



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

**DISEÑO DE UNA CARRETERA HACIA LA ALDEA SAN CRISTÓBAL EL ALTO Y UN
ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SAN BARTOLOMÉ BECERRA,
ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ**

Antonio José Alejandro Santos Morales

Asesorado por la Inga. Christa del Rosario Classon

Guatemala, noviembre de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UNA CARRETERA HACIA LA ALDEA SAN CRISTÓBAL EL ALTO Y UN
ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SAN BARTOLOMÉ BECERRA,
ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ANTONIO JOSÉ ALEJANDRO SANTOS MORALES
ASESORADO POR EL INGA. CHRISTA DEL ROSARIO CLASSON

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADORA	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
EXAMINADORA	Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DE UNA CARRETERA HACIA LA ALDEA SAN CRISTÓBAL EL ALTO Y UN
ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SAN BARTOLOMÉ BECERRA,
ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil con fecha 29 de octubre de 2015.

Antonio José Alejandro Santos Morales

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke, positioned over the printed name.



Guatemala, 13 de septimebre de 2017.
Ref.EPS.DOC.650.09.17

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 (EPS) del estudiante universitario **Antonio José Alejandro Santos Morales**, Registro Académico 200718905 y CUI 1702 09563 0301 de la carrera Ingeniería Civil, procedía a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE UNA CARRETERA HACIA LA ALDEA SAN CRISTÓBAL EL ALTO Y UN ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SAN BARTOLOMÉ BECERRA, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classon de Pinto
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Civil





USAC

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala,
11 de octubre de 2017

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE UNA CARRETERA HACIA LA ALDEA SAN CRISTÓBAL EL ALTO Y UN ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SAN BARTOLOMÉ BECERRA, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Antonio José Alejandro Santos Morales , con Carnet No. 200718905 quien contó con la asesoría de la Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto.

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. Mario Estuardo Arriola Ávila
Asesor y Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

mrrm.



Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala,
13 de octubre de 2017

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE UNA CARRETERA HACIA LA ALDEA SAN CRISTÓBAL EL ALTO Y UN ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SAN BARTOLOMÉ BECERRA, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Antonio José Alejandro Santos Morales, con CUI 1702 09563 0301 Registro Académico No. 200718905, quien contó con la asesoría de la Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto.

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 ENSEÑAR A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE
HIDRÁULICA
USAC

/mrrm.



Más de 136 años de Trabajo y Mejora Continua



Guatemala, 16 de octubre de 2017

REF.EPS.D.413.10.17

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

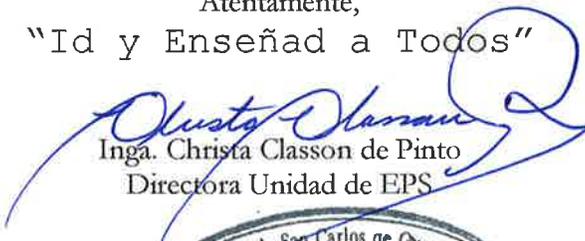
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE UNA CARRETERA HACIA LA ALDEA SAN CRISTÓBAL EL ALTO Y UN ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SAN BARTOLOMÉ BECERRA, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Antonio José Alejandro Santos Morales, Registro Académico 200718905 y CUI 1702 09563 0201**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Christa Classon de Pinto.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo como Asesora-Supervisora y Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS

CCdP/ra





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Christa del Rosario Classon y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación del estudiante Antonio José Alejandro Santos Morales titulado **DISEÑO DE UNA CARRETERA HACIA LA ALDEA SAN CRISTÓBAL EL ALTO Y UN ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SAN BARTOLOMÉ BECERRA, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ** da por éste medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco

Guatemala, noviembre
/mrrm.

Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua

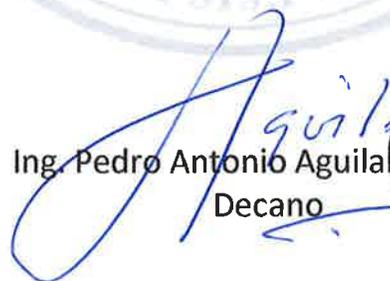




DTG. 572.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UNA CARRETERA HACIA LA ALDEA SAN CRISTÓBAL EL ALTO Y UN ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SAN BARTOLOMÉ BECERRA, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ**, presentado por el estudiante universitario: **Antonio José Alejandro Santos Morales**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Paraiso
Decano



Guatemala, noviembre de 2017

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Mi madre

Marta Josefina Morales Tomas.

AGRADECIMIENTOS A:

Mis padres	Por el esfuerzo, el apoyo realizado en todo momento.
Mis hermanos	Lucí, Estuardo y Lucky Santos Morales, quienes han sido un apoyo en todo momento de la carrera y de mi vida, mil gracias.
Mi asesora	Inga. Christa del Rosario Classon, por su gran ayuda apoyo y paciencia durante el desarrollo de mi EPS.
Municipalidad de Antigua Guatemala	Por permitirme realizar el EPS.
Personal de la Dirección Municipal de Planificación	Por el apoyo brindado durante la realización de mi EPS.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía	1
1.1.1. Ubicación geográfica	1
1.1.2. Características demográficas	3
1.1.2.1. Población total	4
1.1.2.2. Población por género.....	4
1.1.3. Aspectos económicos y actividades productivas	5
1.1.4. Actividad agropecuaria	5
1.1.4.1. Uso de la tierra	5
1.1.4.2. Actividades agrícolas	6
1.1.5. Infraestructura y servicios de apoyo	6
1.1.5.1. Transporte	6
1.1.5.2. Comunicaciones	7
1.1.5.3. Servicios existentes	7
1.1.6. Investigación diagnóstica sobre las necesidades	7
1.1.6.1. Justificación social	7
1.1.6.2. Justificación económica	8
1.1.6.2.1. Análisis económico.....	8

	1.1.6.2.2.	Análisis financiero.....	8
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL		9
2.1.	Diseño de una carretera hacia la aldea San Cristóbal El Alto ...		9
2.1.1.	Descripción de proyecto		9
2.1.2.	Preliminar de campo.....		9
	2.1.2.1.	Selección de ruta.....	9
2.1.3.	Levantamiento topográfico preliminar.....		9
	2.1.3.1.	Planimetría	9
	2.1.3.2.	Altimetría	10
	2.1.3.3.	Secciones transversales.....	10
2.1.4.	Cálculo topográfico preliminar		11
	2.1.4.1.	Cálculo planimétrico	11
	2.1.4.2.	Cálculo altimétrico	11
	2.1.4.3.	Cálculo de secciones transversales.....	11
2.1.5.	Dibujo preliminar.....		11
	2.1.5.1.	Planimetría	11
	2.1.5.2.	Altimétrico.....	12
2.1.6.	Determinación de la calidad del suelo		12
	2.1.6.1.	Pruebas de laboratorio de suelos	12
2.1.7.	Diseño geométrico.....		21
	2.1.7.1.	Alineamiento Horizontal.....	22
		2.1.7.1.1. Diseño de localización..	22
		2.1.7.1.2. Corrimiento de línea	24
		2.1.7.1.3. Curvas horizontales.....	25
		2.1.7.1.4. Curvas de transición.....	31
		2.1.7.1.5. Peralte	34
		2.1.7.1.6. Sobreechancho	34
	2.1.7.2.	Alineamiento vertical.....	35

	2.1.7.2.1.	Diseño de subrasante...	35
	2.1.7.2.2.	Pendientes.....	36
	2.1.7.2.3.	Curvas verticales	37
	2.1.7.2.4.	Correcciones	41
2.1.8.		Movimientos de tierra	44
	2.1.8.1.	Cálculo de área de secciones transversales	44
	2.1.8.2.	Cálculo de volúmenes	45
2.1.9.		Drenajes	48
	2.1.9.1.	Diseño de drenaje trasversal	49
	2.1.9.2.	Método racional	50
	2.1.9.3.	Cunetas	55
2.1.10.		Carpeta de rodadura.....	58
	2.1.10.1.	Selección de tipo de pavimento	59
	2.1.10.2.	Elemento que forman el pavimento tipo empedrado.....	60
		2.1.10.2.1. Subrasante	60
		2.1.10.2.2. Subbase	62
		2.1.10.2.3. Base	63
		2.1.10.2.4. Cama de asiento	63
		2.1.10.2.5. Carpeta de rodadura	64
2.1.11.		Diseño de Espesor de Pavimento de empedrado...	65
	2.1.11.1.	Fórmula del ingeniero Williams Mills para el cálculo de espesores de pavimento tipo empedrado (pavimento flexible).....	65
	2.1.11.2.	Cálculo del espesor del pavimento tipo empedrado.....	69
2.1.12.		Presupuesto.....	72

2.1.12.1.	Presupuesto carretera hacia la aldea San Cristóbal El Alto.....	72
2.1.13.	Cronograma de ejecución física y financiera	73
2.1.14.	Evaluación de impacto ambiental	74
2.2.	Diseño de sistema de alcantarillado sanitario para la aldea San Bartolomé Becerra	74
2.2.1.	Descripción del proyecto	74
2.2.2.	Levantamiento topográfico	74
2.2.2.1.	Levantamiento planímetro	74
2.2.2.2.	Levantamiento altimétrico.....	75
2.2.3.	Normas existentes para el diseño del alcantarillado sanitario	75
2.2.4.	Tipos de sistemas a utilizar	75
2.2.4.1.	Descripción del sistema a utilizar.....	76
2.2.4.2.	Periodo de diseño.....	76
2.2.4.3.	Población de diseño	77
2.2.4.4.	Dotación	78
2.2.4.5.	Factor de retorno del sistema	78
2.2.4.6.	Factor de flujo instantáneo	78
2.2.4.7.	Caudal sanitario.....	79
2.2.4.7.1.	Caudal domiciliar	79
2.2.4.7.2.	Caudal de infiltración	80
2.2.4.7.3.	Caudal de conexiones ilícitas	80
2.2.4.7.4.	Caudal comercial e industrial	81
2.2.4.7.5.	Factor de caudal medio	82
2.2.4.7.6.	Caudal de diseño.....	82
2.2.5.	Selección de tipo de tubería	83

2.2.6.	Diseño de sección y pendientes	83
2.2.6.1.	Velocidades máximas y mínimas.....	84
2.2.6.2.	Cotas invert.....	85
2.2.6.3.	Diámetro de tubería	87
2.2.6.4.	Profundidad de tubería	87
2.2.7.	Pozos de visita.....	87
2.2.8.	Conexiones domiciliarias	88
2.2.9.	Principios hidráulicos	88
2.2.9.1.	Relaciones hidráulicas.....	89
2.2.10.	Diseño de la red de alcantarillado sanitario	92
2.2.11.	Desfogue	96
2.2.12.	Presupuesto del proyecto	96
2.2.13.	Cronograma de ejecución física y financiera	97
2.2.14.	Evaluación de impacto ambiental	99
2.2.15.	Evaluación económica	99
2.2.15.1.	Valor presente neto	99
2.2.15.2.	Tasa interna de retorno	100
CONCLUSIONES		103
RECOMENDACIONES		105
BIBLIOGRAFÍA.....		107
APÉNDICES		109
ANEXOS		111

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de la aldea San Cristóbal El Alto	2
2.	Ubicación de la aldea San Bartolomé Becerra	3
3.	Curva granulométrica	16
4.	Gráfica de densidad seca-humedad	18
5.	Gráfica de porcentaje CBR - porcentaje de compactación.....	20
6.	Corrimiento de línea	24
7.	Elementos de una curva horizontal	26
8.	Elementos de la curva vertical	38
9.	Tipos de secciones transversales	45
10.	Volumen entre secciones del mismo tipo	46
11.	Volúmenes entre secciones de terreno de diferente tipo	47
12.	Área de influencia de la cuenca	49
13.	Predimensionamiento de la cuneta	56
14.	Detalle de cuneta	58
15.	Polígono colonial.....	60
16.	Espesor total de pavimento indicado por el C.B.R	68
17.	Espesor total de pavimento indicado por el índice del grupo	69
18.	Detalle de cota invert de entrada y salida de pozo de visita.....	86

TABLAS

I.	Población por género 2 002	4
II.	Uso total del suelo.....	5

III.	Resultado de los ensayos de límites de Atterberg	13
IV.	Tipología de suelos SUCS	14
V.	Clasificación de suelos AASHTO	15
VI.	Los resultados del ensayo proctor modificado	17
VII.	Valores de carga unitaria para calcular CBR	19
VIII.	Resultado del ensayo de razón soporte california (CBR)	20
IX.	Características geométricas	23
X.	Curva de transición y peralte recomendados.....	32
XI.	Resumen de diseño geométrico	33
XII.	Valores para K para curvas cóncavas y convexas	39
XIII.	Resumen del diseño de curva verticales	43
XIV.	Relaciones de corte y relleno de taludes	44
XV.	Coeficientes modelo estándar estación climática La Suiza Contenta...51	
XVI.	Valores indicativos de coeficiente de escorrentía	52
XVII.	Calidad de subrasante en función del CBR	61
XVIII.	Especificaciones AASTHO M-147, graduaciones que dan una buena estabilidad en los suelos.....	66
XIX.	Clasificación del tránsito	67
XX.	espesores mínimos recomendados para capa base.....	67
XXI.	Espesores mínimos recomendados para subbase y factor de incremento por drenaje	68
XXII.	Presupuesto carretera hacia la aldea San Cristóbal El Alto.....	72
XXIII.	Cronograma de ejecución física y financiera	73
XXIV.	Relaciones hidráulicas para sección circular	90
XXV.	Datos tramo de p-33 a p-34	92
XXVI.	Presupuesto alcantarillado sanitario aldea San Bartolomé Becerra.....	97
XXVII.	Cronograma de ejecución física y financiera	98

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Q	Caudal
Q_{dom}	Caudal domiciliar
Q_{inf}	Caudal de infiltración
Q_{ci}	Caudal de conexiones ilícitas
Q_{dis}	Caudal de diseño
C	Coefficiente de escorrentía
n	Coefficiente de rugosidad de material
K	Constante de diseño para curvas verticales
CIS	Cota invert de salida
CIE	Cota invert de entrada
Y	Corrección vertical
Δ	Deflexión
D	Diámetro
DH	Distancia horizontal
E	External
F_{fqm}	Factor de caudal medio
F.H.	Factor de flujo instantáneo o de Harmon
G	Grado de curvatura
I	Intensidad de lluvia
LCV	Longitud de curva vertical
LC	Longitud de curva
O_m	Ordenada media
e%	Peralte

S	Pendiente
Po	Población inicial
Pf	Población final
PI	Punto de Intersección
PIV	Punto de intersección vertical
PC	Principio de curva
PCV	Principio de curva vertical
PT	Principio de tangente
R	Radio
Rh	Radio hidráulico
Sa	Sobre ancho
St	Subtangente
r	Tasa de crecimiento
T	Tiempo
T.P.D.	Tránsito promedio diario
V	Velocidad de flujo
Vol	Volumen

GLOSARIO

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Official.
Aguas residuales	Aguas que han recibido uso y cuyas calidades han sido modificadas.
Alineamiento	Proyección horizontal o vertical de un plano, del eje de una carretera.
Azimut	Medida angular respecto del norte magnético en el sentido de las manecillas del reloj.
Base	Capa de suelo constituida por material seleccionado de granulometría y espesor determinado que se construye sobre la subbase.
CA-	Ruta Centroamericana.
Caudal	Volumen de agua por unidad de tiempo.
COCODE	Consejo Comunitario de Desarrollo.
Colector	Conjunto de tuberías, canales, pozos de visita y obras accesorias que sirven para el desalojo de aguas negras o aguas pluviales.

Cota de terreno	Altura de un punto de terreno, haciendo referencia a un nivel determinado, banco de marca o nivel del mar.
Compactación	Consiste en aplicar energía al suelo suelto para consolidarlo y eliminar espacios vacíos, aumentando de esta manera su densidad y su capacidad de soportar cargas.
Cuneta	Zanjas laterales paralelas al eje de la carretera o del camino, construidas entre los extremos de los hombros y el pie de los taludes.
Densidad de población	Relación existente entre el número de viviendas por unidad de área.
Desfogue	Salida de aguas residuales en un punto determinado.
Dotación	Cantidad de agua necesaria para el consumo, requerida por una persona al día.
Granulometría	Se refiere a los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo.
INFOM	Instituto Nacional de Fomento Municipal
Perfil	Visualización en plano de la superficie de la tierra, según su latitud y altura, referidas a banco de marca.

Pozo de visita	Estructura subterránea que sirve para cambiar de dirección, pendiente, diámetro y para iniciar un tramo de tubería.
PVC	Material a base de cloruro de polivinilo
RN-	Ruta Nacional
Subrasante	Terreno de fundación de los pavimentos; puede estar constituida por el suelo natural del corte o de la parte superior de un relleno debidamente compactado.
SUCS	Sistema de clasificación unificado de suelos
Topografía	Ciencia y arte de determinar posiciones relativas de puntos situados encima y debajo de la superficie terrestre.
Tirante	Altura de aguas negras dentro de un alcantarillado.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación lo constituye el diseño de una carretera hacia la aldea San Cristóbal El Alto y un alcantarillado sanitario para la aldea San Bartolomé Becerra, ambas en el municipio de Antigua Guatemala departamento de Sacatepéquez; consta de la fase de investigación y la fase de servicio técnico profesional.

En la fase de investigación se presenta la monografía del municipio de La Antigua Guatemala; se describe su localización geográfica, clima, población, actividades agrícolas, aspectos económicos y actividades productivas, entre otros aspectos importantes.

La fase de servicio técnico profesional se divide en dos; el diseño de la carretera hacia la aldea San Cristóbal El Alto y el alcantarillado para la aldea San Bartolomé Becerra; ambos diseños presentan los criterios utilizados, las normas de diseño, la memoria de cálculo y las pruebas de laboratorio realizadas.

Se incluye, también, el presupuesto de cada uno de los proyectos diseñados junto con el cronograma de ejecución física y financiera; en la parte final se encuentran las conclusiones, recomendaciones y los planos correspondientes de cada diseño.

OBJETIVOS

General

Diseñar la carretera para la aldea San Cristóbal El Alto y el alcantarillado sanitario para la aldea de San Bartolomé Becerra del municipio de Antigua Guatemala, departamento de Sacatepéquez.

Específicos

1. Realizar una investigación y diagnosticar la situación actual y priorizar las necesidades de servicios básicos e infraestructura de Antigua Guatemala.
2. Diseñar el alcantarillado de la aldea San Bartolomé Becerra con base en las normas del INFOM.
3. Diseñar la carretera hacia la aldea San Cristóbal El Alto con base en las normas de la Dirección General de Caminos.
4. Elaborar los planos, presupuesto y el cronograma físico y financiero.
5. Realizar el instrumento ambiental de ambos proyectos.

INTRODUCCIÓN

Antigua Guatemala es una ciudad colonial ubicada en el valle de Panchoy, cabecera del departamento de Sacatepéquez, se localiza a 40 km de la ciudad de Guatemala. Posee el título de Patrimonio de la Humanidad otorgado por la UNESCO en el año de 1979. Dicho título se le acredita a un lugar por su importancia excepcional cultural; turísticamente, es una de las ciudades más importantes del país por su rica y bien conservada arquitectura.

Según las priorizaciones de las solicitudes hechas por los representantes de cada aldea se realizó un diagnóstico y se seleccionaron los de más alta prioridad entre los cuales se encuentra el diseño de un sistema de alcantarillado para la aldea San Bartolomé Becerra ya que el existente en esta aldea se encuentra al borde del colapso.

El segundo proyecto seleccionado fue el diseño de la carretera que conduce de San Cristóbal El Bajo hacia San Cristóbal El Alto; actualmente, esta carretera es de terracería y está en muy mal estado, la única vía de acceso a la aldea de San Cristóbal El Alto.

Como propuesta para el mejoramiento de la infraestructura y necesidades de municipio se propusieron los proyectos: diseño de una carretera hacia la aldea San Cristóbal El Alto y un alcantarillado sanitario para la aldea San Bartolomé Becerra, Antigua Guatemala, Sacatepéquez los cuáles serán de beneficio para las aldeas en mención y para el municipio en general.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía

1.1.1. Ubicación geográfica

”La Antigua Guatemala se encuentra en la planicie sur de la cuenca del río Guacalate a la cual se le llama valle de Panchoy, flanqueada por cerros que la rodean estrechamente por el oriente y poniente, lado por el cual discurre dicho río. Por el sur, desde Ciudad Vieja y San Pedro las Huertas, se yergue el volcán de Agua, y hacia el norte la planicie se extiende unos 7 km de sur a norte y 3 km de oriente a poniente hasta Pastores, con una leve pendiente que se sitúa entre 1 500 msnm y 1 540 msnm.”¹

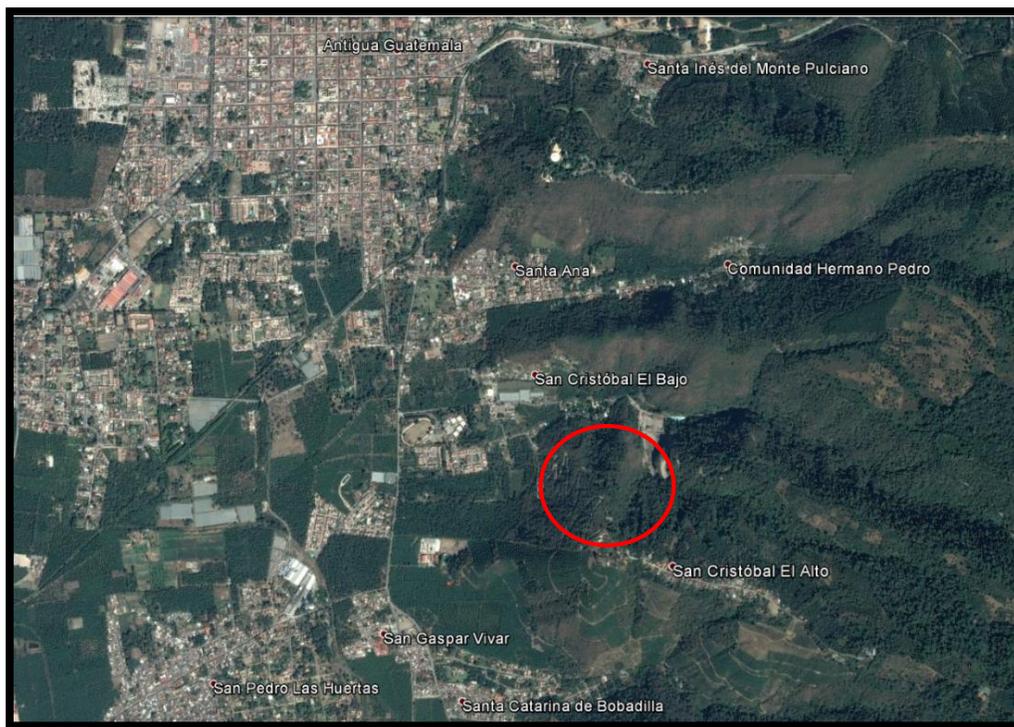
Está ubicada entre los meridianos 90° 45' 80" y 90° 39' 39" de longitud oeste y los paralelos 14° 27' 53" y 14° 36' 29" de latitud norte; tiene como límites geográficos al norte, las cuencas de los ríos Motagua y María Linda, al este y al sur nuevamente la cuenca del María Linda y al sur y oeste la subcuenca del río Guacalate.

Antigua Guatemala se encuentra a una distancia de 48 kilómetros de la ciudad de Guatemala, con un tiempo aproximado de 1 hora de viaje, su extensión territorial es de 78 kilómetros cuadrados.

¹ Universidad de las Palmas de Gran Canaria, *Plan maestro de La Antigua Guatemala, 2010.* 37 p.

La aldea San Cristóbal El Alto colinda al norte con la aldea El Hermano Pedro, al este con el municipio de Magdalena Milpas Altas, al sur con la aldea Santa Catarina Bobadilla y con el Municipio de Santa María de Jesús, al oeste con la aldea San Gaspar Vivar y San Pedro el Panorama; sus coordenadas son 14°32'10,62" latitud norte, 90°42'59,46" longitud oeste y tiene una elevación de 1 845,00 metro sobre el nivel del mar.

Figura 1. **Ubicación de la aldea San Cristóbal El Alto**



Fuente: *Coordenadas de topografía*. <https://earth.google.com/web/@14.5383869,-90.72209816,1714.35020677a,2311.66904829d,35y,-0h,0t,0r>. Consulta: 10 de junio de 2017.

La aldea San Bartolomé Becerra colinda al norte con la aldea San Lazaro y la finca Retana, al este con la aldea San Pedro El Panorama, al sur con el municipio de Ciudad Vieja y con la finca el Piru, al oeste con el rio Guacalate; sus

coordenadas son 14°33'3,58" latitud norte, 90°44'52,80" longitud oeste y tiene una elevación de 1 530,00 metro sobre el nivel del mar.

Figura 2. **Ubicación de la aldea San Bartolomé Becerra**



Fuente: *Coordenadas de topografía*. <https://earth.google.com/web/@14.5482229,-90.748742,1529.02469431a,3208.31635917d,35y,-0h,0t,0r>. Consulta: 10 de junio de 2017.

1.1.2. **Características demográficas**

El municipio de Antigua Guatemala tiene una extensión de 78 km²; según los datos de población del censo de 2 002 realizado ese mismo año por el INE, poseía una densidad de 527 hab/km². El departamento de Sacatepéquez, el más pequeño de la república con 465 km², el 0,43 % de todo el territorio nacional, tenía una densidad poblacional de 533 hab/km², prácticamente la misma que Antigua Guatemala.

1.1.2.1. Población total

La población del municipio de Antigua Guatemala para el 2002 era de 46 275 habitantes según el censo realizado ese mismo año por el INE.

El municipio de Antigua Guatemala presenta una densidad de 593 personas por kilómetro cuadrado al 2 002, densidad muy similar a la departamental que corresponde a 595 personas por kilómetro cuadrado, para el mismo período.

1.1.2.2. Población por género

La población masculina representa el 50,39 % y la población femenina el 49,61 %. Como se puede observar, el número de hombres es mayor que el de mujeres, situación que se mantiene a nivel departamental y nacional.

Tabla I. Población por género 2 002

Lugar	Masculino	Femenino
República 11 986 558	6 040 834	5 945 724
Departamento 276 761	141 799	134 962
Antigua Guatemala 46 275	23 321	22 954

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE) y Centro Latinoamericano de Demografía.

Estimaciones de población por departamento y municipio. p. 65.

1.1.3. Aspectos económicos y actividades productivas

Las ramas de actividad económica mayoritaria por orden son la industria manufacturera y el sector comercial y hotelero, seguidas a cierta distancia por los servicios, la agricultura y la construcción.

El café es, después del turismo, un recurso básico en la política económica de Guatemala y en especial en el municipio de Antigua Guatemala, precisamente, la agricultura del entorno de este municipio se centra principalmente en la producción de café.

1.1.4. Actividad agropecuaria

1.1.4.1. Uso de la tierra

El uso del suelo del municipio lo constituyen principalmente los cultivos y los bosques, aunque en los últimos años la mancha urbana ha crecido de manera desmedida.

Tabla II. **Uso total del suelo**

Uso actual de la tierra	Porcentaje de uso
Centros poblados	12,47 %
Agricultura limpia anual	24,00 %
Hortalizas	1,79 %
Café	24,80 %
Latifoliadas	13,68 %
Coníferas	4,19 %
Bosque secundario	19,01 %
Coladas de ceniza y/o arena volcánica	0,06 %

Fuente: Municipalidad de Antigua Guatemala. *PDM Antigua Guatemala*. p. 44.

1.1.4.2. Actividades agrícolas

En la subcuenca del río Pensativo, el área cultivada la constituyen los cultivos temporales y permanentes y la no cultivada está formada por pastos y bosques; los principales productos del municipio son café, aguacate y maíz; la mayor parte del café es exportado hacia el extranjero.

1.1.5. Infraestructura y servicios de apoyo

1.1.5.1. Transporte

Originalmente la ciudad de Antigua Guatemala fue diseñada para que por sus calles y avenidas circularan personas a caballo y en carretas tiradas por animales; los tramos peatonales o aceras no estaban definidos y eran usadas las mismas vías por donde se movilizaban aquellas.

El principal medio de transporte en el municipio lo constituye el extraurbano, el cual traslada a las personas y productos desde la terminal de buses que tiene la estación en la Finca la Polvora como punto de llegada y salida a las aldeas, las cabeceras municipales.

Antigua Guatemala se conecta con los municipios de Santa Lucía Milpas Altas por medio de la carretera CA-3 la cual es la carretera que conecta con la ciudad de Guatemala, la carretera RN-14 conecta a Antigua Guatemala con Escuintla y con El Tejar, Chimaltenango; la RN-10 conecta Antigua Guatemala con el municipio de Ciudad Vieja.

1.1.5.2. Comunicaciones

El municipio cuenta con líneas de teléfono fijas, además de la telefonía celular o móvil, televisión por cable y vía satelital, internet; existen varias estaciones de radio.

1.1.5.3. Servicios existentes

El municipio cuenta con los servicios de agua potable, suministrado por la municipalidad, alcantarillado sanitario también suministrado por la municipalidad, recolección de desechos sólidos (basura común), servicio de alumbrado eléctrico, policía municipal, policía de tránsito y Policía Nacional Civil; también, cuenta con los hospitales Nacional Pedro de Bethancourt y del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), varias universidades y con un mercado municipal ubicado en la finca La Pólvara.

1.1.6. Investigación diagnóstica sobre las necesidades

1.1.6.1. Justificación social

El índice de desarrollo humano en el municipio, de acuerdo al plan de desarrollo municipal del año 2010, se encuentra en 0,779; es un nivel alto; indica que la población tiene acceso a la educación, salud y empleo, a los cuales deben implementarse programas y proyectos que mantengan e incrementen el desarrollo del municipio.

Por lo que la implementación tanto de la carretera hacia la aldea San Cristóbal el Alto y el alcantarillado sanitario de la aldea San Bartolomé Becerra contribuirán al desarrollo del municipio.

1.1.6.2. Justificación económica

1.1.6.2.1. Análisis económico

En el municipio de Antigua Guatemala la mayor parte de la población se desempeña en algún trabajo referente al turismo; el café es exportado al extranjero; dentro los productos fabricados en el municipio se encuentran la cerámica, el hierro forjado y los dulces típicos antigüeños; los productos son vendidos en el mercado municipal y en los mercados de artesanías del municipio; por lo tanto la carretera hacia la aldea de San Cristóbal El Alto es de vital importancia para el transporte seguro de los productos fabricados en la aldea; el alcantarillado sanitario de la aldea San Bartolomé Becerra es de vital importancia para dotar de este servicio básico a los pobladores de la aldea.

1.1.6.2.2. Análisis financiero

La Municipalidad de Antigua Guatemala cuenta con un presupuesto de Q 114 000 000,00, actualmente destina aproximadamente el 10 % de su presupuesto a inversión de proyectos de infraestructura física, por lo que se podrían realizar los proyectos con fondos propios de la municipalidad sin tener que recurrir a fondos del Consejo de Desarrollo (CODEDE), donaciones o préstamos.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño de una carretera hacia la aldea San Cristóbal El Alto

2.1.1. Descripción de proyecto

El proyecto consiste en el diseño de la carretera que conduce hacia la aldea San Cristóbal El Alto, la cual actualmente es de terracería.

2.1.2. Preliminar de campo

2.1.2.1. Selección de ruta

Se realizó una visita de campo a la carretera que existe para verificar las características y condiciones de la ruta; durante el recorrido se evaluaron la topografía, las pendientes y la ubicación de población; debido a que ya existe la carretera solo se reconoció la ruta existente.

2.1.3. Levantamiento topográfico preliminar

2.1.3.1. Planimetría

Este levantamiento consiste en una poligonal abierta formada por ángulos y distancias horizontales que definen la ruta preliminar, cálculo del área del terreno, trazo de la preliminar; en este caso el levantamiento se realizó con una estación total Trimble S5.

A la estación se le ingresaron las coordenadas universal transversal de mercator (UTM) tomadas por medio de un GPS; se tomó como referencia de partida una piedra que está en la entrada de la aldea.

2.1.3.2. Altimetría

Consiste en una nivelación en todos los puntos fijados por el levantamiento planimétrico, que fijan bancos de marca a cada 500 m, los que deben ser ubicados en puntos permanentes, en donde deberá colocarse la estación; como cota de salida se fijará una arbitraria, entera la cual se recomienda de 1 000,00 para no tener cotas negativas.

En este caso, la estación total toma ángulos, distancias y niveles por lo que no fue necesario tomar niveles por cada punto.

2.1.3.3. Secciones transversales

Por medio de estas es posible determinar las elevaciones transversales de la franja de terreno; es recomendable que sean a cada 20 metros, dependiendo del terreno o a criterio del topógrafo, sobre la línea definida del levantamiento; en este caso en la carretera se tomaron secciones a cada 20 metros y otras donde el terreno era irregular.

También, se tomaron puntos de las cunetas ya existentes las cuales drenan el agua de lluvia hacia zanjones naturales del terreno, también, información de puntos críticos, información de la certeza jurídica de las propiedades adyacentes a la carretera y la misma; también, el tipo de construcciones a lo largo de la misma.

2.1.4. Cálculo topográfico preliminar

Consiste en procesar en gabinete los datos obtenidos en el levantamiento topográfico preliminar.

2.1.4.1. Cálculo planimétrico

El levantamiento topográfico del proyecto fue realizado por medio de una estación total, las coordenadas totales se obtienen de los puntos que guarda la estación, se utilizó el programa AutoCAD Civil 3D para dibujar la carretera.

2.1.4.2. Cálculo altimétrico

Al igual que las coordenadas totales, las cotas se obtienen directamente de los datos de la estación total; por lo que los datos ya cuentan con niveles, lo que servirá para dibujar las curvas de nivel y los perfiles de diseño.

2.1.4.3. Cálculo de secciones transversales

El cálculo de las cotas de secciones transversales requiere que se conozcan las cotas del eje central pues en estas se le suman o restan los datos de la libreta de campo; en este caso se dibujará con el programa AutoCAD Civil 3D.

2.1.5. Dibujo preliminar

2.1.5.1. Planimetría

Es la representación gráfica de la carretera en planta de la carretera y se dibuja en un plano cartesiano donde se plasman las coordenadas totales de la

topografía; se realizó el levantamiento con una poligonal abierta, tomando puntos aproximadamente cada 20 m.

2.1.5.2. Altimétrico

En el programa AutoCAD Civil 3D los datos cuentan con niveles, lo que servirá para dibujar las curvas de nivel y perfiles, que constituyen la altimetría.

2.1.6. Determinación de la calidad del suelo

El suelo es soporte en cualquier obra de infraestructura terrestre, se comporta como una estructura; tiene características físicas propias; densidad, ángulo de fricción interna, entre otras, que otorgan ciertas propiedades resistentes bajo ciertas situaciones: compresión, corte, etc. Se hace necesario estudiar su comportamiento ante cualquier asentamiento antrópico; en este caso, una carretera.

2.1.6.1. Pruebas de laboratorio de suelos

Consiste en una serie de pruebas que se le realiza a una muestra de suelo para determinar sus propiedades físicas y mecánicas; son procedimientos científicos que permiten caracterizar los suelos en función de sus propiedades. Una clasificación adecuada permite tener una idea del comportamiento del suelo como soporte del pavimento, entre las pruebas se encuentran.

- Límites de Atterberg:

Permiten obtener los límites de rango de humedad dentro del cual el suelo se mantiene en estado plástico, determina el comportamiento y las propiedades

cuando el suelo entra en contacto con el agua, define la variación de la humedad que produce una consistencia determinada en el suelo; límite líquido, plástico y de contracción.

Es importante determinar el límite líquido y plástico ya que el suelo en esos dos estados presenta una alta deformidad y una drástica reducción de su capacidad soporte; en combinación con el análisis granulométrico se puede clasificar el suelo y determinar sus propiedades mecánicas. Los límites se definen de la siguiente manera.

- Límite líquido: es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico; cuando los niveles de contenido de humedad en el suelo están en el límite de cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso, se expresa con un porcentaje con respecto al peso seco y la muestra utilizada en el ensayo.
- Límite plástico: es el contenido de humedad por debajo del cual se puede considerar el suelo como un material no plástico, estado semisólido. Está expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra utilizada en el ensayo.

Tabla III. **Resultado de los ensayos de límites de Atterberg**

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACIÓN *	DESCRIPCIÓN DEL SUELO
1	1	N.P.	N.P.	ML	Arena limosa color café

Norma: AASHTO T-89 Y T-90, (*) clasificación según carta de plasticidad.

Fuente: elaboración propia.

El índice de I.P. Indica el grado de plasticidad que presenta el suelo; es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico; los resultados del ensayo se muestran en la tabla III (ver anexo 1).

- Análisis granulométrico:

Determina las proporciones de los distintos tamaños de granos existentes en el suelo. Con este ensayo se establece una clasificación genérica de suelos atendiendo a su granulometría. Existen varias formas y escalas para clasificar los suelos; el sistema de clasificación unificado de suelos (SUCS), que se caracteriza por ser sencillo y versátil por lo que se emplea en todo tipo de obra de ingeniería civil (ver tabla IV).

Tabla IV. **Tipología de suelos SUCS**

SÍMBOLO	Características generales		
GW GP GM GC	GRAVAS (>50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos<5%)	Bien graduadas
			Pobrementemente graduadas
		Con finos (Finos>12%)	Componente limoso
			Componente arcilloso
SW SP SM SC	ARENAS (<50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos<5%)	Bien graduadas
			Pobrementemente graduadas
		Con finos (Finos>12%)	Componente limoso
			Componente arcilloso
ML MH	LIMOS	Baja plasticidad (LL<50)	
		Alta plasticidad (LL>50)	
CL CH	ARCILLAS	Baja plasticidad (LL<50)	
		Alta plasticidad (LL>50)	
OL OH	SUELOS ORGÁNICOS	Baja plasticidad (LL<50)	
		Alta plasticidad (LL>50)	
Pt	TURBA	Suelos altamente orgánicos	

Fuente: BAÑÓN BLÁZQUEZ, Luis; BEVIÁ GRACIA, José F. *Manual de carreteras*. p. 20.

El sistema de clasificación AASHTO, que es uno de los populares para carreteras, es otra forma que existe para la clasificación de suelos; clasifica el suelo en siete grupos básicos (ver tabla V).

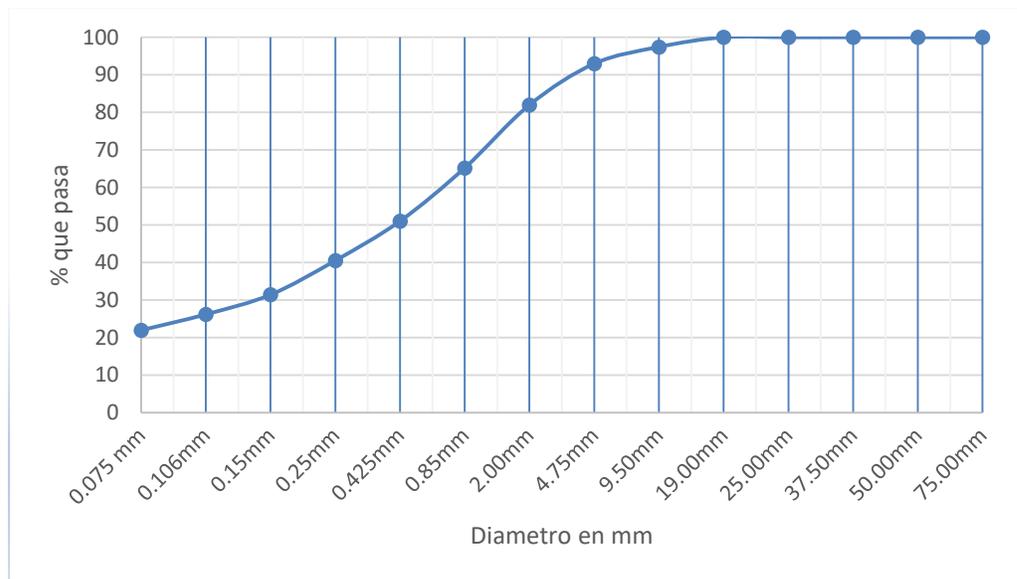
Tabla V. **Clasificación de suelos AASHTO**

DIVISIÓN GENERAL		Materiales Granulares (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM #200)						Materiales Limo-arcillosos (más del 35% por el tamiz ASTM #200)					
GRUPO		A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Subgrupo		A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (% que pasa por cada tamiz)													
Serie ASTM	# 10	≤ 50											
	# 40	≤ 30	≤ 50	≥ 51									
	# 200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36	
ESTADO DE CONSISTENCIA (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz ASTM #40)													
Límite líquido			NP	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	>41 (IP<LL-30)	>41 (IP>LL-30)	
Índice de plasticidad	≤ 6			≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≥ 11	
ÍNDICE DE GRUPO	0	0	0	≤ 4		≤ 8	≤ 12	≤ 20		≤ 20			
TIPOLOGÍA	Fragmentos de piedra, grava y arena	Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos				
CAIDAD	EXCELENTE A BUENA						ACEPTABLE A MALA						

Fuente: BAÑÓN BLÁZQUEZ, Luis; BEVIÁ GRACIA, José F. *Manual de carreteras*. p. 25.

En la siguiente gráfica se muestra la curva granulométrica, figura 3, donde se puede visualizar el porcentaje que pasa en cada tamiz.

Figura 3. **Curva granulométrica**



Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos son:

- 7,04 % de grava
- 70,98 % de arena
- 21,98 % de finos

Con los datos y las tablas IV y V, se clasificó el suelo como SM según la clasificación SCUS: A-4 según el sistema de clasificación PRA; se describe al suelo como arena limosa color café (ver anexo 2).

- Ensayo de compactación (proctor modificado):

Permite conocer las características de humedad óptima y densidad máxima, con la finalidad de lograr la mayor estabilidad mecánica posible del suelo en la construcción; con el objetivo de que las tensiones se transmitan uniformemente y progresivamente y con esto evitar que se produzcan asentamientos no deseados o incluso colapso del suelo que funciona como soporte del pavimento.

Estos ensayos se dividen en proctor estándar y proctor modificado; se diferencian en la energía necesaria para la compactación en cada uno; el proctor modificado es 5 veces mayor que el proctor estándar; en el presente proyecto se utilizó el ensayo del proctor modificado.

Se realizan los cálculos para los diferentes puntos ensayados; se plotean en un gráfico los resultados del peso unitario seco o densidad seca, en el eje de las ordenadas y el porcentaje de humedad, en el eje de las abscisas; se tiene así la densidad seca máxima y el porcentaje de humedad óptimo.

Tabla VI. **Los resultados del ensayo proctor modificado**

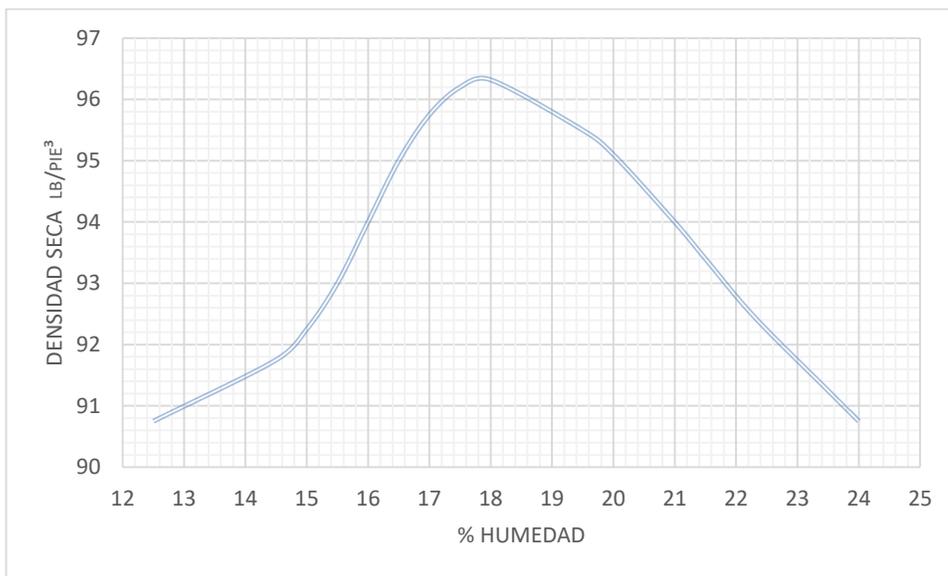
ENSAYO DE COMPACTACIÓN		
Proctor modificado:	Norma: AASTHO T-180	
Descripción de suelo:	Arena limosa color café	
Densidad seca máxima:	1 542,73 kg/m ³	96,30 lb/pie ³
Humedad óptima Hop:	18,00 %	

Fuente: elaboración propia.

Los resultados indican que con una humedad de 18 00 % el suelo llega a su densidad seca máxima, 1 542,73 kg/m³ (ver anexo 3).

A continuación, se presenta la gráfica de densidad seca-humedad, figura en donde se visualiza como cambia la densidad dependiendo del porcentaje de humedad del suelo.

Figura 4. **Gráfica de densidad seca-humedad**



Fuente: elaboración propia.

- **Ensayo de la relación soporte California (CBR)**

El ensayo es normado por la AASHTO T-193. Permite determinar el valor soporte del suelo compactado a densidad máxima y humedad óptima; simula las peores condiciones probables del terreno para lo cual las muestras se sumergen en agua.

El índice CBR es la relación de la carga unitaria (en lb/pulg²) necesaria, para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón de penetración (con área = 19,4 cm²), dentro de la muestra compactada del suelo a un contenido de

humedad y densidad dadas, con respecto a la carga unitaria patrón requerida, para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado. El CBR es un porcentaje de la carga unitaria patrón y se expresa de la siguiente manera.

$$\text{CBR} = (\text{carga unitaria del ensayo} / \text{carga unitaria patrón}) * 100$$

El número de CBR, se basa usualmente en la relación de carga para una penetración de 2,5 mm; pero si el valor de CBR a una penetración de 5,00 mm es mayor, se debe aceptar este último valor como el valor final del ensayo; los valores de carga unitaria que deben utilizarse se muestran en la tabla VII.

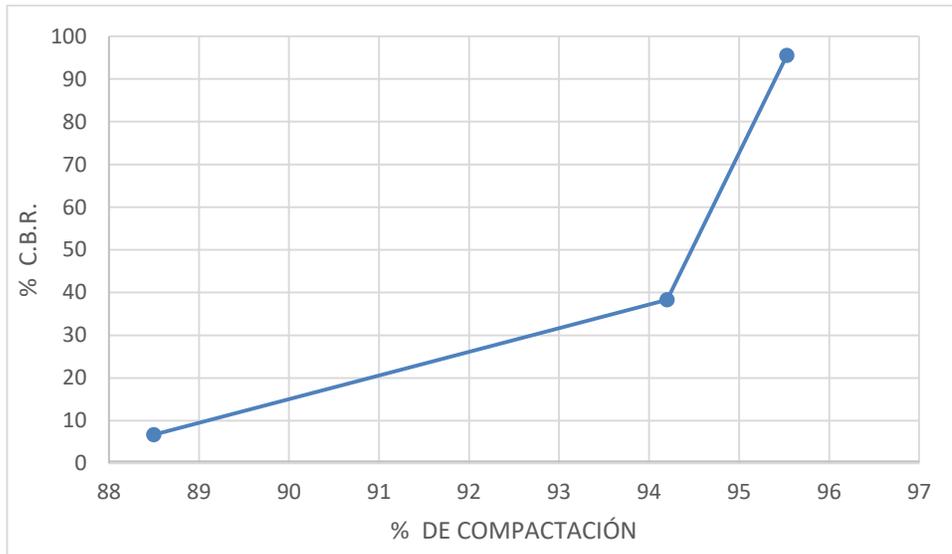
Tabla VII. **Valores de carga unitaria para calcular CBR**

PENETRACIÓN		CARGA UNITARIA PATRÓN	
mm	in	Mpa	psi
2,50	0,10	6,9	1000
5,00	0,20	10,3	1500
7,50	0,30	13	1900
10,00	0,40	16	2300
12,70	0,50	18	2600

Fuente: BOWLES, Joseph E. *Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil*. p. 190.

Después del ensayo realizado a continuación se muestran los resultados en la figura 5 y la tabla VIII (ver anexo 4).

Figura 5. **Gráfica de porcentaje CBR - porcentaje de compactación**



Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Resultado del ensayo de razón soporte california (CBR)**

Norma: AASHTO T-193						
PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACIÓN		C	EXPANSIÓN	C.B.R.
No.	No.	H(%)	γ_d (lb/pie ³)	(%)	(%)	(%)
1	10	18,00	85,2	88.5	0.11	6.75
2	30	18,00	90,68	94.2	0.09	38.32
3	65	18,00	95,66	99.3	0.07	95.53

Fuente: elaboración propia.

Los resultados muestran que el suelo con el 95,00 % de compactación, el índice de CBR se encuentra en un valor de 45 %; por lo que para determinar las propiedades mecánicas del suelo, se utiliza este valor el cual da la capacidad soporte del suelo, mediante dicho índice.

2.1.7. Diseño geométrico

Comprende el dimensionamiento de los elementos de una carretera, como curvas verticales y horizontales, ancho de carriles, secciones transversales, con el objetivo de darle a la carretera un flujo continuo de vehículos y libre de accidentes.

Para realizar el diseño de los alineamientos se tomaron en cuenta diversos factores que influyeron en el acondicionamiento de la carretera.

- Topografía: por el tipo de terreno, se presentaron distintos grados de dificultad para el diseño del proyecto.
- Características físicas y geológicas: de los factores más importantes para el diseño y la localización de la carretera son las zonas propensas a deslizamiento y derrumbes, áreas pantanosas, calidad de los materiales para la construcción, tipo de rocas, climatología e hidrología de la zona.
- Desarrollos físicos: la presencia de ciudades o poblaciones, vías existentes, bosques, zonas cultivadas, asentamientos étnicos y áreas históricas, deben considerarse en el diseño y trazado de la carretera.
- Volumen y características del tránsito actual y futuro: el volumen de tráfico es el número de vehículos que pasan por determinado punto, en un periodo determinado; el periodo puede ser anual, mensual, semanal o diario y horario.
- Velocidad de diseño: la selección de la velocidad de diseño depende de la importancia o categoría de la futura carretera, de los volúmenes de tránsito

que se moverán por la misma, de la configuración topográfica del terreno, de los usos de la tierra, del servicio que se requiere ofrecer, de las consideraciones ambientales, de la homogeneidad a lo largo de la carretera, de la facilidades de acceso, de la disponibilidad de recursos económicos y la facilidades de financiamiento.

2.1.7.1. Alineamiento horizontal

Consiste en una serie de tramos rectos (tangentes) conectados por curvas circulares. El empleo de curvas espirales de transición permite que el alineamiento sea compatible con las necesidades de operación de los vehículos. Estas transiciones entre los tramos en tangentes y las curvas circulares proporcionan medios para desviar suavemente el vehículo a la curva y suministrar una base racional para dar sobreelevación al entrar y salir de la curva circular.

2.1.7.1.1. Diseño de localización

Consiste en diseñar la línea final o la línea de localización, la cual será definitiva para el proyecto; se realizará con toda la información que se recabe en campo cuando se realice el levantamiento topográfico; para la realización del diseño de la línea de localización se deben considerar los parámetros de diseño; para el proyecto se eligieron los parámetros de la Dirección General de Caminos.

Se eligió una carretera tipo E, en función de TPD y la población. Debido a que la región es montañosa se diseñará con un radio mínimo de 30 metros, una pendiente máxima de 10 % y un ancho de calzada de 5,5 metros. La velocidad de diseño máxima será de 30 km/h en regiones montañosas (ver tabla IX).

Tabla IX. Características geométricas

T.P.D. DE	CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO	ANCHO DE CALZADA (m)		ANCHO DE TERRACERIA		DERECHO DE VIA	RADIO MÍNIMO	PENDIENTE MÁXIMA (m)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA		DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PASO	
			CORTE (m)	RELLENO (m)	MÍNIMA (m.)	RECOMENDADA (m)				MÍNIMA (m)	RECOMENDADA (m)		
3 000 A 5 000	TIPO "A"		2x7,20	25	24	50							
	REGIONES												
	LLANAS	100					375	3	180	200	700	750	
	ONDULADAS	80					225	4	110	150	520	550	
	MONTAÑOSAS	60					110	5	70	100	350	400	
1 500 A 3 000	TIPO "B"		7,20	13	12	25							
	REGIONES												
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550	
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400	
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200	
900 A 1 500	TIPO "C"		6,50	12	11	25							
	REGIONES												
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550	
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400	
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200	
500 A 900	TIPO "D"		6,00	11	10	25							
	REGIONES												
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550	
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400	
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200	
100 A 500	TIPO "E"		5,50	9,50	8,50	25							
	REGIONES												
	LLANAS	50					75	8	55	70	260	300	
	ONDULADAS	40					47	9	40	50	180	200	
	MONTAÑOSAS	30					30	10	30	35	110	150	
10 A 100	TIPO "F"		5,50	9,50	8,50	15							
	REGIONES												
	LLANAS	40					47	10	40	50	180	200	
	ONDULADAS	30					30	12	30	35	110	150	
	MONTAÑOSAS	20					18	14	20	25	50	100	

Fuente: Dirección General de Caminos. *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes*. p. 12.

En el diseño de localización se contemplaron las longitudes de transición entre curvas. El diseño de la carretera se realizará utilizando el software AutoCAD Civil 3D, ingresando manualmente los parámetros de diseño y chequeando que se cumplan las especificaciones.

Según el terreno, las curvas de diseño deben adaptarse lo mejor posible a las características del terreno; las curvas se unen por medio de tangentes, verificando que se cumplan las especificaciones de las longitudes de transición;

este es un proceso de ensayo y error hasta llegar a la línea definitiva, que será la que cumplan todos los parámetros.

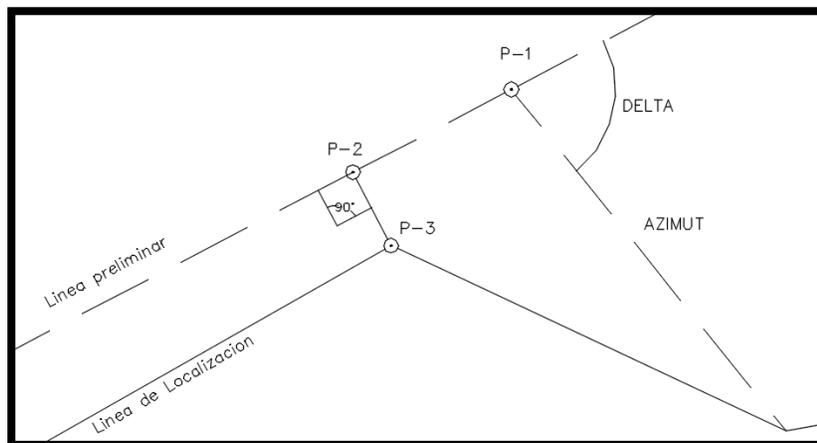
2.1.7.1.2. Corrimiento de línea

Cuando la topografía del terreno impide que la ruta preliminar sea adecuada a la ruta preliminar para el diseño porque las pendientes del terreno son mayores a las permisibles o ya sea que las longitudes de transición o los radios mínimos no se cumplen con los radios mínimos.

En el diseño del proyecto debido, a las pendientes y a las curvas con las que ya contaba la carretera trazada, fue necesario realizar corrimientos de líneas para lograr las pendientes y los radios mínimos.

Las operaciones de corrimiento se realizaron mediante el programa AutoCAD Civil 3D, el cual la realiza a partir del nuevo trazo.

Figura 6. Corrimiento de línea



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2 017.

De los cálculos de la línea preliminar, se tienen las coordenadas totales de los puntos de intersección (PI). Los cálculos del PI se realizan de la siguiente manera:

Dibujar un línea perpendicular a la línea preliminar en el punto P2 hasta interceptar con el PI de la línea de localización, que es el punto P3, se mide la distancia entre el los puntos P3 y P2 y entre los puntos P1, que es el PI de la línea preliminar y P2.

Con las coordenadas del PI de la línea preliminar P1, el azimut invertido y la distancia de P1 a P2, se calculan las coordenadas del punto P2, ubicados en el punto P2, con el azimut invertido se resta 90° para el nuevo azimut de la línea P2-P3 y la distancia P2-P3 se calculan las coordenadas del punto P3, PI de la línea de localización.

Las distancias entre P1-P2 y P2-P3, se le denominan puntos de control, estas amarran las líneas de preliminar y localización y son importantes pues se pueden verificar en campo.

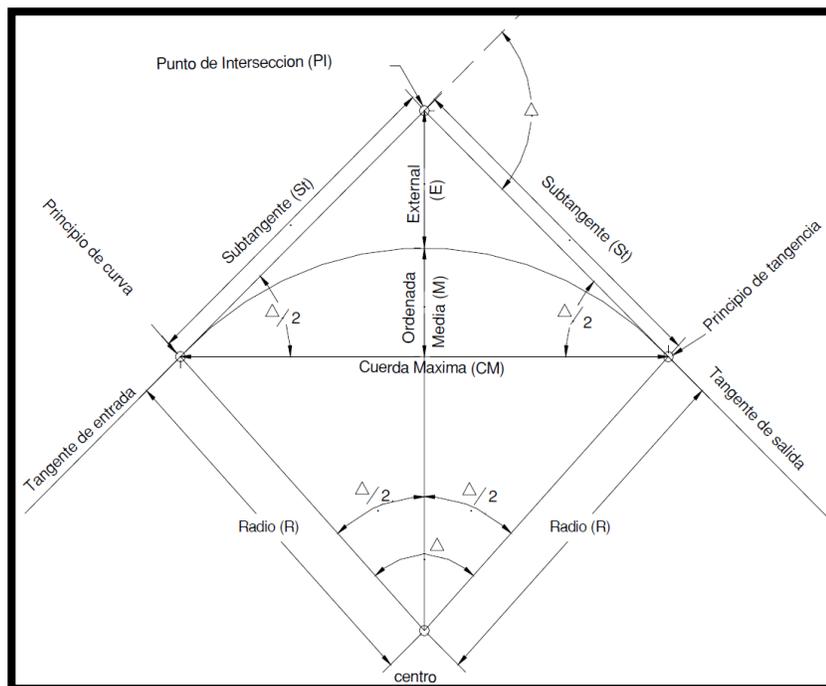
2.1.7.1.3. Curvas horizontales

Las curvas horizontales forman parte del alineamiento horizontal de una carretera; son arcos de círculos que forman la proyección horizontal de la curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas; estas pueden ser simples compuestas por solo una curva circular o compuestas por dos o más curvas simples, del mismo sentido o no y diferente radio.

El cálculo de los elementos de una curva, se hace teniendo los radios, las distancias entre los puntos de intersección (PI) de localización, los deltas (Δ) y el

grado de curva (G), el cual será colocado por el diseñador para encontrar los elementos más importantes que forman los segmentos circulares de una carretera.

Figura 7. **Elementos de una curva horizontal**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2 017.

A continuación, se muestra el cálculo de una curva.

- Deflexión (Δ)

Entre dos azimut existe un delta o diferencia angular, la forma de calcularlo es restando el azimut 2 del azimut 1 y sirve para escoger el tipo de curvatura a utilizará, mientras más grande es el radio mayor será el grado de curvatura.

Donde:

- Δ = deflexión

$$\text{Azimut 1} = 13^{\circ}09'57''$$

$$\text{Azimut 2} = 188^{\circ}50'19''$$

$$\Delta = 188^{\circ}50'19'' - 13^{\circ}09'57''$$

$$\Delta = 175^{\circ}40'22''$$

- Radio (R)

Es la distancia perpendicular al principio de curva (PC) o principio de tangente (PT), hacia el centro. El radio mínimo es de 30 metros por ser una carretera tipo E.

- $R = 30 \text{ m}$

- Grado de curvatura (G)

En Guatemala se define como el ángulo central que sobre una circunferencia define un arco de 20 metros de longitud o se puede decir que el grado de curvatura (G) es el ángulo subtendido por un arco de 20 metros.

$$G = \frac{11459156}{R}$$

Donde:

- G = grado de curvatura
- R= radio

$$G = \frac{1145\ 9156}{30} = 38$$

- Longitud de curva (LC)

Es la distancia medida desde el principio de la curva (PC), al principio de tangente (PT), sobre la curva diseñada.

$$LC = \frac{(20X\Delta)}{G}$$

Donde:

- LC = longitud de curva
- Δ = deflexión
- G = grado de curvatura

$$LC = \frac{(20X175^{\circ}40'22'')}{38}$$

$$LC= 92,46 \text{ m}$$

- Subtangente (St)

Es la distancia entre el principio de curva (PC) y el punto de intersección (PI), ya que la curva es simétrica la distancia entre el punto de intersección (PI) y

el principio de tangente (PT) es igual en curvas circulares simples que forma un ángulo de 90° con el radio.

$$St = R * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

Donde:

- St = subtangente
- R= radio
- Δ= deflexión

$$St = 30 * \tan\left(\frac{175^{\circ}40'22''}{2}\right)$$

$$St = 794,06 \text{ m}$$

- Principio de curva (Pc)

Es la distancia de donde inicia la curva y es la diferencia entre la distancia del punto de intersección y la subtangente.

$$Pc = Pi - St$$

- External (E)

Es la distancia desde el PI al punto medio de la curva.

$$E = R * \sec\left(\frac{\Delta}{2}\right) - R$$

Donde:

- E = external
- R= radio
- Δ = deflexión

$$E = 30 * \left(\sec \left(\frac{175^\circ 40' 22''}{2} \right) - 1 \right)$$

$$E = 764,64 \text{ m}$$

- Ordenada media (Om)

Es la distancia dentro del punto medio de la curva y el punto medio de la cuerda máxima.

$$Om = R \left(1 - \cos \left(\frac{\Delta}{2} \right) \right)$$

Donde:

- Om = ordenada media
- R= radio
- Δ = deflexión

$$Om = 30 \left(1 - \cos \left(\frac{175^\circ 40' 22''}{2} \right) \right)$$

$$Om = 28,867 \text{ m}$$

- Cuerda Máxima (Cm)

Es la distancia de línea recta desde el principio de curva PC al principio de tangencia PT.

$$Cm = 2R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$$

Donde:

- Cm = cuerda máxima (Cm)
- R= radio
- Δ= deflexión

$$Cm = 2 * 30 * \text{sen} \left(\frac{175^{\circ}40'22''}{2} \right) = 59,95 \text{ m}$$

2.1.7.1.4. Curvas de transición

La curva de transición o longitud de transición es la longitud de la curva que va variando de radio según se avanza. Surge debido a la necesidad de interponer un elemento que garantice una continuidad dinámica y geométrica. Las curvas de transición se intercalan entre las alineaciones rectas y las alineaciones curvas para permitir una transición gradual de curvatura.

En la tabla X, se encuentra la medida de longitud de espiral que debe aplicarse para los distintos grados de curvatura, teniendo en cuenta la velocidad de diseño. Para un G= 38 y una velocidad de diseño de 30 km/h, la tabla indica que la longitud de espiral (LS) = 44 metros.

Tabla X. Curva de transición y peralte recomendados

VELOCIDAD G°	30			40			50			60			70			80			90			100			110			120																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	RADIO	Db=27	L:125	Db=30	L:140	Db=33	L:155	Db=37	L:170	Db=40	L:185	Db=43	L:200	Db=46	L:215	Db=50	L:230	Db=53	L:245	Db=56	L:260	Δ	e%	Ls																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
1°	1145.92	BN	17	0°51'	BN	23	1°09'	BN	28	1°24'	BN	34	1°42'	BN	39	1°57'	BN	45	2°15'	BN	50	2°30'	BN	56	2°48'	BN	62	3°06'	BN	67	3°21'	BN	74	3°42'	BN	81	4°06'	BN	88	4°33'	BN	95	5°03'	BN	102	5°36'	BN	110	6°15'	BN	118	7°00'	BN	126	7°51'	BN	135	8°48'	BN	144	9°51'	BN	154	10°54'	BN	164	12°06'	BN	175	13°27'	BN	186	14°57'	BN	198	16°36'	BN	211	18°24'	BN	224	20°30'	BN	238	22°54'	BN	253	25°36'	BN	268	28°54'	BN	284	32°36'	BN	301	36°54'	BN	319	41°36'	BN	338	46°54'	BN	358	52°36'	BN	379	58°54'	BN	401	65°36'	BN	424	72°54'	BN	448	80°36'	BN	473	88°54'	BN	500	97°36'	BN	528	106°36'	BN	558	115°36'	BN	589	124°36'	BN	621	133°36'	BN	655	142°36'	BN	691	151°36'	BN	729	160°36'	BN	769	169°36'	BN	811	178°36'	BN	855	187°36'	BN	901	196°36'	BN	949	205°36'	BN	1000	214°36'	BN	1053	223°36'	BN	1109	232°36'	BN	1167	241°36'	BN	1227	250°36'	BN	1289	259°36'	BN	1353	268°36'	BN	1420	277°36'	BN	1489	286°36'	BN	1560	295°36'	BN	1634	304°36'	BN	1711	313°36'	BN	1799	322°36'	BN	1890	331°36'	BN	1992	340°36'	BN	2098	349°36'	BN	2214	358°36'	BN	2339	367°36'	BN	2474	376°36'	BN	2619	385°36'	BN	2775	394°36'	BN	2944	403°36'	BN	3139	412°36'	BN	3355	421°36'	BN	3594	430°36'	BN	3859	439°36'	BN	4152	448°36'	BN	4435	457°36'	BN	4744	466°36'	BN	5080	475°36'	BN	5445	484°36'	BN	5841	493°36'	BN	6269	502°36'	BN	6731	511°36'	BN	7229	520°36'	BN	7764	529°36'	BN	8338	537°36'	BN	8954	546°36'	BN	9614	555°36'	BN	10320	563°36'	BN	11084	572°36'	BN	11900	580°36'	BN	12770	588°36'	BN	13707	596°36'	BN	14704	604°36'	BN	15774	612°36'	BN	16920	620°36'	BN	18156	628°36'	BN	19478	636°36'	BN	20891	644°36'	BN	22419	652°36'	BN	24058	660°36'	BN	25844	668°36'	BN	27772	676°36'	BN	29849	684°36'	BN	32058	692°36'	BN	34400	700°36'	BN	36894	708°36'	BN	39552	716°36'	BN	42390	724°36'	BN	45432	732°36'	BN	48738	740°36'	BN	52318	748°36'	BN	56400	756°36'	BN	60762	764°36'	BN	65508	772°36'	BN	70668	780°36'	BN	76154	788°36'	BN	82044	796°36'	BN	88368	804°36'	BN	95148	812°36'	BN	102408	820°36'	BN	110172	828°36'	BN	118462	836°36'	BN	127300	844°36'	BN	136710	852°36'	BN	146616	860°36'	BN	157144	868°36'	BN	168320	876°36'	BN	179160	884°36'	BN	190152	892°36'	BN	201424	900°36'	BN	212892	908°36'	BN	224574	916°36'	BN	236508	924°36'	BN	248814	932°36'	BN	261412	940°36'	BN	274932	948°36'	BN	289184	956°36'	BN	304194	964°36'	BN	319488	972°36'	BN	335844	980°36'	BN	352972	988°36'	BN	370500	996°36'	BN	388644	1004°36'	BN	407424	1012°36'	BN	427164	1020°36'	BN	447844	1028°36'	BN	469488	1036°36'	BN	492232	1044°36'	BN	516144	1052°36'	BN	539944	1060°36'	BN	565896	1068°36'	BN	594048	1076°36'	BN	624432	1084°36'	BN	655488	1092°36'	BN	689044	1100°36'	BN	725844	1108°36'	BN	765144	1116°36'	BN	807544	1124°36'	BN	852800	1132°36'	BN	900768	1140°36'	BN	951408	1148°36'	BN	1009872	1156°36'	BN	1078592	1164°36'	BN	1157440	1172°36'	BN	1237440	1180°36'	BN	1308384	1188°36'	BN	1381056	1196°36'	BN	1466112	1204°36'	BN	1551168	1212°36'	BN	1643008	1220°36'	BN	1738368	1228°36'	BN	1843536	1236°36'	BN	1958176	1244°36'	BN	2083264	1252°36'	BN	2218464	1260°36'	BN	2365440	1268°36'	BN	2524224	1276°36'	BN	2696448	1284°36'	BN	2880768	1292°36'	BN	3078912	1300°36'	BN	3290304	1308°36'	BN	3521408	1316°36'	BN	3772800	1324°36'	BN	4037216	1332°36'	BN	4316448	1340°36'	BN	4621152	1348°36'	BN	4953408	1356°36'	BN	5315040	1364°36'	BN	5700096	1372°36'	BN	6181248	1380°36'	BN	6742752	1388°36'	BN	7399488	1396°36'	BN	8167488	1404°36'	BN	9052704	1412°36'	BN	10062016	1420°36'	BN	11203328	1428°36'	BN	12484608	1436°36'	BN	13924896	1444°36'	BN	15735072	1452°36'	BN	17824224	1460°36'	BN	20211328	1468°36'	BN	22904448	1476°36'	BN	26934784	1484°36'	BN	32034432	1492°36'	BN	38544256	1500°36'	BN	46704576	1508°36'	BN	56674944	1516°36'	BN	68615040	1524°36'	BN	82695808	1532°36'	BN	99187296	1540°36'	BN	118480384	1548°36'	BN	140975040	1556°36'	BN	167072256	1564°36'	BN	187272000	1572°36'	BN	211674240	1580°36'	BN	240888960	1588°36'	BN	275427328	1596°36'	BN	315999360	1604°36'	BN	364102784	1612°36'	BN	416629248	1620°36'	BN	482427776	1628°36'	BN	564052224	1636°36'	BN	653842752	1644°36'	BN	757749248	1652°36'	BN	876542784	1660°36'	BN	1011999360	1668°36'	BN	1166400000	1676°36'	BN	1341599360	1684°36'	BN	1539372224	1692°36'	BN	1762602496	1700°36'	BN	2018112448	1708°36'	BN	2305824640	1716°36'	BN	2636742848	1724°36'	BN	3015873152	1732°36'	BN	3448112448	1740°36'	BN	3936467328	1748°36'	BN	4485532128	1756°36'	BN	5101112704	1764°36'	BN	5789224000	1772°36'	BN	6557872128	1780°36'	BN	7415172224	1788°36'	BN	8380240000	1796°36'	BN	9458182400	1804°36'	BN	10661124480	1812°36'	BN	12004428800	1820°36'	BN	13598793216	1828°36'	BN	15454428800	1836°36'	BN	17583744000	1844°36'	BN	19914428800	1852°36'	BN	22464428800	1860°36'	BN	25214428800	1868°36'	BN	28264428800	1876°36'	BN	31644428800	1884°36'	BN	35394428800	1892°36'	BN	39564428800	1900°36'	BN	44194428800	1908°36'	BN	49344428800	1916°36'	BN	55064428800	1924°36'	BN	61404428800	1932°36'	BN	68464428800	1940°36'	BN	76194428800	1948°36'	BN	84664428800	1956°36'	BN	93944428800	1964°36'	BN	104004428800	1972°36'	BN	114914428800	1980°36'	BN	126744288000	1988°36'	BN	139484288000	1996°36'	BN	153224288000	2004°36'	BN	168024288000	2012°36'	BN	183664288000	2020°36'	BN	200344288000	2028°36'	BN	218144288000	2036°36'	BN	237144288000	2044°36'	BN	257044288000	2052°36'	BN	278144288000	2060°36'	BN	299444288000	2068°36'	BN	322044288000	2076°36'	BN	345944288000	2084°36'	BN	371244288000	2092°36'	BN	398044288000	2100°36'	BN	426344288000	2108°36'	BN	453944288000	2116°36'	BN	484044288000	2124°36'	BN	516644288000	2132°36'	BN	551944288000	2140°36'	BN	590044288000	2148°36'	BN	631044288000	2156°36'	BN	674244288000	2164°36'	BN	720644288000	2172°36'	BN	769444288000	2180°36'	BN	821844288000	2188°36'	BN	877644288000	2196°36'	BN	937044288000	2204°36'	BN	1000044288000	2212°36'	BN	1071842880000	2220°36'	BN	1152642880000	2228°36'	BN	1243042880000	2236°36'	BN	1343242880000	2244°36'	BN	1453942880000	2252°36'	BN	1575842880000	2260°36'	BN	1709642880000	2268°36'	BN	1856042880000	2276°36'	BN	1915442880000	2284°36'	BN	2028442880000	2292°36'	BN	2154442880000	2300°36'	BN	2294442880000	2308°36'	BN	2440442880000	2316°36'	BN	2600442880000	2324°36'	BN	2768442880000	2332°36'	BN	2950442880000	2340°36'	BN	3156442880000	2348°36'	BN	3380442880000	2356°36'	BN	3624442880000	2364°36'	BN	3888442880000	2372°36'	BN	4174442880000	2380°36'	BN	4500442880000	2388°36'	BN	4848442880000	2396°36'	BN	5224442880000	2404°36'	BN	5628442880000	2412°36'	BN	6058442880000	2420°36'	BN	6518442880000	2428°36'	BN	7004442880000	2436°36'	BN	7520442880000	2444°36'	BN	8068442880000	2452°36'	BN	8664442880000	2460°36'	BN	9304442880000	2468°36'	BN	9984442880000	2476°36'	BN	10712442880000	2484°36'	BN	11484428800000	2492°36'	BN	12304428800000	2500°36'	BN	13244428800000	2508°36'	BN	14244428800000	2516°36'	BN	15304428800000	2524°36'	BN	16404428800000	2532°36'	BN	17564428800000	2540°36'	BN	18784428800000	2548°36'	BN	20084428800000	2556°36'	BN	21444428800000	2564°36'	BN	22884428800000	2572°36'	BN	24444428800000	2580°36'	BN	26084428800000	2588°36'	BN	27844428800000	2596°36'	BN	29744428800000	2604°36'	BN	31804428800000	2612°36'	BN	33964428800000	2620°36'	BN	36244428800000	2628°36'	BN	38764428800000	2636°36'	BN	41444428800000	2644°36'	BN	44404428800000	2652°36'	BN	47564428800000	2660°36'	BN	50844428800000	2668°36'	BN	54364428800000	2676°36'	BN	58084428800000	2684°36'	BN	62084428800000	2692°36'	BN	66484428800000	2700°36'	BN	71124428800000	2708°36'	BN	76044428800000	2716°36'	BN	81284428800000	2724°36'	BN	86804428800000	2732°36'	BN	92644428800000	2740°36'	BN	98884428800000	2748°36'	BN	105444288000000	2756°36'	BN	112444288000000	2764°36'	BN	119844288000000	2772°36'	BN	127644288000000	2780°36'	BN	135944288000000	2788°36'	BN	144444288000000	2796°36'	BN	153244288000000	2804°36'	BN	162444288000000	2812°36'	BN	171644288000000	2820°36'	BN	181244288000000	2828°36'	BN	191244288000000	2836°36'	BN	201644288000000	2844°36'	BN	212444288000000	2852°36'	BN	223644288000000	2860°36'	BN	235244288000000	2868°36'	BN	247244288000000	2876°36'	BN	259644288000000	2884°36'	BN	272444288000000	2892°36'	BN	285644288000000	2900°36'	BN	29904428800

Tabla XI. Resumen de diseño geométrico

No. Curva	Radio (m)		Grado de Curvatura		deflexion (°)	subtangente (m)	Longitud de Curva (m)	External (m)	Ordenada Media (m)	maxima (m)	e (%)	Ls	Sobresancho (m)
	decimal	sexagesimal	decimal	sexagesimal									
1	30	38°11'50"	13°09'57"	38°11'50"	175°40'22"	794,07	92,46	764,64	28,87	59,96	9,8	44	1,63
2	200	5°43'46"	188°50'19"	5°43'46"	10°37'33"	18,6	35,42	0,13	0,13	37,04	2,1	17	0,37
3	30	38°11'50"	199°27'52"	38°11'50"	170°45'57"	371,48	89,88	342,69	27,59	59,81	9,8	44	1,63
4	200	5°43'46"	28°41'55"	5°43'46"	25°36'11"	45,44	85,34	0,76	0,75	88,63	2,1	17	0,37
5	30	38°11'50"	54°18'06"	38°11'50"	173°19'12"	514,05	91,22	484,92	28,25	59,9	9,8	44	1,63
6	200	5°43'46"	227°37'18"	5°43'46"	32°33'26"	58,4	108,52	1,25	1,2	112,12	2,1	17	0,37
7	30	38°11'50"	195°3'52"	38°11'50"	170°12'26"	350,19	89,58	321,48	27,44	59,78	9,8	44	1,63
8	30	38°11'50"	24°51'26"	38°11'50"	114°32'0"	46,67	60,28	25,48	13,78	50,47	9,8	44	1,63
			139°23'36"										

Fuente: elaboración propia.

2.1.7.1.5. Peralte

Es la inclinación transversal de la calzada en las curvas horizontales que sirven para contrarrestar la fuerza centrífuga que tiende a desviar radialmente a los vehículos hacia fuera de su trayecto.

Esta inclinación, generalmente, irá alrededor del eje de la carretera, ya que de esta forma los cambios de elevación de los bordes producen menos distorsión, por ende, mejor transición.

El peralte que debe aplicarse para los distintos grados de curvatura se muestra en la tabla X, teniendo en cuenta la velocidad de diseño. Para una $G=38$ y velocidad de diseño de 30 km/h corresponde un peralte de $(e\%) = 9,8 \%$.

2.1.7.1.6. Sobreancho

Los vehículos al transitar sobre una curva horizontal ocupan un ancho de calzada mayor que en la recta. Esto se debe a que la rigidez y las dimensiones del vehículo hacen que su eje trasero siga en trayectoria distinta a las del eje delantero que dificulta la permanencia de este sobre el eje de circulación correspondiente.

Para compensar este efecto y mantener las condiciones de operación del tránsito, la calzada en la curva debe ensancharse.

A este aumento se le denomina sobreancho (S_a) de la curva. Para calcular el sobreancho es necesario conocer el tipo de vehículo que transitará en la carretera.

$$Sa = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Donde:

- Sa = sobreeancho
- n = número de carriles
- R = radio de la curva
- L = longitud de la parte frontal a la posterior del vehículo
- V = velocidad de diseño

Al tener únicamente un carril por sentido, una longitud de 8 m promedio de vehículos livianos y una velocidad de diseño de 30 km/h.

$$Sa = 1 * \left(30 - \sqrt{30^2 - 8^2} \right) + \frac{30}{10\sqrt{30}}$$

$$Sa = 1,634 \text{ m}$$

2.1.7.2. Alineamiento vertical

Es la proyección sobre un plano vertical del desarrollado del eje de la subcorona en alineamiento vertical.

2.1.7.2.1. Diseño de subrasante

La subrasante es la línea trazada en perfil que define las cotas de corte y relleno que conformarán las pendientes del terreno; a lo largo de su trayectoria, la subrasante está ubicada por debajo de la base y la carpeta de rodadura. La subrasante es la que define el volumen de movimiento de tierra.

Para calcular la subrasante, es necesario disponer de los siguientes datos:

- Sección típica
- Alineamiento horizontal del tramo
- El perfil longitudinal del mismo
- Las especificaciones o criterio que regirán el diseño

Para el diseño de este proyecto se eligió una carretera tipo E, en función de T.P.D. y la población. Debido a que la región es montañosa se diseñará con una pendiente máxima de 10 % y una velocidad de diseño máxima de 30 km/h en regiones montañosas, ver tabla IX.

2.1.7.2.2. Pendientes

La pendiente es la inclinación longitudinal que debe tener una carretera para ir de un nivel a otro. Su límite viene determinado por los requerimientos del diseño de la carretera.

- Pendiente gobernadora

Es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea de subrasante para dominar un desnivel determinado o en función de las características del tránsito y la configuración del terreno.

La mejor pendiente gobernadora para cada caso será aquella que, al conjugar esos conceptos, permita obtener el menor costo de construcción, conservación y operación. Sirve de norma reguladora a la serie de pendientes que se deba proyectar para ajustarse en lo posible al terreno.

- Pendiente máxima

Es la mayor pendiente que se permite en el proyecto, queda determinada por el volumen y la composición del tránsito previsto y la configuración del terreno. La pendiente máxima se empleará, cuando convenga desde el punto de vista económico, para salvar obstáculos locales: acantilados, fallas y zonas inestables, siempre que no rebase la longitud crítica.

- Pendiente mínima

La pendiente mínima se fija para permitir el drenaje. En los rellenos o terraplenes puede ser nula, en los cortes se recomienda 05 % mínimo, para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas; en ocasiones la longitud de los cortes y la precipitación pluvial en la zona podrá llevar a aumentar esa pendiente mínima.

2.1.7.2.3. Curvas verticales

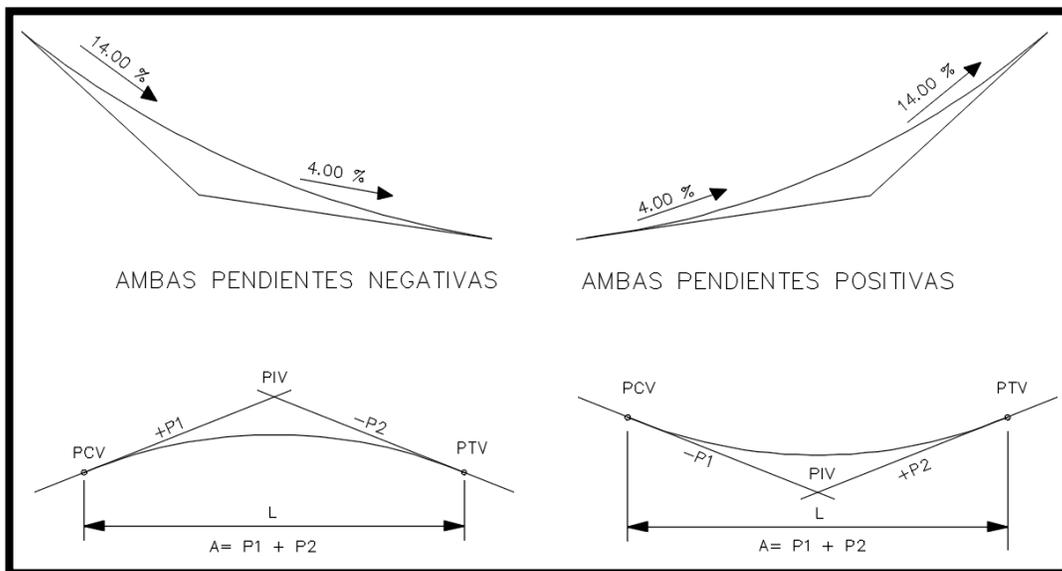
Las curvas verticales deben cumplir ciertos requisitos de servicios: una apariencia tal que el cambio de pendiente sea gradual y no produzca molestias al conductor del vehículo que permita un cambio suave entre pendientes diferentes.

La finalidad de las curvas verticales es proporcionar suavidad al cambio de pendiente; estas curvas pueden ser circulares o parabólicas; aunque la más usada en el país por la Dirección General de Caminos es la parabólica simple, debido a la facilidad de cálculo y a su gran adaptación a las condiciones de terreno. Las especificaciones para curvas verticales dadas por la Dirección

General de Caminos están en función de la diferencia algebraica de pendientes y de la velocidad de diseño.

En el momento de diseñar la curvas verticales deben tenerse presentes las longitudes de estas para evitar traslapes entre curvas, dejando también la mejor visibilidad a los conductores. En diseños de carreteras para áreas rurales se ha normalizado entre los diseñadores usar como longitud mínima de curva vertical la que sea igual a la velocidad de diseño.

Figura 8. **Elementos de la curva vertical**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2 017.

Donde:

- P1 = pendiente de entrada
- P2 = pendiente de salida

- L=longitud de curva
- A= diferencia de pendientes
- $K = L/A$

Tabla XII. **Valores para K para curvas cóncavas y convexas**

Velocidad de diseño (KPH)	Valores de k según tipo de curva	
	Cóncava	Convexa
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	5	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

Fuente: VALLADARES, Jorge Feliz. *Guía teórica práctica del curso de vías terrestres 1*. p. 34.

Existen 4 criterios que ayudan a determinar la longitud de las curvas verticales:

- Criterio de seguridad: es la visibilidad de parada, la longitud de curva debe permitir que a lo largo de ella la distancia de visibilidad sea mayor o igual que la de parada; se aplica a curvas cóncavas y convexas.

$$LCV= K*A$$

Donde:

- LCV= longitud de curva vertical
 - K= constante que depende de las velocidades de diseño
 - A%= diferencia algebraica de pendientes
- Criterio de apariencia: para curvas verticales con visibilidad completa, cóncavas, sirve para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.

$$K = \frac{LCV}{\Delta} \geq 30$$

$$\Delta = P_s - P_e$$

Donde:

- P_s= pendiente de salida
 - P_e= pendiente de entrada
 - LCV= longitud de curva vertical
 - K= constante que depende de las velocidades de diseño
 - Δ= pendiente de salida – pendiente de entrada
- Criterio de comodidad: para curvas verticales cóncavas en donde la fuerza centrífuga que aparece en el vehículo, al cambiar de dirección, se suma al peso propio del vehículo.

$$K = \frac{LCV}{\Delta} \geq \frac{V^2}{395}$$

Donde:

- LCV= longitud de curva vertical
 - K= constante que depende de las velocidades de diseño
 - Δ = pendiente de salida – pendiente de entrada
 - V= velocidad
- Criterio de drenaje: para curvas verticales convexas y cóncavas, alojadas en corte; se utiliza para que la pendiente en cualquier punto de la curva sea adecuada para que el agua pueda escurrir fácilmente.

$$K = \frac{LCV}{\Delta} \leq 43$$

Donde:

- Ps= pendiente de salida
- Pe= pendiente de entrada
- LCV= longitud de curva vertical
- K= constante que depende de las velocidades de diseño
- Δ = pendiente de salida – pendiente de entrada

2.1.7.2.4. Correcciones

Luego de calcular las elevaciones de la subrasante conformada por rectas de pendientes definidas, se hace necesario corregir las mencionadas alturas en los caminantes que conforman las curvas verticales, puesto que debe proporcionarse un cambio suave entre la pendiente de entrada y de salida.

Las correcciones se calculan del exterior de la curva hasta el centro, de entrada y de salida, la ordenada máxima es el máximo cambio de la curva.

$$OM = \frac{(P2 - P1)}{800} * LCV$$

$$Y = \frac{((P2 - P1) * D^2)}{200 * lcv}$$

Donde:

- P1 = pendiente de entrada
- P2 = pendiente de Salida
- OM= ordenada máxima
- D = distancia a partir del extremo al punto en que se desea conocer la corrección vertical
- Lcv= longitud de curva vertical
- Y= corrección vertical

Ejemplo de la curva vertical:

$$OM = \frac{(13,18 - 3,59)}{800} * 80$$

$$OM = 0,959$$

$$Y = \frac{((13,18 - 3,59) * (79,20 - 39,20))^2}{200 * 80}$$

$$Y = 0,959 \text{ m}$$

Tabla XIII. Resumen del diseño de curva verticales

No de curva	EST PV	Elevacion	Pendiente de entrada	Pendiente de salida	Diferencia Δ	Tipo de curva	k visibilidad	LCV de Diseño	LCV por		LCV/ Δ	Criterio de apariencia (LCV/ Δ) \geq 30	Criterio de comodidad (LCV/ Δ) \geq (V ² /395)	Criterio de drenaje (LCV/ Δ) \leq 43	Correccion	Subrasante Corregida
									criterio de seguridad	Δ *K						
1	0+079,20	1 761,947	3,59	13,18	9,59	conc	4	80	38,36	8,342	Menor	Mayor	Menor	0,959	1 762,906	
2	0+199,96	1 778,445	13,18	-1,75	14,93	conv	2	60	29,86	4,019		Mayor	Menor	-1,12	1 777,325	
3	0+328,30	1 776,202	-1,75	11,01	12,76	conc	4	60	51,04	4,702	Menor	Mayor	Menor	0,957	1 777,159	
4	0+528,12	1 798,197	11,01	1,04	9,97	conv	2	50	19,94	5,015		Mayor	Menor	-0,623	1 797,574	
5	0+673,85	1 799,706	1,04	8,03	6,99	conc	4	100	27,96	14,31	Menor	Mayor	Menor	0,874	1 800,580	
6	0+850,67	1 813,902	8,03	-0,6	8,63	conv	2	50	17,26	5,794		Mayor	Menor	-0,539	1 813,363	
7	0+959,17	1 813,251	-0,6	6,67	7,27	conc	4	150	29,08	20,63	Menor	Mayor	Menor	1,363	1 814,614	
8	1+120,98	1 824,051	6,67	0,42	6,25	conv	2	150	12,5	24		Mayor	Menor	-1,172	1 822,879	

Fuente: elaboración propia.

2.1.8. Movimientos de tierra

En construcción de carreteras, esta es una de las actividades de mayor importancia, ya que afecta considerablemente en su costo; por esto el movimiento de tierras debe ser lo más económico posible, dentro de los requerimientos que el tipo de camino especifique.

2.1.8.1. Cálculo de área de secciones transversales

Para el cálculo de las áreas de las secciones transversales de la línea de localización, primero se dibujan a cada 20 metros, con la sección típica de la carretera tipo E para regiones montañosas. Para esta sección se tienen establecidos los taludes de corte y relleno según su altura.

Tabla XIV. Relaciones de corte y relleno de taludes

Corte		Relleno	
Altura (m)	H-V	Altura (m)	H-V
0 – 3	1 – 1	0 – 3	2 – 1
3 – 7	1 – 2	> 3	3 – 2
> 7	1 – 3		

Fuente: CARDENAS GRISALES, James. *Diseño geométrico de carreteras*. p. 402.

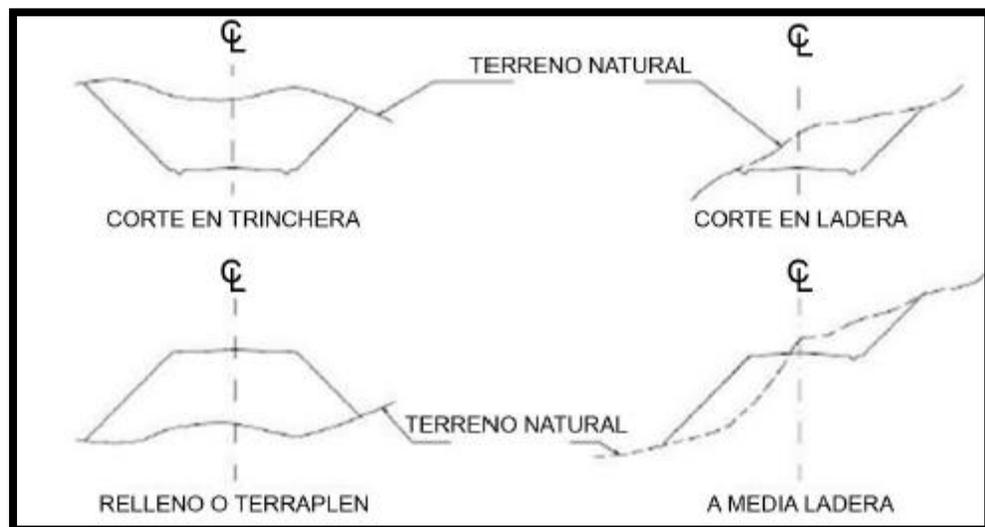
Se puede utilizar el método gráfico el cual permite medir las áreas por medio de un planímetro graduado para la realización de medidas de las secciones que deben estar dibujadas en papel milimetrado.

Otro método utilizado para el cálculo de áreas es el de determinantes, en el que, con las coordenadas de los puntos que delimitan las áreas de corte y relleno, se calcula el área.

2.1.8.2. Cálculo de volúmenes

Se realiza a partir de secciones transversales, tomadas perpendicularmente a lo largo del eje central a cada 20 metros, las secciones transversales pueden ser: corte de trinchera, corte en ladera, en relleno o terraplén y a media ladera.

Figura 9. Tipos de secciones transversales



Fuente: CASANOVA M, Leonardo. *Elementos de geometría*. p. 24.

Cada una de las áreas calculadas constituye en un lado un prisma de terreno que debe rellenarse o cortarse; suponiendo que el terreno se comporta de una manera uniforme entre las dos estaciones, se hace un promedio de sus

áreas y se multiplica por la distancia horizontal entre estas; se obtienen así los volúmenes de relleno y corte en ese tramo.

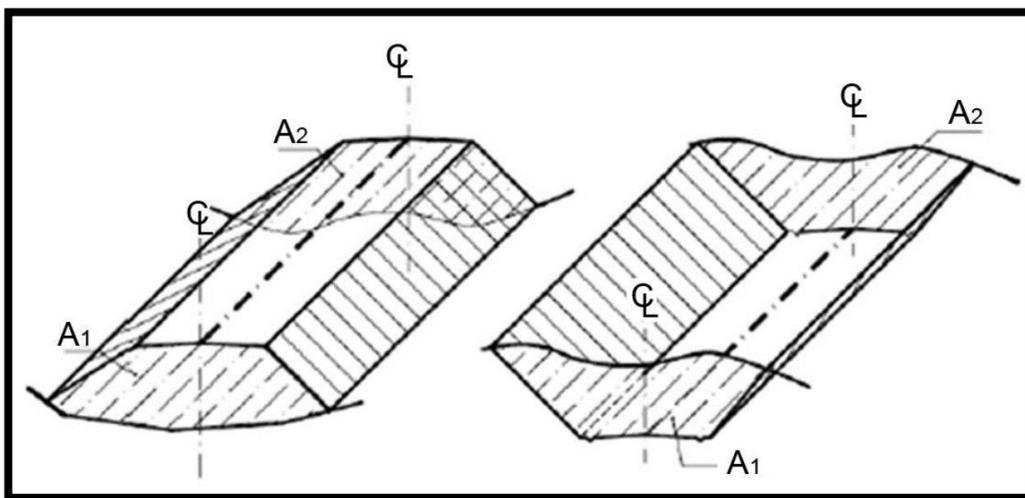
Los métodos más utilizados para el cálculo de los volúmenes correspondientes al movimiento de tierra son: el método de las áreas medias en donde el volumen entre 2 secciones consecutivas del mismo tipo, en corte o en relleno, como se describe en la figura 10, está dada por.

$$Vol = \frac{(A1 + A2)}{2} * D$$

Donde:

- V= volumen entre ambas secciones en metros cúbicos
- A1, A2 = áreas de secciones consecutivas en metros cuadrados
- d = distancia entre secciones en metros (20 m)

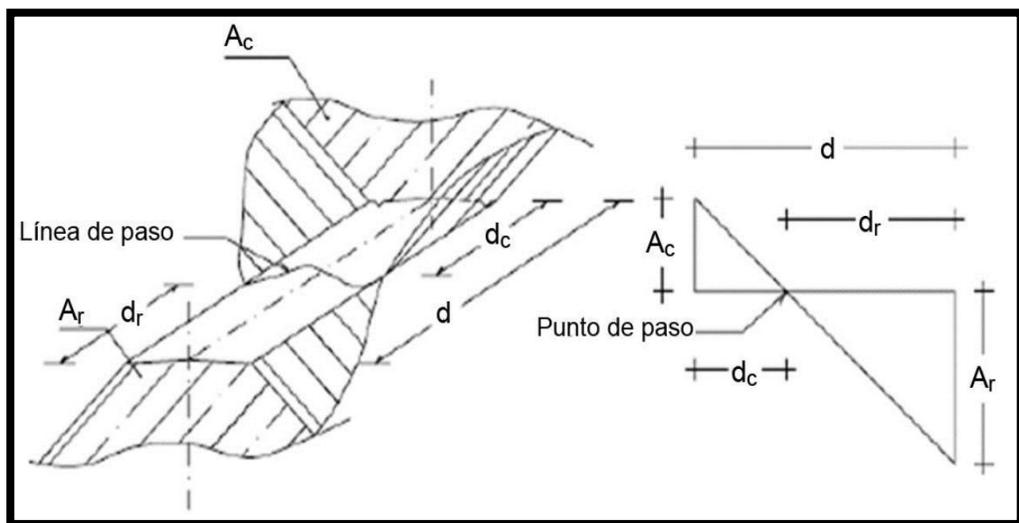
Figura 10. **Volumen entre secciones del mismo tipo**



Fuente: CASANOVA M, Leonardo. *Elementos de geometría*. p. 25.

Cuando existen 2 secciones consecutivas de diferente tipo, se genera una línea de paso a lo largo de la cual la cota de terreno coincide con la cota de la superficie de subrasante. En este caso, se generará un volumen de corte y uno de relleno entre ambas secciones como se describe en la figura 11.

Figura 11. **Volúmenes entre secciones de terreno de diferente tipo**



Fuente: CASANOVA M, Leonardo. *Elementos de Geometría*. p. 25.

Se asume que la línea de paso es perpendicular al eje. El volumen de corte entre el área de corte A_c y el área de la línea de paso que es cero y el volumen de relleno entre el área del relleno A_r y el área de la línea de paso, se calculan de la siguiente manera:

$$V_c = \frac{1}{2} * (A_c + A_0) * d_c \quad V_r = \frac{1}{2} * (A_r + A_0) * d_r$$

$$A_0 = 0$$

Donde:

- V_c = volumen de corte (m³)
- V_r = volumen de relleno (m³)
- A_c = áreas de la sección en corte (m²)
- A_r = áreas de la sección en relleno (m²)
- A_o = áreas de la sección en la línea de paso = 0
- D_c = distancia de corte en metros
- D_r = distancia de relleno en metros

Por medio de la relación de triángulos, se determinan los valores de d_c y d_r de la siguiente manera.

$$d_c = \frac{A_c}{A_c + A_r} * d \qquad d_r = \frac{A_r}{A_r + A_c} * d$$

Para observar la tabla de volúmenes y secciones transversales, ver plano 7, en el apéndice.

2.1.9. Drenajes

Los drenajes son colocados en la carretera para evitar que el agua se filtre en la carpeta de rodadura ya que al filtrarse dañan el material existente en la subrasante que provocan daños.

Las acumulaciones de agua son perjudiciales, la forma de que no afecten a la carretera es evacuándola o conduciéndola por medio de drenajes. La vida útil de la carretera depende mucho de los drenajes que evitan derrumbes o deslizamientos, para que funcionen eficientemente deben tener mantenimiento constante.

Figura 12. **Área de influencia de la cuenca**



Fuente: *Coordenadas de topografía*. <https://earth.google.com/web/@14.53990495,-90.72123852,1710.60276491a,293.91217075d,35y,-0h,0t,0r>. Consulta: 16 de junio de 2017.

2.1.9.1. Diseño de drenaje trasversal

El objetivo principal de este elemento de la carretera es evitar que el agua de lluvia proveniente del área que genera el caudal que desfoga hacia la parte baja de la cuenca en el sitio perpendicular a la carretera no pase por su estructura.

Para el proyecto se utilizó el método racional para determinar el caudal destinado a drenar.

2.1.9.2. Método racional

Es el más utilizado y permite determinar el caudal en términos de metros cúbicos por segundo para el diseño de drenaje mayor y menor; se asume que el caudal máximo, para un punto dado, se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía superficial durante un periodo de precipitación máxima.

Para lograrlo la tormenta máxima de diseño debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana para llegar hasta el punto considerado.

Se basa en la relación directa entre la caída de lluvia y los flujos que pueden expresarse por la ecuación:

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

Donde:

- Q = caudal en metros cúbicos por segundo de un área dada.
- I = intensidad de lluvia en milímetros por hora para una duración igual al tiempo de concentración.

- C = coeficiente de escorrentía que representa la relación entre caudal y lluvia.
- A = área de drenaje en hectáreas.

Los parámetros de intensidad de lluvia los proporciona el INSIVUMEH, según la región en estudio. La intensidad de lluvia está dada por:

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

Donde:

- I_{Tr} = Intensidad de lluvia (mm/hr)
- t = esa la duración en (min)
- A y B = parámetros de ajuste

Tabla XV. **Coeficientes modelo estándar estación climática La Suiza Contenta**

Período de retorno	Distribución Normal				Distribución de Gumbel			
	A	B	n	Sumatoria del error relativo al cuadrado	A	B	n	Sumatoria del error relativo al cuadrado
2	718	6,15	0,77	1,11E-02	696	7,36	0,78	1,23E-02
5	881	2,96	0,74	3,28E-02	854	3,24	0,74	2,86E-02
10	982	2,18	0,74	4,87E-02	987	2,14	0,74	4,97E-02
15	1033	1,87	0,73	5,67E-02	1065	1,71	0,73	6,11E-02
20	1067	1,69	0,73	6,15E-02	1120	1,47	0,73	6,89E-02
25	1092	1,58	0,73	6,52E-02	1165	1,31	0,73	7,43E-02
30	1114	1,50	0,73	6,77E-02	1200	1,19	0,73	7,88E-02
50	1166	1,30	0,73	7,47E-02	1300	0,91	0,73	9,02E-02
75	1206	1,17	0,73	7,96E-02	1379	0,73	0,73	9,85E-02
100	1233	1,08	0,73	8,29E-02	1436	0,61	0,73	1,04E-01

Fuente: SALES RODRIGUEZ, Manuel de Jesús. *Comparación del modelo estándar y modelo Wenzel para curvas intensidad-duración-frecuencia en la cuenca del río Motagua*. p. 74.

El tiempo de concentración del área tributaria puede estimarse mediante fórmulas que se basan en parámetros morfométricos de las cuencas o con base en aspectos hidráulicos de las corrientes. Una de las fórmulas utilizadas en nuestro medio es la de KIRPICH, que usa el desnivel y la longitud del cauce.

$$t_c = \frac{3L^{1.15}}{154H^{0.38}}$$

Donde:

- L= longitud del cauce desde la cabecera de la cuenca tributaria (metros)
- H= desnivel de dicho cauce

El coeficiente de escorrentía C, se estima a base de las características hidrogeológicas de las cuencas.

Tabla XVI. **Valores indicativos de coeficiente de escorrentía**

Topografía y vegetación	Textura del suelo		
	Tierra franca arenosa	Arcilla y limo	Arcilla compacta
Bosques			
Llano, 0-5% pendiente	0.10	0.30	0.40
Ondulado 5-10% pendiente	0.25	0.35	0.50
Montañoso, 10-30% pendiente	0.30	0.50	0.60
Pastizales			
Llanos	0.10	0.30	0.40
Ondulados	0.16	0.36	0.55
Montañosos	0.22	0.42	0.60
Tierras cultivadas			
Llanas	0.30	0.50	0.60
Onduladas	0.40	0.60	0.70
Montañosas	0.52	0.72	0.82
Zonas urbanas	30% de la superficie impermeable	50% de la superficie impermeable	70% de la superficie impermeable
Llanas	0.40	0.55	0.65
Onduladas	0.50	0.65	0.80

Fuente: USDA. *National engineering handbook*. p. 89.

Se tomó como tramo crítico el que deberá soportar el drenaje transversal número 1 ubicado en la estación 0+320; luego de determinar todas las áreas, este tramo es aquel con mayor área; 3 hectáreas.

Datos para el punto crítico del drenaje transversal.

- Área : 3 ha
- Longitud de cauce: 0,22 km
- Pendiente: 3,00 % (promedio)
- Coeficiente de escorrentía: 0,52
- Factor de rugosidad: 0,013

Se procede a calcular el tiempo de concentración, para el sitio de interés, el tiempo de concentración está dado en minutos.

$$t_c = \frac{3 * 1300^{1,15}}{154 * 66^{0,38}} = 15,10 \text{ min}$$

Con el tiempo de concentración en minutos, se procede a calcular la intensidad de lluvia para el área de Antigua Guatemala. La estación del INSIVUMEH es la estación más cercana por lo que se toman esos valores

$$I_{Tr} = \frac{1114}{(1,50 + 15,10)^{0,73}} = 143,92 \text{ mm/hora}$$

Luego, se procedió a calcular el caudal a drenar, con la ecuación del método racional.

$$Q = \frac{0,52 * 143,92 * 4}{360} = 0,63 \text{ m}^3/\text{s}$$

Luego, se calculó el diámetro hidráulico con el caudal anteriormente encontrado, mediante, la ecuación de Manning.

$$D = \left(\frac{Q * n * 4^{5/3}}{s^{1/2} * \pi} \right)^{3/8}$$

Donde:

- D= diámetro en metros
- Q= caudal en metros cúbicos por segundo
- n= coeficiente de rugosidad del material (Riblock = 0,013)
- s= pendiente

$$D = \left(\frac{0,84 * 0,013 * 4^{5/3}}{0,03^{1/2} * \pi} \right)^{3/8} = 0,49 \text{ m}$$

Posteriormente se calculó el área hidráulica que corresponde al diámetro hidráulico y caudal anteriormente encontrado.

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

Donde:

- A= área hidráulica en metros
- D= diámetro en metros

$$A = \frac{\pi * 0,49^2}{4} = 0,188 \text{ m}^2$$

Por cuestiones de diseño se utilizará un diámetro de 30 pulgadas con tubo de concreto, el mínimo usado para drenaje transversal de carretera. El cual tiene un área de 0,45 metros cuadrados, mismo que cubre nuestra área requerida.

2.1.9.3. Cunetas

Son canales abiertos que se calculan por el método de Manning, se colocan paralelamente a uno o ambos lados del camino; sirven para evacuar el agua que cae en la sección de corte en una carretera; en pendientes fuertes se deben proteger del escurrimiento y la acción destructiva del agua por medio de disipadores de energía.

$$V = \frac{1}{n} (R)^{2/3} (S)^{1/2}$$

Donde:

- V= velocidad medida en metros por segundo
- n= coeficiente de rugosidad de Manning
- R= radio hidráulico en metros
- S = pendiente del canal

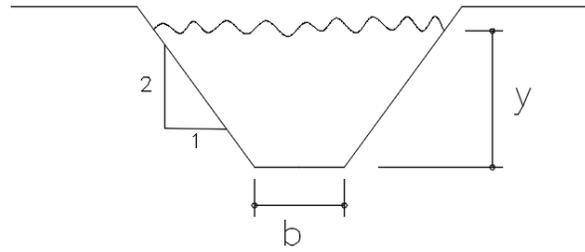
Para el diseño de la cuneta, se tomó el tramo con la pendiente más crítica que corresponde también el tramo del drenaje transversal ubicado en la estación 0+320.

Datos:

- S=0,175 %

- $Q = 0,63 \text{ m}^3/\text{s}$

Figura 13. **Predimensionamiento de la cuneta**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2 017.

- Determinación del área hidráulica

$$A = 2 * \left(\frac{1}{2}\right) * \left(\frac{1}{2} Y * Y\right) + bY = \frac{1}{2} Y^2 + bY$$

Donde:

- $A =$ área hidráulica
 - $Y =$ tirante
- Determinación del perímetro mojado

$$P = 2 * \sqrt{\left(\frac{1}{2} Y\right)^2 + Y^2} + b = 2,236Y + b$$

Donde:

- $P =$ perímetro mojado

- Y= tirante

Igualando el radio hidráulico a $\frac{Y}{2}$

Entonces $Rh = \frac{\text{Área hidráulica}}{\text{Perímetro mojado}}$

$$\frac{\frac{1}{2}Y^2 + bY}{2,236 + b} = \frac{Y}{2}$$

$$2(\frac{1}{2}y^2 + bY) = Y(2,236 + b)$$

$$b = 1,236Y$$

- Simplificando la ecuación del área

$$A = \frac{1}{2}y^2 + bY = \frac{1}{2}y^2 + (1,236Y) * Y$$

$$A = 1,736 y^2$$

Utilizando la ecuación de Manning, se encontrara el valor del tirante máximo de la cuneta para drenar el caudal máximo que fluirá por la cuneta.

$$Q = A * \frac{1}{n} (R)^{2/3} * (S)^{1/2}$$

Donde:

- n= rugosidad del material 0,016 (concreto revestido)

- Q= caudal en metros cúbicos por segundo
- A= área de la sección transversal del flujo en metros cuadrados

$$0,63 \text{ m}^3 = 1\,736 Y^2 * \frac{1}{0,016} \left(\frac{Y}{2}\right)^{2/3} * (0,175)^{1/2}$$

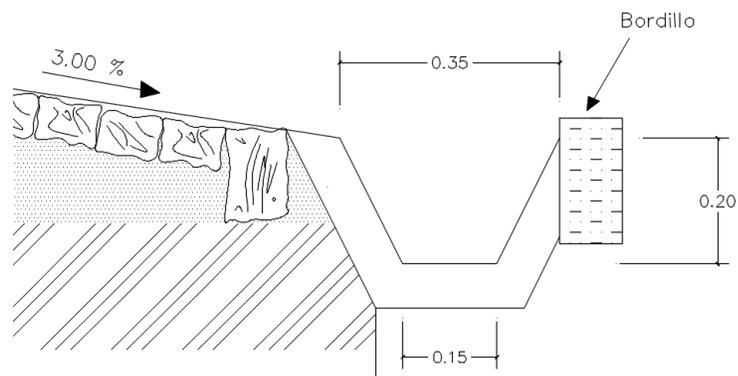
$$0,05819 = 1\,736 Y^2 * \left(\frac{Y}{2}\right)^{2/3}$$

$$0,09238 = 1\,736 Y^{4/3}$$

$$y = 0,1107 \text{ m}$$

$$b = (1\,236 * 0,1107) = 0,1369 \text{ m}$$

Figura 14. **Detalle de cuneta**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2 017.

2.1.10. **Carpeta de rodadura**

Los pavimentos se clasifican de acuerdo a su tipo de carpeta de rodadura; rígidos, flexibles y semirrígidos o semiflexibles.

Los pavimentos fabricados con emulsión asfáltica son los llamados pavimentos flexibles; en estos la carpeta de rodadura produce una mínima distribución de cargas, las cuales se distribuyen por el contacto de partículas en todo el espesor del pavimento.

Los pavimentos de losa de concreto son pavimentos rígidos, los cuales utilizan la acción de viga para distribuir la carga en un área de suelo relativamente grande debido a su consistencia y alto módulo de elasticidad.

Los pavimentos como empedrado y adoquín se consideran pavimentos semirrígidos o semiflexibles porque a pesar de que cada unidad es un bloque rígido, a la vez es una unidad independiente de las que lo rodean; al recibir cada unidad una carga concentrada, se distribuye por contacto de partículas a partícula como un pavimento flexible.

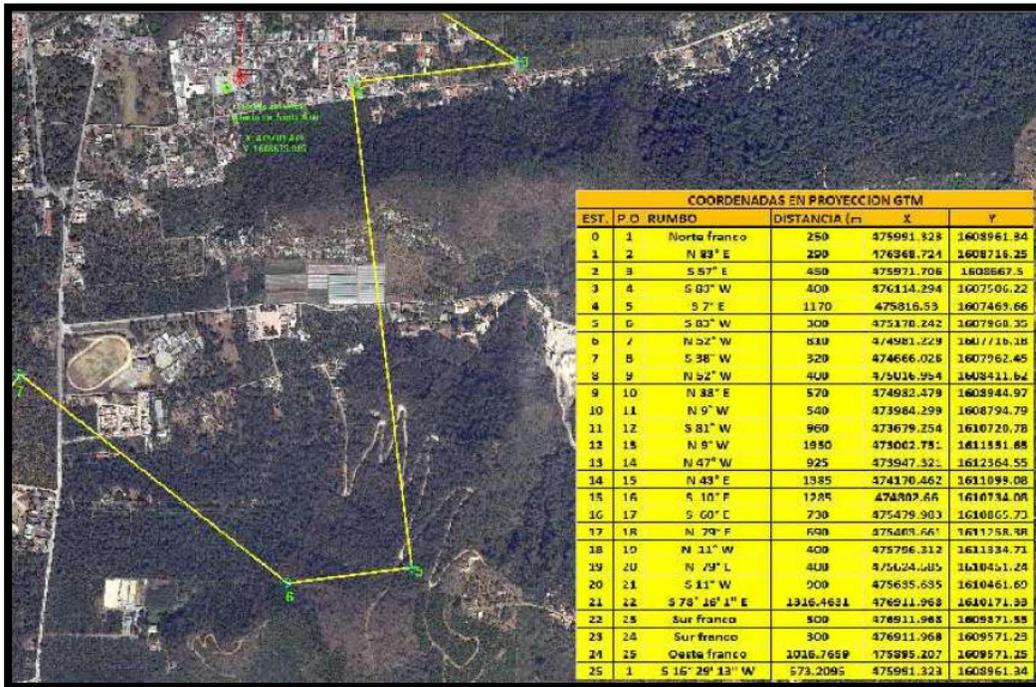
2.1.10.1. Selección de tipo de pavimento

Para el proyecto se seleccionó el pavimento semirrígido o semiflexible de tipo empedrado.

En la selección de este tipo de pavimento no se tomaron en cuenta factores económicos ni de adaptabilidad del pavimento al lugar, debido a que el proyecto se encuentra dentro del polígono colonial de Antigua Guatemala.

Esto debido a la *Ley Protectora de La Ciudad de Antigua Guatemala*, Decreto 60-69 del Congreso de la República de Guatemala, la cual estipula que es de interés nacional la protección, conservación y restauración de Antigua Guatemala y en el cual se determina el polígono colonial.

Figura 15. Polígono colonial



Fuente: Consejo Nacional para la Protección de la Antigua Guatemala. *Polígono urbano colonial Antigua Guatemala C.A.* p. 1.

2.1.10.2. Elemento que forman el pavimento tipo empedrado

2.1.10.2.1. Subrasante

Es la superficie que resulta del movimiento de tierras en corte o relleno y que debe ser conformada y compactada con relación a las secciones transversales y pendientes de diseño. Soporta la estructura del pavimento y se extiende hasta una profundidad tal que no sea afectada por la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

La subrasante deberá ser escarificada para adecuar sus superficie a la sección típica y elevaciones del proyecto establecidas en los planos, efectuando cortes y rellenos con un espesor no mayor de 200 milímetros, con el objeto de regularizar y mejorar las condiciones del la subrasante como cimiento de la estructura del pavimento.

Si la subrasante es de muy mala calidad (con alto contenido de materia orgánica o material suelto sin cohesión), será necesario sustituirla por un material de mejor calidad o estabilizarla (cemento, cal, materiales bituminosos, etc.) en un espesor que dependerá de las cargas de diseño y dependerá del material de la base.

Si la subrasante es de mala calidad (formada por suelo fino limoso-arcilloso), será necesario colocar una capa de subbase granular de material selecto o de material estabilizado antes de colocar la capa base.

Si la subrasante es de buena calidad (formada por suelo bien graduado, que no ofrezca peligro de saturación) con valor soporte excelente y buen drenaje, podrá omitirse la capa de subbase.

Tabla XVII. **Calidad de subrasante en función del CBR**

C.B.R (%)	Calidad de subrasante
0--3	Muy mala
3--5	Mala
5--20	Buena
20--30	Excelente

Fuente: BOWLES, Joseph E. *Manual de laboratorio de suelos de ingeniería civil*. p. 191.

2.1.10.2.2. Subbase

Es la primera capa de la estructura destinada a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de cargas de tránsito provenientes de las capas superiores de pavimento.

Está constituida por una capa de material selecto o estabilizado, de un espesor compactado; en ningún caso menor de 10 centímetros ni mayor a 70 centímetros deberá estar libre de vegetales, basura, terrones de arcilla o cualquier otro material que pueda causar fallas en el pavimento; sus funciones son eliminar la acción del bombeo, aumentar el valor soporte y hacer mínimos los efectos de cambio de volumen en los suelos de la subrasante.

La subbase está compuesta por suelos granulares en estado natural o mezclados, los cuales deberán llenar los siguientes requisitos:

- Valor soporte: debe tener un CBR mínimo de 40 % según el libro azul de la Dirección General de Caminos; se efectúa sobre una muestra saturada a 95 % de compactación (AASHTO T-180).
- Granulometría: el tamaño máximo de las piedras del material que se utilice para subbase no debe ser mayor de 7 centímetros y no tener más del 50 % en peso, partículas que pasen del tamiz número 200.
- Plasticidad y cohesión: el material que pase por el tamiz número 40, no deberá tener un índice de plasticidad mayor de 6 % (AASHTO T-90), ni un límite líquido mayor que 25 % (AASHTO T-89).

2.1.10.2.3. Base

Es la capa de material selecto conformado de grava de buena calidad, triturada y mezclada con material de relleno y libre de material vegetal, basura o terrones de arcilla, que se coloca encima de la subbase. Esta capa permite reducir los espesores de carpeta y drenar el agua atrapada dentro del cuerpo del pavimento hacia las cunetas; deberá transmitir y distribuir las cargas provenientes de la superficie de rodadura y debido a que está en contacto directo con la superficie de rodadura, tendrá que ser resistente a los cambios de temperatura, humedad y desintegración por abrasión, producidas por el tránsito. Deberá poseer un valor soporte CBR de 70 %, en compactación al 95 %.

2.1.10.2.4. Cama de asiento

Es una capa no rígida sobre la base que es necesaria para sostener y compactar las piedras de la carpeta de rodadura: la cual está formada por un mortero, de cal, cemento y talpetate, en proporciones de (1:1/4:4); la proporción es dada por Consejo Nacional Para la Protección de La Antigua Guatemala.

Las piedras para la capa empedrada, deben tener adecuada resistencia a la compresión y al desgaste. Como el tamaño de las mismas es variable, se presentan unas relaciones de tamaño de piedra y espesor de capa de asiento y de pavimento, encontradas empíricamente.

$$a = D_{prom} + 3 = D_{m\acute{a}x} + 1$$

$$E = a + \left(\frac{D_{prom}}{4} \right)$$

Donde:

- $D_{prom.}$ = espesor promedio de las piedras en cm
- $D_{máx.}$ = espesor máximo de las piedras en cm
- a = espesor de capa de asiento en cm
- E = espesor del empedrado en cm

2.1.10.2.5. Carpeta de rodadura

- Piedra

La piedra deber ser de cantera, dura, sana, libre de grietas u otros efectos que tiendan a reducir su resistencia a la intemperie. Las superficies de las piedras deben estar exentas de arcilla o cualquier material extraño que pueda obstaculizar la perfecta adherencia del mortero.

- Forma y dimensiones: la forma y dimensión de las piedras estarán de acuerdo a las siguiente tolerancias: mínimo de 5 pulgadas y máximo de 7 pulgadas de diámetro promedio y la piedra cinta con un ancho de 4 pulgadas con peralte que oscila entre 7 y 12 pulgadas con una longitud variable.
- Color y textura: el color de las piedras será gris oscuro natural y la textura por su naturaleza y procedencia será lisa y con geometrías circulares y elípticas.
- Resistencia al desgaste: no debe ser mayor de 3 mm.

- Porosidad: no se permitirá piedra altamente porosa, ya que esta posee menor resistencia al desgaste y la compresión, por lo cual el supervisor podrá descartar por completo la piedra si considera que la misma no cumple con los parámetros acá especificados.
- Estuque

Es el mortero de enlace de las piedras que conforman la carpeta de rodadura, con la que se busca consolidar las piedras y proporcionar una mayor resistencia al empedrado; evitan el fácil desprendimiento de sus elementos.

El mortero a emplearse será el mismo de la capa de asiento la cual está formada por un mortero de cal, cemento y talpetate, en proporciones de (1:1/4:4); la proporción es dada por Consejo Nacional Para la Protección de La Antigua Guatemala.

2.1.11. Diseño de espesor de pavimento de empedrado

2.1.11.1. Fórmula de Williams Mills para el cálculo de espesores de pavimento tipo empedrado (pavimento flexible)

El método de Williams Mills se empezó a utilizar en 1956 por la Dirección General de Caminos desde entonces se ha utilizado en la mayor parte de pavimentos flexibles que ha sido construidos en el país.

El método toma como factor principal el CBR auxiliado por el índice de grupo, un factor adicional que toma en cuenta el drenaje de la superficie.

$$T_{sb} = \left[\frac{2 * T_c + T_g}{3} - (S + B) \right] * DA$$

Donde:

- S = espesor de la carpeta de rodadura
- T_{sb}= espesor de subbase
- T_c = espesor total de pavimento de acuerdo al valor soporte (C.B.R.)
- B = espesor de la capa de la base
- DA= factor de mal drenaje
- T_g = espesor del pavimento de acuerdo al índice de grupo

El término $\frac{2*T_c+T_g}{3}$ debe ser mayor o igual que T_c, en caso contrario dicho término se sustituirá por T_c.

Tabla XVIII. **Especificaciones AASTHO M-147, graduaciones que dan una buena estabilidad en los suelos**

% EN PESO DE MATERIALES QUE PASAN EN TAMICES DE MALLA CUADRADA						
TAMIZ No.	TIPO A	TIPO B	TIPO C	TIPO D	TIPO E	TIPO F
2"	100	100	-	-	-	-
1"	-	75-95	100	100	100	100
3/8"	30-65	40-75	50-85	60-100	-	-
No.4	25-55	30-60	35-65	50-85	55-100	70-100
No.10	15-40	20-45	25-50	40-70	40-100	55-100
No.40	8-20	15-30	15-30	25-45	20-50	30-70
No.200	2-8	5-20	5-15	10-25	6-20	8-25

Fuente: OVALLE QUIROA, Carlos Enrique. *Pavimentos de empedrado como una solución vial en el interior de la república de Guatemala*. p. 42

Tabla XIX. **Clasificación del tránsito**

TRAFICO TOTAL DURANTE 24 HORAS				
TIPO DE TRÁNSITO	TOTAL DE VEHÍCULOS	CAMIONES O AUTOBUSES	CAMIONES PESADOS	CARGA DE DISEÑO (Lbs./rueda)
PESADO	3 000 MÍNIMO	700 MÍNIMO	150 MÍNIMO	14 000
MEDIANO	1 000-3 000	250-700	50-150	12 000
LIVIANO	1 000 MÁXIMO	250 MÁXIMO	50 MÁXIMO	10 000

Fuente: OVALLE QUIROA, Carlos Enrique. *Pavimentos de empedrado como una solución vial en el interior de la república de Guatemala.* p. 43.

Tabla XX. **Espesores mínimos recomendados para capa base**

CLASIFICACIÓN DE TRÁNSITO	GRANULOMETRÍA PARA MATERIALES AASHTO M-147	ESPESOR MÍNIMO (cms.)	CBR de 55 GOLPES MINIMO	LÍMITE LÍQUIDO MÁXIMO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD MÁXIMA
PESADO	COLS. A o B *	20	90	25	6
MEDIANO	COLS. A,B,C o D *	18	75	25	7
LIVIANO	COLS. A,B,C,D o F *	15	60	27	8

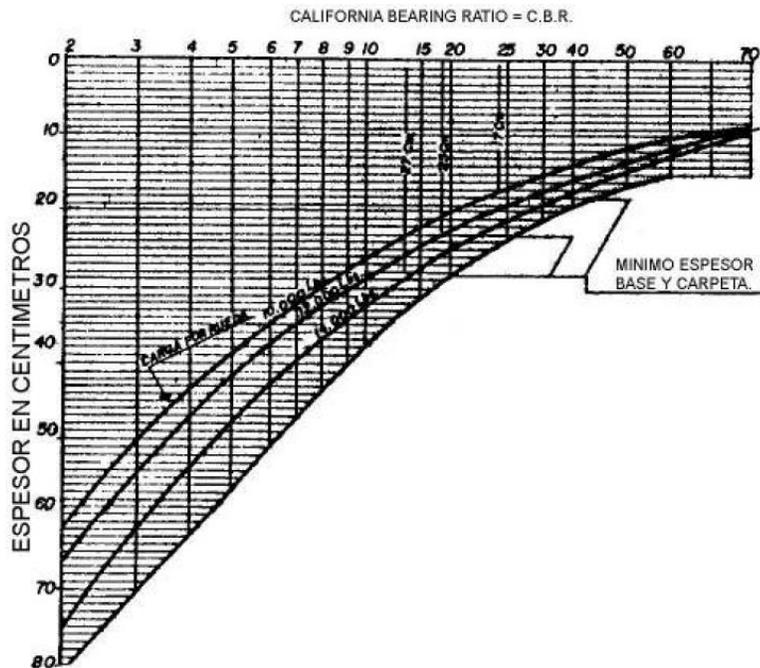
Fuente: OVALLE QUIROA, Carlos Enrique. *Pavimentos de empedrado como una solución vial en el interior de la república de Guatemala.* p. 44.

Tabla XXI. **Espesores mínimos recomendados para subbase y factor de incremento por drenaje**

SECCIÓN TRANSVERSAL	PENDIENTE LONGITUDINAL %	ESPESOR MINIMO Cm.	FACTOR DE INCREMENTO
CORTE	0	20	1,25
RELLENO	0	15	1,20
CORTE	1	10	1,15
RELLENO	1	5	1,10
CORTE	2	0	1,05
RELLENO	2	0	1,00

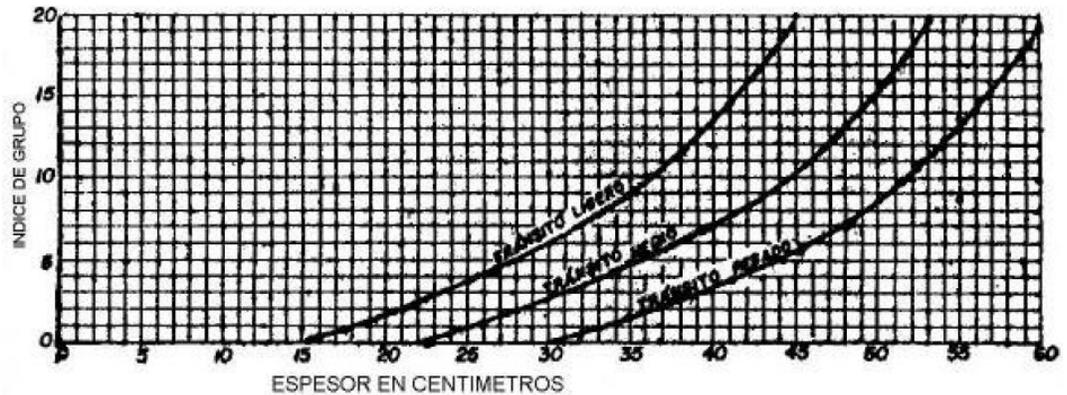
Fuente: OVALLE QUIROA, Carlos Enrique. *Pavimentos de empedrado como una solución vial en el interior de la república de Guatemala.* p. 45.

Figura 16. **Espesor total de pavimento indicado por el C.B.R**



Fuente: SOTZ ROQUEL, German. *Diseño del empedrado para la calle perimetral y plaza del casco urbano, San Martín Jilotepeque.* p. 77.

Figura 17. **Espesor total de pavimento indicado por el índice del grupo**



Fuente: SOTZ ROQUEL, German. *Diseño del empedrado para la calle perimetral y plaza del casco urbano, San Martín Jilotepeque.* p. 78.

2.1.11.2. **Cálculo del espesor del pavimento tipo empedrado**

El tráfico en el área que se pavimentará será de tipo liviano dado que se prevé un promedio de camiones pesados y de camiones y autobuses de 20 y un promedio de vehículos ligeros de 70, ver tabla XVIII.

Tipo de tráfico liviano carga de diseño 10 000,00 lb/rueda.

El espesor de la carpeta de rodadura es de 10 cm que es el promedio que deben de tener las piedras.

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

Al compactar el material de la subrasante al 95 %, se obtuvo un C.B.R. de 45 % y el índice de grupo igual a cero.

$T_c = 20$ cm, ver figura 16

$T_g = 15$ cm, ver figura 17

El espesor mínimo para tránsito según la tabla XIX para tráfico liviano de clasificación D es de 15 cm para la base.

$B = 15$ cm

Pendiente de terreno = 3 %

La tabla XX indica que para una pendiente de 2 % el espesor mínimo será de 0 cm y un factor de incremento de 1.05 en corte y 1 en relleno, por lo que se toman estos datos ya que la pendiente del proyecto es de 3 %.

Aplicando la ecuación

$$T_{sb} = \left[\frac{2 * T_c + T_g}{3} - (S + B) \right] * DA$$

$$T_{sb} = \left[\frac{2 * 20 + 15}{3} - (10 + 15) \right] * 1$$

Debe de cumplirse: $\frac{2 * T_c + T_g}{3} \geq T_c$

$$\frac{2 * 20 + 15}{3} \geq 20$$

No cumple, entonces, se adopta el valor de 17.

$$T_{sb} = 20 - 25 = 5 \text{ cm}$$

En la construcción del empedrado es necesaria la colocación de una capa de asiento en donde se ahogarán las piedras, para el dimensionamiento de esta capa de asiento se prosiguió de la siguiente manera.

$$D_{prom} \text{ piedras} = 10 \text{ cms}$$

$$D_{max} \text{ piedras} = 12 \text{ cms}$$

$$a = \text{capa de asiento} = D_{prom} + 3 = D_{max} + 1$$

$$a = 10 + 3 = 12 + 1 = 13$$

Espesor del empedrado con capa de asiento:

$$E = 13 + \left(\frac{10}{4}\right) = 15,5 \text{ cm}$$

Para términos de comodidad y cálculo se trasladó el espesor de la subbase a la base para esto se tiene la relación 1,35:1 entre la subbase y la base respectivamente. Obteniendo un incremento de base de 1,63 cm.

El pavimento quedaría integrado de la siguiente manera

Carpeta de rodadura : 15.5 cm de espesor
Base granular : 19 cm de espesor
Pavimento tipo empedrado 34.5 cm de espesor

Por términos constructivos se tomaron los siguientes valores

Carpeta de rodadura : 15 cm de espesor
Base granular : 20 cm de espesor

Pavimento tipo empedrado 35 cm de espesor

2.1.12. Presupuesto

Se refiere a los trabajos necesarios para la ejecución del proyecto, tomando en cuenta la cantidad de trabajo a realizar y el costo.

2.1.12.1. Presupuesto carretera hacia la aldea San Cristóbal El Alto

A continuación se presenta el presupuesto general para la ejecución de la carretera, el cual se detalla en la siguiente tabla.

Tabla XXII. Presupuesto carretera hacia la aldea San Cristóbal El Alto

DISEÑO DE UNA CARRETERA HACIA LA ALDEA SAN CRISTÓBAL EL ALTO, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ RESUMEN DEL PRESUPUESTO					
No	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1,1	REPLANTEO TOPOGRÁFICO	1,35	KM	Q21 085,21	Q28 465,03
2	EXCAVACIÓN				
2,1	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA	2881	M3	Q124,77	Q359 450,15
2,2	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA DE DESPERDICIO	625,64	M3	Q69,51	Q43 489,71
3	PAVIMENTO				
3,1	CONFORMACIÓN DE SUBRASANTE	7407,24	M2	Q46,36	Q343 395,80
3,2	BASE GRANULAR e=0.20 m	1481,447	M3	Q253,06	Q374 902,02
3,3	PAVIMENTO EMPEDRADO e= 0.15m	7407,24	M2	Q204,34	Q1 513 580,10
3,4	BORDILLO	2693,54	M	Q78,69	Q211 944,80
4	DRENAJE				
4,1	EXCAVACIÓN PARA DRENAJE	39,5	M3	Q171,73	Q6 783,27
4,2	CONCRETO CICLÓPEO	15,06	M3	Q1 419,49	Q21 377,57
4,3	TUBERÍA DE CONCRETO 30"	7,9	M	Q1 072,87	Q8 475,64
4,4	CUNETA REVESTIDA	2690	M	Q92,81	Q249 650,45
		COSTO TOTAL=			Q3 161 514,53

Fuente: elaboración propia.

2.1.14. Evaluación de impacto ambiental

El Acuerdo Ministerial 199-2017 listado taxativo del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, MARN, categoriza al mejoramiento de caminos rurales, caminos vecinales, calles y avenidas con asfalto concreto, adoquinado o balasto, como categoría C de bajo impacto ambiental potencial.

Por lo que el instrumento ambiental del proyecto es de categoría C y para el cual será necesario llenar el formulario para esta categoría.

2.2. Diseño de sistema de alcantarillado sanitario para la aldea San Bartolomé Becerra

2.2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de una nueva red de alcantarillado sanitario para la aldea San Bartolomé Becerra; actualmente, la aldea cuenta con un alcantarillado que data del año de 1979 y el cual ya sobre paso su periodo de diseño y que no cuenta con ningún tipo de tratamiento por lo que desfoga directamente en el río Guacalate.

2.2.2. Levantamiento topográfico

2.2.2.1. Levantamiento planímetro

El levantamiento planímetro sirve para localizar la red dentro de las calles, ubicar los pozos de visita y en general, ubicar todos aquellos puntos de importancia. Para el levantamiento planímetro se utilizó una estación total marca Trimble.

2.2.2.2. Levantamiento altimétrico

Tiene por objeto la determinación de las elevaciones o niveles, de los puntos o estaciones estudiadas, se realizó con una estación total marca Trimble. Los resultados de topografía antes mencionado, se presentan en la planta de curvas de nivel y planta-perfil en el apéndice.

2.2.3. Normas existentes para el diseño del alcantarillado sanitario

El proyecto se diseñará según las especificaciones y normas de diseño del INFOM que es el actual ente coordinador de las políticas de agua y saneamiento a nivel nacional y las normas ASTM 3034.

2.2.4. Tipos de sistemas a utilizar

De acuerdo a su finalidad existen tres tipos de sistemas de alcantarillado, la sección o adopción de cada uno de estos sistemas dependerá de un estudio minucioso de factores, tanto topográficos como funcionales de requerimiento del sistema y el económico.

- Alcantarillado sanitario: tiene por objeto recolectar el agua de consumo doméstico, comercial, industrial, de infiltración y conexiones ilícitas.
- Alcantarillado pluvial: este tipo de sistema recolecta el agua lluvia, para un área determinada.
- Combinado: recolecta los caudales del alcantarillado sanitario y pluvial en el mismo sistema de tubería.

2.2.4.1. Descripción del sistema a utilizar

Para el proyecto se seleccionó el alcantarillado sanitario debido a que la necesidad de la población es la correcta evacuación de las aguas residuales provenientes de las casas y comercios; por lo que un sistema de alcantarillado pluvial quedó descartado.

Según el Acuerdo Gubernativo 236-2 006 *Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos*, con el fin de proteger los cuerpos receptores de agua de los impactos provenientes de la actividad humana, los sistemas de alcantarillado sanitario deberán contar con un sistema de tratamiento previo a ser vertido al cuerpo de agua receptor.

El tratamiento de un sistema combinado tiene un alto costo económico, por lo que la municipalidad no sería capaz de realizar el proyecto ni su mantenimiento por lo que el sistema combinado también fue descartado.

2.2.4.2. Periodo de diseño

Este es el periodo de funcionamiento eficiente del sistema. Para seleccionar el periodo de diseño se considera calidad de materiales, crecimiento demográfico, capacidad de operación, administración y mantenimiento del sistema, criterios de instituciones como el INFOM, UNICEF, recomiendan que los sistemas de alcantarillado sanitario se diseñen para un periodo de 15 a 40 años.

El periodo de diseño del proyecto en estudio será de 30 años; se adoptó este período de tiempo que toma en cuenta los recursos económicos con los que cuenta el municipio.

2.2.4.3. Población de diseño

El estudio de la población se efectúa con el objetivo de estimar la población futura, para lo cual se hace necesario determinar el periodo de diseño y hacer un análisis de los censos existentes.

El crecimiento de una población es afectado por factores como nacimientos, anexiones, muertes y migración, para obtener la proyección del crecimiento se pueden utilizar distintos métodos, para el proyecto se optó por el método geométrico.

Ecuación del incremento geométrico:

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

Donde:

- Pf = población futura
- Po = población actual
- n = período de diseño
- r = tasa de crecimiento (2,14 % según censo de INE)

Calculo de la población futura.

- Po = 1 120 personas para el año 2017
- n = 30 años
- r = 2,14 % (fuente INE)

$$P_f = 2\,358 * \left(1 + \frac{2,14}{100}\right)^{30} = 2\,114 \text{ habitantes para el año } 2\,047$$

2.2.4.4. Dotación

Es la cantidad asignada en un día a cada usuario, se expresa en litros por habitante por día (L/hab/día). Los factores que se consideran en la dotación son: clima, nivel de vida, actividad productiva, servicios comunales o públicos, facilidades de drenaje, calidad de agua, medición, administración del sistema y presión.

La dotación de la Aldea San Bartolomé Becerra es de 120 litros / hb / día según datos del Departamento de Agua y Alcantarillado Sanitario de la Municipalidad de Antigua Guatemala.

2.2.4.5. Factor de retorno del sistema

El factor de retorno indica la cantidad de agua que las personas retornan al alcantarillado sanitario, el cual se considera entre el 70 % y el 90 % de la dotación de agua potable. Se sabe que no todo el 100 % de la dotación de agua potable que entra a una vivienda regresa al alcantarillado sanitario por razones de uso; se consideró una pérdida de 20 %, por lo tanto, para este caso se tomó un factor de retorno de 80 %.

2.2.4.6. Factor de flujo instantáneo

Es el factor que representa la probabilidad de que múltiples accesorios sanitarios de las viviendas se estén utilizando simultáneamente.

Es llamado también factor de Harmon (F.H.), regula un valor máximo de aportaciones por uso doméstico. Este factor actúa principalmente en las horas pico, es decir, en las horas que más se utiliza el sistema de drenaje; se puede calcular para un tramo de red por medio de su ecuación:

$$F.H. = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

Donde:

- F.H. = factor de Harmon
- P = población en miles

El factor de flujo instantáneo no es constante para todo el sistema de alcantarillado sanitario, si no por el contrario varía por cada tramo de acuerdo al número de habitantes acumulados en ese tramo; por lo tanto, también, es diferente el valor de flujo actual al valor de flujo futuro.

2.2.4.7. Caudal sanitario

Es el caudal proveniente de conexiones domiciliarias, fábricas, comercios y conexiones ilícitas a conectarse al sistema de alcantarillado; se calcula integrando cada uno de los caudales provenientes de las distintas conexiones.

2.2.4.7.1. Caudal domiciliar

Es el agua que ha sido usada en las viviendas para limpieza o producción de alimentos y otros usos la cual es desechada y conducida hacia la red de

alcantarillado sanitario; es decir, el agua de desecho doméstico relacionada con la dotación del suministro del agua potable y el factor de retorno.

- Fórmula para el cálculo del caudal domiciliar:

$$Q_{domiciliar} = \frac{\text{Dotación} * \text{No. habitantes} * \text{factor de retorno}}{86\ 400} = l/s$$

2.2.4.7.2. Caudal de infiltración

Es el caudal que se infiltra en el alcantarillado, el cual depende de la profundidad del nivel freático del agua, de la profundidad de la tubería y de la permeabilidad del terreno, el tipo de junta, la calidad de mano de obra utilizada y de la supervisión técnica de la construcción; puede calcularse de dos formas:

- En litros por hectárea.
- Litros diarios por kilómetro de tubería, se incluye la longitud de las tuberías de las conexiones domiciliarias, asumiendo un valor de 6,00 m por casa, la dotación de infiltración varía entre 12 000 y 18 000 litros/km/día.

$$Q_{inf} = F_{inf} \left(\frac{\text{metros de tubo} + (\text{No. de casas} * 6\ m)}{1\ 000} \right) = l/s$$

2.2.4.7.3. Caudal de conexiones ilícitas

Este caudal es producido por las viviendas que conectan las tuberías del sistema del agua pluvial al alcantarillado sanitario. Para efecto de diseño, se

puede estimar que un porcentaje de las viviendas de la localidad pueden hacer conexiones ilícitas, lo que puede variar de 0,5 % a 2,5 %.

$$Q_{ci} = \left[\frac{C * i * A}{360} * 1\,000 \right] * \% \text{ viviendas}$$

Donde:

- C = coeficiente de escorrentía (depende de las condiciones del suelo)
- I = intensidad de lluvia (mm/h)
- A = área en hectáreas

Según el Instituto Nacional de Fomento (INFOM) también se le puede dar un valor de 10 % del caudal domiciliar.

2.2.4.7.4. Caudal comercial e industrial

Como su nombre lo indica, es el agua desechada por las edificaciones comerciales o industrias; por lo general, la dotación varía según el establecimiento a considerar.

$$Q_{com} = \frac{\text{Dotación} * \# \text{ comercios}}{86\,400}$$

$$Q_{industrial} = \frac{\text{Dotación} * \# \text{ industrias}}{86\,400}$$

La aldea carece de ellos, no se contempló en el diseño.

2.2.4.7.5. Factor de caudal medio

Este factor regula la aportación del caudal en la tubería; es la suma de los caudales: doméstico, de infiltración, conexiones ilícitas y cuada comercial e industrial. Este factor debe estar dentro de los rangos de 0,002 a 0,005 si en caso contrario se aproxima al límite más cercano. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

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

Donde:

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

2.2.4.7.6. Caudal de diseño

Para realizar la estimación del caudal de diseño, debe realizarse para cada tramo del sistema. La fórmula para el cálculo es la siguiente:

$$Q_{dis} = f_{qm} * F.H. * No.habitantes$$

Donde:

- f_{qm} = factor de caudal medio
- F.H. = factor de Harmon
- No. Habitantes = número de habitantes futuros por tramo

2.2.5. Selección de tipo de tubería

La selección de tipo de tubería se basó en condiciones de la vida útil y económica; la tubería seleccionada para este proyecto fue la tubería de PVC Norma ASTM F-949 NOVAFORT de diámetro variable y 6 metros de largo.

2.2.6. Diseño de sección y pendientes

El análisis y la investigación del flujo hidráulico han establecido que las condiciones de flujo y las pendientes hidráulicas en sistemas sanitarios por gravedad pueden ser diseñadas conservadoramente utilizando la ecuación de Manning.

La relativamente pequeña concentración de sólidos usualmente encontrada en las aguas residuales no es suficiente para hacer que su evolución sea diferente a la del agua; por esta razón, se acepta que las aguas residuales tengan las mismas características, siempre que se mantengan velocidades de autolimpieza, al igual que el agua, las aguas residuales buscarán el nivel más bajo cuando son introducidas en un tubería con pendiente.

Para simplificar el diseño de sistemas de tuberías sanitarias, es necesario asumir condiciones constantes de flujo.

- Diseño de secciones

En general, se usarán en el diseño secciones circulares de tuberías, estas trabajan como canales abiertos, para que el agua circule por acción de gravedad sin ninguna presión; es decir, están en contacto directo con la atmósfera.

Para el cálculo se utilizará la fórmula de Manning la cual está basada en condiciones de flujos constantes y canales abiertos. La ecuación de Manning es la siguiente:

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

Donde:

- V= velocidad de flujo a sección llena (m/s)
 - R = radio hidráulico
 - D = diámetro de la sección circular en metros
 - S = pendiente de la gradiente hidráulica (m/mm)
 - N = coeficiente de rugosidad de Mannig
-
- Pendientes

La pendiente de la tubería se fuera posible debe adaptarse a la del terreno esto para lograr reducir costos en excavación, siempre y cuando estén dentro del rango de velocidades permitidas para un correcto arrastre de sólidos y evitar desgaste de la tubería. Para las conexiones domiciliarias, la pendiente mínima será de 2 % y la máxima de 6 %, tomado en cuenta que debe formar un ángulo horizontal, con respecto a la línea central del colector principal.

2.2.6.1. Velocidades máximas y mínimas

La velocidad mínima o de arrastre es aquella que evita que los sólidos del flujo se sedimenten en el sistema esta es de 0,6 m/s para el tipo de tubería que

se eligió para el proyecto. La velocidad máxima del flujo dentro de la tubería evita que el material se erosione, con un valor de 3 m/s.

2.2.6.2. Cotas invert

La cota invert es la distancia que existe entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel inferior interior de la tubería; se debe verificar que la cota invert sea al menos igual al recubrimiento mínimo necesario de la tubería. Las cotas invert se calculan con base en la pendiente del terreno y la distancia entre un pozo y otro.

Se deben seguir las siguientes reglas para el cálculo de cotas invert:

La cota invert de salida de un pozo se coloca, al menos, tres centímetros más baja que la cota invert de entrada de la tubería más baja. Cuando el diámetro de la tubería que entra a un pozo es mayor que el diámetro de la tubería que sale, la cota invert de salida estará, debajo de la tubería al menos, a una altura igual al diámetro de la tubería que entra.

$$C_{tf} = C_{ti} - (DH * S_{terreno} \%)$$

$$S\% = \frac{(C_{ti} - C_{tf}) * 100}{D}$$

$$CIS = CTI - (H_{min} + E_{tubo} + \emptyset)$$

$$CIS = CTI - (DH * S_{terreno} \%)$$

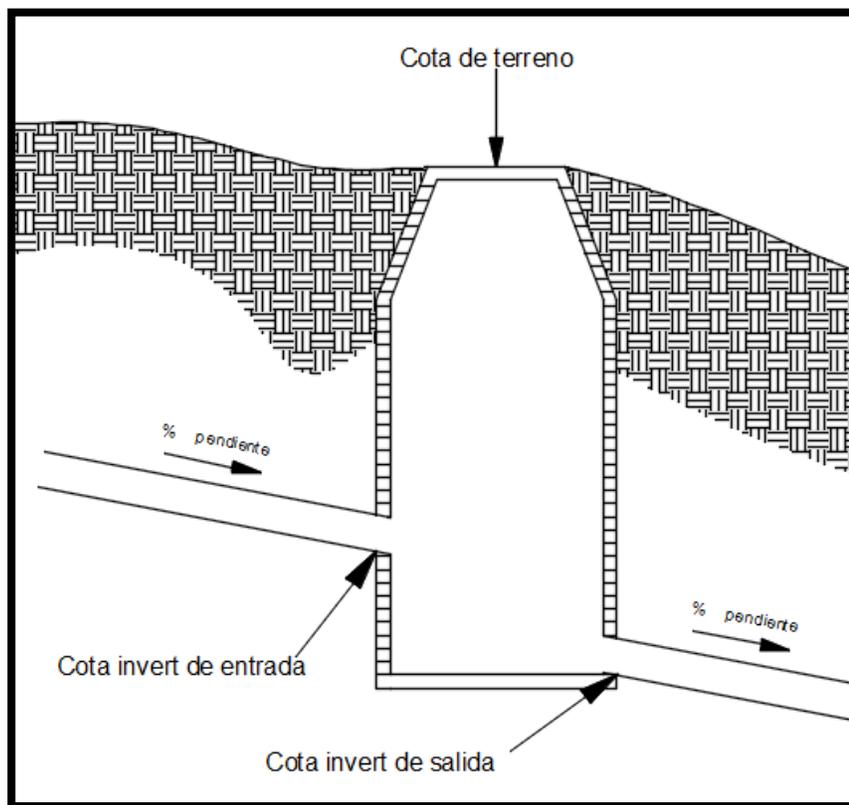
$$H_{pozo} = C_{ti} - CIS$$

Donde:

- H_{min} = altura mínima que depende del tráfico que circule por las calles

- CTI = cota invert inicial
- Cti = cota de terreno inicial
- Ctf = cota de terreno final
- CIS = cota invert de la tubería de salida
- CIE = cota invert de la tubería de entrada
- DH = distancia horizontal
- S% = pendiente de terreno o tubería
- Etubo = espesor de tubería

Figura 18. **Detalle de cota invert de entrada y salida de pozo de visita**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2 017.

2.2.6.3. Diámetro de tubería

El diámetro mínimo a utilizar en los alcantarillados sanitarios, según el Instituto de Fomento Municipal (INFOM), será de 6" en tuberías de PVC, el cual podrá aumentar cuando a criterio del ingeniero diseñador, sea necesario. Este cambio puede ser por influencia de la pendiente, del caudal o de la velocidad.

En las conexiones domiciliarias, el diámetro mínimo será de 4" con una pendiente mínima de 2 % y una máxima de 6 %, y que forme un ángulo horizontal con respecto a la línea central de aproximadamente 4 pulgadas, en sentido de su corriente. El tubo de conexión domiciliar debe ser de menor diámetros que el de la red principal, con el objetivo de que sirva de retenedor de algún objeto que pueda obstruir el colector principal.

2.2.6.4. Profundidad de tubería

La profundidad de tubería se calcula mediante la cota invert; se deberá chequear que la tubería tenga el recubrimiento adecuado, para que no se dañe debido al paso de los vehículos y peatones, debe ser de 1,2 metro para áreas de circulación de vehículos que fue la que se analizó en el proyecto.

2.2.7. Pozos de visita

Según las normas del INFOM deben colocarse en los siguientes casos.

- En cambios de diámetro.
- En cambios de pendiente.

- En cambios de dirección horizontal para diámetros menores de 24”.
- En las intersecciones de tuberías de colectores.
- En los extremos superiores de ramales iniciales.
- A distancias no < 100 metros en línea recta en diámetros menores de 24”.
- A distancias no mayores de 300 metros en diámetros superiores de 24”.

Los pozos de visita están diseñados con ladrillo tayuyo, debido al fácil manejo y a la experiencia de mano de obra.

2.2.8. Conexiones domiciliarias

Tienen la finalidad de descargar las aguas provenientes de las viviendas o comercios y llevarlas al colector central, consisten en una candela de no menor de 12” de diámetro colocada verticalmente y debe quedar impermeable por dentro y tener una tapadera para inspecciones. Para la unión al colector principal, deberá utilizarse tubo de 4” de diámetro colocándose 45° debajo de la horizontal.

Se conectará en la mitad superior del colector principal, para impedir que las aguas negras retornen por la conexión, cuando el colector esté funcionando a toda su capacidad.

2.2.9. Principios hidráulicos

El principio hidráulico, para el buen funcionamiento de un sistema de alcantarillado sanitario, es transportar la aguas negras por tuberías que trabajan

como si fuesen canales abiertos, funcionando por gravedad, donde el flujo está determinado por la rugosidad del material de la tubería y por la pendiente.

2.2.9.1. Relaciones hidráulicas

Al realizar el cálculo de las tuberías que trabajan a sección parcialmente llena, para agilizar de alguna manera los resultados de velocidad, área y caudal, perímetro mojado y radio hidráulico, se relacionan los términos de la sección totalmente llena con los de la sección parcial. De los resultados obtenidos se construyeron las tablas que se presentan en la tabla XXIV para lo cual se utilizó la fórmula de Manning.

La utilización de la tabla XXIV se realiza determinando primero, la relación (q/Q). El valor se busca en las tablas, y si no está el valor exacto, se busca uno que sea aproximado; en la columna de la izquierda se ubica (v/V), y se procede de la misma forma, se debe multiplicar el valor obtenido por la velocidad a sección llena, para obtener la velocidad a sección parcial.

Se han de considerar las siguientes relaciones hidráulicas:

- Que $q_{diseño} < Q_{seccion\ llena}$
- La velocidad debe estar comprendida entre

$$0,60 \leq v \leq 3,00 \text{ (m/s)}$$

$0.60 \leq v$ para que existan fuerzas de atracción y arrastre de los sólidos $V \leq 3,00$ (m/s) para evitar deterioro de la tubería, debido a la fricción.

- El tirante debe estar entre

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

Con los anteriores parámetros, se evita que la tubería trabaje a presión.

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

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

Continuación de la tabla XXIV.

d/D	a/A	v/V	q/Q
0,10250	0,05400	0,40800	0,02202
0,10500	0,05580	0,41400	0,02312
0,10750	0,05780	0,42000	0,02429
0,11000	0,05990	0,42600	0,02550
0,11250	0,06190	0,43200	0,02672
0,11500	0,06390	0,43900	0,02804
0,11750	0,06590	0,44400	0,02926
0,12000	0,06800	0,45000	0,03059
0,12250	0,07010	0,45600	0,03194
0,12500	0,07210	0,46300	0,03340
0,12750	0,07430	0,46800	0,03475
0,13000	0,07640	0,47300	0,03614
0,13250	0,07860	0,47900	0,03763
0,13500	0,08070	0,48400	0,03906
0,13750	0,08290	0,49000	0,04062
0,14000	0,08510	0,49500	0,04212
0,14250	0,08730	0,50100	0,04375
0,14500	0,08950	0,50700	0,04570
0,14750	0,09130	0,51100	0,04665
0,15000	0,09410	0,51700	0,04863
0,15250	0,09640	0,52200	0,05031
0,15500	0,09860	0,52800	0,05208
0,15750	0,10100	0,53300	0,05381
0,16000	0,10330	0,53800	0,05556
0,16500	0,10800	0,54800	0,05916
0,17000	0,11360	0,56000	0,06359
0,17500	0,11750	0,56800	0,06677
0,18000	0,12240	0,57700	0,07063
0,18500	0,12730	0,58700	0,07474
0,19000	0,13230	0,69600	0,07885
0,19500	0,13730	0,60500	0,08304
0,20000	0,14240	0,61500	0,08756
0,20500	0,14750	0,62400	0,09104
0,21000	0,15270	0,63300	0,09663

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

2.2.10. Diseño de la red de alcantarillado sanitario

Se muestra el cálculo para el tramo de P-33 a P-34.

Tabla XXV. Datos tramo de p-33 a p-34

Tipo de sistema	Alcantarillado sanitario
Periodo de diseño	30 años
Viviendas actuales	91
Densidad de vivienda	6 habitantes/vivienda
Población actual	546
Tasa de crecimiento	2,14 % (INE)
Dotación	150 l/ha/día
Factor de retorno	0,8
Velocidad de diseño	0,6 m/s ≤ V ≤ 3 m/s
Factor de caudal medio	0,002
Diámetro de tubería	6" PVC

Fuente: elaboración propia.

- Distancia= 37,7 metros

- Cotas de terreno
 - Cota inicial= 1520.42 m
 - Cota final = 1519.6 m

- Pendiente de terreno

$$S\% t = \frac{(CT_i - Ct_f)}{D} * 100$$

Donde:

- CT_i = cota de terreno inicial
- CT_f = cota de terreno final

- DH = distancia horizontal
- S%t = pendiente de terreno

$$S\% t = \frac{(1520,42 - 1519,6)}{37,7} * 100 = 2,17 \%$$

- Población a servir, calculada por el método geométrico.
 - Población actual: 546 habitantes

$$Pf = 546(1 + 0,0214)^{30} = 1\ 031 \text{ habitantes}$$

Población futura: 1 031 habitantes

- Factor de Harmon (FH)

$$FH \text{ actual} = \frac{18 + \sqrt{\frac{546}{1\ 000}}}{4 + \sqrt{\frac{546}{1\ 000}}} = 3,95$$

$$FH \text{ futuro} = \frac{18 + \sqrt{\frac{1\ 031}{1\ 000}}}{4 + \sqrt{\frac{1\ 031}{1\ 000}}} = 3,79$$

- Caudal sanitario

$$Q_{\text{sanitario}} = Q_{\text{comercial}} + Q_{\text{conexiones ilícitas}}$$

$$\text{Actual } Q_{\text{sanitario}} = 0,758 \text{ l/s} + 0,228 \text{ l/s} = 0,9858 \text{ l/s}$$

$$\text{Futuro } Q_{\text{sanitario}} = 1,4319 \text{ l/s} + 0,43 \text{ l/s} = 1,8615 \text{ l/s}$$

- Factor de caudal medio

$$F_{qm} = 0,002$$

- Caudal de diseño sanitario

$$Q_{\text{Sactual}} = 0,002 * 3,9543 * 546 = 4,31 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{Sactual}} = 0,002 * 3,9543 * 1031 = 7,8179 \text{ l/s}$$

- Cálculo de velocidad y caudal a sección llena

- Pendiente de la tubería propuesta = 0,24 %
- Diámetro= 6" PVC
- n = 0,01

$$V = \frac{0,03429 * 6^{2/3}}{0,01} * (0,0024)^{1/2} = 0,5545 \text{ m/s}$$

$$Q = 0,5545 * \frac{\pi * (6 * 0,0254)^2}{4} = 10,11813 \text{ l/s}$$

- Relación q/Q

$$\frac{q}{Q} \text{ actual} = \frac{4,3181}{10,1181} = 0,4267$$

$$\frac{q}{Q} fututo = \frac{7,8179}{10,1181} = 0,77266$$

- De las tablas de Relaciones hidráulicas v/V

Vdiseño actual = 0,5285 m/s cumple

Vdiseño futura= 0,06123 m/s cumple

- De las tablas de Relaciones hidráulicas d/D

d/D actual = 0,45 cumple

d/D futura = 0,6589 cumple

- Cotas Invert

$$Cie = Cis - S\%t * DH$$

$$Cie = Cis - S\%t * DH$$

Donde:

- Cis= cota invert de salida
- Cie= cota invert de entrada
- DH= distancia horizontal

$$Cis = Cie anterior - 0,03$$

$$\text{Cis} = 1516,88 \text{ m} - 0.03 \text{ m} = 1516,85 \text{ m}$$

$$\text{Cie} = 1516,85 - (0,0024 * 36,5) = 1516,7624 \text{ m}$$

- Pozo

Altura del pozo = cota de terreno – cota invert de salida

$$\text{Altura del pozo} = 1520.42 - 1516.85 = 3.57$$

El resumen del cálculo hidráulico del sistema se puede ver en el apéndice.

2.2.11. Desfogue

Según el Acuerdo Gubernativo 236-2006 *Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos*, con el fin de proteger los cuerpos receptores de agua de los impactos provenientes de la actividad humana; los sistemas de alcantarillado sanitario deberán contar con un sistema de tratamiento previo a ser, vertido al cuerpo de agua receptor.

La municipalidad de Antigua Guatemala tiene dos terrenos destinados para las plantas de tratamiento de los dos sectores de la aldea; por lo que en el presente proyecto se condujeron las aguas residuales hacia estos dos terrenos donde se prevé construir las plantas de tratamiento de aguas residuales.

2.2.12. Presupuesto del proyecto

A continuación, se presenta el presupuesto general para la ejecución del alcantarillado sanitario, el cual se detalla en la tabla XXVI.

Tabla XXVI. **Presupuesto alcantarillado sanitario aldea San Bartolomé
Becerra**

DISEÑO DE UN ALCANTARILLADO SANITARIO, ALDEA SAN BARTOLOMÉ BECERRA, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ RESUMEN DEL PRESUPUESTO					
No	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1,1	REPLANTEO TOPOGRÁFICO	1618,7	M	Q14,65	Q23 720,45
2	DEMOLICIÓN Y EXCAVACIÓN				
2,1	DEMOLICIÓN DE EMPEDRADO	1294,96	M2	Q35,65	Q46 161,91
2,2	EXCAVACIÓN	3023,66	m3	Q62,38	Q188 624,62
3	POZOS DE VISITA				
3,1	POZO DE VISITA DE LADRILLO TAYUYO 1.20m a 2.00m	21	Unidad	Q6 000,14	Q126 002,87
3,2	POZO DE VISITA DE LADRILLO TAYUYO 2.00m a 3.00m	15	Unidad	Q8 756,08	Q131 341,19
3,3	POZO DE VISITA DE LADRILLO TAYUYO 3.00m a 3.86m	10	Unidad	Q13 667,95	Q136 679,51
4	DOMICILIARES Y TUBERIA				
4,1	TUBERÍA DE 6" PVC	1369,5	M	Q405,73	Q555 653,75
4,2	TUBERÍA DE 8" PVC	152,7	M	Q637,42	Q97 334,37
4,3	CONEXIONES DOMICILIARES	174	Unidad	Q3 079,34	Q535 805,59
5	EMPEDRADO				
5,1	REPOSICIÓN DE EMPEDRADO	1294,96	M2	Q137,01	Q177 425,42
		COSTO TOTAL=			Q2 018 749,67

Fuente: elaboración propia.

2.2.13. Cronograma de ejecución física y financiera

En el siguiente cronograma se encuentra el estimado para la ejecución del proyecto y el costo estimado del proyecto por cada mes.

2.2.14. Evaluación de impacto ambiental

El instrumento ambiental que correspondería para este tipo de proyecto según el listado taxativo de proyectos, obras, industrias o actividades, Acuerdo Ministerio No.199-2016 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), es un instrumento de categoría C, de bajo impacto ambiental potencial, pero por ser un proyecto de saneamiento es necesario, agregarle al instrumento un plan de gestión ambiental PGA.

2.2.15. Evaluación económica

La evaluación del proyecto tiene como propósito principal identificar los beneficios y luego valorizarlos adecuadamente, para elaborar indicadores de su rentabilidad social a través del análisis de beneficio costo.

2.2.15.1. Valor presente neto

Esta es una alternativa para tomar decisiones de inversión, lo cual permite determinar de antemano si una inversión es rentable; es muy utilizado por dos razones; es de muy fácil aplicación y porque todos los ingresos y egresos futuros se transforman al presente, y así puede verse fácilmente, si los ingresos son mayores que los egresos.

Las ecuaciones del VPN son:

$$P = F \left[\frac{1}{(1 - i)^n - 1} \right]$$

$$P = A \left[\frac{(1 - i)^n - 1}{(1 - i)^n - 1} \right]$$

Donde:

- P = valor de pago único en el valor inicial a la operación, o valor presente.
- F = valor de pago único al final del periodo de la operación, o valor de pago futuro.
- A = valor de pago uniforme en un periodo determinado o valor de pago futuro.
- I = tasa de interés de cobro por la operación, o tasa de utilidad por la inversión a una solución.
- n = periodo de tiempo que pretende la duración de la operación.

Proyecto de Diseño de una alcantarillado sanitario aldea San Bartolomé
Becerra Antigua Guatemala Sacatepéquez

- Datos del proyecto:
 - $VPN = \text{ingresos} - \text{egresos}$
 - $VPN = 0 - Q 2,018,749.67$
 - $VPN = Q 2,018,749.67$

2.2.15.2. Tasa interna de retorno

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

La tasa interna de retorno se puede calcular mediante las siguientes ecuaciones:

$$I = (P - L) * \left(\frac{P}{L}, i\%, n \right) + l * i + D$$

Donde:

- P= inversión inicial
- L=valor de rescate
- D=serie uniforme de todos los costos
- l= Ingresos anuales

Valor presente de costos = valor presente de Ingresos

Costo anual = Ingreso anual

En las tres formas, el objetivo es satisfacer la ecuación, a través de la variación de la tasa de interés. La tasa de interés que cumpla con la igualdad, es la tasa interna de retorno del proyecto que se está analizando.

Como puede observarse en las 3 fórmulas mencionadas, todas requieren un valor de ingreso; para este proyecto, por ser de carácter social, no se prevé ningún tipo de ingreso, por lo que no se puede hacer el cálculo de la TIR mediante el uso de fórmulas.

CONCLUSIONES

1. Los dos proyectos que se presentan en el trabajo de graduación fueron posibles por la participación de la unidad de EPS de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, conjuntamente con los beneficiarios los pobladores de la aldea San Cristóbal El Alto y San Bartolomé Becerra.
2. De las 23 aldeas de Antigua Guatemala San Cristóbal El Alto es una de las que más potencial turístico posee; con la construcción de la carretera hacia la aldea se prevé un aumento en de la afluencia de turistas, por lo que el proyecto contribuirá grandemente al desarrollo de la aldea, mejorando los ingresos de los pobladores.
3. Para el diseño de los proyectos se utilizan normas y especificación utilizadas vigentes para Guatemala y algunas de los Estado Unidos Americanos; se estima que la construcción de la carretera hacia la aldea San Cristóbal El Alto se construya en un lapso de 6 meses, con un costo estimado de tres millones ciento sesenta y un mil quinientos catorce quetzales con cincuenta y tres centavos (Q 3 161 514,53); para la construcción del alcantarillado sanitario se estima un tiempo de ejecución de 4 meses con un costo estimado de dos millones dieciocho mil setecientos cuarenta y nueve quetzales con sesenta y siete centavos (Q 2 018 749,67).
4. Los instrumentos ambientales que corresponden a estos proyectos según el listado taxativo de proyectos, obras, industrias o actividades, Acuerdo

Ministerial No.199-2016, la carretera es un proyecto de bajo impacto ambiental potencial y el alcantarillado sanitario es de moderado a bajo impacto ambiental potencial debido a que es un proyecto de aguas residuales.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de Antigua Guatemala:

1. Durante la ejecución de los proyectos la municipalidad deberá asignar a un supervisor para cada uno para asegurarse de que los trabajos sean ejecutados siguiendo los planos y especificaciones técnicas para obtener los mejores resultados para cada proyecto.
2. La involucración de la población que utilizará los servicios, por medio de campañas de información y capacitación a los COCODE sobre el uso de los proyectos y el mantenimiento preventivo, garantizará su buen funcionamiento durante la vida útil del proyecto.
3. Construcción de los sistemas de tratamiento de aguas residuales para el alcantarillado sanitario de la aldea San Bartolomé Becerra y los alcantarillados en general del municipio y así cumplir con el reglamento de las descargas de reusó de aguas residuales y de la disposición de lodos Acuerdo Gubernativo Numero 236-2006.
4. Realizar manuales de operación y mantenimiento para el alcantarillado sanitario para la carretera para garantizar con esto la funcionalidad, de los proyectos y con esto extender su vida útil.
5. Actualizar los precios de los materiales, mano de obra y maquinaria con el fin de mantener al día los costos del proyecto, basados en las constantes variaciones económicas.

BIBLIOGRAFÍA

1. ARGUETA MORATAYA, Brian Dario. *Diseño del sistema de abastecimiento del agua potable para la colonia San Jorge y carretera de la Aldea El Durazno hacia la aldea Los Humitos, Amatitlan, Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2013. 159 p.
2. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas. *Especificaciones generales de construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: Ingenieros Consultores de Centro América S.A., 2001. 807 p.
3. Instituto de Fomento Municipal. *Normas generales para el diseño de alcantarillados*. Guatemala: INFOM, 2009. 30 p.
4. ORANTES SANDOVAL, Juan Gabriel. *Diseño del sistema de alcantarillado pluvial y sanitario para la zona 6 de ciudad vieja, Sacatepéquez*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 153 p.
5. SALES RODRÍGUEZ. Manuel de Jesús. *Comparación del modelo estándar y modelo Wenzel para curvas intensidad-duración-frecuencia en la cuenca del río Motagua*, Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 93 p.

6. SOTZ ROQUEL. German. *Diseño del empedrado para la calle perimetral y plaza del casco urbano, San Martín Jilotepeque*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003. 80 p.

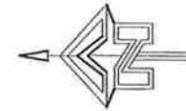
APÉNDICES

- Apéndice 1. **Planos del diseño de una carretera hacia la aldea San Cristóbal el Alto y un alcantarillado sanitario para la aldea San Bartolomé Becerra, Antigua Guatemala, Sacatepéquez.**

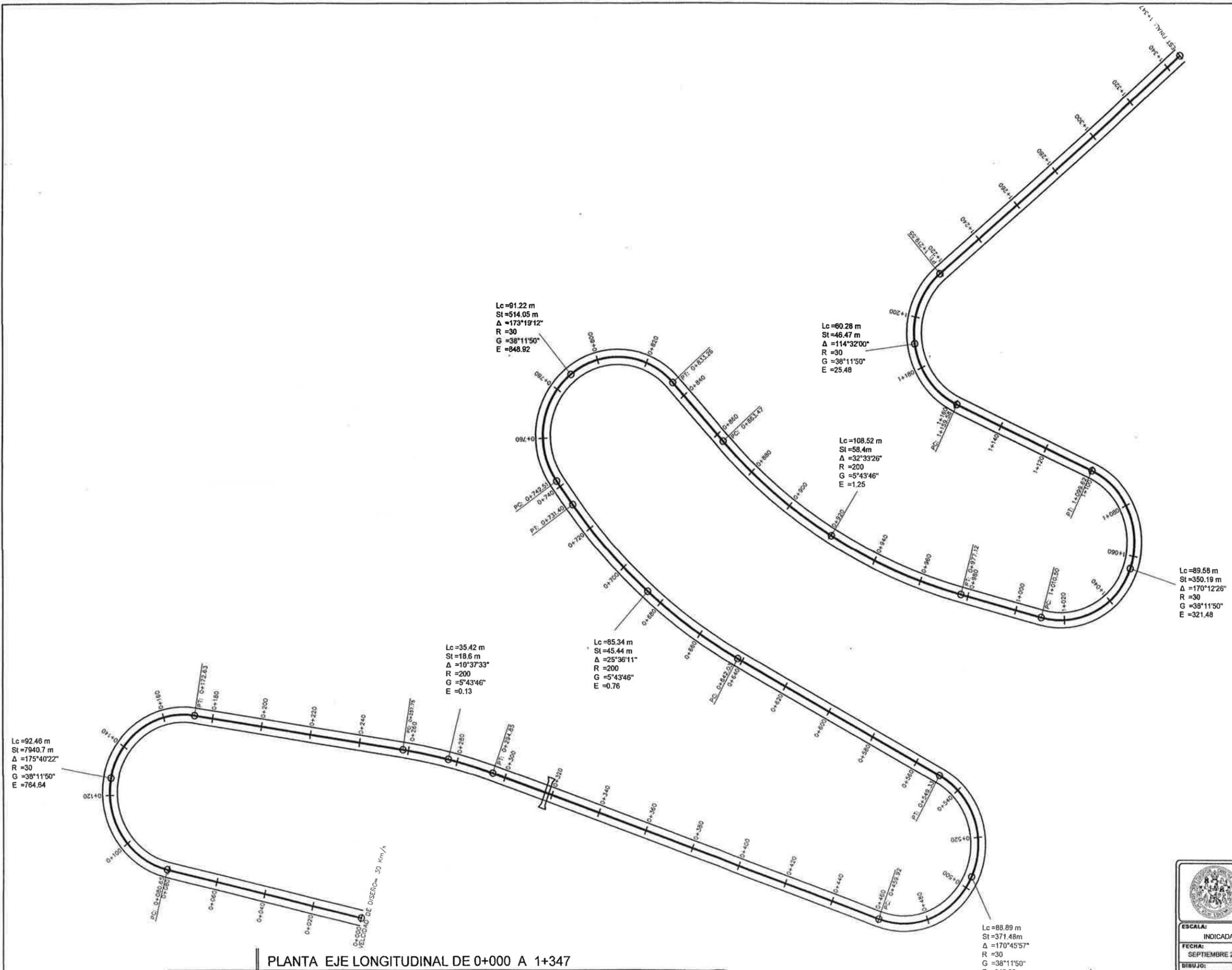
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2 017.

TABLA DE DISEÑO DE UN ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SAN BARTOLOMÉ BECERRA LA ANTIGUA GUATEMALA SACATEPÉQUEZ

Tramo	De	A	Cota de Terreno		DH (m)	5% de terreno	viviendas		No. Habitantes		Qdom		Q III		Q sanitario		F.H.		q. diseño l/s		Ø (pulg)	5% tubería	Sección Llana		Relación q/Q		V.diseño		Relaciones d/D		dh tubería	Cota Invert		Prof. Pozo	Excavacion M3 Total	Excavacion M3 pozo
			Inicio	Final			Loca	Acumula	Actual	Futura	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futura			Actual	Futura	Actual	Futura	Inicio s	Final E								
Tramo 1 de Pozo 1 a Pozo 11A																																				
Inicial	1	2	1522.08	1521.83	50	0.5	10	10	60	114	0.083	0.1583	0.025	0.0475	0.10833	0.2058	4.298	4.2276	0.5158	0.9639	6	0.35	0.669837	12.21881	0.042211	0.07889	0.33188	0.39953	0.14009	0.189966	48.8	1520.88	1520.709	1.2	48.54	1.52
continuida	2	3	1521.83	1521.97	11	-1.28	1	11	66	125	0.092	0.1736	0.028	0.0521	0.11917	0.2257	4.2888	4.2158	0.5661	1.0539	6	1	1.132231	20.65355	0.02741	0.05103	0.49297	0.59364	0.11387	0.153573	9.8	1520.679	1520.581	1.1508	12.76	1.46
continuida	3	4	1521.97	1521.88	26.19	0.35	2	13	78	148	0.108	0.2056	0.033	0.0617	0.14083	0.2672	4.2716	4.1929	0.6664	1.2411	6	0.89	1.068144	19.48452	0.0342	0.0637	0.49698	0.59813	0.1266	0.171069	24.99	1520.551	1520.329	1.4188	33.23	1.80
continuida	4	5	1521.88	1521.51	14.55	2.55	2	15	90	170	0.125	0.2361	0.038	0.0708	0.1625	0.3069	4.2558	4.1729	0.766	1.4188	6	3.25	2.041158	37.23372	0.020574	0.03811	0.81521	0.98094	0.0993	0.133362	13.35	1520.299	1519.865	1.5812	21.01	2.00
Inicial	6	5	1521.33	1521.51	48.5	-0.38	3	3	18	34	0.025	0.0472	0.008	0.0142	0.0325	0.0614	4.3864	4.3458	0.1579	0.2955	6	1	1.132231	20.65355	0.007646	0.01431	0.33842	0.40522	0.06315	0.083582	47.3	1520.33	1519.857	1	53.32	1.27
continuidad	5	7	1521.51	1521.37	26	0.54	2	20	120	227	0.167	0.3153	0.05	0.0946	0.21667	0.4099	4.221	4.1275	1.0131	1.8739	6	0.65	0.912834	16.65143	0.060839	0.11254	0.50425	0.60416	0.16728	0.226518	24.8	1519.827	1519.666	1.683	37.67	2.13
continuidad	7	8	1521.37	1521.24	50	0.26	6	26	156	295	0.217	0.4097	0.065	0.1229	0.28167	0.5326	4.1855	4.0816	1.3059	2.4081	6	0.5	0.800608	14.60427	0.089417	0.16489	0.49544	0.59168	0.20207	0.274656	48.8	1519.636	1519.392	1.7342	74.45	2.20
continuidad	8	9	1521.24	1520.98	50	0.52	6	32	192	363	0.267	0.5042	0.08	0.1513	0.34667	0.6554	4.1544	4.0418	1.5953	2.9344	6	0.45	0.759524	13.85483	0.115145	0.21179	0.50605	0.60269	0.22913	0.312431	48.8	1519.362	1519.142	1.8782	77.30	2.38
continuidad	9	10	1520.98	1521.04	42.19	-0.15	5	37	222	420	0.308	0.5833	0.093	0.175	0.40083	0.7583	4.1312	4.012	1.8342	3.3701	6	0.4	0.716086	13.06245	0.140421	0.258	0.50534	0.60047	0.25315	0.346498	40.99	1519.112	1518.948	1.8678	69.69	2.37
continuidad	10	11	1521.04	1520.2	50	1.68	8	45	270	510	0.375	0.7083	0.113	0.2125	0.4875	0.9208	4.0976	3.9698	2.2127	4.0492	6	0.4	0.716086	13.06245	0.169395	0.30999	0.53331	0.63157	0.27846	0.382244	48.8	1518.918	1518.723	2.1218	75.26	2.69
continuidad	11	11A	1520.2	1519.66	29.6	1.83	0	45	270	510	0.375	0.7083	0.113	0.2125	0.4875	0.9208	4.0976	3.9698	2.2127	4.0492	6	0.4	0.716086	13.06245	0.169395	0.30999	0.53331	0.63157	0.27846	0.382244	28.4	1518.693	1518.579	1.507	32.19	1.91
Tramo 1 de Pozo 12 a Pozo 40																																				
Inicial	12	13	1520.27	1520.24	50	0.06	6	6	36	68	0.05	0.0944	0.015	0.0283	0.065	0.1228	4.3415	4.2858	0.3126	0.5829	6	1.7	1.476248	26.92894	0.011608	0.02164	0.49592	0.59867	0.07571	0.10173	48.8	1519.07	1518.24	1.2	66.12	1.52
continuida	13	14	1520.24	1520.34	22.43	-0.45	5	11	66	125	0.092	0.1736	0.028	0.0521	0.11917	0.2257	4.2888	4.2158	0.5661	1.0539	6	1	1.132231	20.65355	0.02741	0.05103	0.49297	0.59364	0.11387	0.153573	21.23	1518.21	1517.998	2.0296	42.07	2.57
Inicial	15	14	1520.9	1520.34	48.5	1.16	8	8	48	91	0.067	0.1264	0.02	0.0379	0.08667	0.1643	4.3183	4.2546	0.4146	0.7743	6	3.6	2.148257	39.18736	0.010579	0.01976	0.70164	0.84759	0.07247	0.097414	47.3	1519.7	1517.997	1.2	70.88	1.52
continuidad	14	16	1520.34	1520.62	29.23	-0.96	8	27	162	306	0.225	0.425	0.068	0.1275	0.2925	0.5525	4.18	4.0748	1.3543	2.4938	6	0.5	0.800608	14.60427	0.092735	0.17076	0.50076	0.59762	0.20574	0.279602	28.03	1517.967	1517.827	2.3728	63.76	3.01
continuidad	16	17	1520.62	1520.34	48.44	0.58	7	34	204	386	0.283	0.5361	0.085	0.1608	0.36833	0.6969	4.1449	4.0295	1.6911	3.1107	6	0.45	0.759524	13.85483	0.12206	0.22452	0.5147	0.61267	0.23591	0.322081	47.24	1517.797	1517.584	2.8229	112.25	3.58
continuidad	17	18	1520.34	1520.08	50	0.52	13	47	282	533	0.392	0.7403	0.118	0.2221	0.50917	0.9624	4.0898	3.9598	2.3066	4.2211	6	0.35	0.669837	12.21881	0.188778	0.34546	0.5145	0.60836	0.29438	0.405478	48.8	1517.554	1517.384	2.7855	113.77	3.53
continuidad	18	19	1520.08	1519.86	43	0.52	7	54	324	612	0.45	0.85	0.135	0.255	0.585	1.105	4.064	3.9275	2.6335	4.8072	6	0.3	0.620148	11.31242	0.232794	0.42495	0.50534	0.5941	0.32823	0.455136	41.8	1517.354	1517.228	2.7263	96.13	3.45
continuidad	19	19A	1519.86	1520.02	34.23	-0.47	9	63	378	714	0.525	0.9917	0.158	0.2975	0.6825	1.2892	4.0337	3.8896	3.0495	5.5543	6	0.3	0.620148	11.31242	0.269569	0.49099	0.52638	0.61733	0.35466	0.494687	33.03	1517.198	1517.099	2.6617	80.22	3.37
continuidad	19A	34	1520.02	1519.6	34.66	1.22	2	65	390	737	0.542	1.0236	0.163	0.3071	0.70417	1.3307	4.0274	3.8816	3.1413	5.7214	6	0.9	1.074129	19.59368	0.160324	0.292	0.78746	0.93201	0.27075	0.370135	33.46	1517.069	1516.768	2.9508	84.25	3.74
Inicial	20	21	1520.62	1520.67	50	-0.11	6	6	36	68	0.05	0.0944	0.015	0.0283	0.065	0.1228	4.3415	4.2858	0.3126	0.5829	6	0.6	0.877022	15.99817	0.019539	0.03643	0.34486	0.41586	0.0969	0.130514	48.8	1519.42	1519.127	1.2	56.98	1.52
continuida	21	22	1520.67	1521	50	-0.66	3	9	54	102	0.075	0.1417	0.023	0.0425	0.0975	0.1842	4.3078	4.2412	0.4652	0.8652	6	1.2	1.240297	22.62484	0.020564	0.03824	0.49528	0.5967	0.09928	0.133592	48.8	1519.097	1518.512	1.5728	83.82	1.99
continuida	22	23	1521	1520.68	50	0.64	4	13	78	148	0.108	0.2056	0.033	0.0617	0.14083	0.2672	4.2716	4.1929	0.6664	1.2411	6	1.82	1.527463	27.86317	0.023916	0.04454	0.63834	0.76909	0.10669	0.143792	48.8	1518.482	1517.593	2.5184	116.02	3.19
Inicial	27	26	1520.41	1521.31	50	-1.8	3	3	18	34	0.025	0.0472	0.008	0.0142	0.0325	0.0614	4.3864	4.3458	0.1579	0.2955	6	1	1.132231	20.65355	0.007646	0.01431	0.33842	0.40522	0.06315	0.083582	48.8	1519.21	1518.722	1.2	77.88	1.52
continuida	26	25	1521.31	1521.26	50	0.1	6	9	54	102	0.075	0.1417	0.023	0.0425	0.0975	0.1842	4.3078	4.2412	0.4652	0.8652	6	1.2	1.240297	22.62484	0.020564	0.03824	0.49528	0.5967	0.09928	0.133592	48.8	1518.692	1518.106	2.618	119.36	3.32
continuida	25	24	1521.26	1521.17	50	0.18	8	17	102	193	0.142	0.2681	0.043	0.0804	0.18417	0.3485	4.2412	4.1536	0.8652	1.6033	6	0.75	0.980541	17.8865	0.048372	0.08964	0.50599	0.60723	0.14964	0.202317	48.8	1518.076	1517.71	3.1836	137.50	4.03
continuida	24	23	1521.17	1520.68	15.43	3.18	3	20	120	227	0.167	0.3153	0.05	0.0946	0.21667	0.4099	4.221	4.1275	1.0131	1.8739	6	0.65	0.912834	16.65143	0.060839	0.11254	0.50425	0.60416	0.16728	0.226518	14.23	1517.68	1517.588	3.4896	45.23	4.42
continuidad	23	28	1520.68	1520.75	39.77	-0.18	6	39	234	442	0.325	0.6139	0.098	0.1842	0.4225	0.7981	4.1224	4.0012	1.9293	3.537	6	0.4	0.716086	13.06245	0.147697	0.27078	0.51275	0.60857	0.2597	0.355506	38.57	1517.558	1517.404	3.		



SIMBOLOGIA	
EJEMPLO	CONTENIDO
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENCIA
LC	LONGITUD DE CURVA
SI	SUB TANGENTE
Δ	ANGULO DE DEFLEXION
R	RADIO
G	GRADO DE CURVATURA
	LINEA CENTRAL
	ESTACION
	DRENAJE TRANSVERSAL



PLANTA EJE LONGITUDINAL DE 0+000 A 1+347

ESCALA: 1/1500

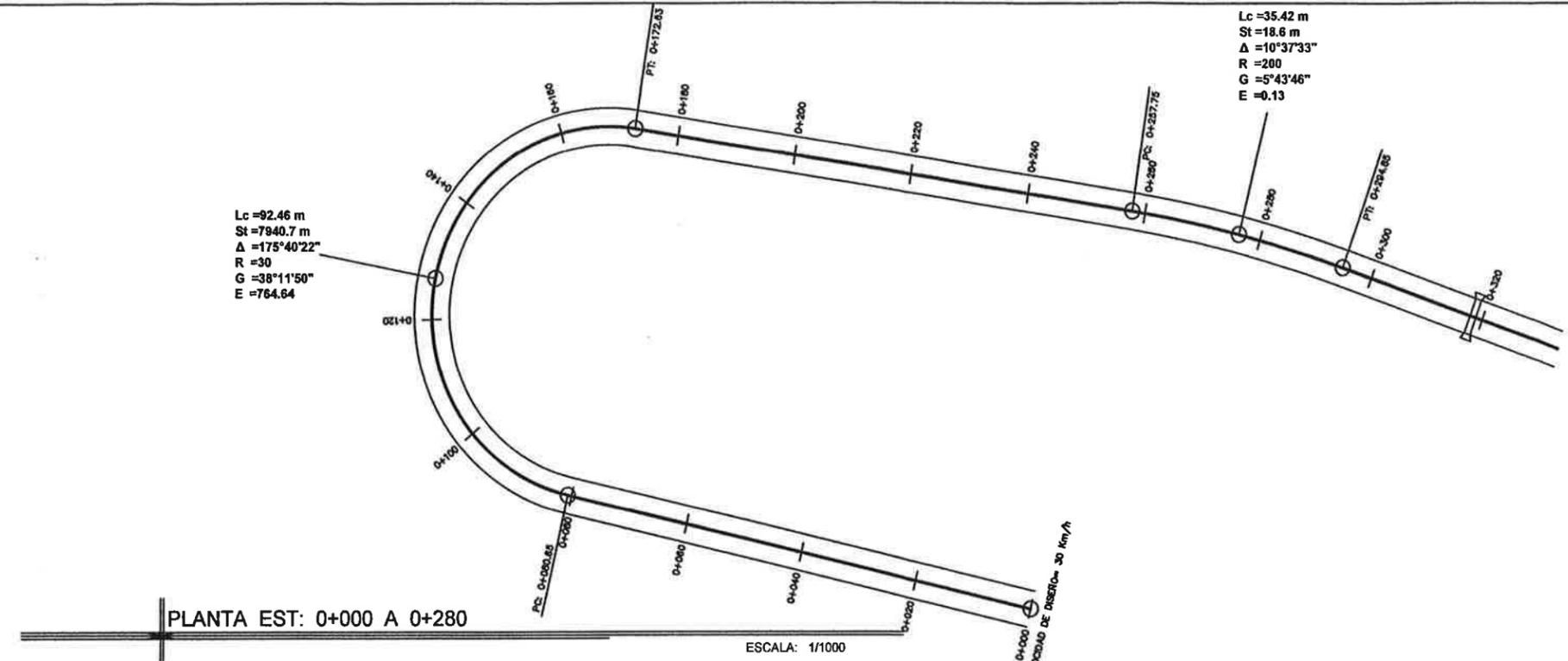
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA AREA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: DISEÑO DE UNA CARRETERA PARA LA ALDEA SAN CRISTOBAL EL ALTO, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPEQUEZ	
ESCALA:	INDICADA
FECHA:	SEPTIEMBRE 2017
DIBUJO:	ALEJANDRO SANTOS MORALES
DISEÑO:	ALEJANDRO SANTOS MORALES
CALCULO:	ALEJANDRO SANTOS MORALES
CONTENIDO: DISEÑO DE UNA CARRETERA PARA LA ALDEA SAN CRISTOBAL EL ALTO, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPEQUEZ ASESORA - SUPERVISORA DE EPS Unidad de Practicas de Ingenieria y EPS	
HOLA 1	
8	



SIMBOLOGIA	
EJEMPLO	CONTENIDO
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENCIA
LC	LONGITUD DE CURVA
SR	SUB TANGENTE
A	ANGULO DE DEFLEXION
R	RADIO
G	GRADO DE CURVATURA
	LINEA CENTRAL
	ESTACION
	DRENAJE TRANSVERSAL

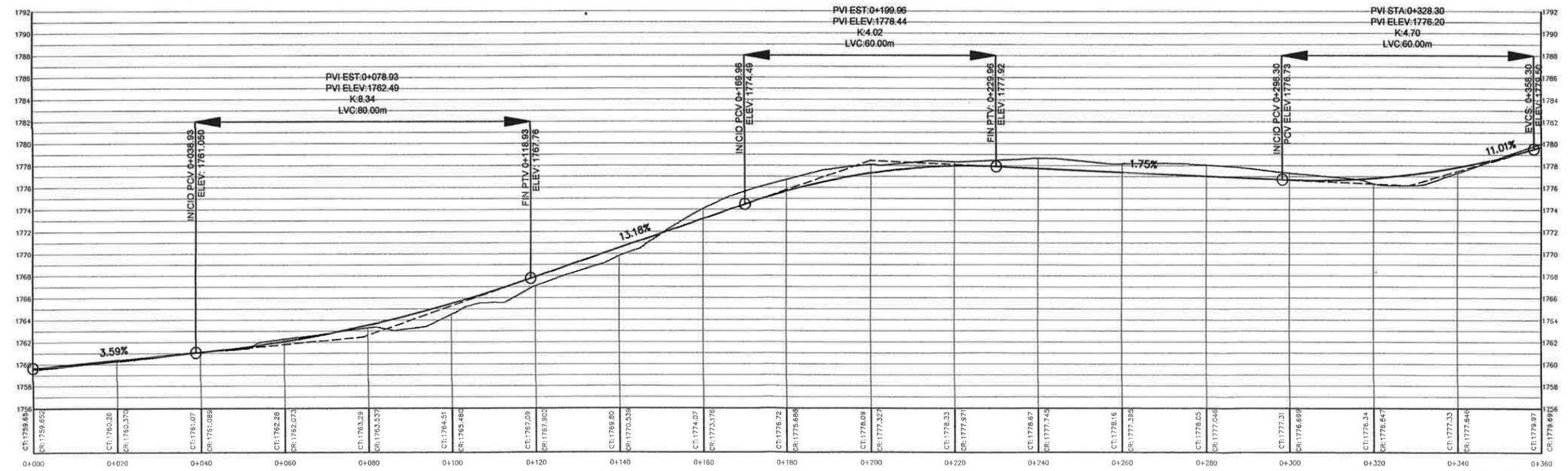
Lc = 92.46 m
 St = 7940.7 m
 $\Delta = 175^{\circ}40'22''$
 R = 30
 $G = 38^{\circ}11'50''$
 E = 764.64

Lc = 35.42 m
 St = 18.6 m
 $\Delta = 10^{\circ}37'33''$
 R = 200
 $G = 5^{\circ}43'46''$
 E = 0.13



PLANTA EST: 0+000 A 0+280

ESCALA: 1/1000

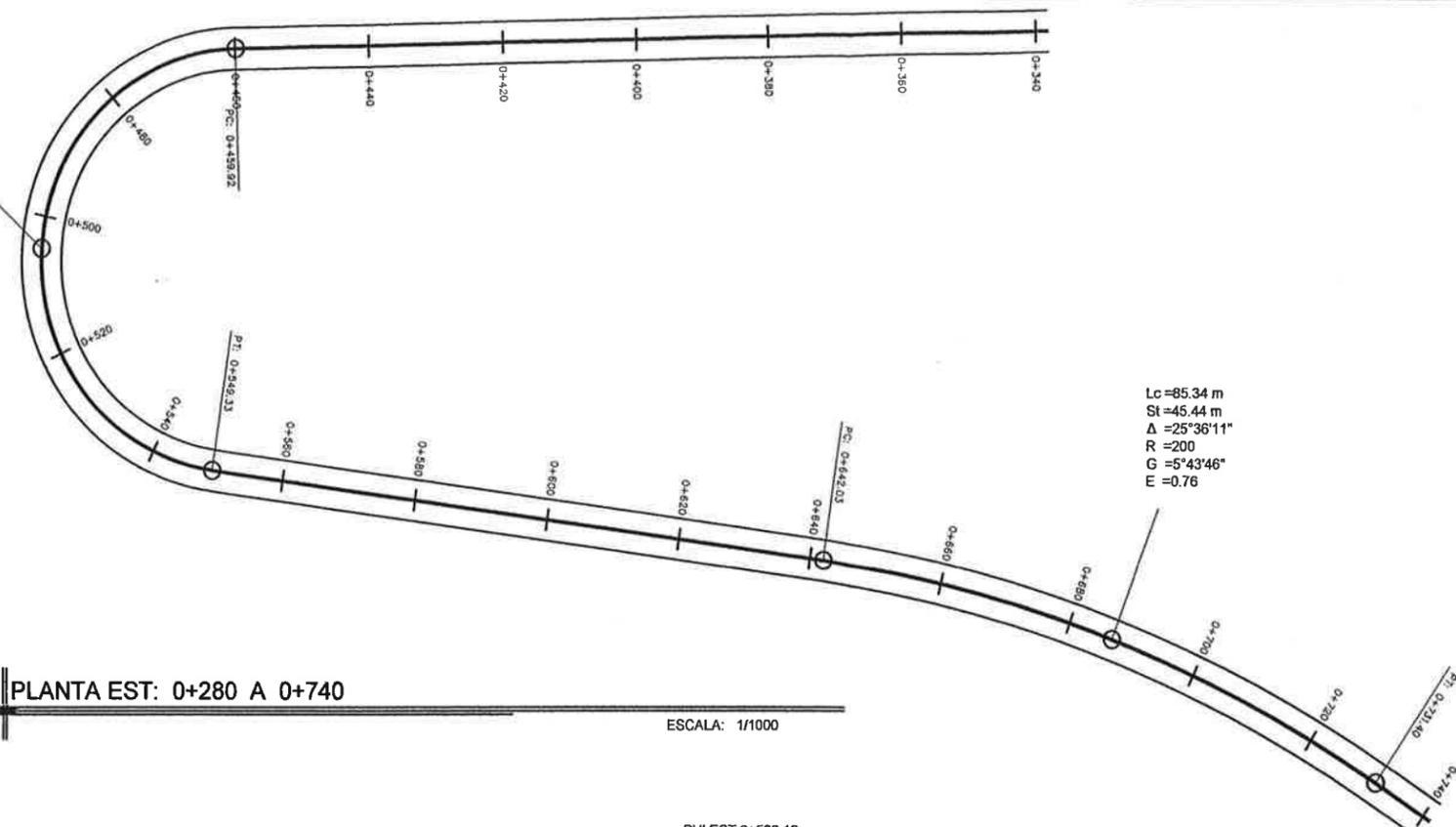


PERFIL EST: 0+000 A 0+280

ESCALA: H: 1/1000 V: 1/400

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA AREA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
ESCALA: INDICADA FECHA: SEPTIEMBRE 2017 DIBUJO: ALEJANDRO SANTOS MORALES DISEÑO: ALEJANDRO SANTOS MORALES CALCULO: ALEJANDRO SANTOS MORALES	PROYECTO: DISEÑO DE UNA CARRETERA PARA LA ALDEA SAN CRISTOBAL EL MAYO, ANTIGUA GUATEMALA SACATEPEQUEZ CONTENIDO: Ingeniería Civil de Obras y Sistemas de Puentes ASESORA - SUPERVISORA DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS Facultad de Ingeniería
NO. 2 HOJA 8	

Lc = 8.80
 St = 371.48m
 $\Delta = 170^{\circ}45'57''$
 R = 30
 $G = 38^{\circ}11'50''$
 E = 342.69

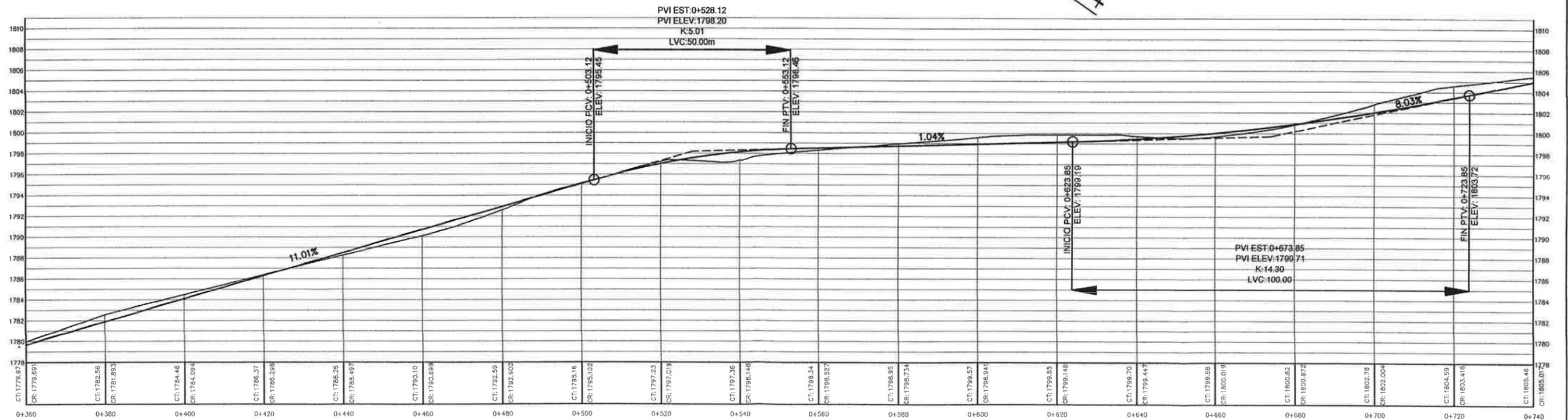


Lc = 85.34 m
 St = 45.44 m
 $\Delta = 25^{\circ}36'11''$
 R = 200
 $G = 5^{\circ}43'46''$
 E = 0.76

SIMBOLOGIA	
EJEMPLO	CONTENIDO
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENCIA
Lc	LONGITUD DE CURVA
St	SUB TANGENTE
Δ	ANGULO DE DEFLEXION
R	RADIO
G	GRADO DE CURVATURA
—	LINEA CENTRAL
+	ESTACION
	ORENJE TRANSVERSAL

PLANTA EST: 0+280 A 0+740

ESCALA: 1/1000



PERFIL EST: 0+280 A 0+740

ESCALA: H: 1/1000 V: 1/400

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

PROYECTO: DISEÑO DE LA CARRETERA HACIA LA ALDEA SAN CRISTOBAL EL ALTO, ANTIGUA GUATEMALA SACATEPEQUEZ

FECHA: SEPTIEMBRE 2017

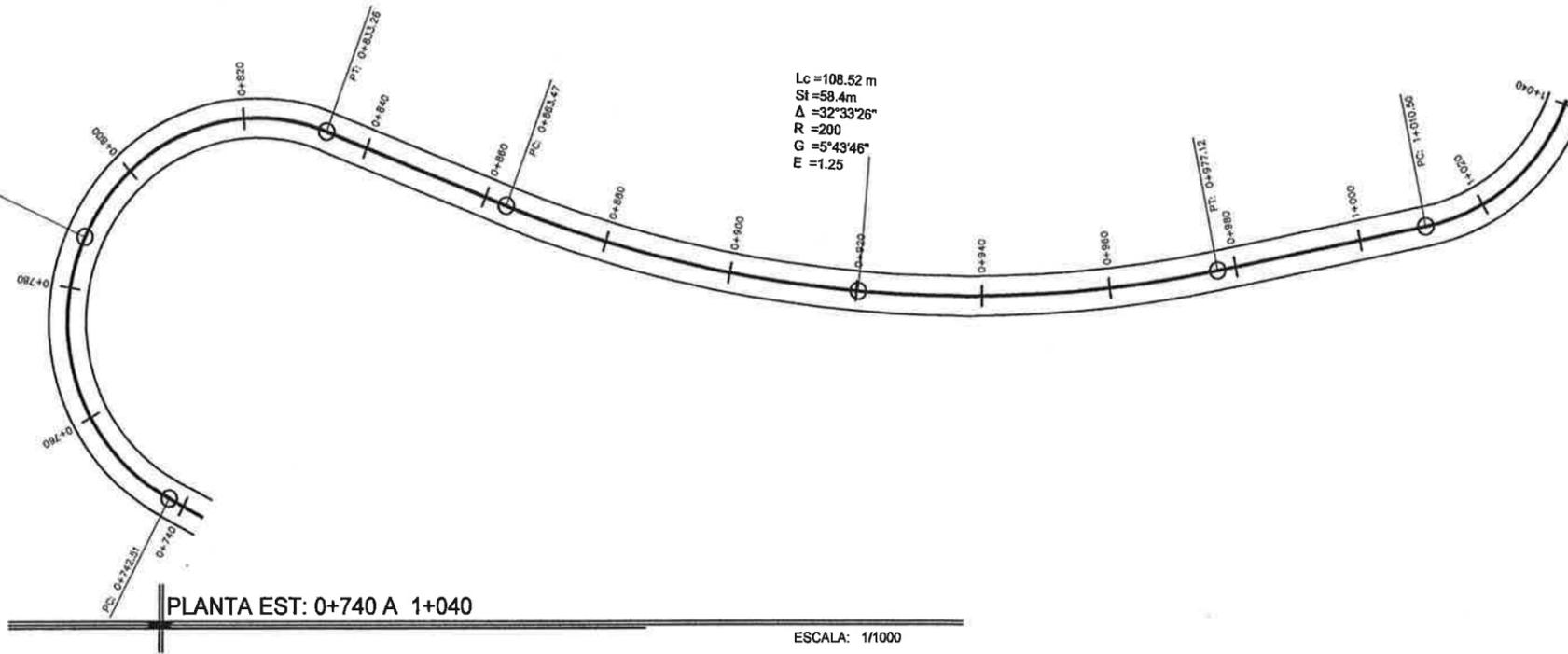
DISEÑO: ALEJANDRO SANTOS MORALES

CALCULO: ALEJANDRO SANTOS MORALES

3
8

Lc = 91.22 m
 St = 514.05 m
 $\Delta = 173^{\circ}19'12''$
 R = 30
 $G = 38^{\circ}11'50''$
 E = 848.92

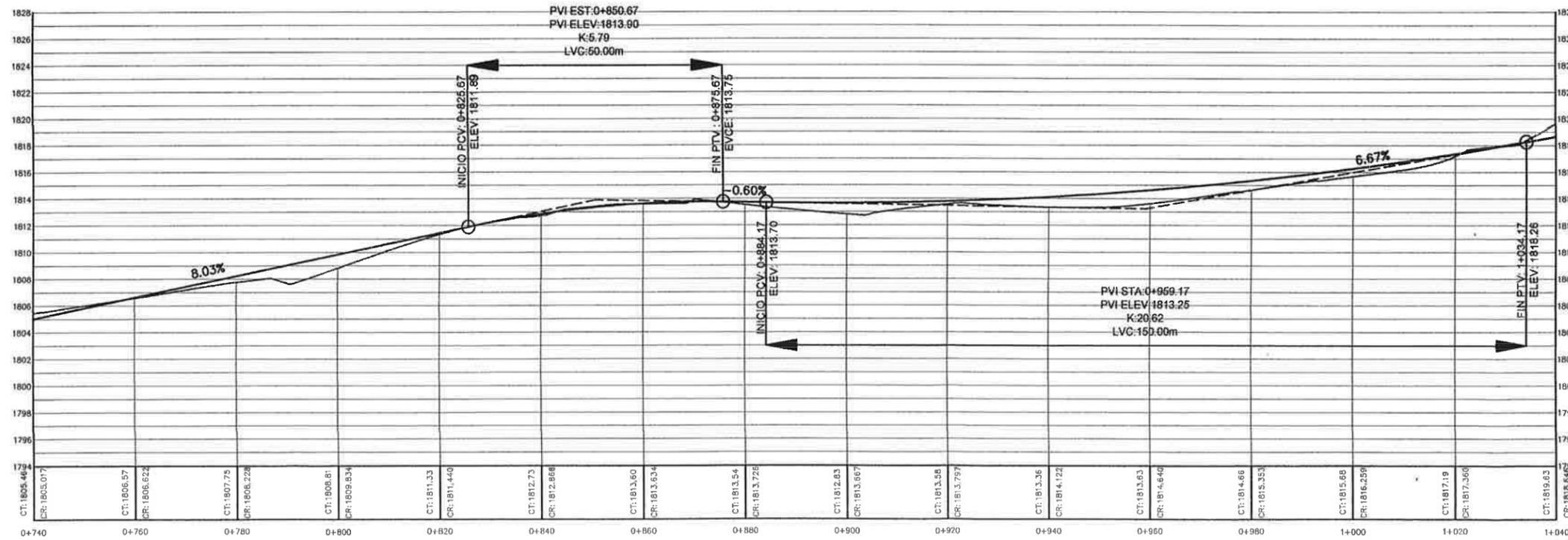
Lc = 108.52 m
 St = 59.4 m
 $\Delta = 32^{\circ}33'26''$
 R = 200
 $G = 5^{\circ}43'46''$
 E = 1.25



PLANTA EST: 0+740 A 1+040

ESCALA: 1/1000

SIMBOLOGIA	
EJEMPLO	CONTENIDO
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENCIA
LC	LONGITUD DE CURVA
SI	SUB TANGENTE
Δ	ANGULO DE DEFLEXION
R	RADIO
G	GRADO DE CURVATURA
	LINEA CENTRAL
	ESTACION
	DRENAJE TRANSVERSAL



PERFIL EST: 0+740 A 1+040

ESCALA: H: 1/1000 V: 1/400

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

PROYECTO: DISEÑO DE UNA CARRETERA EN LA ALDEA SAN CRISTOBAL EL ALTO, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ

ESCALA: INDICADA

FECHA: SEPTIEMBRE 2016

DIBUJO: ALEJANDRO SANTOS MORALES

DISEÑO: ALEJANDRO SANTOS MORALES

CALCULO: ALEJANDRO SANTOS MORALES

CONTENIDO: Ingo. Carretera Antigua a Sacatepéquez - 0+740 a 1+040

ASESORA - SUPERVISORA DE EPS

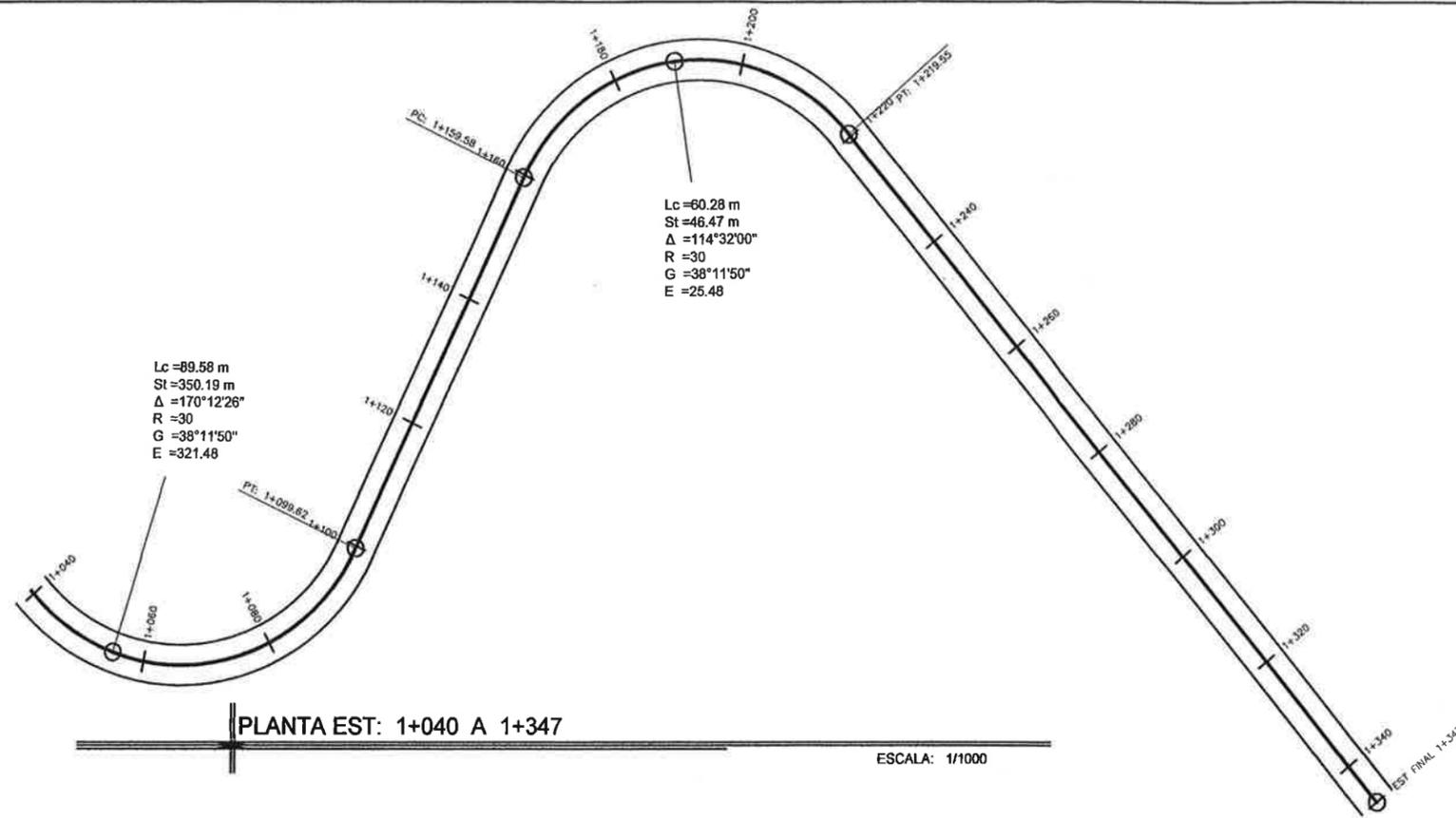
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

Ing. Carlos Cisneros

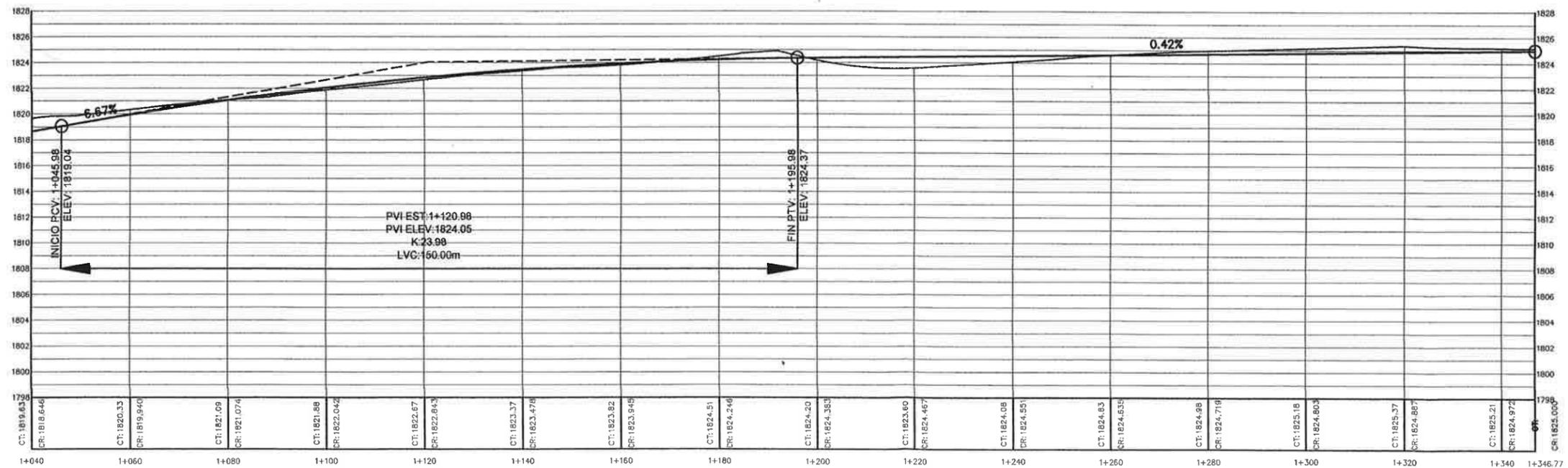
Facultad de Ingeniería

4

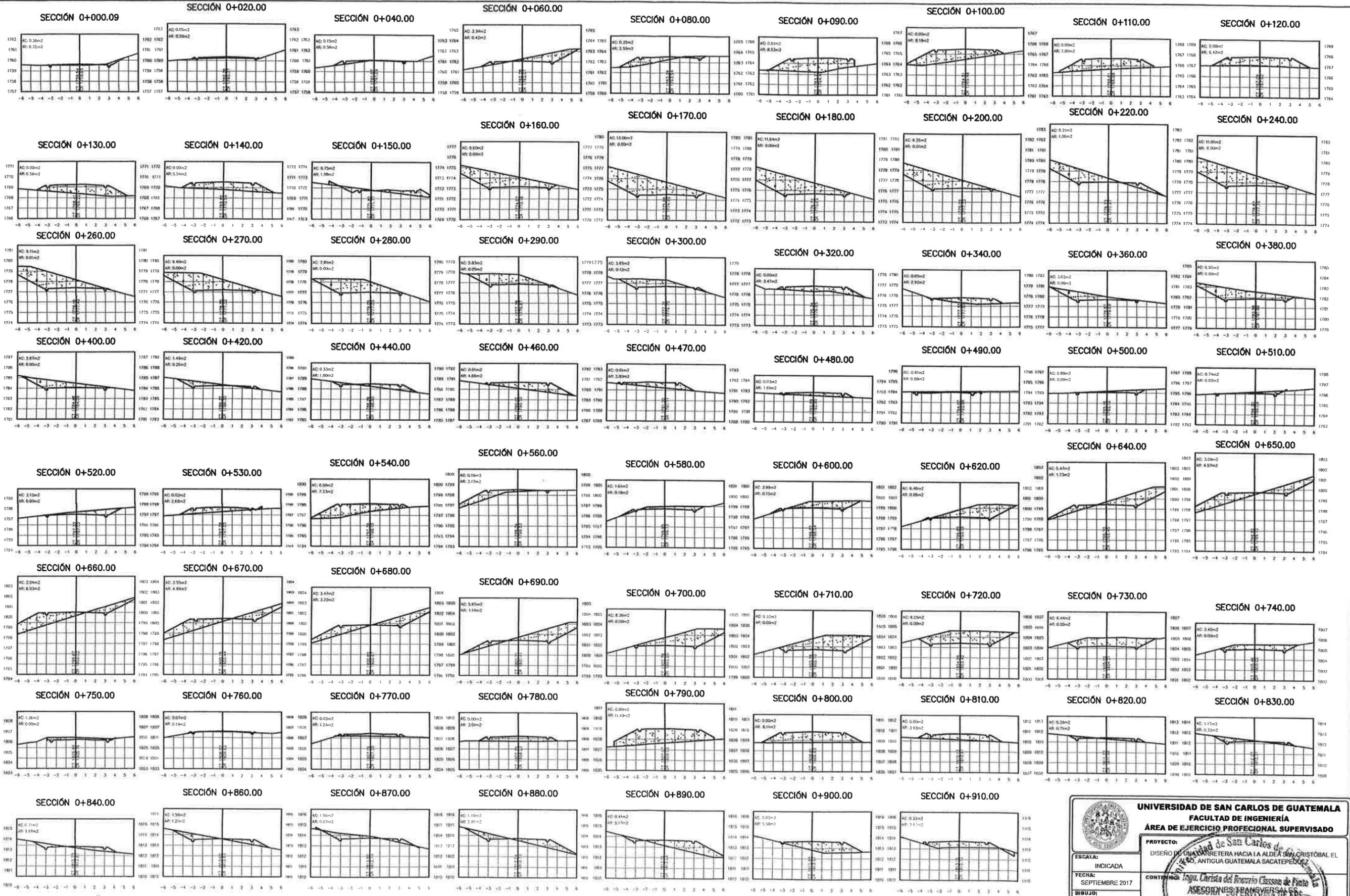
8



SIMBOLOGIA	
EJEMPLO	CONTENIDO
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TENGENCIA
LC	LONGITUD DE CURVA
SI	SUB TANGENTE
Δ	ANGULO DE DEFLEXION
R	RADIO
G	GRADO DE CURVATURA
—	LINEA CENTRAL
+	ESTACION
↗	DRENAJE TRANSVERSAL



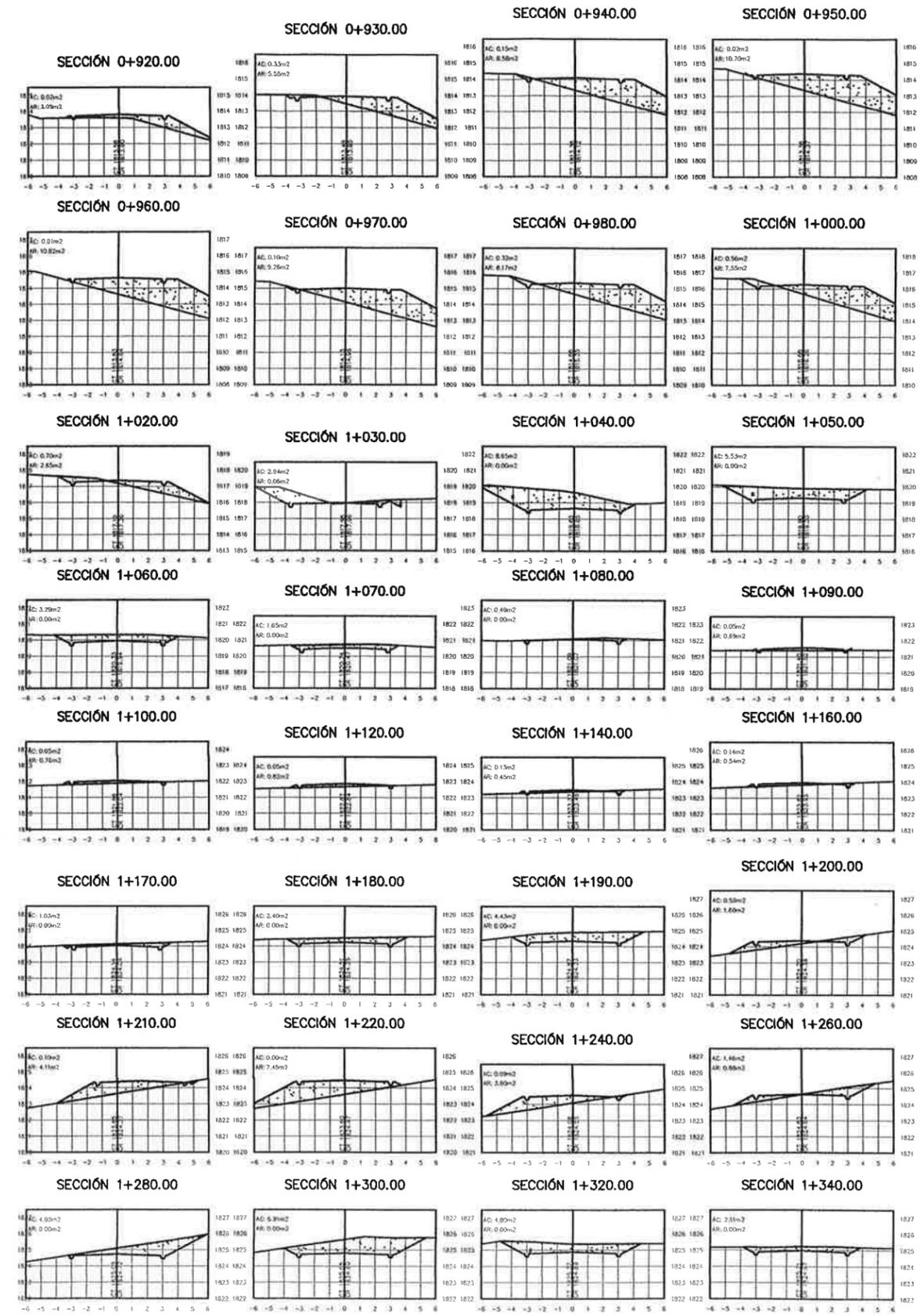
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA ÁREA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: DISEÑO DE UNA CARRETERA LOCAL A LA ALDEA SAN CRISTÓBAL EL ANTIGUA GUATEMALA, DEPARTAMENTO DE QUETZAL	CONTENIDO: PLANTA, PERFILES Y DRENAJE DE LA ALDEA SAN CRISTÓBAL EL ANTIGUA GUATEMALA, DEPARTAMENTO DE QUETZAL
ESCALA: INDICADA	FECHA: SEPTIEMBRE 2017
DIBUJO: ALEJANDRO SANTOS MORALES	DISEÑO: ALEJANDRO SANTOS MORALES
CÁLCULO: ALEJANDRO SANTOS MORALES	VERIFICACIÓN: Inga. Christa Clotilde de la Cruz
ASESORA - SUPERVISORA DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS Inga. Christa Clotilde de la Cruz Facultad de Ingeniería	
Hoja 5 de 8	



SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA: 1/350

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA AREA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
ESCALA: INDICADA	PROYECTO: DISEÑO DE UNA CARRETERA HACIA LA ALDEA SAN CRISTOBAL EL ALTO, ANTIGUA GUATEMALA SACATEPEQUEZ
FECHA: SEPTIEMBRE 2017	CONTENIDO: Ingu. Carretera del Ingeniero Cassiano de Pineda ASESORIAS TRANSVERSALES SUPERVISADA DE EPS
DISEÑO: ALEJANDRO SANTOS MORALES	DISEÑO: ALEJANDRO SANTOS MORALES
CALCULO: ALEJANDRO SANTOS MORALES	CALCULO: ALEJANDRO SANTOS MORALES



SECCIONES TRANSVERSALES

ESCALA: 1/350

EST	AREA m ²		VOLUMEN m ³		VOLUMEN ACUMULADO m ³	
	RELLENO	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO	CORTE
0+000.09	0.32	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020.00	0.59	0.05	9.02	4.11	9.02	4.11
0+040.00	0.56	0.15	11.53	1.93	20.55	6.04
0+060.00	0.42	3.34	9.81	34.86	30.36	40.90
0+080.00	2.59	0.35	30.11	36.95	60.47	77.84
0+090.00	8.53	0.01	55.33	1.69	115.79	79.53
0+100.00	8.18	0.00	84.13	0.05	199.92	79.58
0+110.00	7.80	0.00	80.57	0.00	280.50	79.58
0+120.00	6.42	0.00	89.85	0.00	350.15	79.58
0+130.00	6.56	0.00	83.25	0.00	413.40	79.58
0+140.00	5.54	0.00	58.46	0.00	471.85	79.58
0+150.00	1.88	0.75	35.53	3.99	507.38	83.57
0+160.00	0.00	9.60	8.40	55.11	515.79	138.68
0+170.00	0.00	13.06	0.00	120.87	515.79	259.56
0+180.00	0.00	11.84	0.00	125.78	515.79	385.33
0+200.00	0.01	9.26	0.07	208.91	515.86	594.25
0+220.00	1.08	6.21	10.71	154.69	526.57	748.94
0+240.00	0.00	11.01	10.64	172.19	537.21	921.13
0+280.00	0.01	9.11	0.11	201.14	537.33	1122.27
0+270.00	0.00	9.40	0.06	93.52	537.38	1215.78
0+280.00	0.00	7.81	0.00	86.79	537.38	1302.58
0+290.00	0.05	5.83	0.28	68.72	537.64	1371.29
0+300.00	0.12	3.89	0.83	46.74	538.48	1420.04
0+320.00	3.47	0.00	35.89	38.88	574.37	1458.92
0+340.00	2.92	0.05	63.91	0.52	638.28	1459.44
0+360.00	0.00	3.62	29.17	36.76	667.45	1496.21
0+380.00	0.00	6.92	0.00	105.46	667.45	1801.67
0+400.00	0.00	3.87	0.00	107.88	667.45	1709.55
0+420.00	0.26	1.49	2.56	53.52	670.01	1783.07
0+440.00	1.80	0.33	20.60	18.13	690.61	1781.20
0+460.00	4.66	0.01	64.63	3.35	755.24	1784.55
0+470.00	2.80	0.01	38.29	0.09	793.54	1784.64
0+480.00	1.81	0.02	23.06	0.12	816.59	1784.76
0+490.00	0.00	0.81	9.28	3.94	825.87	1788.70
0+500.00	0.00	0.89	0.00	8.56	825.87	1797.26
0+510.00	0.02	0.74	0.10	8.50	825.98	1805.76
0+520.00	0.00	2.12	0.12	15.00	826.09	1820.77
0+530.00	2.68	0.02	12.30	11.30	838.39	1832.06
0+540.00	7.23	0.00	46.55	0.10	884.95	1832.16
0+560.00	3.17	0.06	100.69	0.60	985.64	1832.75
0+580.00	0.18	1.61	33.54	16.67	1019.18	1849.42
0+600.00	0.15	3.99	3.35	56.00	1022.53	1905.42
0+620.00	0.06	6.46	2.09	104.47	1024.62	2009.89
0+640.00	1.73	5.47	17.85	119.31	1042.47	2129.20
0+650.00	4.57	3.09	31.93	42.26	1074.41	2171.46
0+660.00	6.03	2.04	53.91	25.21	1128.32	2196.67
0+670.00	4.99	2.55	56.03	22.54	1184.35	2218.20
0+680.00	3.22	3.47	41.72	29.58	1226.07	2248.78
0+690.00	1.14	5.65	22.19	44.86	1248.26	2293.64
0+700.00	0.00	8.36	5.82	69.12	1254.08	2362.75
0+710.00	0.00	9.32	0.00	87.54	1254.08	2450.29
0+720.00	0.00	9.25	0.00	92.32	1254.08	2542.61
0+730.00	0.00	6.44	0.00	78.24	1254.08	2620.86
0+740.00	0.00	3.45	0.00	49.42	1254.08	2670.28
0+750.00	0.00	1.36	0.02	23.65	1254.10	2693.93

TABLA DE VOLUMENES DE CORTE Y RELLENO

EST	AREA m ²		VOLUMEN m ³		VOLUMEN ACUMULADO m ³	
	RELLENO	CORTE	RELLENO	CORTE	RELLENO	CORTE
0+760.00	0.19	0.07	0.96	6.96	1255.05	2700.89
0+770.00	1.24	0.02	6.74	0.48	1261.79	2701.37
0+780.00	3.01	0.00	20.85	0.11	1282.64	2701.48
0+790.00	11.49	0.00	73.20	0.00	1355.84	2701.48
0+800.00	8.11	0.00	98.79	0.00	1454.63	2701.48
0+810.00	3.92	0.00	59.02	0.00	1513.65	2701.48
0+820.00	0.71	0.39	21.73	2.13	1535.37	2703.61
0+830.00	0.33	1.17	4.84	8.44	1540.21	2712.05
0+840.00	1.17	0.71	7.29	9.70	1547.49	2721.74
0+860.00	1.20	1.56	23.63	22.78	1571.13	2744.52
0+870.00	0.67	1.86	9.40	16.99	1580.53	2761.51
0+880.00	2.86	1.49	17.88	16.55	1598.41	2778.06
0+890.00	5.17	0.41	40.65	9.37	1639.06	2787.43
0+900.00	5.58	0.02	54.26	2.15	1693.32	2789.58
0+910.00	3.63	0.33	46.28	1.81	1739.60	2791.39
0+920.00	3.05	0.02	33.61	1.79	1773.21	2793.18
0+930.00	5.55	0.33	43.57	1.71	1816.78	2794.89
0+940.00	8.58	0.15	71.63	2.34	1888.41	2797.24
0+950.00	10.70	0.02	97.64	0.80	1986.04	2798.04
0+960.00	10.82	0.01	108.90	0.12	2094.95	2798.16
0+970.00	9.26	0.10	101.69	0.54	2196.63	2798.70
0+980.00	8.17	0.32	88.01	2.08	2284.64	2800.78
1+000.00	7.55	0.56	157.19	8.77	2441.84	2809.55
1+020.00	2.65	0.70	106.80	12.07	2548.64	2821.62
1+030.00	0.06	2.94	14.77	16.73	2563.41	2838.35
1+040.00	0.00	8.65	0.28	54.76	2563.69	2893.10
1+050.00	0.00	5.53	0.00	68.30	2563.69	2961.40
1+060.00	0.00	3.29	0.00	43.45	2563.69	3004.85
1+070.00	0.00	1.65	0.00	24.26	2563.69	3029.12
1+080.00	0.00	0.49	0.00	10.43	2563.69	3039.55
1+090.00	0.69	0.05	3.29	2.82	2566.98	3042.36
1+100.00	0.78	0.05	7.01	0.54	2573.99	3042.91
1+120.00	0.82	0.05	15.79	1.03	2589.78	3043.94
1+140.00	0.45	0.13	12.62	1.75	2602.40	3045.68
1+160.00	0.54	0.14	9.83	2.62	2612.23	3048.30
1+170.00	0.00	1.03	2.80	5.41	2615.04	3053.71
1+180.00	0.00	2.40	0.00	16.64	2615.04	3070.35
1+190.00	0.00	4.43	0.00	33.66	2615.04	3104.01
1+200.00	1.60	0.59	8.61	24.48	2623.64	3128.49
1+210.00	4.11	0.10	29.30	3.08	2652.94	3131.57
1+220.00	7.45	0.00	59.96	0.41	2712.90	3131.98
1+240.00	3.80	0.09	112.47	0.91	2825.37	3132.90
1+260.00	0.88	1.46	46.80	15.55	2872.17	3148.45
1+280.00	0.00	4.05	8.83	55.16	2881.00	3203.61
1+300.00	0.00	6.91	0.00	109.66	2881.00	3313.27
1+320.00	0.00	4.80	0.00	117.12	2881.00	3430.38
1+340.00	0.00	2.11	0.00	69.10	2881.00	3499.49
1+348.77	0.00	0.00	0.00	7.15	2881.00	3506.64

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

PROYECTO: *Carretera de San Carlos*
 DISEÑO DE UNA CARRETERA HACIA LA ALDEA SAN CRISTÓBAL EL ALTO, ANTIGUA GUATEMALA SACATEPEQUEZ.

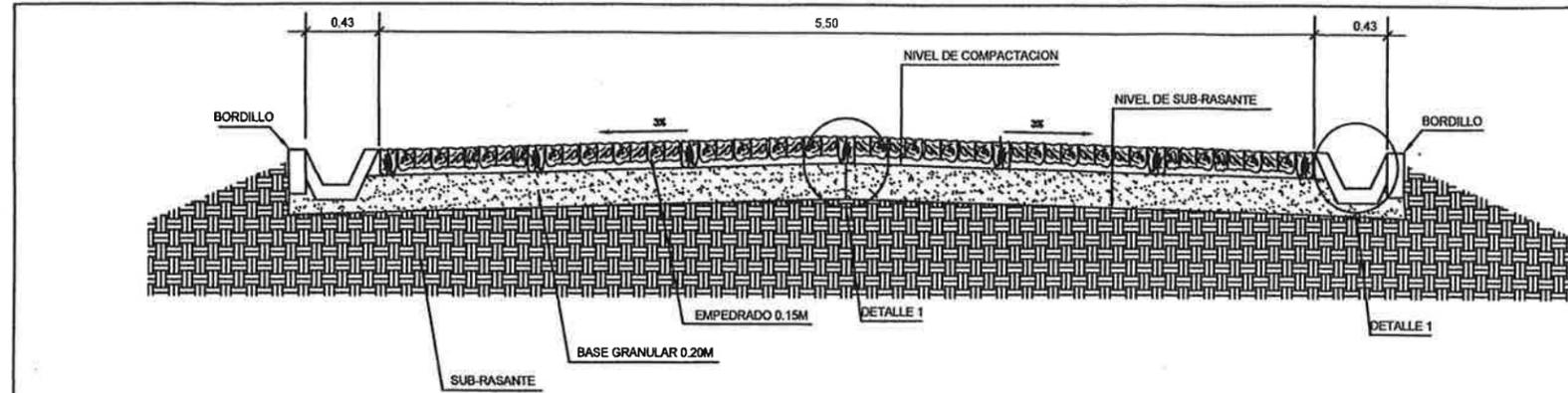
ESCALA: INDICADA
 FECHA: SEPTIEMBRE 2017
 DIBUJO: ALEJANDRO SANTOS MORALES
 DISEÑO: ALEJANDRO SANTOS MORALES
 CÁLCULO: ALEJANDRO SANTOS MORALES

CONTEO: *Inga. Christian del Rosario Cruz de Dios*
 SECCIONES TRANSVERSALES
 ASESOR: JIMENA VILLALBA DE PEÑA
 Unidad de Ejercicio de Ingeniería y CPD

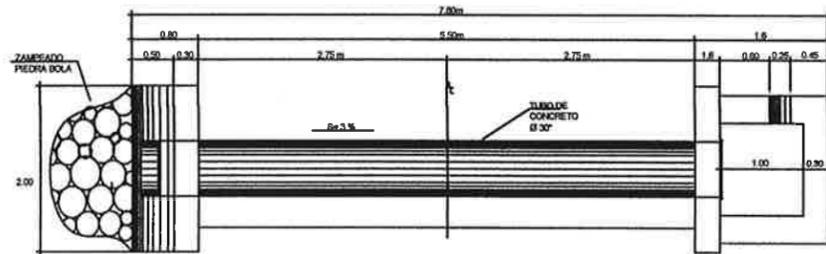
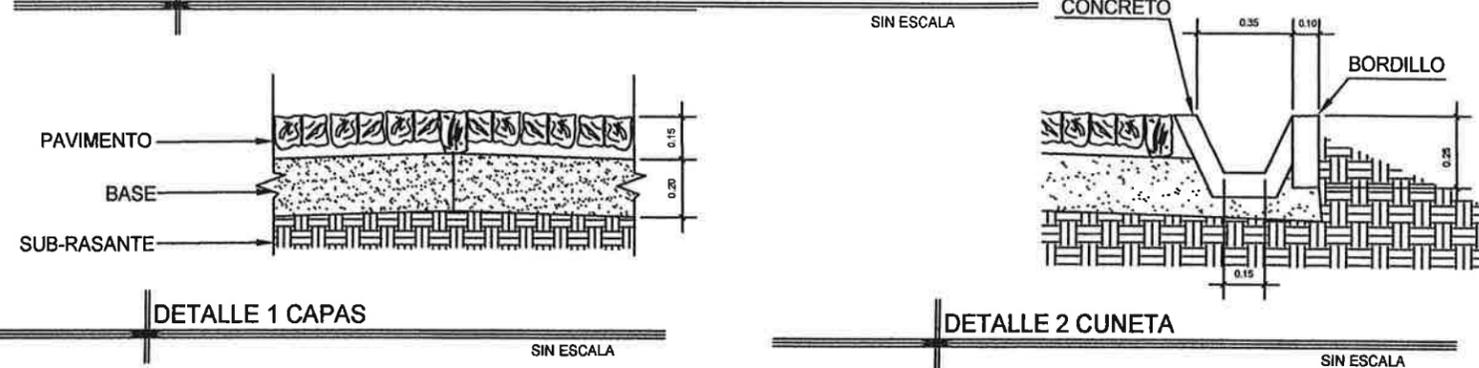
8

ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA EL PAVIMENTO EMPEDRADO

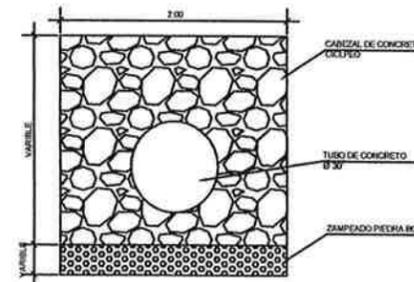
F



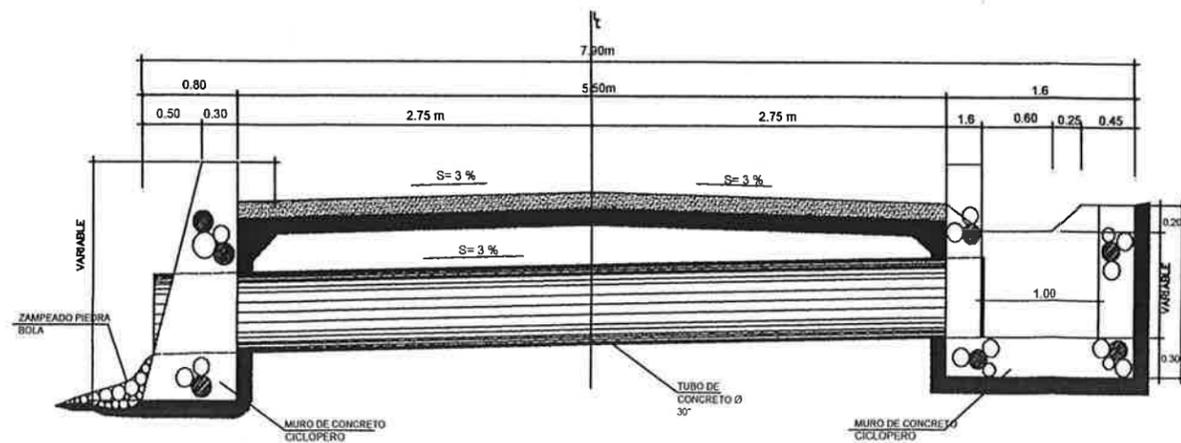
DETALLE DE GARABITO



PLANTA DRENAJE TRANSVERSAL



DETALLA DE DRENAJE TRANSVERSAL



SECCION DRENAJE TRANSVERSAL

- EMPEDRADO

- LAS PIEDRAS DEVERAN DE TENER UN DIAMETRO PROMEDIO DE 3' A 5'
- LAS PIEDRAS CINTAS TENDRAN UN DIAMETRO PROMEDIO DE 5 A 7'
- EL ESPESOR DE EL PAVIMENTO TIPO EMPEDRADO SERA DE 0.15 M
- EL ESTUQUE ES EL MORTERO DE ENLACE DEL PIEDRA QUE CONFORMA LA CARPETA DE RODADURA, ESTE CONSOLIDARA LAS PIEDRAS Y PROPORCIONARA UNA MAYOR RESISTENCIA AL EMPEDRADO EVITANDO ASI DESPRENDIMIENTOS DE SUS ELEMENTOS.
- EL MORTERO DE CAPA DE ASIEN TO SERÁ DE A BASE DE CAL, CEMENTO Y TALPETATE, LA PROPORCIÓN SERÁ DE 1: ¼ :4, SE DEBERÁN DE REALIZAR ENSAYOS AL MORTERO SEGÚN NORMA ASTM C-109 MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS.
- LA PIEDRA CINTA SE PONDRÁ CON UNA SEPARACIÓN DE 1 O MENOS DEPENDIENDO DEL ANCHO DE LA CARPETA DE RODADURA

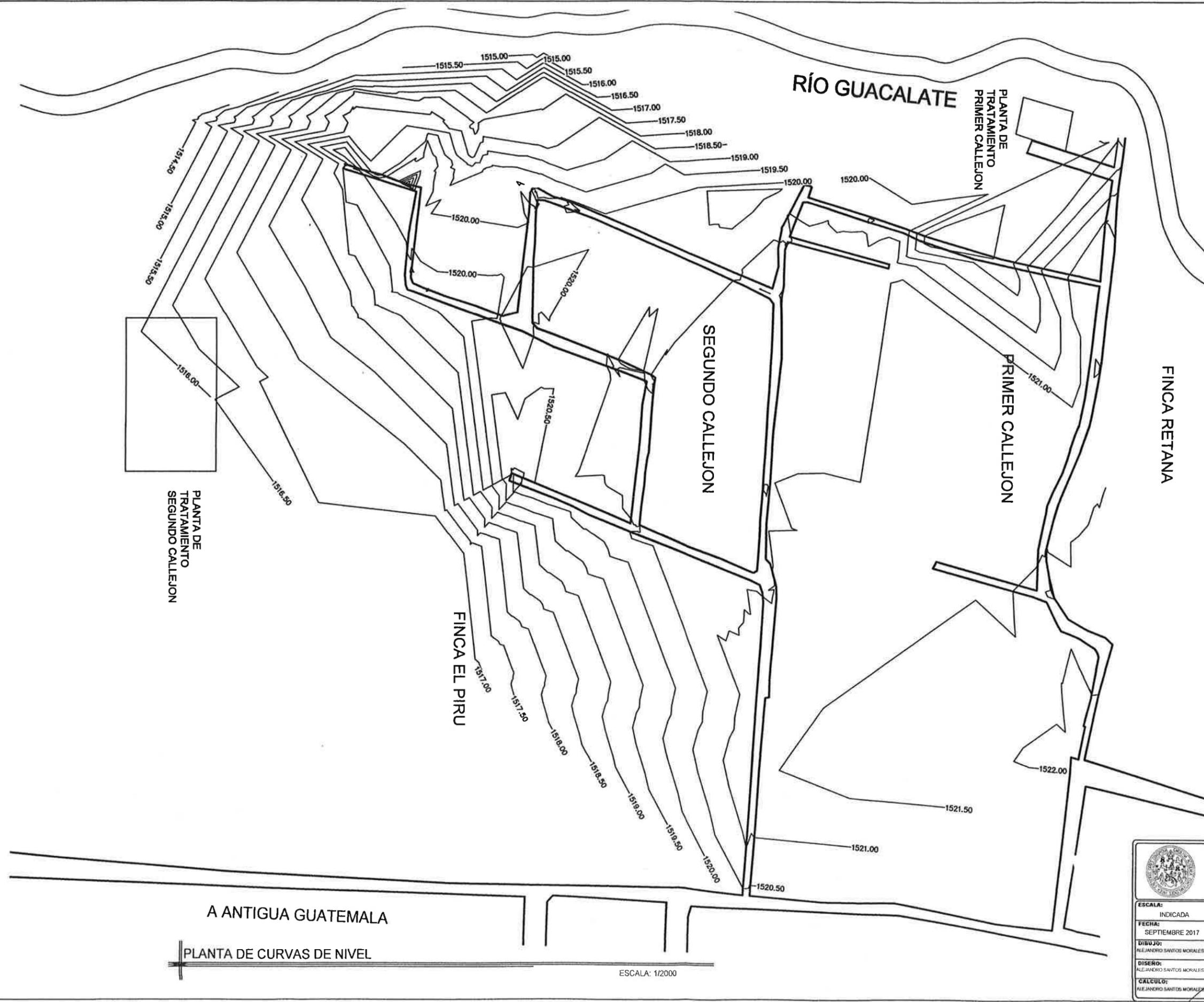
- BASE

- EL EL ESPESOR DE LA BASE PARA EL PAVIMENTO TIPO EMPEDRADO SERA DE 0.20M.
- EL MATERIAL GRANULAR PARA LA BASE DEBER TENER UN C:B.R. DE 95% COMO MÍNIMO A UNA COMPACTACIÓN DE 95%, EL MATERIAL DEBERÁ DE SER DISTRIBUIDO Y COMPACTADO MANTENIENDO EL ESPESOR DESCRITO ANTERIORMENTE, EL MATERIAL DEBERÁ DE ESTAR LIBRE DE TODA MATERIA ORGÁNICA, BASURA U OTRO MATERIAL PERJUDICIAL.

- SUB-RASANTE

- DEBERÁ DE COMPACTARSE HASTA ALCANZAR UN 95% DE COMPACTACIÓN PARA LO CUAL EL SUELO DEBERÁ DE HUMEDECERSE AL 18% QUE ES CUANDO EL SUELO QUE SE ENCUENTRA EN LA CARRETERA ALCANZA SU MÁXIMO

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA ÁREA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: DISEÑO DE UNA CARRETERA HACIA LA ALDEA SAN CRISTÓBAL EL ALTO, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPEQUEZ	
ESCALA: INDICADA	CONFORME
FECHA: SEPTIEMBRE 2017	DETALLES
DIBUJÓ: ALEJANDRO SANTOS MORALES	Inga. Christa del Rosario Chason de Pinto ASESORA SUPERVISORA DE EPS
DISEÑO: ALEJANDRO SANTOS MORALES	Unidad de Ejercicio Profesional Supervisado EPS
CÁLCULO: ALEJANDRO SANTOS MORALES	Inga. Christa Chason de Pinto Escalera - supervisora EPS
Facultad de Ingeniería	

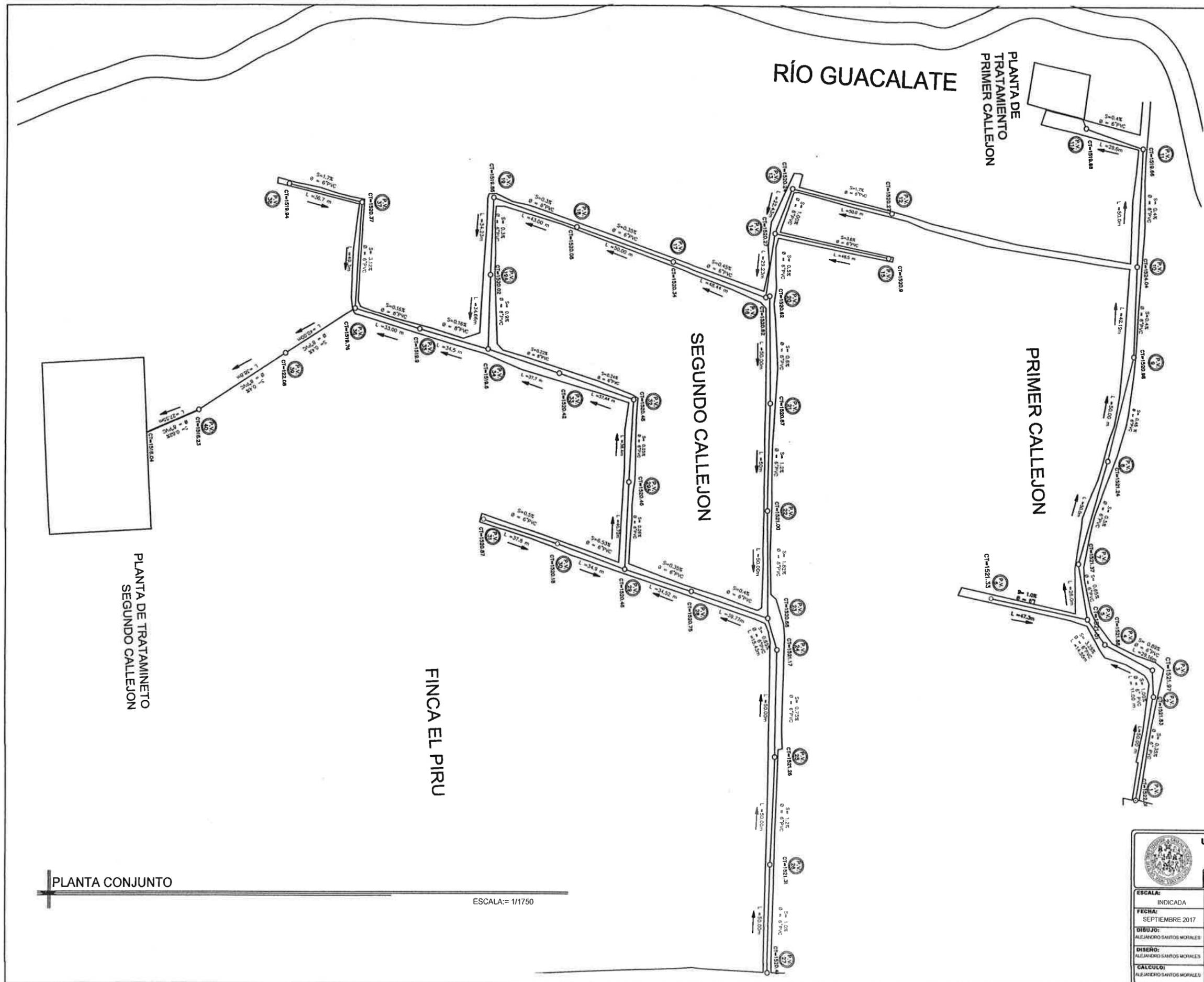


SIMBOLOGIA	
EJEMPLO	CONTENIDO
	CALLE
	CURVAS DE NIVEL
	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
	RÍO

PLANTA DE CURVAS DE NIVEL

ESCALA: 1/2000

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA ÁREA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
	PROYECTO: DISEÑO DE ALcantarillado sanitario ALDEA SAN BARTOLOME BECERRA LA ANTIGUA GUATEMALA GUATEPEQUEZ	
ESCALA: INDICADA	DISEÑO: Inga, Christa del Arce y Cruz de Pineda	
FECHA: SEPTIEMBRE 2017	ASESORA - SUPERVISORA DE EPS	
DIBUJO: ALEJANDRO SANTOS MORALES	Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS	
DISEÑO: ALEJANDRO SANTOS MORALES	Facultad de Ingeniería	
CÁLCULO: ALEJANDRO SANTOS MORALES	1	
		9



SIMBOLOGIA	
EJEMPLO	CONTENIDO
	POZO DE VISITA
	DIRECCION DE FLUJO
	NUMERO DE POZO DE VISITA
\emptyset	DIAMETRO DE TUBERIA
S	PENDIENTE DE TUBERIA
L	LONGITUD DE TUBERIA
	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
	RÍO

PLANTA CONJUNTO

ESCALA: = 1/1750

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

PROYECTO: *Alcantarillado San Bartolomé*
 DISEÑO DE ALcantarillado SAN BARTOLOME ALDEA SAN BARTOLOME CERRA LA ANTIGUA GUATEMALA QUATEPEQUEZ

ESCALA: INDICADA

FECHA: SEPTIEMBRE 2017

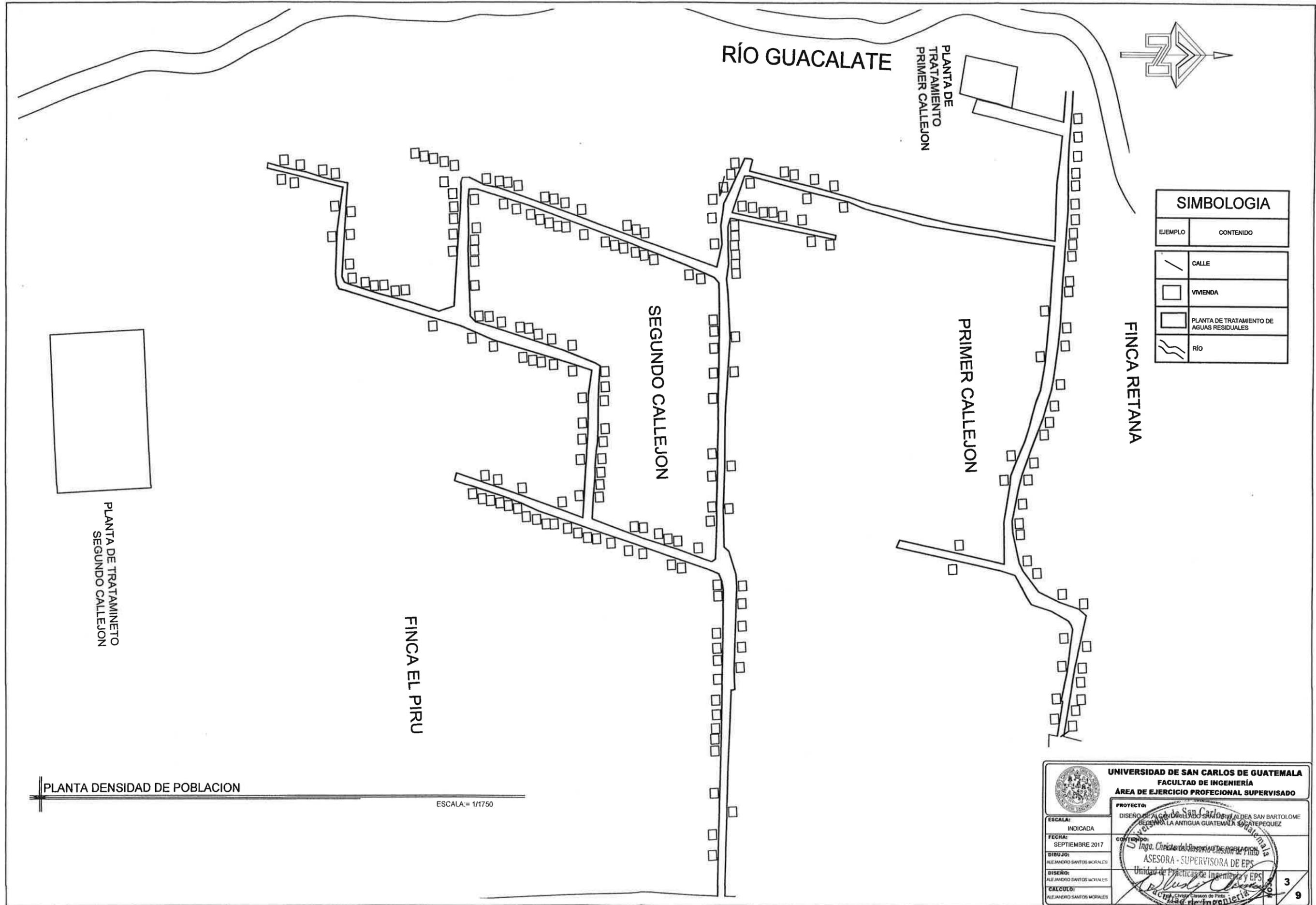
DIBUJO: ALEJANDRO SANTOS MORALES

DISEÑO: ALEJANDRO SANTOS MORALES

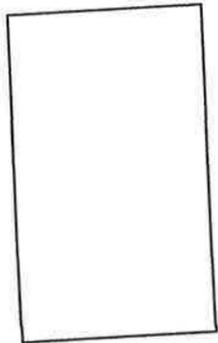
CALCULO: ALEJANDRO SANTOS MORALES

Christa del Rosario
 ASESORA - SUPERVISORA DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

9



SIMBOLOGIA	
EJEMPLO	CONTENIDO
	CALLE
	VIVIENDA
	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
	RÍO

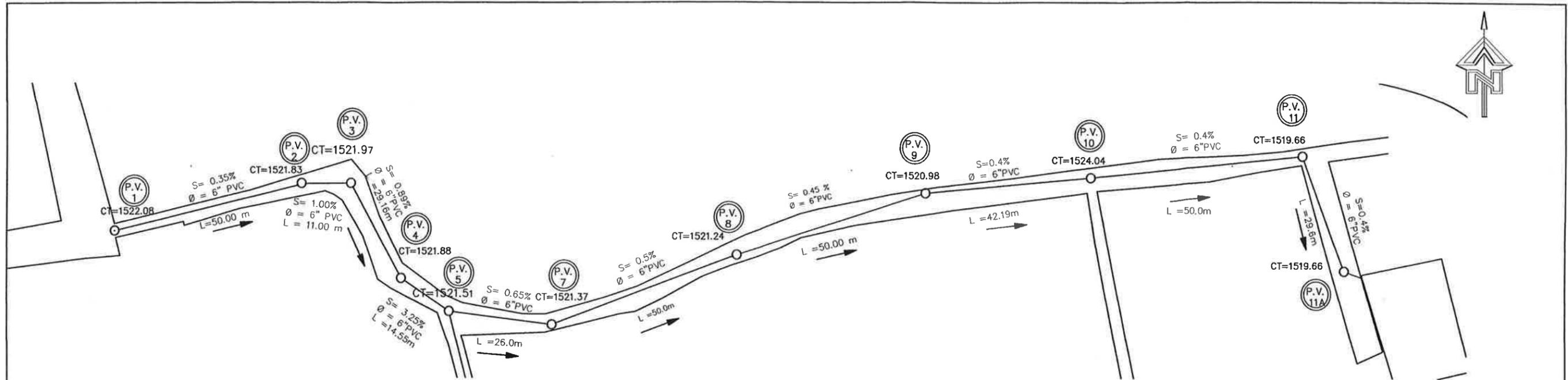


PLANTA DE TRATAMIENTO SEGUNDO CALLEJON

PLANTA DENSIDAD DE POBLACION

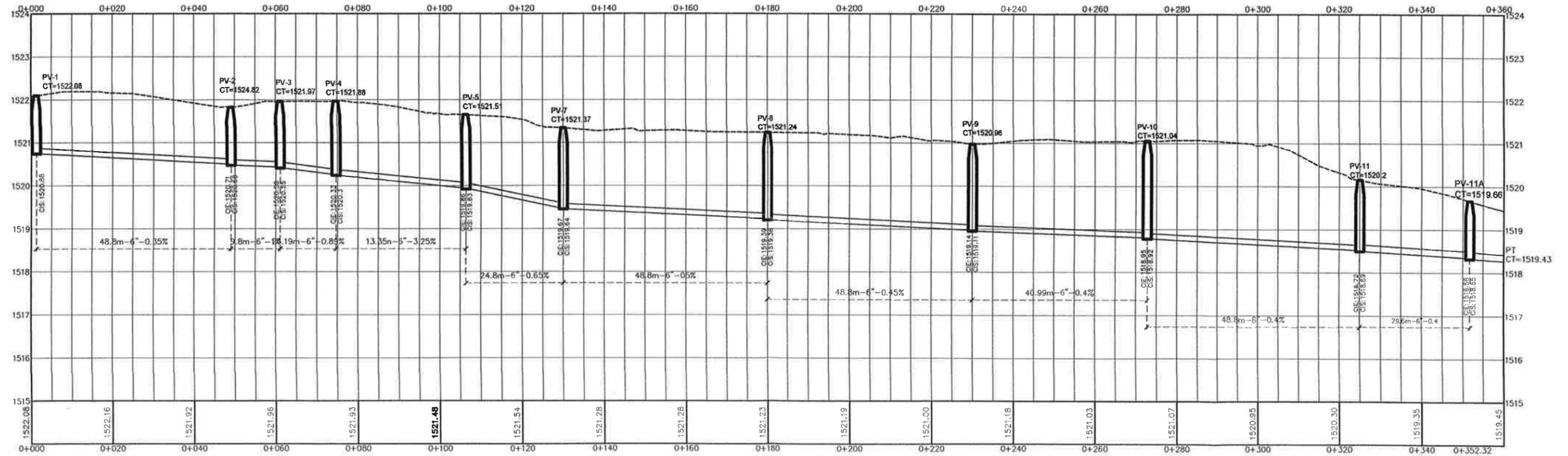
ESCALA: = 1/1750

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ÁREA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO ALDEA SAN BARTOLOME BIEDMA LA ANTIGUA GUATEMALA SACATEPEQUEZ	CONTENIDO: DISEÑO DE LA DENSIDAD DE POBLACION ASESORA - SUPERVISORA DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
ESCALA: INDICADA	FECHA: SEPTIEMBRE 2017
DIBUJO: ALEJANDRO SANTOS MORALES	DISEÑO: ALEJANDRO SANTOS MORALES
CALCULO: ALEJANDRO SANTOS MORALES	 Alejandro Santos Morales Ingeniero Civil



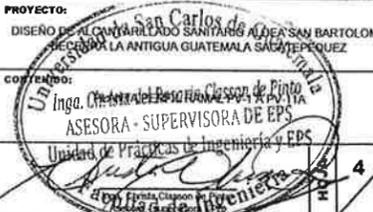
PLANTA RAMAL PV-1 A PV-11A

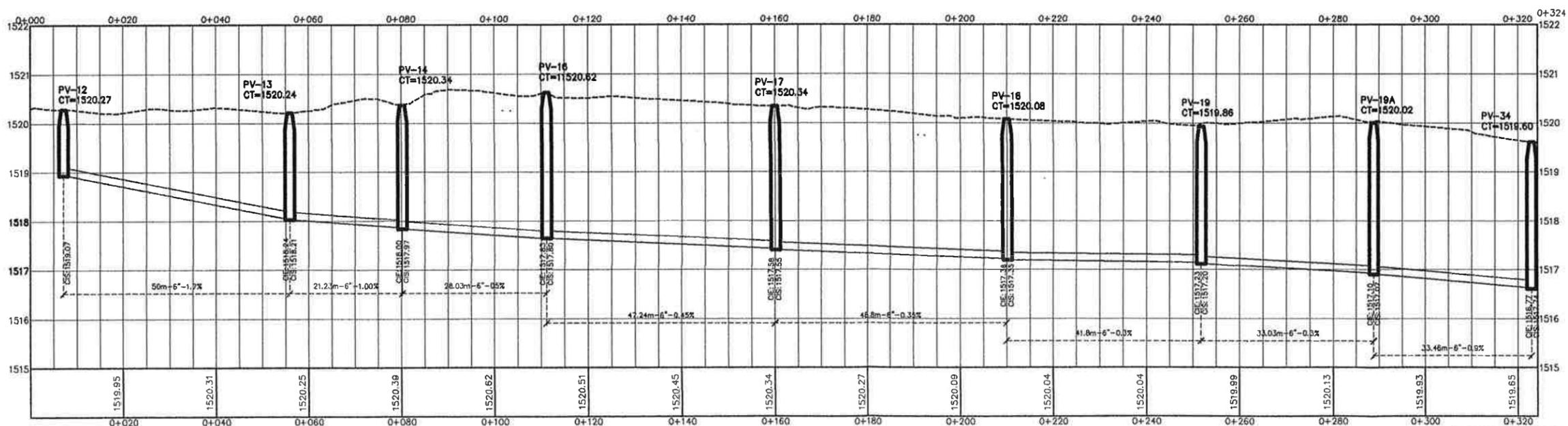
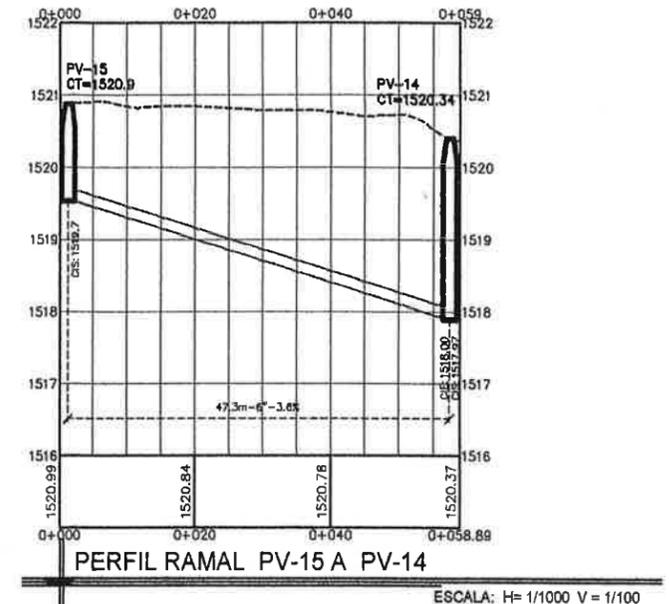
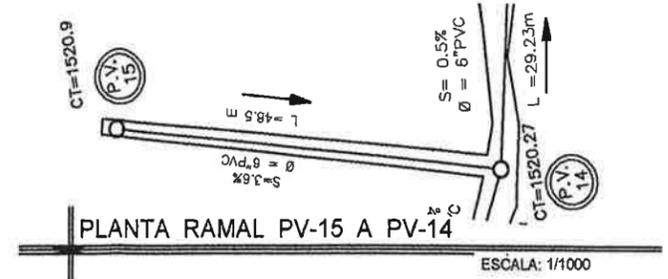
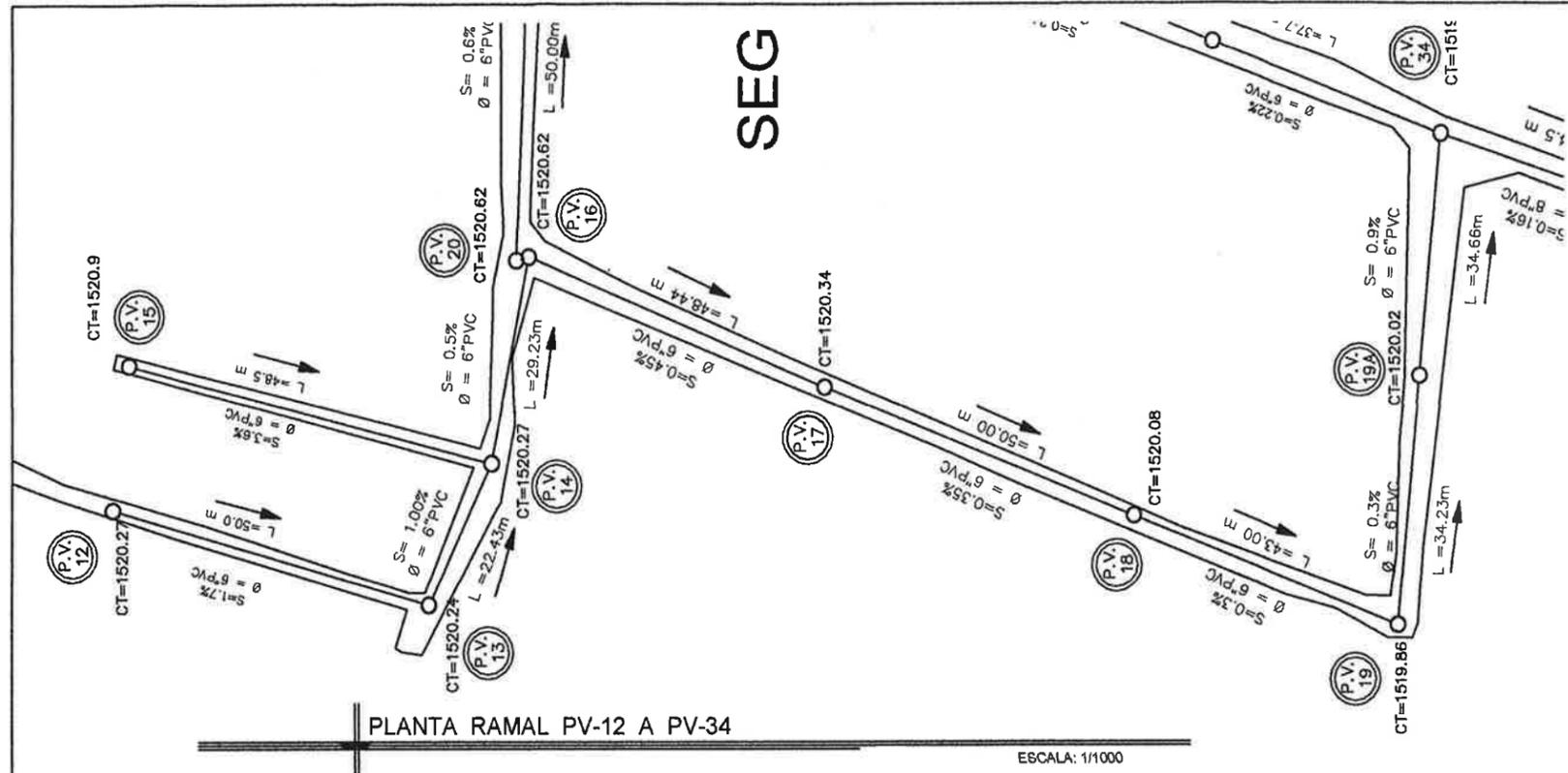
ESCALA: 1/1000



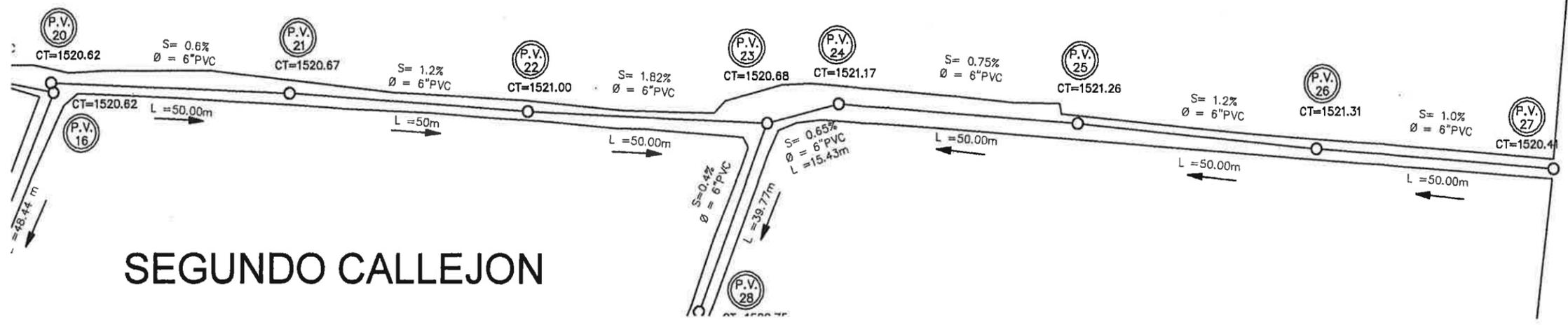
PERFIL RAMAL PV-1 A PV-11A

ESCALA: H= 1/1000 V= 1/100

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA ÁREA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: DISEÑO DE ALCAMARILLO SANITARIO ALDEA SAN BARTOLOME DEPARTAMENTO LA ANTIGUA GUATEMALA, GUATEMALA	
ESCALA: INDICADA	CONTENIDO: Inga. Centro de Resercha, Consultoría y Asesoría - Supervisora de EPS ASESORA - SUPERVISORA DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
FECHA: SEPTIEMBRE 2017	DISEÑO: ALEJANDRO SANTOS MORALES
DIBUJO: ALEJANDRO SANTOS MORALES	CALCULO: ALEJANDRO SANTOS MORALES



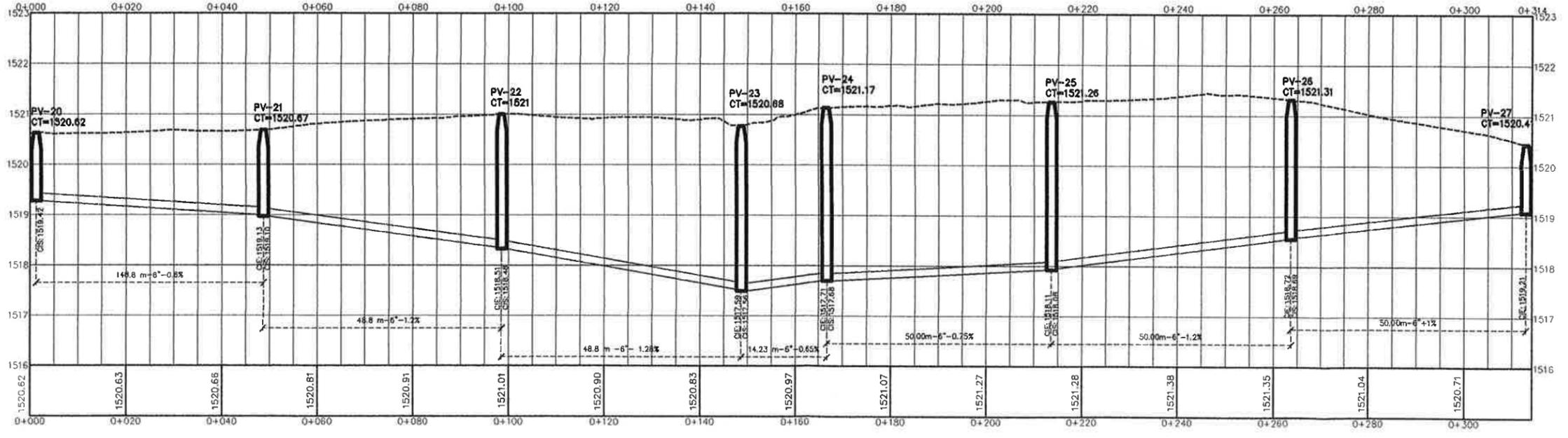
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA ÁREA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
ESCALA: INDICADA	PROYECTO: DISEÑO DE LA CANTARRILLADO SANITARIO DE LA ZONA SAN BARTOLOME DE CERRA LA ANTIGUA GUATEMALA SACATEPEQUEZ
FECHA: AGOSTO 2017	DISEÑADO: Ing. Christo del Rosario Chon de Pineda
DIBUJO: ALEJANDRO SANTOS MORALES	ASESORA SUPERVISORA DE EPS: Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
DISEÑO: ALEJANDRO SANTOS MORALES	CALCULO: ALEJANDRO SANTOS MORALES
HOJA 5 DE 9	



SEGUNDO CALLEJON

PLANTA RAMAL PV-20 A PV-27

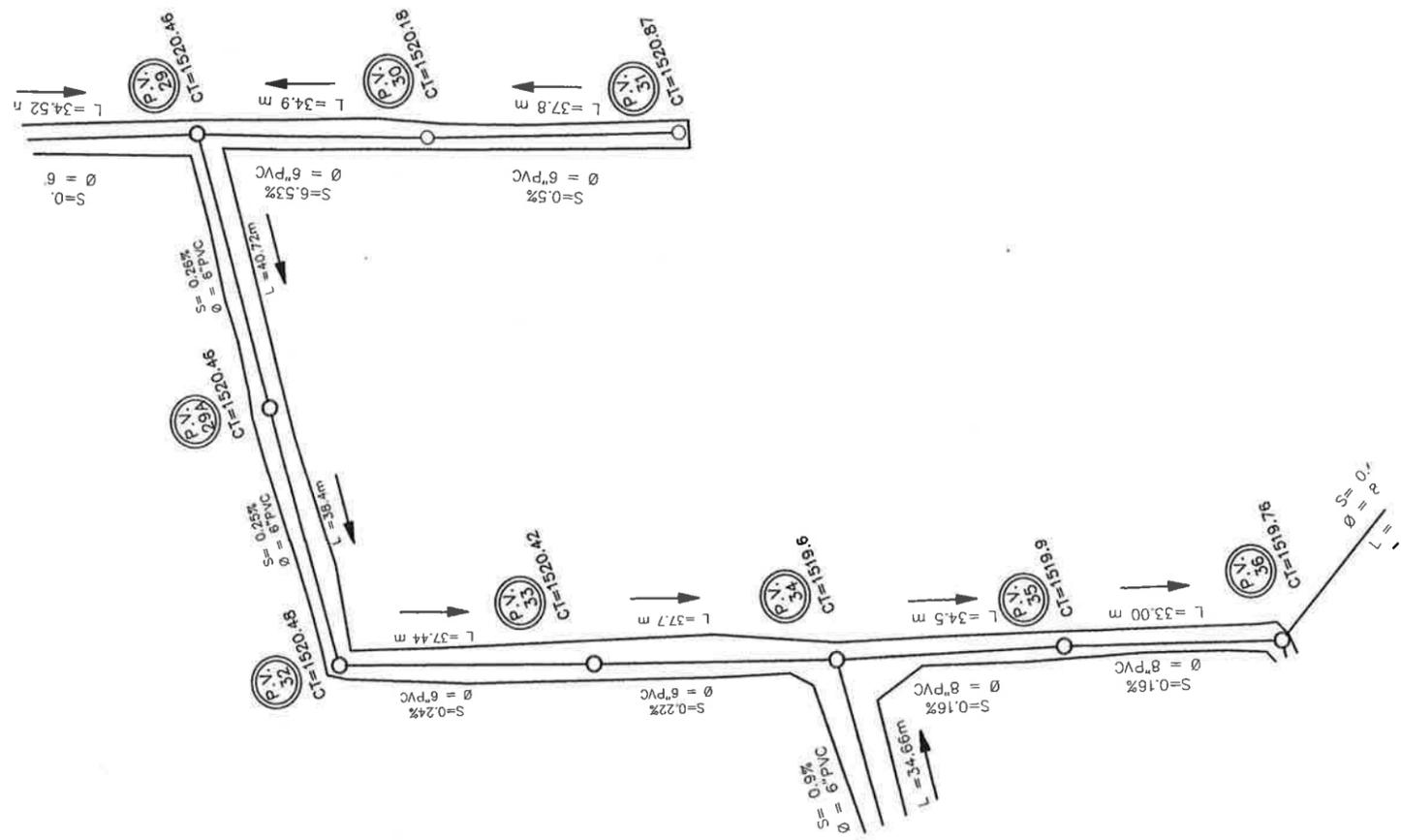
ESCALA: 1/1000



PERFIL RAMAL PV-20 A PV-27

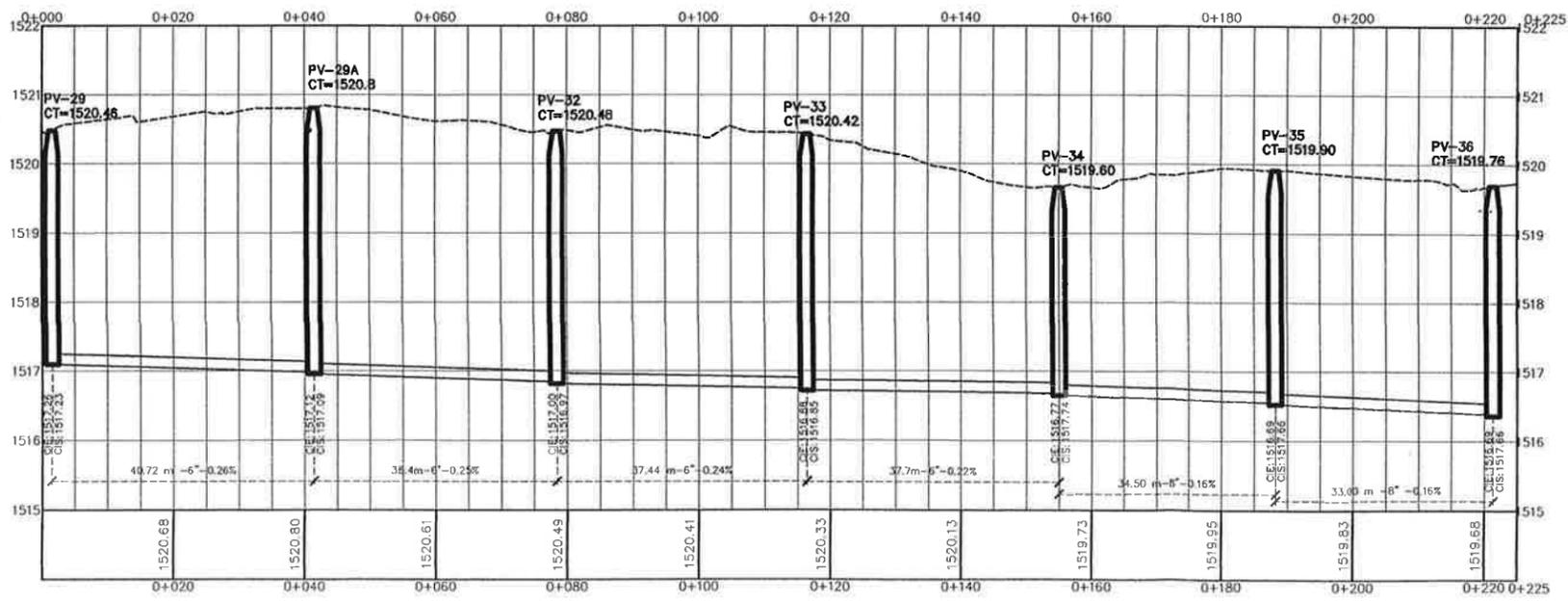
ESCALA: H= 1/1000 V= 1/100

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA ÁREA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: DISEÑO DEL CANTARILLADO SANITARIO ALDEA SAN BARTOLOME RECERRA LA ANTIGUA GUATEMALA SACATEPEQUEZ	CONTRA: <i>Christa del Rosario Clason de Pinto</i> ASISTENTE: <i>Alexandro Santos Morales</i> Unidad de Prácticas de Ingeniería EPS
ESCALA: INDICADA	FECHA: AGOSTO 2017
DIBUJO: ALEXANDRO SANTOS MORALES	DISEÑO: ALEXANDRO SANTOS MORALES
CALCULO: ALEXANDRO SANTOS MORALES	HOJA: 6 9



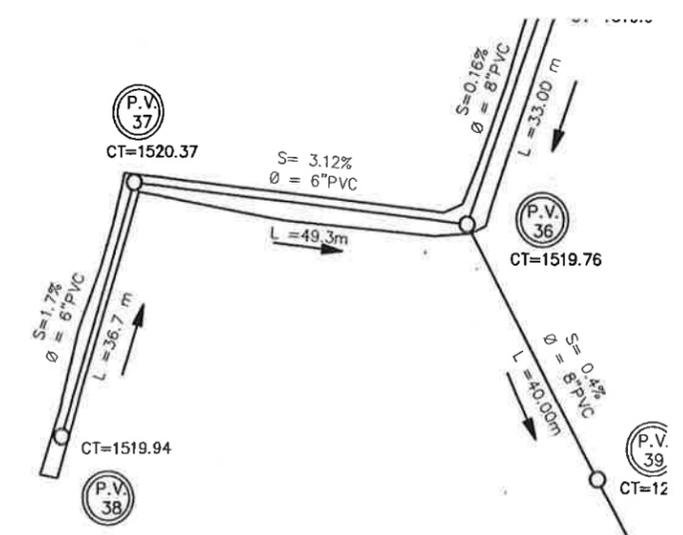
PLANTA RAMAL PV-29 A PV-36

ESCALA: 1/1000



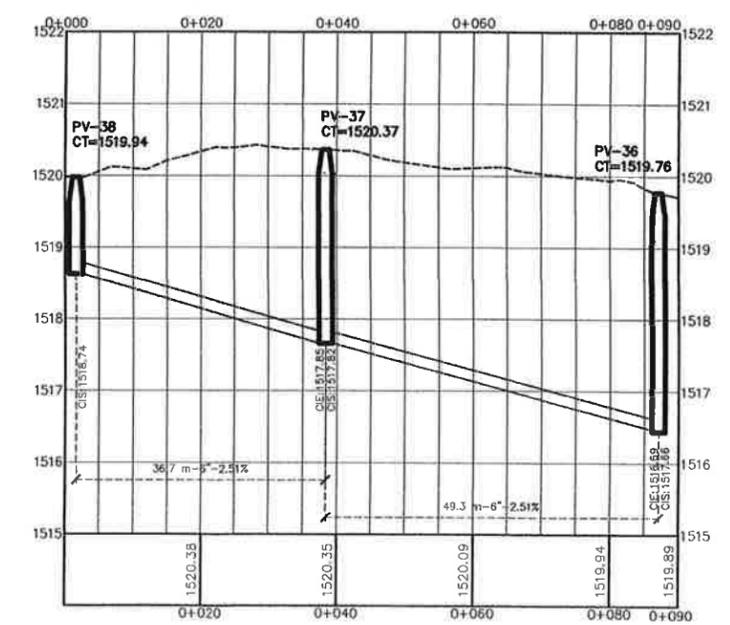
PERFIL RAMAL PV-29 A PV-36

ESCALA: H= 1/1000 V= 1/100



PLANTA RAMAL PV-38 A PV-36

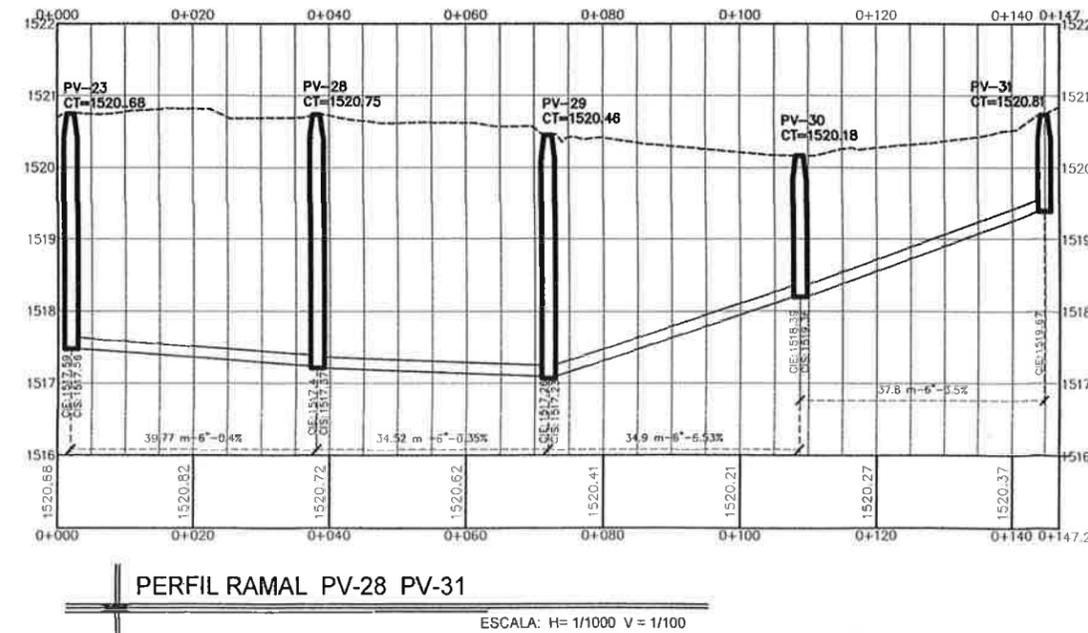
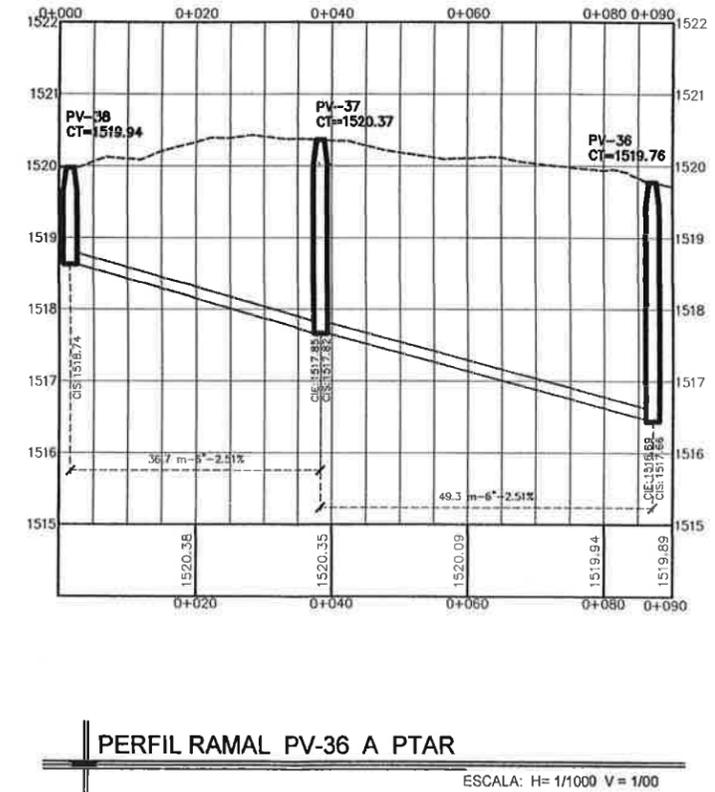
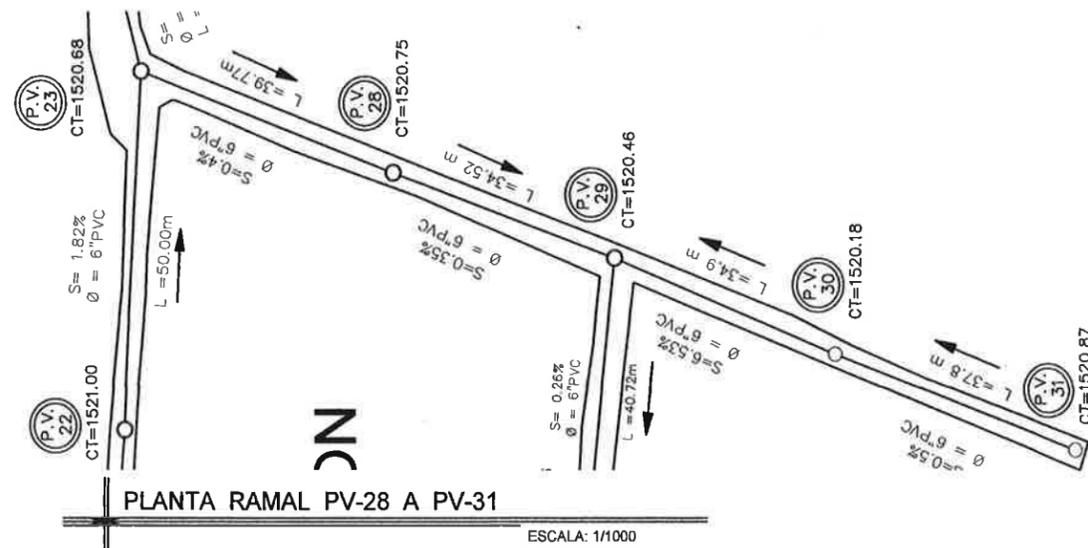
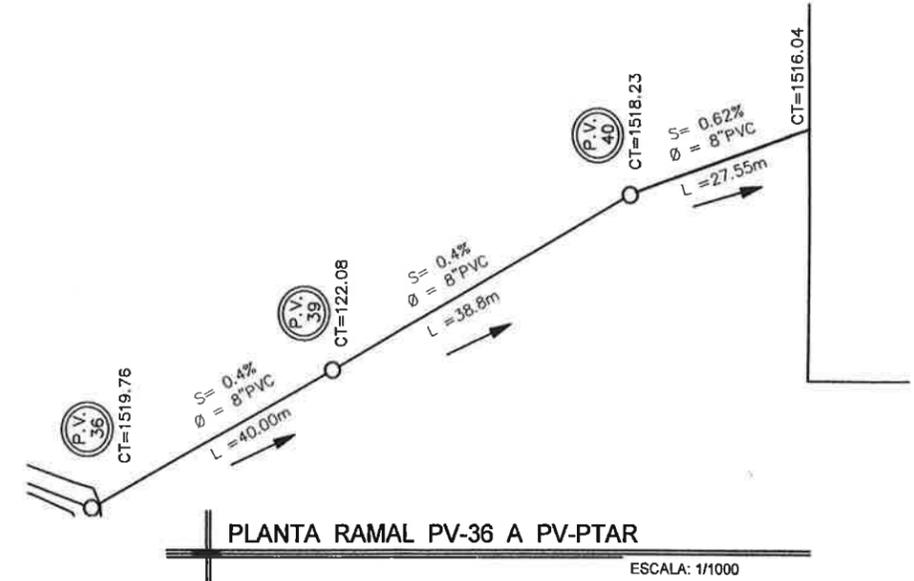
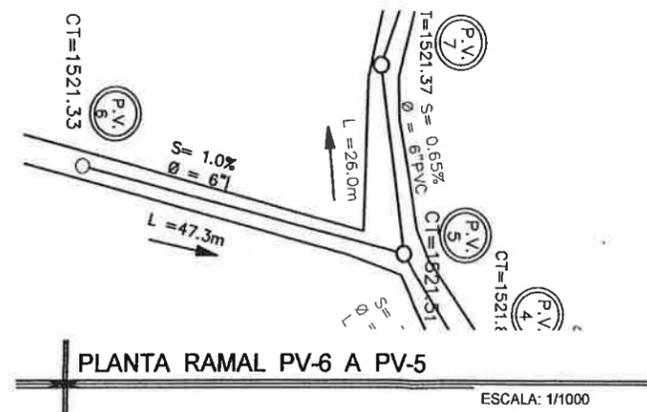
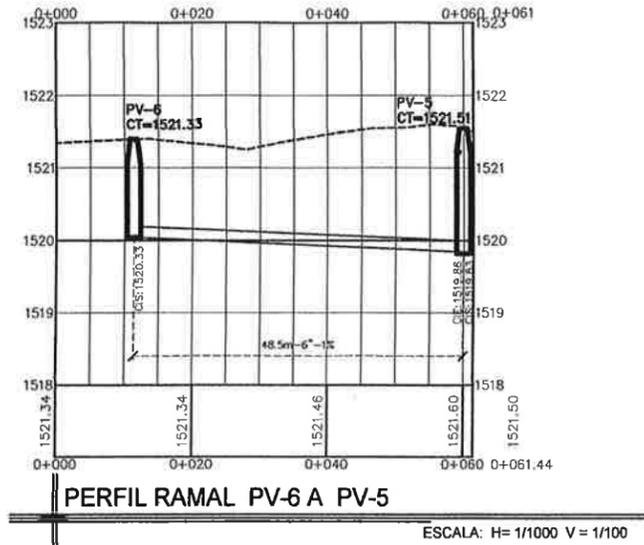
ESCALA: 1/1000



PERFIL RAMAL PV-38 A PV-36

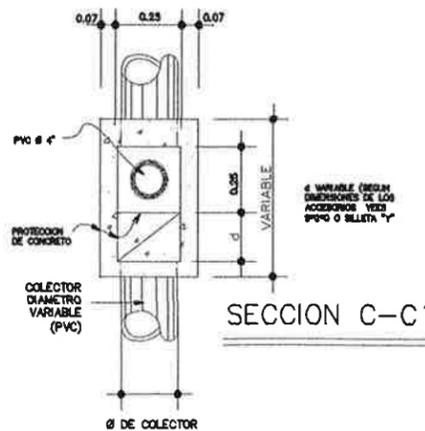
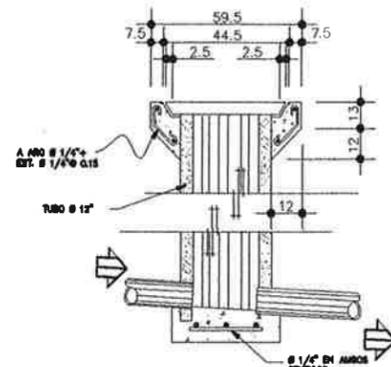
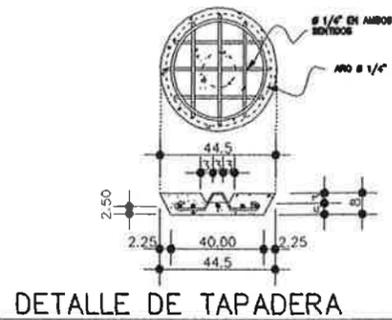
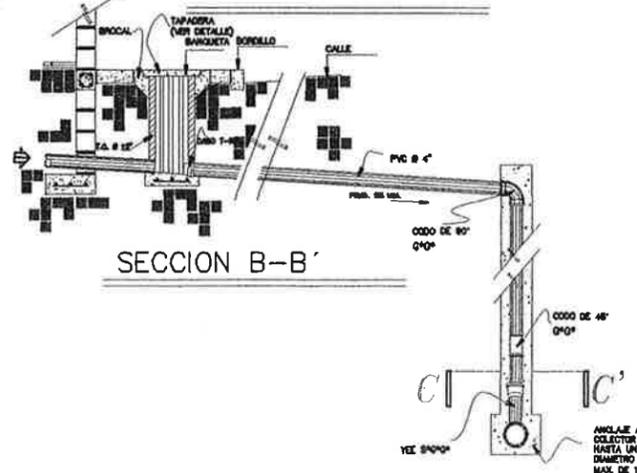
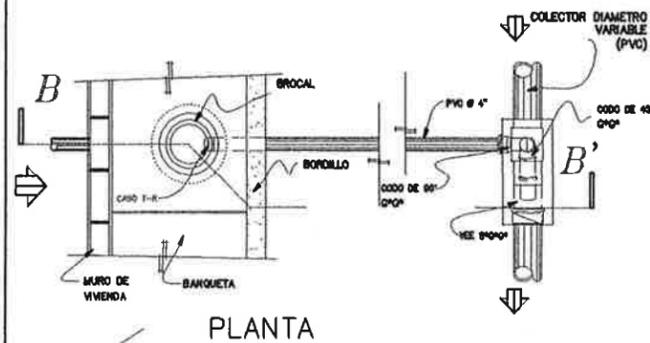
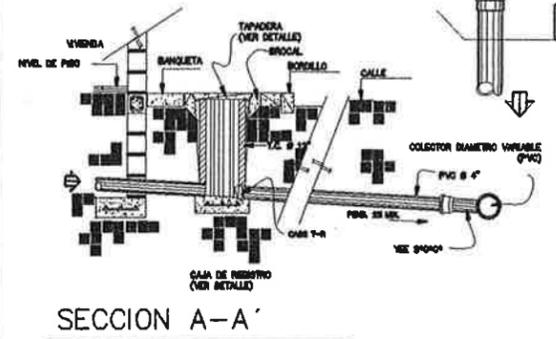
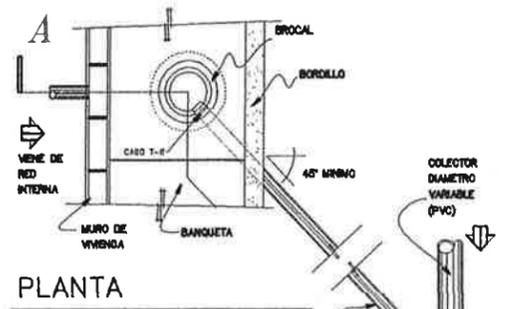
ESCALA: H= 1/1000 V= 1/100

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA ÁREA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
ESCALA: INDICADA	PROYECTO: DISEÑO DE LA ANTARRILLADO SAN CARLOS DE GUATEMALA ALDEA SAN BARTOLOME Y LA ANTARRILLADO SAN CARLOS DE GUATEMALA ALDEA SAN CARLOS DE GUATEMALA
FECHA: SEPTIEMBRE 2017	CONTENIDO: DISEÑO DE LA ANTARRILLADO SAN CARLOS DE GUATEMALA ALDEA SAN BARTOLOME Y LA ANTARRILLADO SAN CARLOS DE GUATEMALA ALDEA SAN CARLOS DE GUATEMALA PV-38 A PV-36
DIBUJO: ALEJANDRO SANTOS MORALES	ASESORA - SUPERVISORA DE EPS: Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
DISEÑO: ALEJANDRO SANTOS MORALES	CALCULO: ALEJANDRO SANTOS MORALES

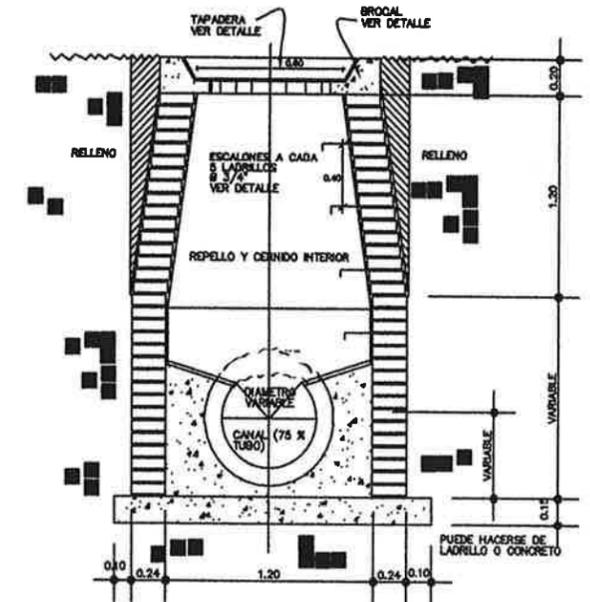
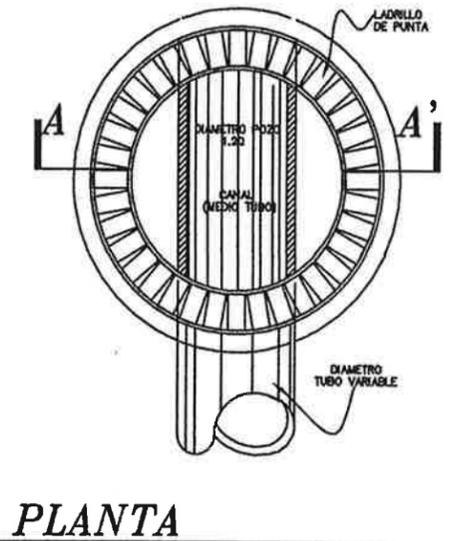
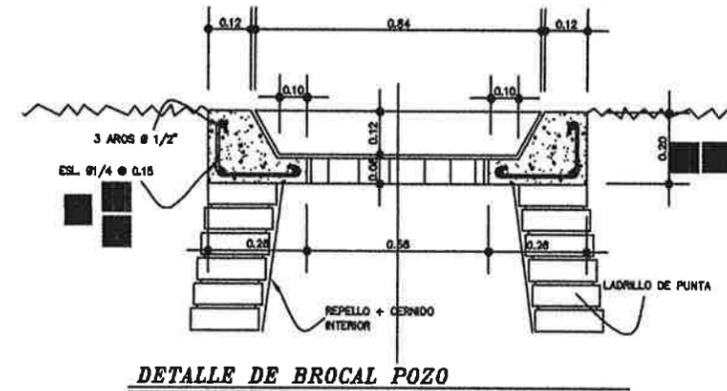
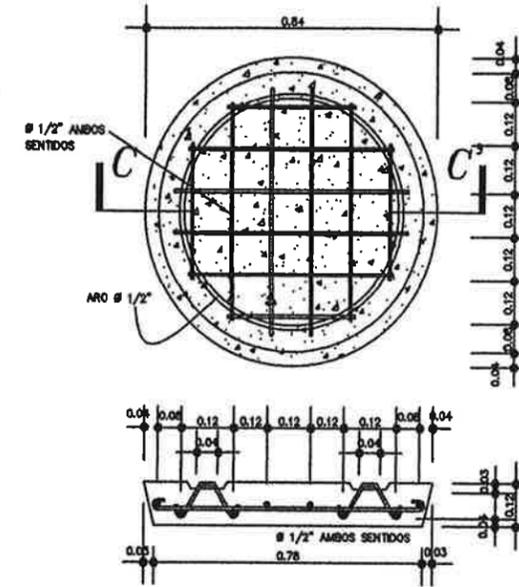


 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA AREA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
ESCALA: INDICADA	PROYECTO: DISEÑO AL CANTONAMIENTO ALDEA SAN BARTOLOME REGION LA ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPEQUEZ
FECHA: SEPTIEMBRE 2017	CONTENIDO: PLANTA PERFIL RAMAL PV-6 A PV-5, PLANTA RAMAL PV-36 A PTAR
DIBUJO: ALEJANDRO SANTOS MORALES	ASESORA - SUPERVISORA DE EPS: Unidad de Practicas de Ingenieria y EPS Ing. Crista Clason de Pineda
DISEÑO: ALEJANDRO SANTOS MORALES	8
CALCULO: ALEJANDRO SANTOS MORALES	9

DETALLA DE CONECCION DOMICILIAR



DETALLE DE POZO DE VISITA TÍPICO



ESPECIFICACIONES

1. LAS TAPADERAS DE LOS POZOS DE VISITA DEBERAN IDENTIFICARSE CON LA NOMENCLATURA DEL PLANO DE RED GENERAL.
2. EL CONCRETO DEBERA TENER UN $F_c' = 210 \text{ Kg/cm}^2$ PROPORCION 1:2:3:5.
3. EL MORTERO DEBERA SER DE CEMENTO Y ARENA DE RIO CON PROPORCION 1:3.
4. LOS BROCALES Y LAS TAPADERAS DE LOS POZOS DEBERAN USARSE SEGUN ESPECIFICACIONES A.C.I. ANTES DE SU INSTALACION.
5. EL ACERO A UTILIZAR SERA $F_y = 2810 \text{ Kg/cm}^2$.
6. COLOCAR POZOS DE VISITA MAXIMO CADA 120 m.
7. LA PROFUNDIDAD MINIMA ENTRE LA RASANTE Y CLAVE DE LA TUBERIA DE ALCANTARILLADO ES DE 1m. (EN ZONAS RURALES SE PUEDE ADAPTAR 0.80m.)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA AREA DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
ESCALA: INDICADA	PROYECTO: DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL SAN BARTOLOME BECERRA LA ANTIGUA GUATEMALA, GUATEMALA
FECHA: AGOSTO 2017	CONTENIDO: DISEÑO DE POZOS DE VISITA Y CONECCION DOMICILIAR PARA LA TUBERIA DE EPS
DIBUJO: ALEJANDRO SANTOS MORALES	DISEÑO: ALEJANDRO SANTOS MORALES
CALCULO: ALEJANDRO SANTOS MORALES	REVISOR: Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

ANEXOS

Anexo 1. Ensayo de límites de Atterberg



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME No. 568 S.S. O.T.: 35,464 No. **4795**

Interesado: Antonio José Alejandro Santos Morales

Proyecto: EPS "Diseño de una Carretera Hacia La Aldea San Cristobal El Alto, La Antigua Guatemala"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: La Antigua Guatemala

FECHA: jueves, 05 de noviembre de 2015

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	N.P.	N.P.	ML	Arena Limosa Color Café

(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,



Vo.Bo.
Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

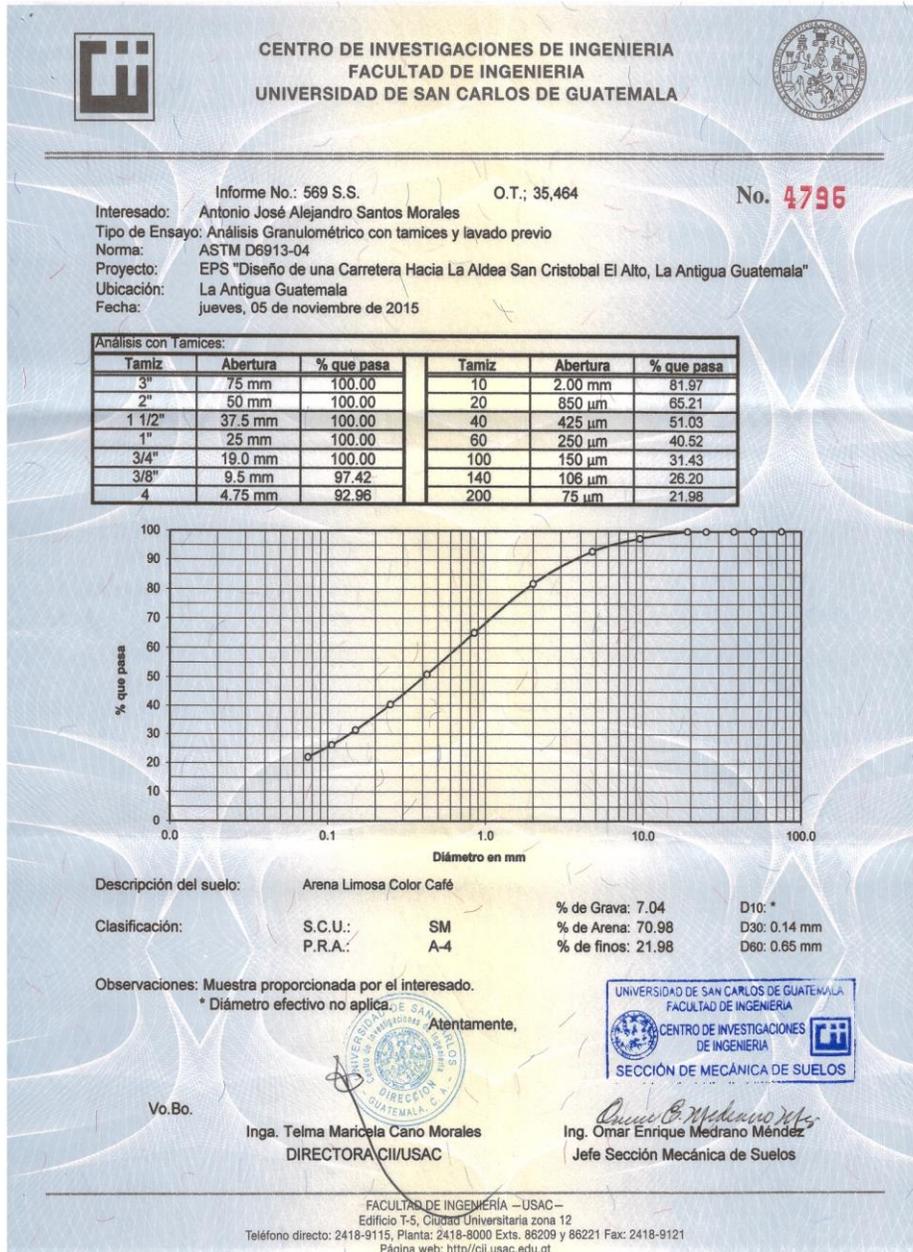


Omar Enrique Medrano Méndez
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de investigaciones de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo 2. Ensayo granulométrico con tamices y lavado previo



Fuente: Centro de investigaciones de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo 3. Ensayo de compactación



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

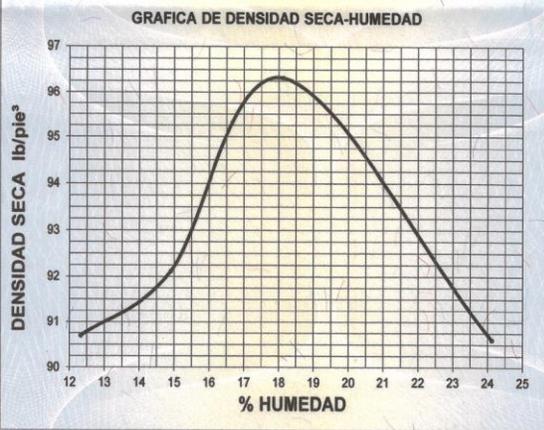


INFORME No. 570 S.S. O.T.: 35,464 No. **4797**

Interesado: Antonio José Alejandro Santos Morales
 Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN. Proctor Estándar: () Norma: A.A.S.H.T.O. T-99
 Proyecto: EPS "Diseño de una Carretera Hacia la Aldea San Cristobal El Alto, La Antigua Guatemala" Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.H.T.O. T-180

Ubicación: La Antigua Guatemala
 Fecha: jueves, 05 de noviembre de 2015

GRAFICA DE DENSIDAD SECA-HUMEDAD



% HUMEDAD	DENSIDAD SECA lb/ft³
12	90.5
13	91.0
14	91.5
15	92.5
16	94.0
17	95.5
18	96.3
19	95.5
20	94.5
21	93.5
22	92.5
23	91.5
24	90.5

Descripción del suelo: Arena Limosa Color Café
 Densidad seca máxima γ_d : 1,542.73 Kg/m³ 96.30 lb/ft³
 Humedad óptima Hop.: 18.00 %
 Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado. Atentamente,

Vo. Bo.



Inga. Telma Mariela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Omar E. Mediano Méndez
Ing. Omar Enrique Mediano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC–
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de investigaciones de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

