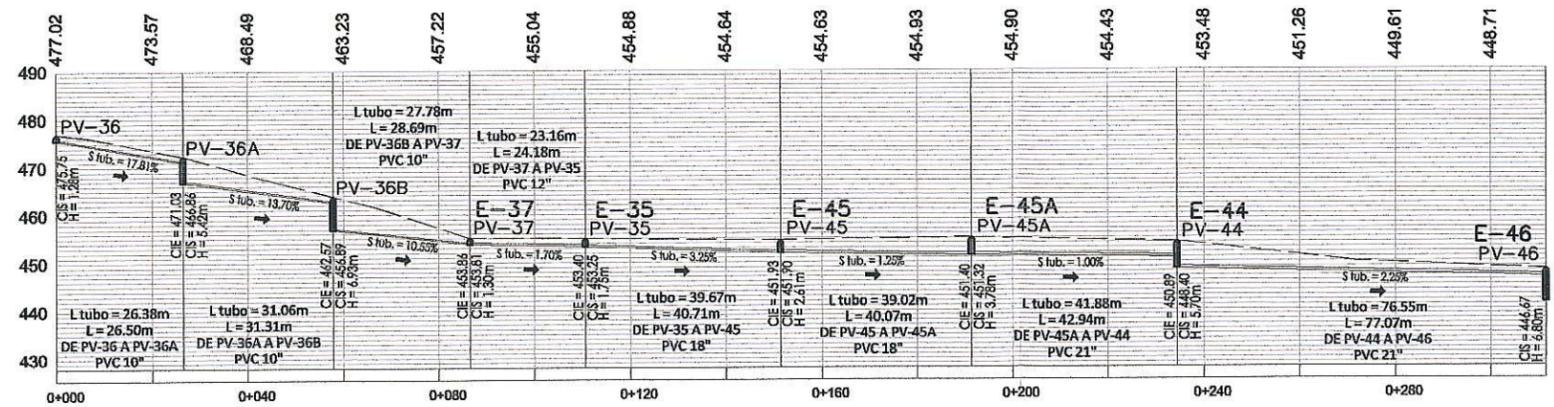
LA EMBAULADA

ESCALA: 1/750

# PERFIL RAMAL 10

LA EMBAULADA

ESCALA: 1/750



## SIMBOLOGIA

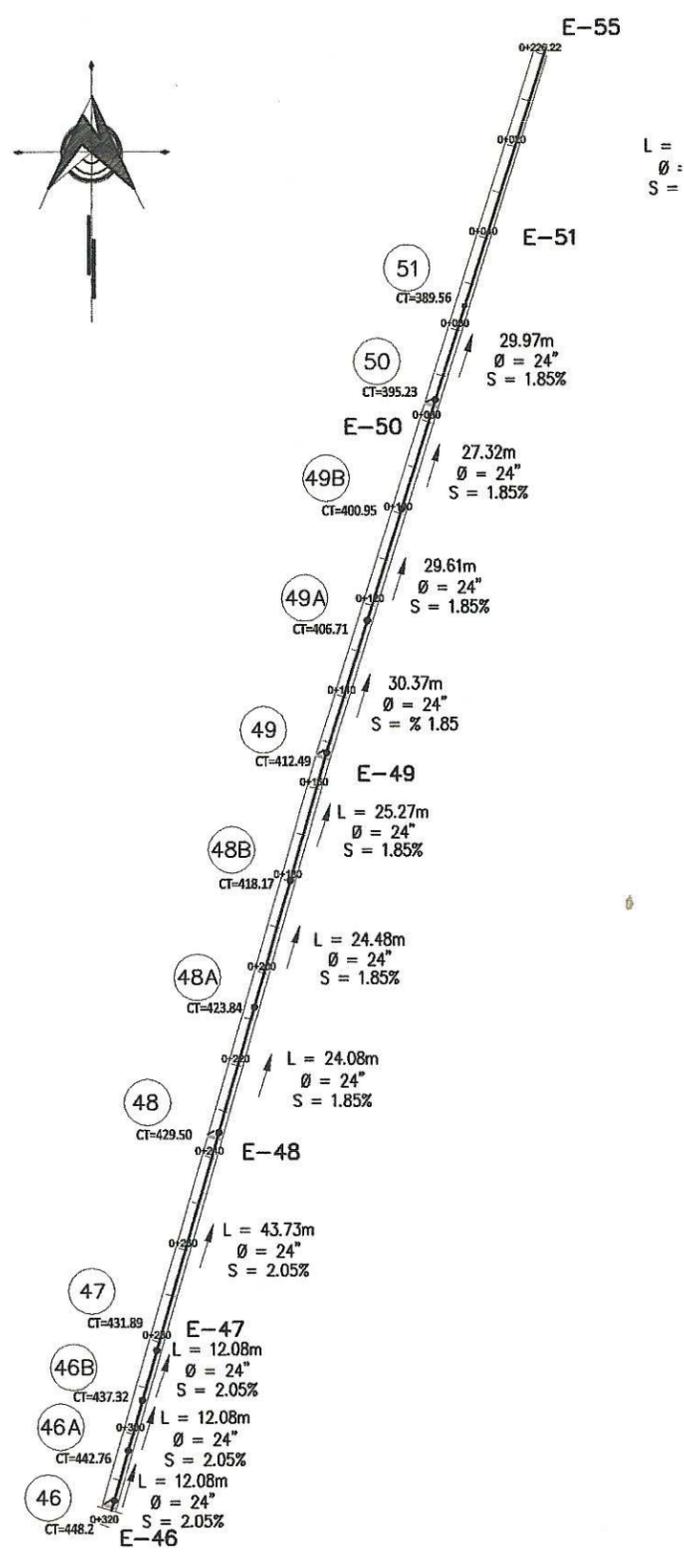
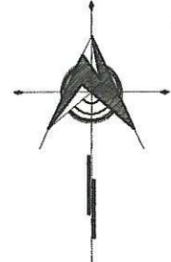
escala 1/500

Universidad de San Carlos de Guatemala

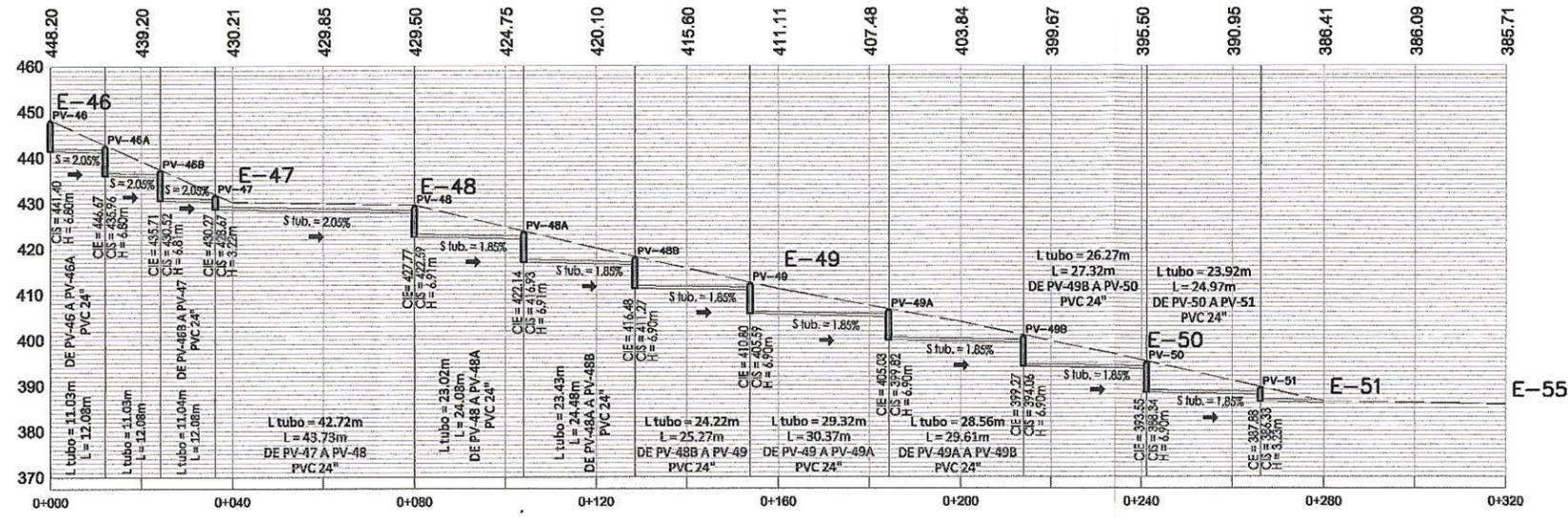
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS

Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

AUTOR: FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ PROYECTO: ALCANTARILLADO SEPARATIVO UBICACION: ALDEA LA EMBAULADA, SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, GUATEMALA	
TITULO: PLANTA Y PERFIL DE ALCANTARILLADO PLUVIAL RAMAL 10 ELABORADO POR: FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ REVISADO POR: FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ FECHA: INDICADA	Visto: ASESCOR  FOLIO: 17 DE: 25



L =  
 $\varnothing =$   
 S =



### PERFIL RAMAL 10 A

LA EMBAULADA

ESCALA: 1/750



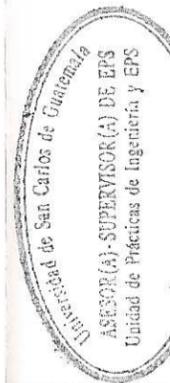
### SIMBOLOGIA

escala 1/500

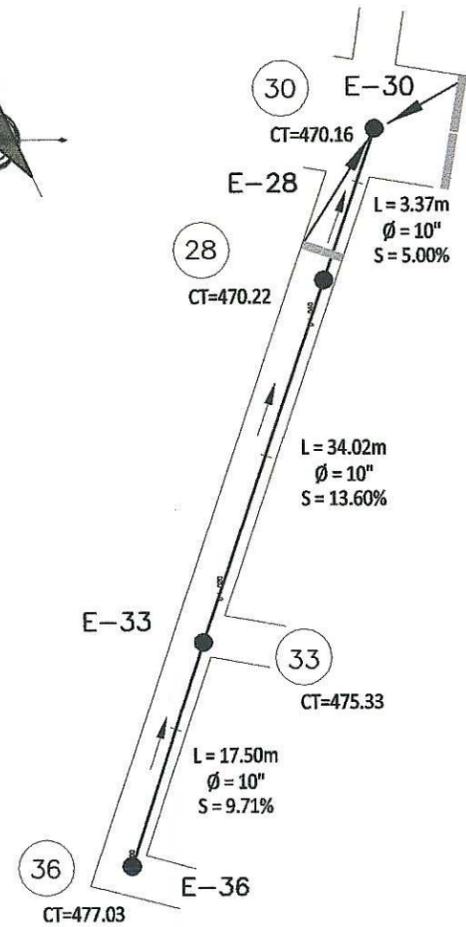
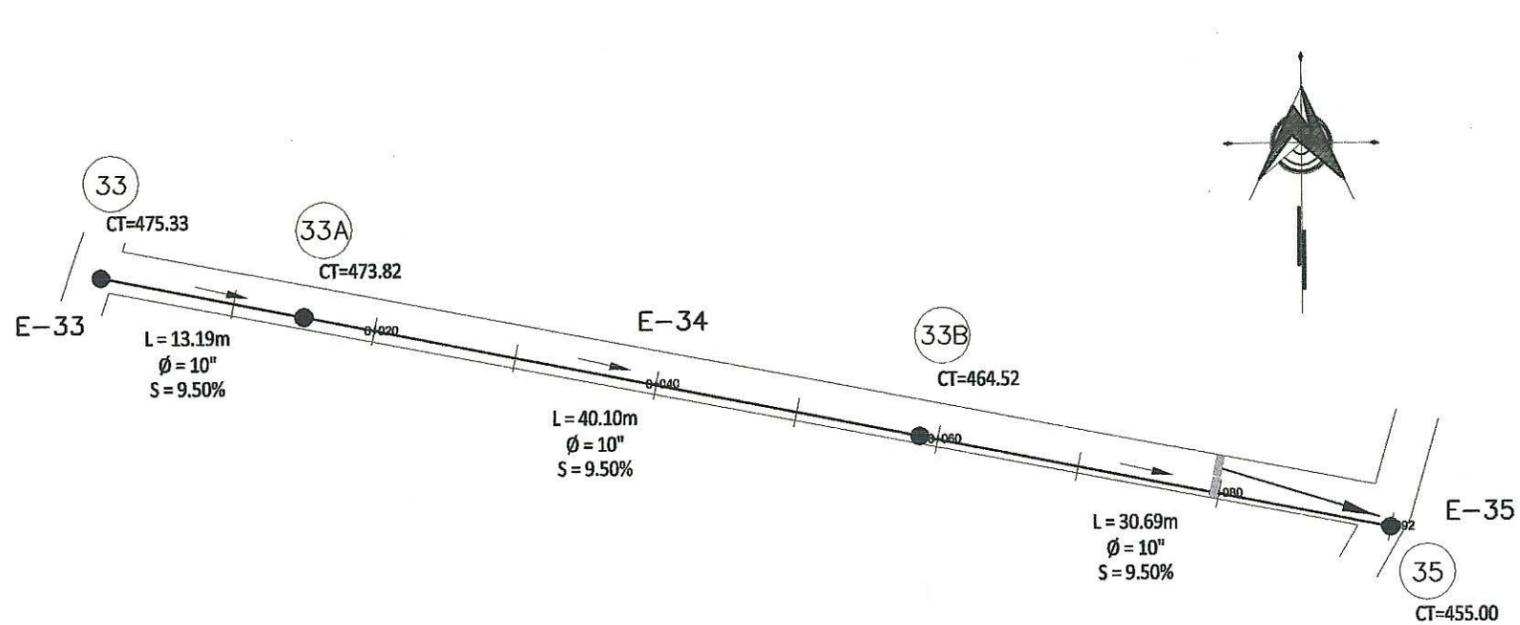
### PLANTA RAMAL 10 A

LA EMBAULADA

ESCALA: 1/1000



TITULAR: <b>FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ</b>		
PROYECTO: <b>ALCANTARILLADO SEPARATIVO</b>		
UBICACION: <b>ALDEA LA EMBAULADA, SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, GUATEMALA</b>		
CONTENIDO: <b>PLANTA Y PERFIL DE ALCANTARILLADO PLUVIAL RAMAL 10A</b>		HOJA <b>18</b>
ALCANTARILLADO: <b>FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ</b>	DISEÑO: <b>FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ</b>	ESCALA: <b>INDICADA</b>
FECHA: <b>OCTUBRE DE 2013</b>		HOJA <b>25</b>



### PLANTA RAMAL 11

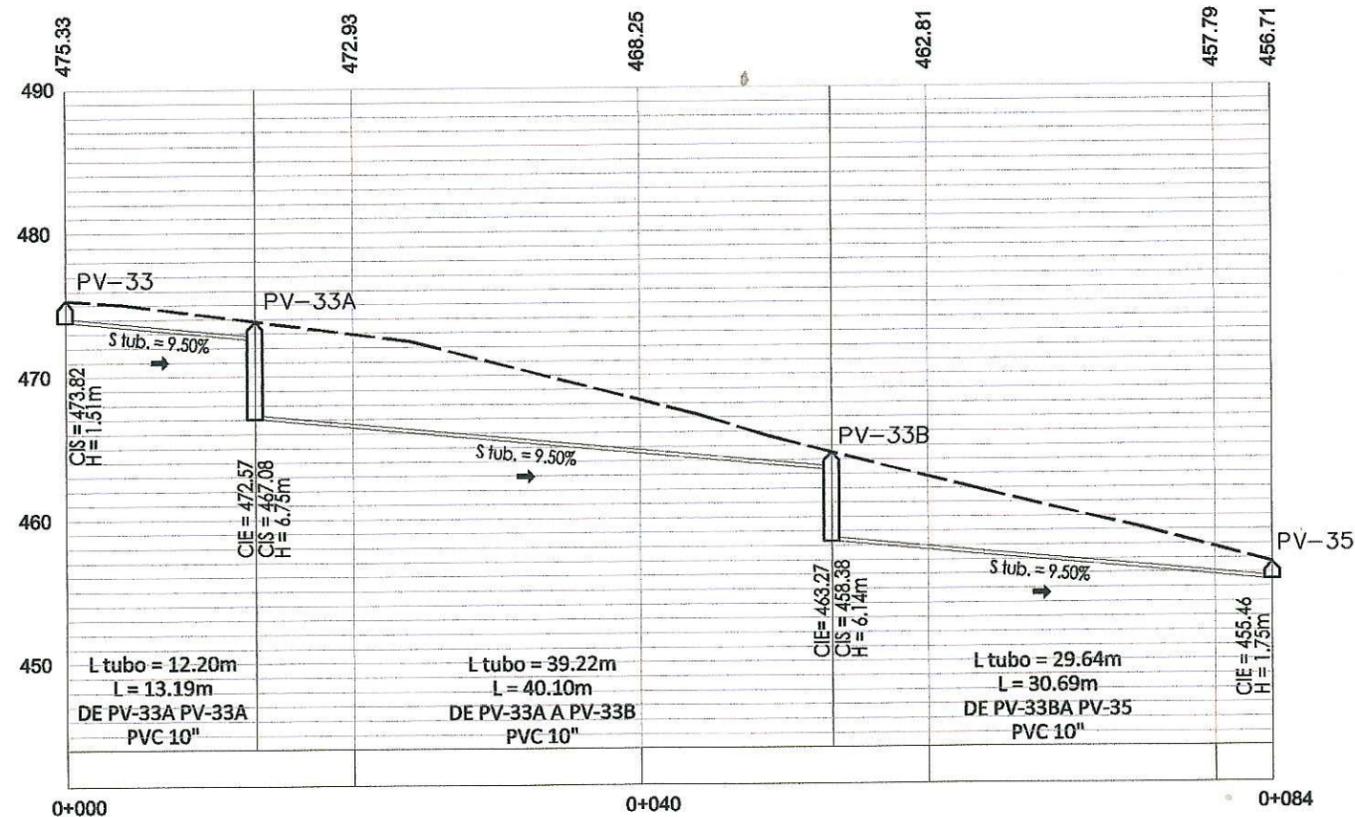
LA EMBAULADA

ESCALA: 1/250

### PLANTA RAMAL 12

LA EMBAULADA

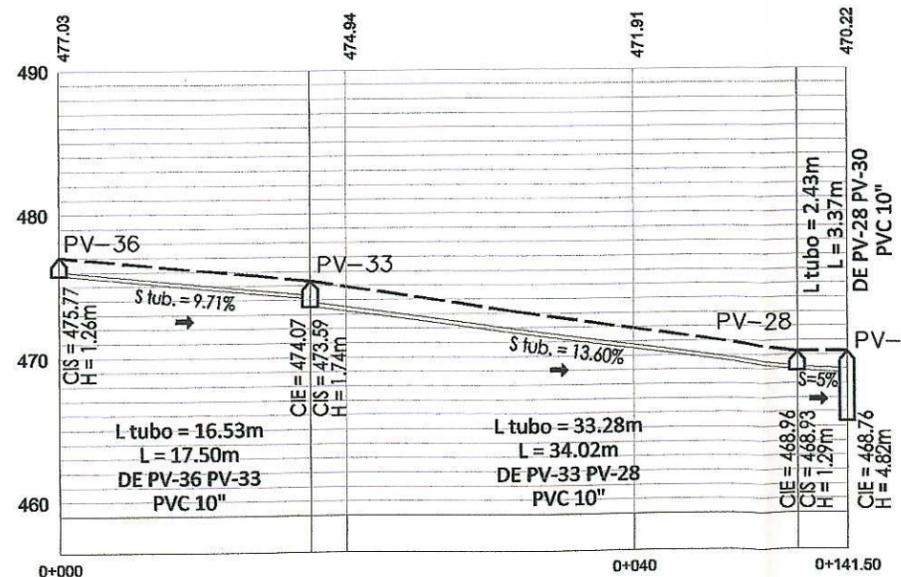
ESCALA: 1/250



### PERFIL RAMAL 11

LA EMBAULADA

ESCALA: 1/250



### PERFIL RAMAL 12

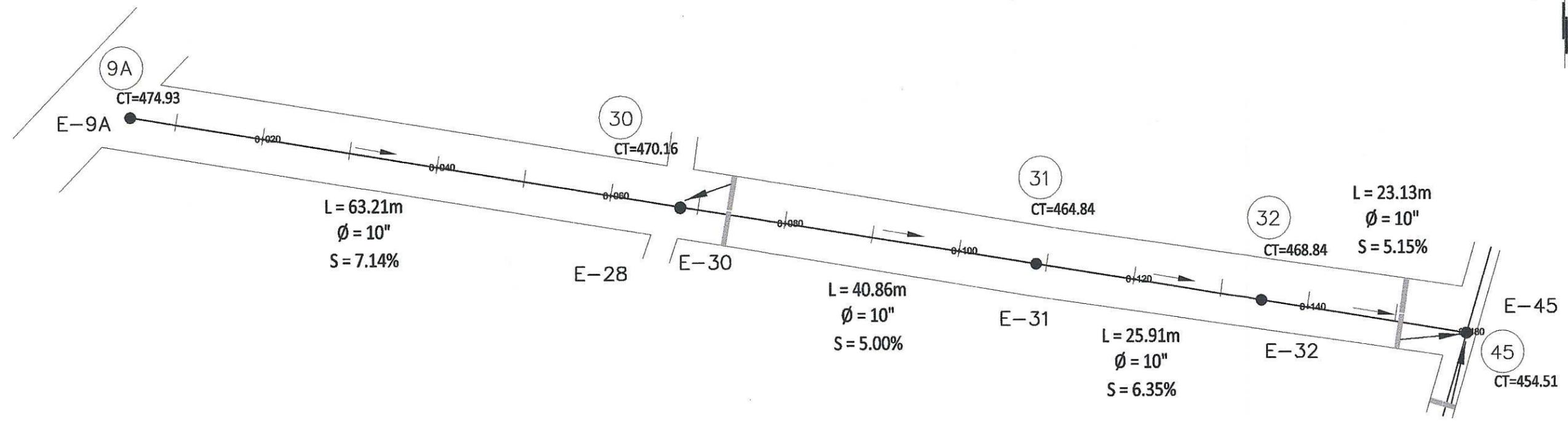
LA EMBAULADA

ESCALA: 1/250



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 ESCUELA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
 SIMBOLOGIA ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS  
 ESCALA 1/500

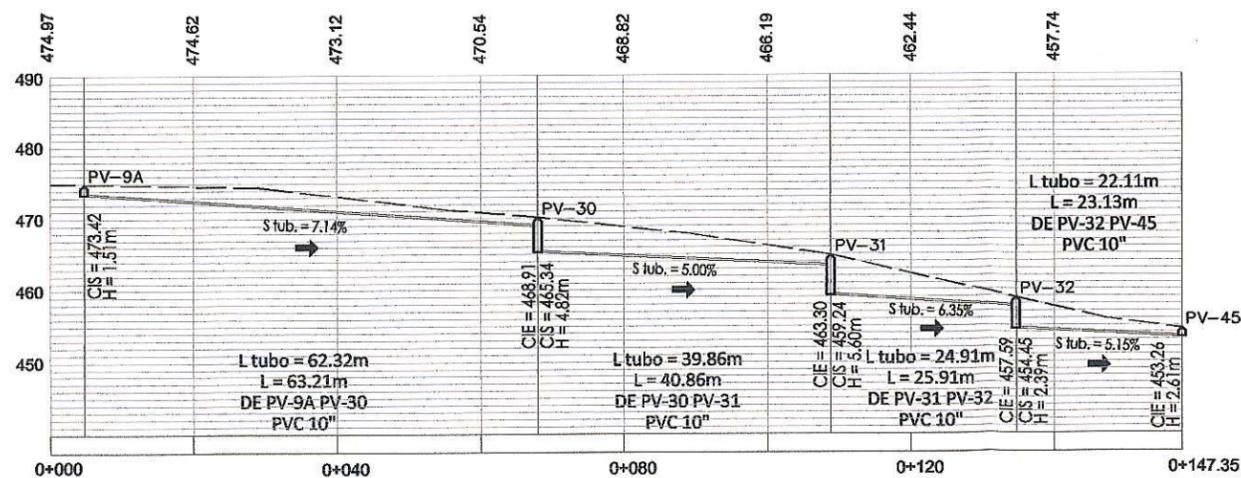
ESTUDIANTE: FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ	 FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ INGENIERO EN INGENIERIA CIVIL	HOJA 19 25
PROYECTO: ALCANTARILLADO SEPARATIVO		
UBICACION: ALDEA LA EMBAULADA, SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, GUATEMALA	TITULO: PLANTA Y PERFIL DE ALCANTARILLADO PLUVIAL RAMAL 11 Y 12	
FECHA: INDICADA	FECHA: OCTUBRE DE 2013	ASISTENTE:  INGENIERO EN INGENIERIA CIVIL



# PLANTA RAMAL 13

LA EMBAULADA

ESCALA: 1/250



# PERFIL RAMAL 13

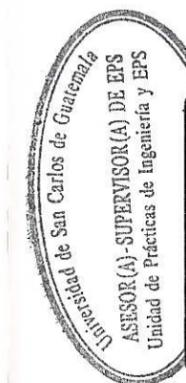
LA EMBAULADA

ESCALA: 1/500

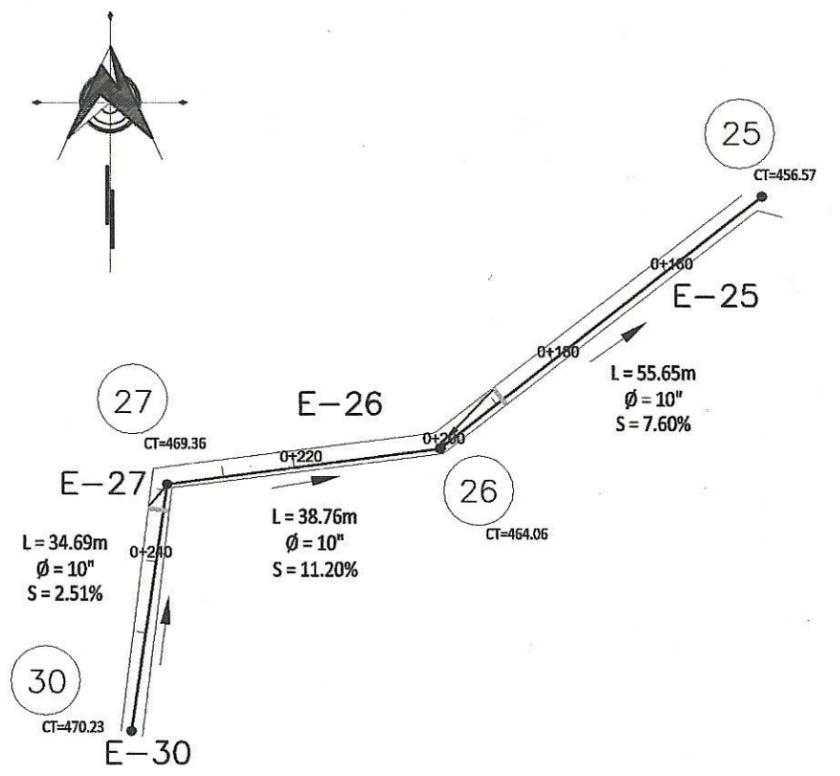


## SIMBOLOGIA

escala 1/500

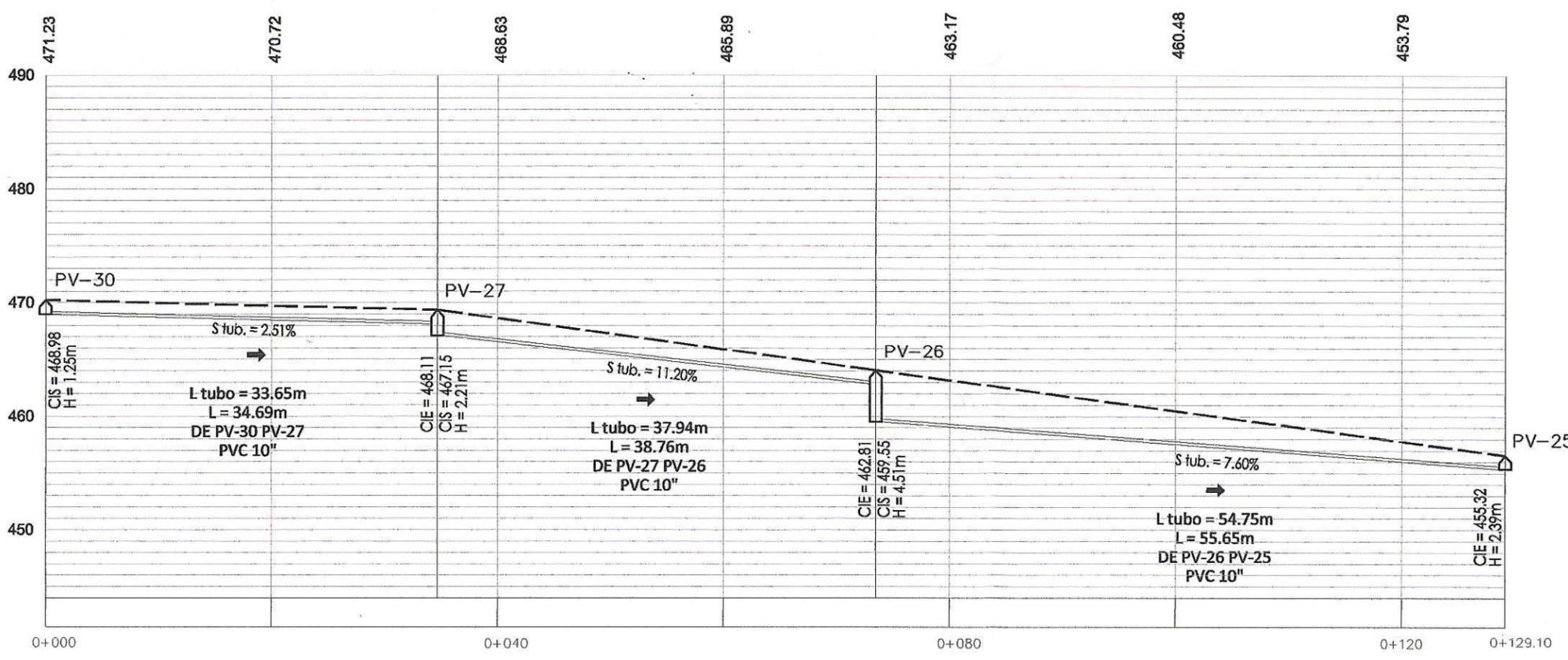


INGENIERO <b>FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ</b>	
TITULO <b>ALCANTARILLADO SEPARATIVO</b>	
UBICACION <b>ALDEA LA EMBAULADA, SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, GUATEMALA</b>	ESCALA: INDICADA FECHA: OCTUBRE DE 2013
TITULO <b>PLANTA Y PERFIL DE ALCANTARILLADO PLUVIAL RAMAL 13</b>	
INGENIERO <b>FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ</b>	
INGENIERO <b>FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ</b>	HOJA <b>20</b> DE <b>25</b>



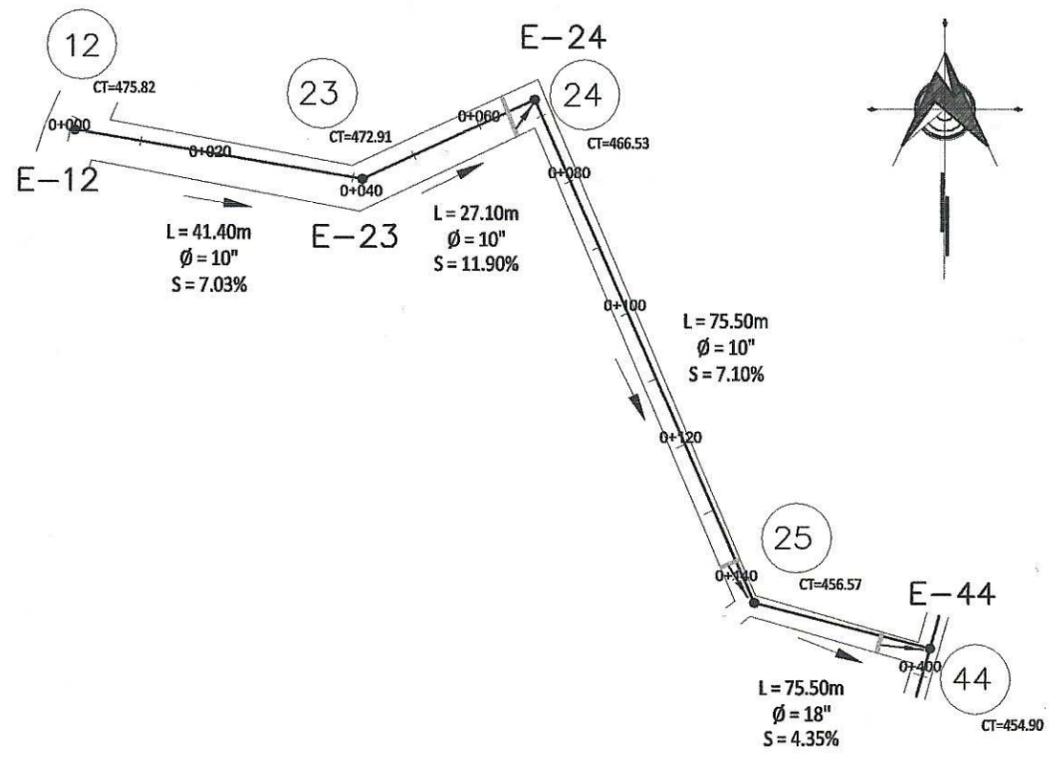
### PLANTA RAMAL 14

LA EMBAULADA ESCALA: 1/500



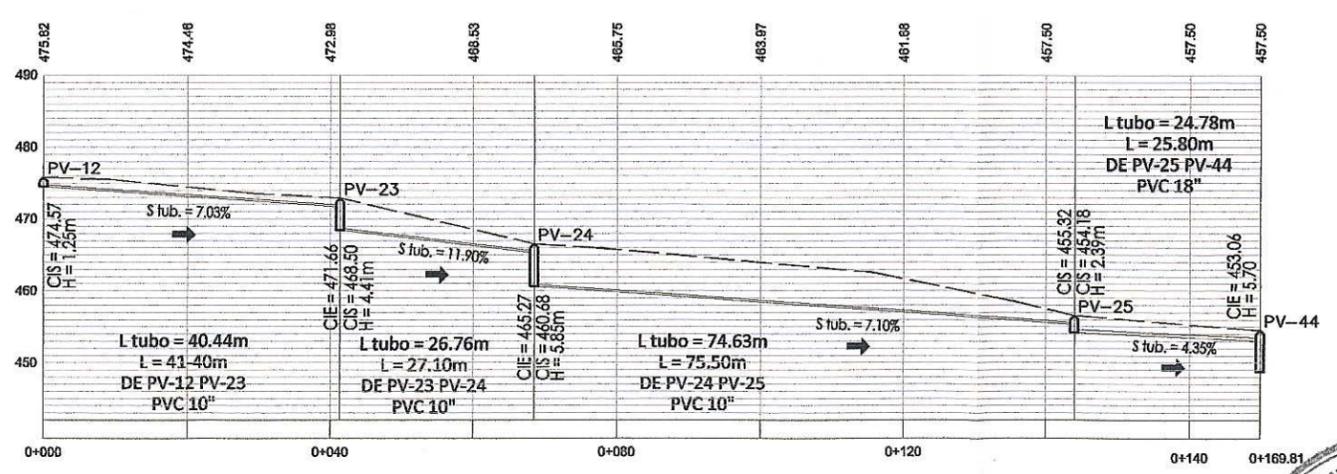
### PERFIL RAMAL 14

LA EMBAULADA ESCALA: 1/250



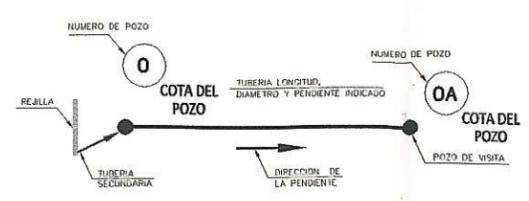
### PLANTA RAMAL 15

LA EMBAULADA ESCALA: 1/500



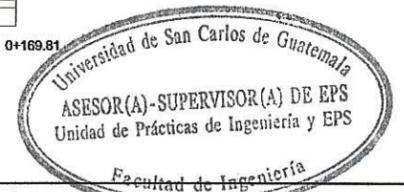
### PERFIL RAMAL 15

LA EMBAULADA ESCALA: 1/500

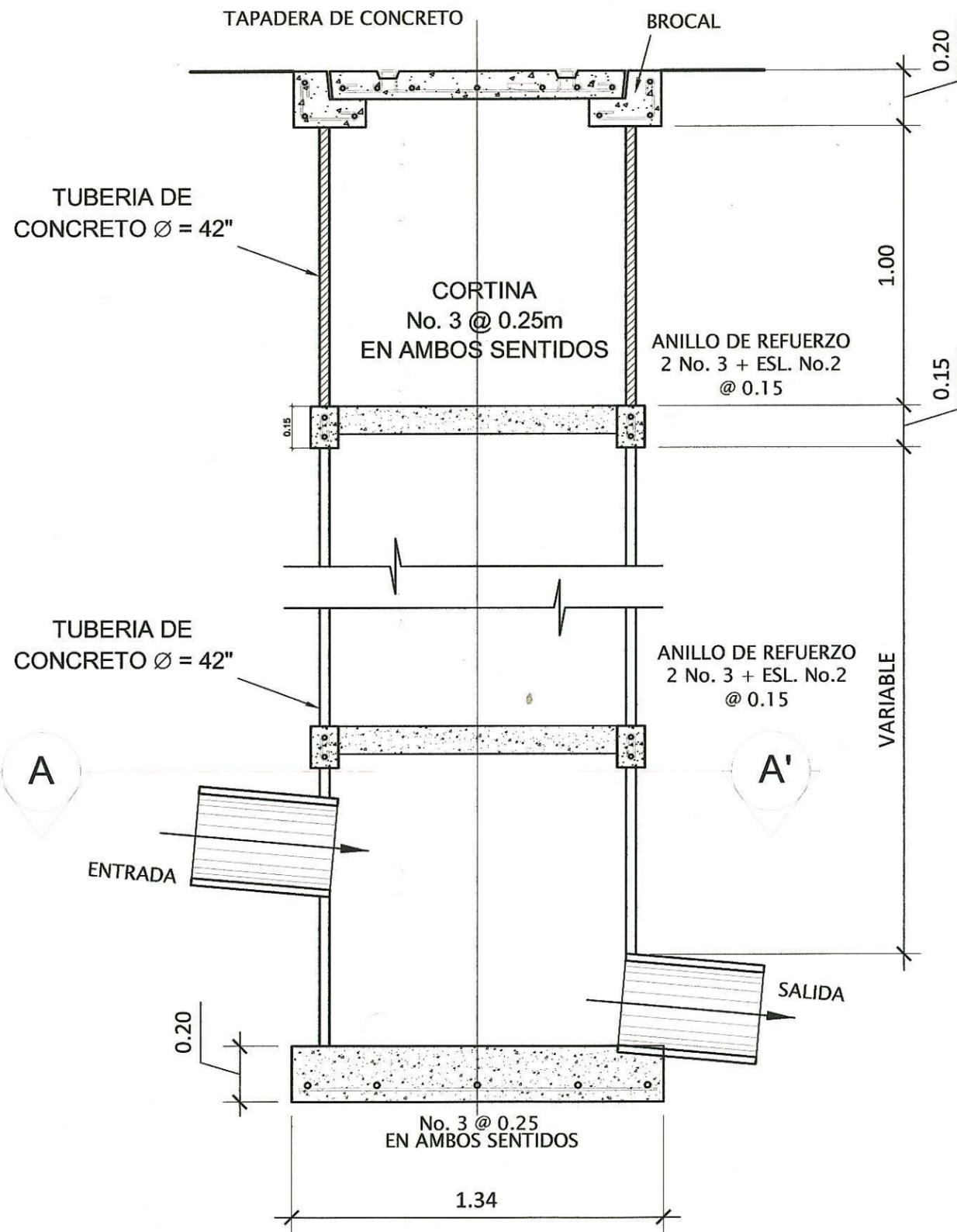


### SIMBOLOGIA

escala 1/500



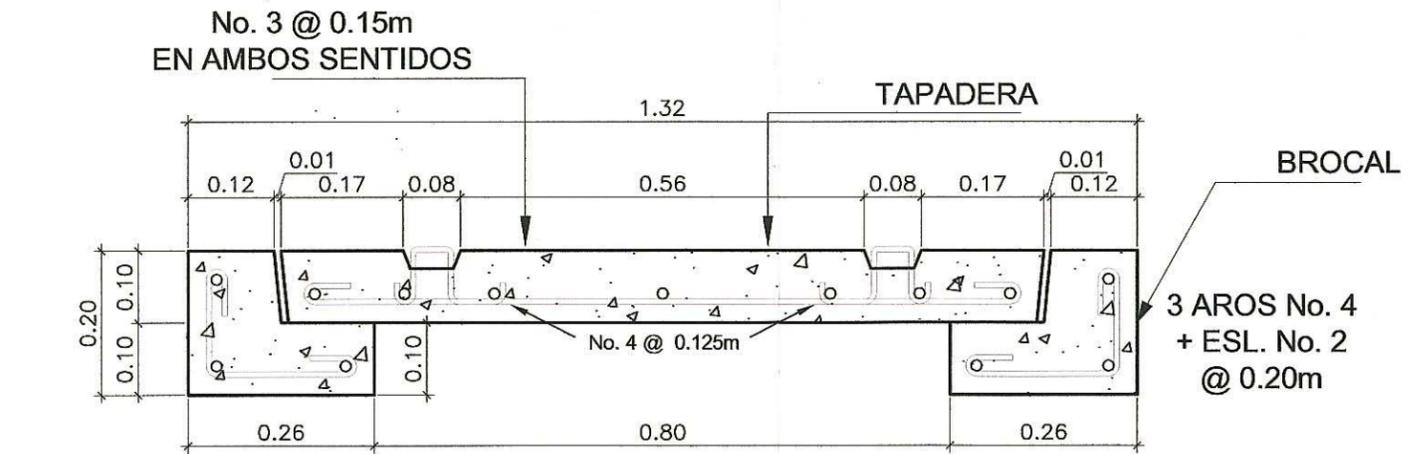
PROGRAMA FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ		HOJA 21 / 25
PROYECTO ALCANTARILLADO SEPARATIVO		
UBICACION ALDEA LA EMBAULADA, SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, GUATEMALA		OCTUBRE DE 2013
CONTENIDO PLANTA Y PERFIL DE ALCANTARILLADO PLUVIAL RAMAL 14 Y 15		
AUTOR FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ		
DISEÑADO FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ		



DETALLE POZO DE VISITA (SECCION)

LA EMBAULADA

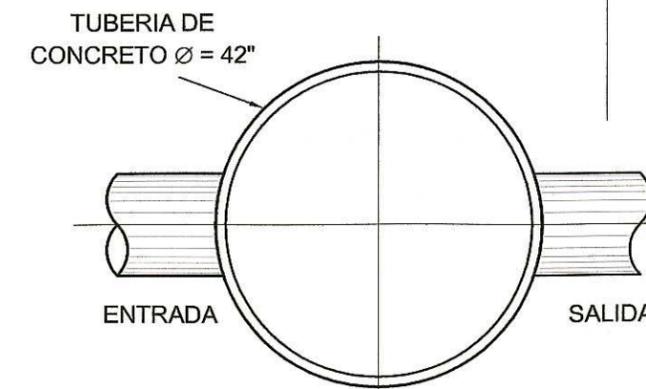
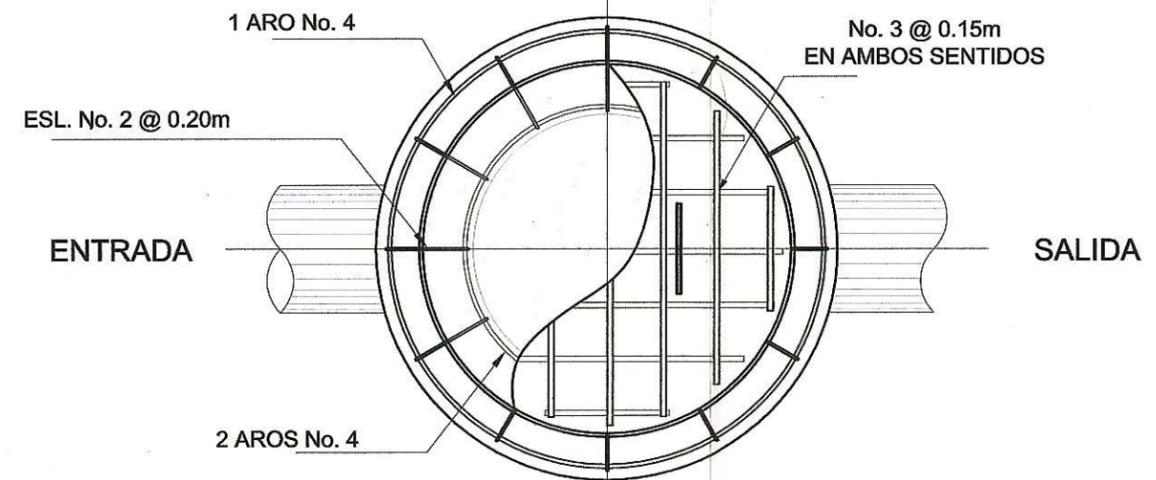
ESCALA: 1/20



DETALLE TAPADERA/BROCAL (SECCION)

LA EMBAULADA

ESCALA: 1/50



SECCION A - A'

LA EMBAULADA

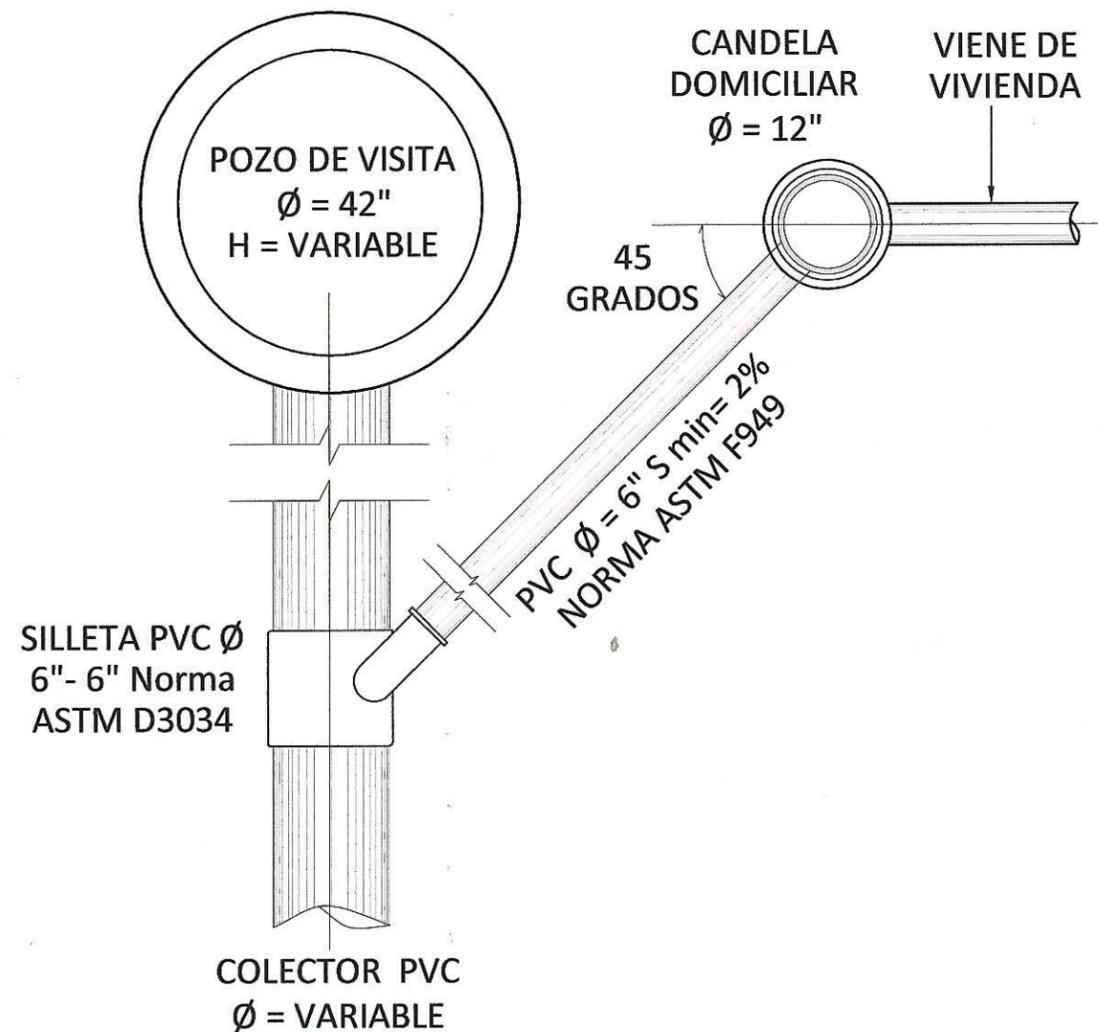
ESCALA: 1/25

DETALLE TAPADERA/BROCAL (PLANTA)

LA EMBAULADA

Universidad de San Carlos de Guatemala  
 ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 ESCALA: 1/50  
 Facultad de Ingeniería

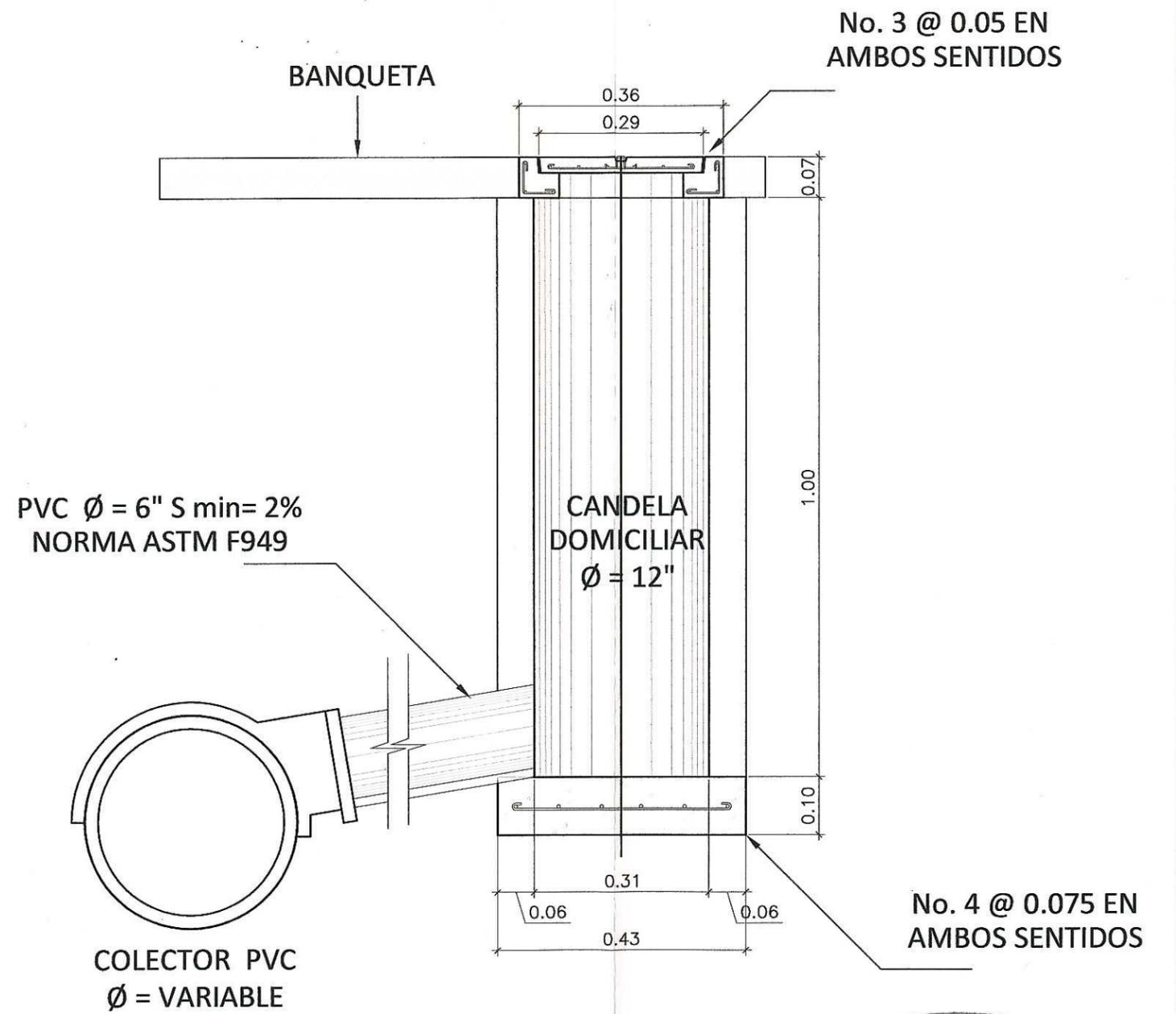
ESTUDIANTE: FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ		HOJA 22 / 25
PROYECTO: ALCANTARILLADO SEPARATIVO		
UBICACION: ALDEA LA EMBAULADA, SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, GUATEMALA		
CONTENIDO: DETALLES DE POZO DE VISITA		
CALCULO: FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ	Vo.Bo. ASESORA	22 / 25
DIBUJO: FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ		
ESCALA: INDICADA	FECHA: OCTUBRE DE 2013	



DETALLE DE CANDELA DOMICILIAR (PLANTA)

LA EMBAULADA

ESCALA: 1/25

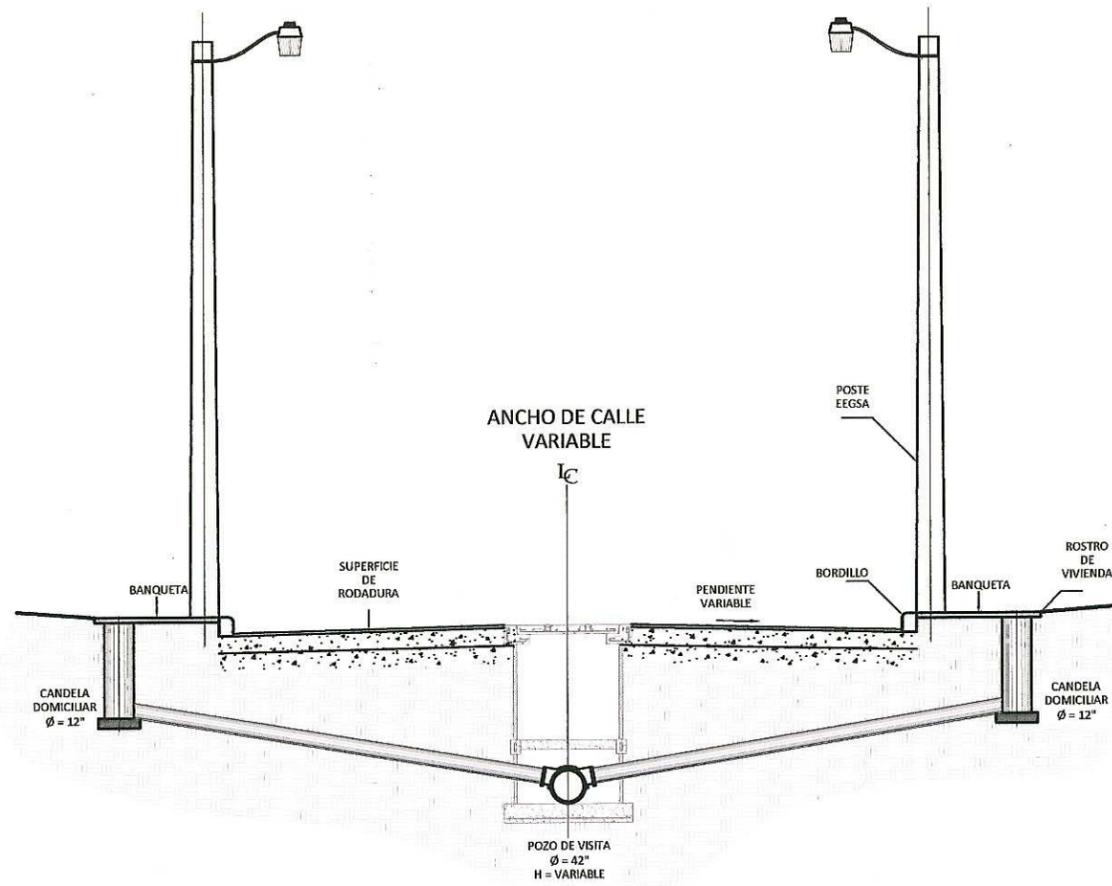


DETALLE DE CANDELA DOMICILIAR (SECCION)

LA EMBAULADA

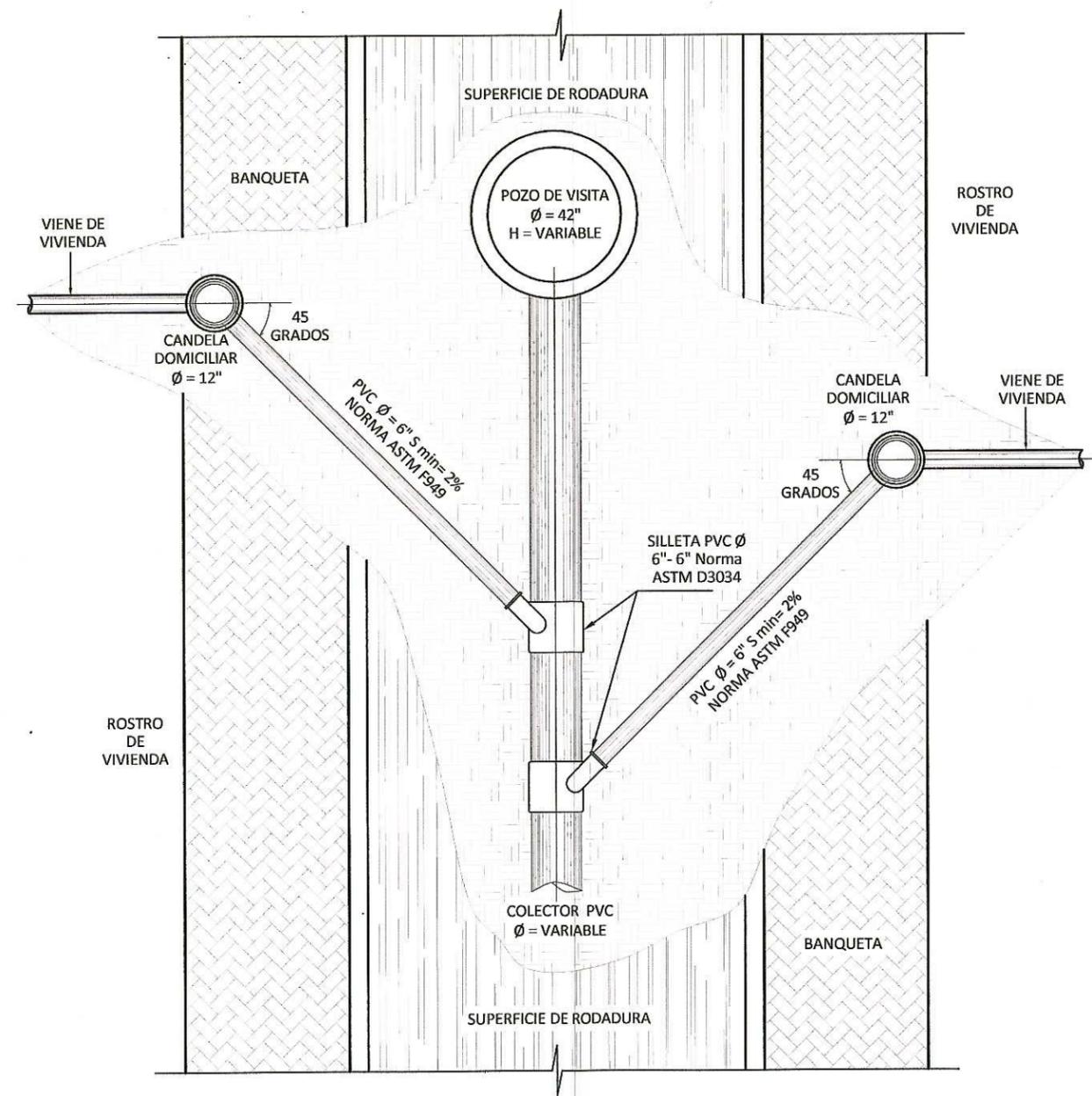
Universidad de San Carlos de Guatemala  
ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Escuela de Ingeniería

ESTUDIANTE: FABIAN ESTUARDO CHAY PEREZ		
PROYECTO: ALCANTARILLADO SEPARATIVO		
UBICACION: ALDEA LA EMBAULADA, SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, GUATEMALA		
CONTENIDO: DETALLES DE CANDELA DOMICILIAR		HOJA
CALCULO: FABIAN ESTUARDO CHAY PÉREZ	Va. Bor. ASESORA	23
DIBUJO: FABIAN ESTUARDO CHAY PÉREZ	Ing. MAYRA GARCÍA DE SIERRA	25
ESCALA: INDICADA	FECHA: OCTUBRE DE 2013	



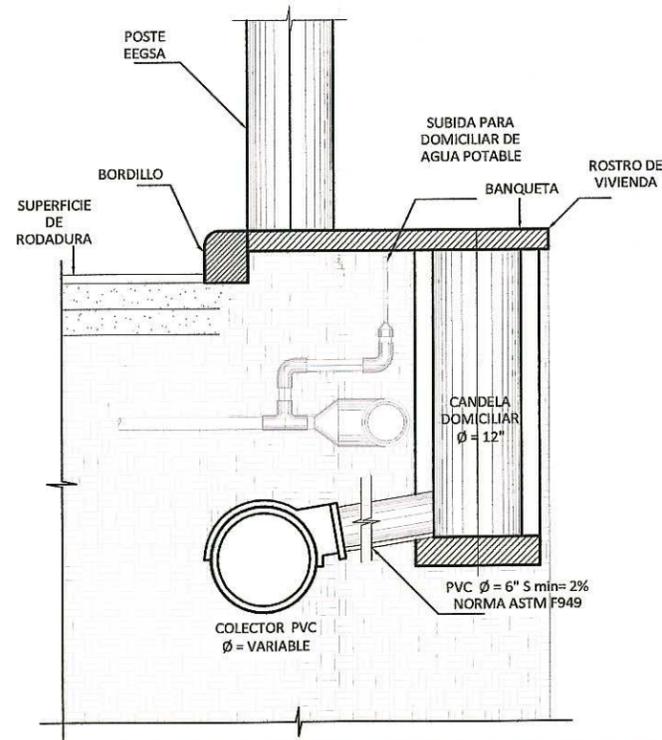
GABARITO TIPICO  
LA EMBAULADA

ESCALA: 1/75



PLANTA CONEXION A SISTEMA SANITARIO  
LA EMBAULADA

ESCALA: 1/50



ELEVACION DETALLE CONEXION CANDELA  
DOMICILIAR A SISTEMA SANITARIO

LA EMBAULADA

ESCALA: 1/25

Universidad de San Carlos de Guatemala

ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE OBRAS

ESTUDIANTE:  
FABIAN ESTUARDO CHAY PÉREZ

PROYECTO: ALCANTARILLADO SEPARATIVO

UBICACION: ALDEA LA EMBAULADA, SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, GUATEMALA

CONTENIDO: CONEXION DOMICILIAR A SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

CALCULO: FABIAN ESTUARDO CHAY PÉREZ

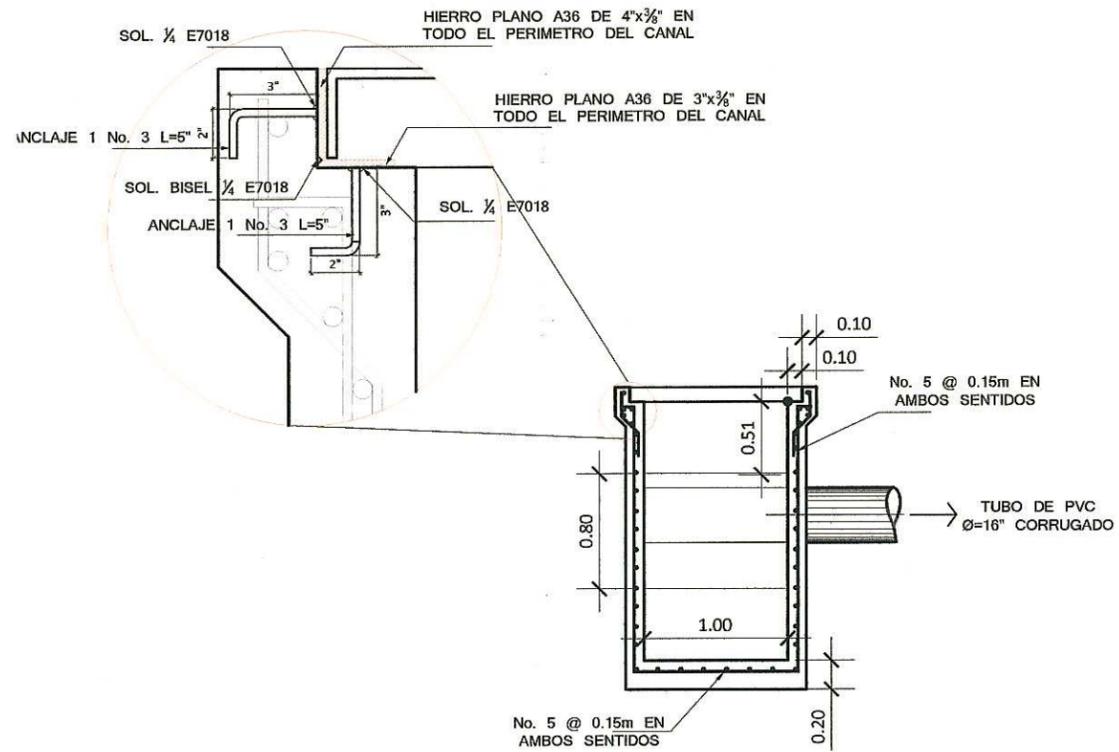
DIBUJO: FABIAN ESTUARDO CHAY PÉREZ

ESCALA: INDICADA

FECHA: OCTUBRE DE 2013

ING. MAYRA GARCIA DE SIERRA

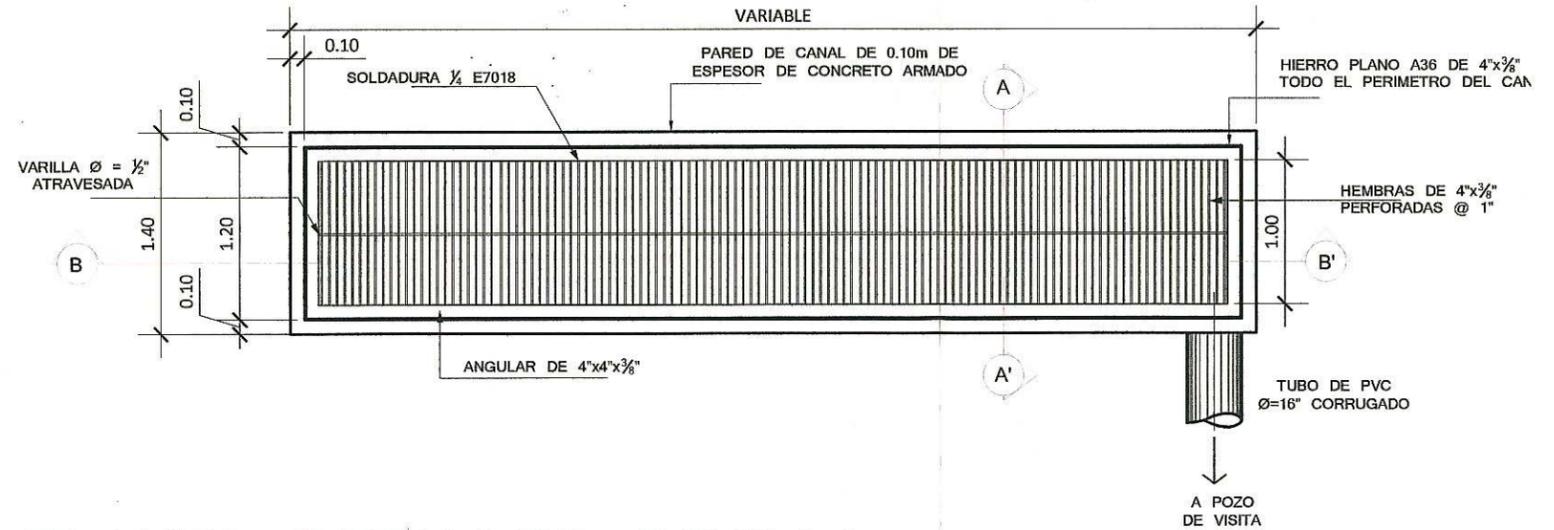
HOJA  
24  
25



### SECCION A - A'

LA EMBAULADA

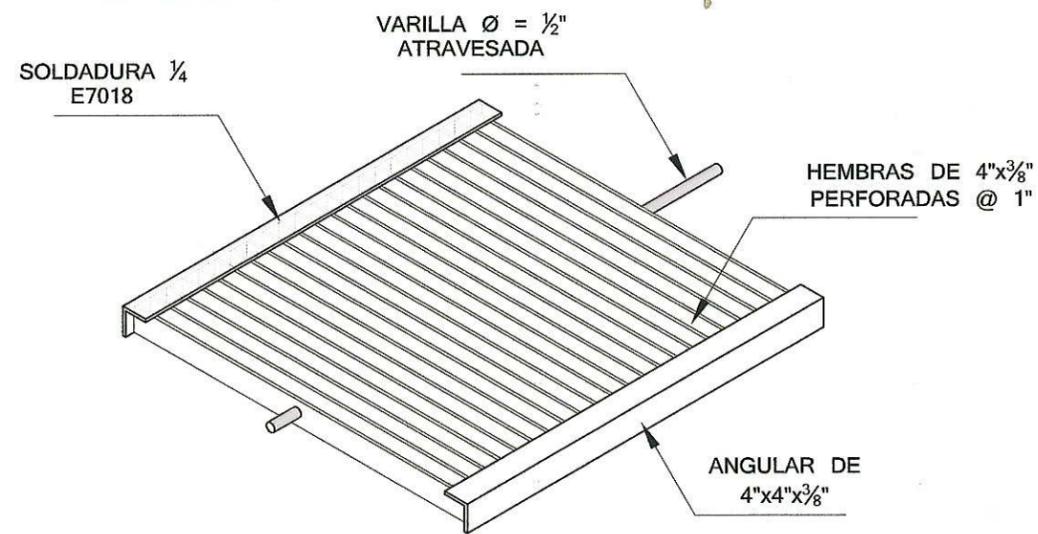
ESCALA: 1/50



### PLANTA DETALLES REJILLA

LA EMBAULADA

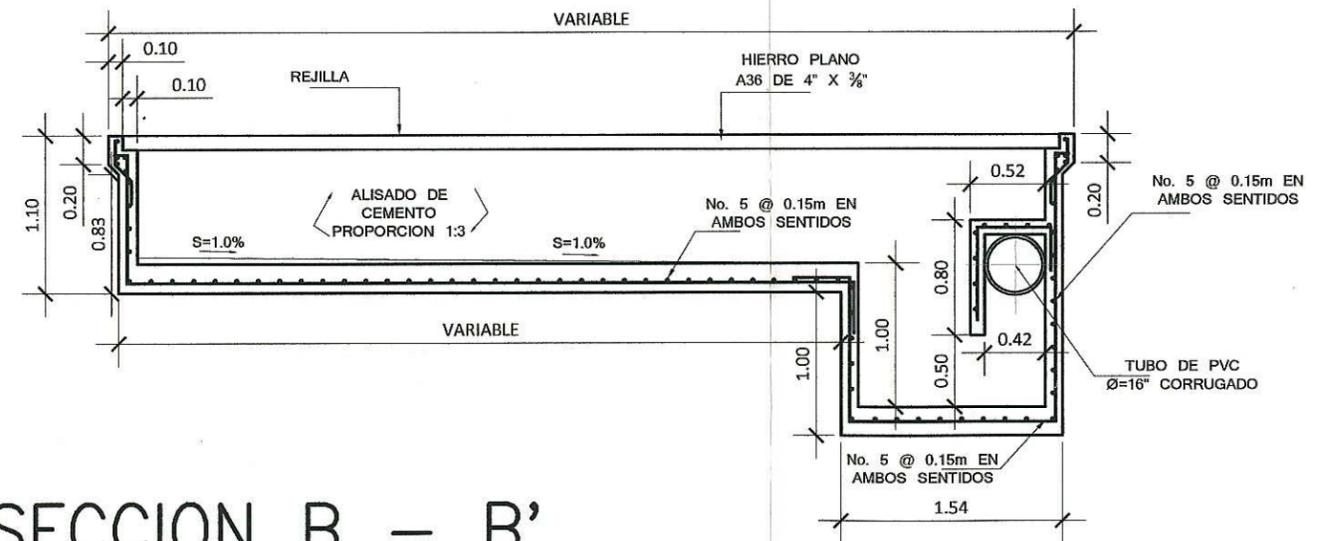
ESCALA: 1/50



### DETALLES ISOMETRICOS

LA EMBAULADA

SIN ESCALA



### SECCION B - B'

LA EMBAULADA

ESCALA: 1/50

### ESPECIFICACIONES

- CONCRETO:  
f'c = 281 Kg/cm<sup>2</sup> (4 000 P.S.I.)
- ACERO:  
f'y = 2 812 Kg/cm<sup>2</sup> (40 000 P.S.I.) G40  
PARA REJILLAS = Tipo A-36
- RECUBRIMIENTO ESTRUCTURAL:  
Indicado

### NOTA:

- Las longitudes se indican en metros.
- Los diámetros se indican en pulgadas.



ESTUDIANTE: <b>FABIAN ESTUARDO CHAY PÉREZ</b>		
PROYECTO: ALCANTARILLADO SEPARATIVO		
UBICACION: ALDEA LA EMBAULADA, SAN LUCAS SACATEPEQUEZ, GUATEMALA		HOJA 25 / 25
CONTENIDO: DETALLES DE REJILLA		
CALCULO: FABIAN ESTUARDO CHAY PÉREZ	Vo.Bo. ASESORA	
DIBUJO: FABIAN ESTUARDO CHAY PÉREZ	Ingo. MARYA GARCIA DE SIERRA	
ESCALA: INDICADA	FECHA: OCTUBRE DE 2013	