



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y
CARRETERA PARA GRANJAS GERONA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**

Luis Gabriel García Ramos

Asesorado por la Inga. Mayra Rebeca García Soria

Guatemala, octubre de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y
CARRETERA PARA GRANJAS GERONA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LUIS GABRIEL GARCÍA RAMOS
ASESORADO POR LA INGA. MAYRA REBECA GARCÍA SORIA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADORA	Inga. Mayra Rebeca García Soria
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y CARRETERA PARA GRANJAS GERONA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA

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



Luis Gabriel Garcia Ramos



Guatemala, 19 de julio de 2013
Ref.EPS.DOC.766.07.13

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

Estimado Ingeniero Merck Cos.

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Luis Gabriel García Ramos** con carné No. **200714315**, de la Carrera de Ingeniería Civil, , procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y CARRETERA PARA GRANJAS GERONA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA”**.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

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



c.c. Archivo
MRGSdS/ra



USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala

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



Universidad de San Carlos de Guatemala
 FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela de Ingeniería Civil
 Guatemala, 30 de Agosto de 2013

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

Estimado Ingeniero Montenegro:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación "DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y CARRETERA PARA GRANJAS GERONA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA" desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Luis Gabriel García Ramos con carné 200714315, quien contó con la asesoría de la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


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

bbdeb.



FACULTAD DE INGENIERIA
 DEPARTAMENTO
 DE
 TRANSPORTES
 USAC

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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



Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil
Guatemala,
9 de septiembre de 2013

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y CARRETERA PARA GRANJAS GERONA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Luis Gabriel García Ramos, con Carnet No. 200714315, quien contó con la asesoría de la Inga. Mayra Rebeca García de Sierra.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 02 de octubre de 2013

Ref.EPS.D.694.10.13

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y CARRETERA PARA GRANJAS GERONA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Luis Gabriel García Ramos**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Juan Merck Cos
Director Unidad de EPS



JMC/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra y Coordinador de E.P.S. Ing. Juan Merck Cos, al trabajo de graduación del estudiante Luis Gabriel García Ramos, titulado DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y CARRETERA PARA GRANJAS GERONA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, octubre 2013

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 757.2013

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y CARRETERA PARA GRANJAS GERONA, SAN MIGUEL PETAPA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Luis Gabriel García Ramos**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 29 de octubre de 2013

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por todas las bendiciones derramadas en mi vida, su inmenso amor al permitirme el calor de mi familia y por ser la guía de mi camino.
- Mis padres** José Luis García Ruano y Rosa Alcira Ramos de García, a quienes nunca existirán palabras para expresar mi infinito agradecimiento, ya que sin su ejemplo y sacrificio día con día no hubiese sido posible alcanzar esta meta.
- Mi hermana** Alcira Lindaly García Ramos; por su cariño y apoyo incondicional en todo momento.
- Mis abuelos paternos** José Flavio García Contreras y María Dolores Ruano; que con su cariño y sabios consejos me guiaron en el sentido del trabajo y la responsabilidad.
- Mis abuelos maternos** Rubén Ramos y Rosalina Ramírez; que desde el cielo están apoyándome, cuidándome y los cuales se han convertido en mis ángeles guardianes.

Mi familia

Eterno agradecimiento por su apoyo y por estar a mi lado cuando más los he necesitado.

Mis amigos

Por todo el apoyo y convivencias que me brindaron a lo largo de la carrera y de todos los años de conocerlos.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por todas las bendiciones derramadas en mi vida, su inmenso amor al permitirme el calor de mi familia y por ser la guía de mi camino.
Mis padres	José Luis García Ruano y Rosa Alcira Ramos de García, por el cariño y esfuerzo que me han brindado durante toda mi vida.
Mi hermana	Alcira Lindaly García Ramos, por ser una importante influencia en mi carrera, y por compartir este éxito en mi vida.
La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por darme las herramientas necesarias para desarrollarme como profesional en el campo.
La Facultad de Ingeniería	Por bríndame los conocimientos necesarios para desarrollarme como ingeniero.
A mi asesora	Inga. Mayra García, por su incondicional apoyo y valiosa asesoría para la realización del presente trabajo de graduación.
La Municipalidad de San Miguel Petapa	A mis compañeros y a la Municipalidad por su valiosa colaboración y amistad desinteresada.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XI
GLOSARIO.....	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía del municipio de San Miguel Petapa, Guatemala.....	1
1.1.1. Localización geográfica.....	2
1.1.2. Colindancias.....	3
1.1.3. Extensión territorial.....	3
1.1.4. Clima.....	4
1.1.5. Aspectos topográficos.....	5
1.1.6. Organización comunitaria.....	6
1.1.7. Censos.....	6
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL.....	7
2.1. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la comunidad Granjas, Gerona municipio de San Miguel Petapa.....	7
2.1.1. Levantamiento topográfico.....	8
2.1.1.1. Planimetría.....	8
2.1.1.2. Altimetría.....	8

2.1.2.	Descripción del sistema a utilizar.....	10
2.1.3.	Partes de un alcantarillado	10
2.1.3.1.	Colector	10
2.1.3.2.	Pozos de visita	11
2.1.3.3.	Conexiones domiciliarias	12
2.1.3.4.	Caja o candela.....	12
2.1.3.5.	Tubería secundaria.....	13
2.1.4.	Período de diseño	13
2.1.5.	Población futura	14
2.1.5.1.	Método de saturación	14
2.1.6.	Determinación de caudal	14
2.1.7.	Población tributaria.....	15
2.1.8.	Dotación	15
2.1.9.	Factor de retorno	16
2.1.10.	Caudal sanitario	16
2.1.11.	Caudal domiciliar	16
2.1.12.	Caudal comercial.....	17
2.1.13.	Caudal industrial.....	17
2.1.14.	Caudal de conexiones ilícitas	19
2.1.15.	Caudal de infiltración	19
2.1.16.	Factor de caudal medio	20
2.1.17.	Factor de Hardmond.....	21
2.1.18.	Caudal de diseño.....	21
2.1.19.	Pozos de visita	22
2.1.20.	Ecuación de Manning	23
2.1.21.	Relación de diámetros y caudales	24
2.1.22.	Relaciones hidráulicas.....	25
2.1.23.	Coeficiente de rugosidad	28
2.1.24.	Sección llena y parcialmente llena.....	28

2.1.25.	Velocidades máximas y mínimas	30
2.1.26.	Colector	31
2.1.26.1.	Diámetro del colector	31
2.1.26.2.	Profundidad del colector.....	32
2.1.26.3.	Profundidad mínima del colector	33
2.1.27.	Zanja de tuberías	33
2.1.27.1.	Ancho de zanja	34
2.1.27.2.	Volumen de excavación	34
2.1.27.3.	Cotas Invert.....	35
2.1.28.	Pozos de visita.....	36
2.1.28.1.	Ubicación de los pozos de visita	36
2.1.28.2.	Profundidad de los pozos de visita	36
2.1.29.	Características de las conexiones domiciliarias	38
2.1.29.1.	Diseño hidráulico.....	39
2.1.30.	Ejemplo de un tramo	40
2.1.31.	Desfogue	43
2.1.32.	Elaboración de planos.....	43
2.1.33.	Presupuesto del proyecto	44
2.1.34.	Evaluación del Impacto Ambiental (EIA)	45
3.	DISEÑO DE CARRETERA PARA LA COMUNIDAD GRANJAS GERONA, MUNICIPIO DE SAN MIGUEL PETAPA	47
3.1.	Memoria descriptiva de la situación del proyecto	47
3.2.	Período de diseño.....	48
3.3.	Topografía	48
3.4.	Planimetría	48
3.5.	Altimetría	49
3.6.	Estudio de suelos	50
3.6.1.	Límites de Atterberg.....	50

3.6.2.	Análisis granulométrico.....	50
3.6.3.	Ensayo de contenido de humedad	50
3.6.4.	Ensayo de compactación para el contenido óptimo de humedad (Proctor)	51
3.6.5.	Ensayo del valor relativo de soporte del suelo (CBR)	51
3.6.6.	Análisis de resultados.....	53
3.7.	Elementos estructurales de la carretera	53
3.7.1.	Pavimento	53
3.7.2.	Tipos de pavimento	54
3.7.2.1.	Pavimento rígido.....	55
3.7.2.2.	Pavimento flexible.....	55
3.7.3.	Consideraciones de pavimento.....	55
3.7.3.1.	Subrasante	55
3.7.3.2.	Subbase	56
3.7.3.3.	Base	58
3.7.3.4.	Carpeta de rodadura.....	58
3.8.	Diseño de curvas horizontales y verticales	58
3.8.1.	Grado de curvatura (G).....	63
3.8.2.	Longitud de curva (Lc)	64
3.8.3.	Subtangente (St)	65
3.8.4.	Cuerda máxima (Cm)	65
3.8.5.	External (E)	65
3.8.6.	Ordenada media (Om).....	66
3.9.	Criterio de apariencia	69
3.10.	Criterio de comodidad	70
3.11.	Criterio de drenaje.....	70
3.12.	Criterio de seguridad	70
3.13.	Curvas de transición.....	72

3.14.	Bombeo	72
3.15.	Sobreancho	73
3.16.	Peralte	73
3.17.	Hombros o bordillo.....	73
3.18.	Movimiento de tierras	74
3.19.	Cálculo de áreas de secciones transversales	74
3.20.	Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras	75
3.21.	Método y procedimiento de diseño para la carretera	79
3.21.1.	Diseño de capa base	79
3.21.2.	Diseño de pavimento rígido.....	81
3.21.3.	Método y procedimiento de diseño para pavimento rígido	81
3.21.4.	Método simplificado	81
3.21.5.	Pendiente transversal	87
3.22.	Juntas.....	88
3.22.1.	Juntas longitudinales.....	89
3.22.2.	Juntas transversales	89
3.22.3.	Juntas de construcción	89
3.22.4.	Tipo de junta	89
3.23.	Tránsito	90
3.24.	Hombro o bordillo	91
3.25.	Módulo de ruptura del concreto	91
3.26.	Diseño de la mezcla del concreto	92
3.26.1.	Pasos para el diseño de la mezcla.....	94
3.27.	Obras de protección	97
3.27.1.	Cunetas	97
3.27.1.1.	Drenaje longitudinal.....	98
3.27.1.2.	Drenaje transversal	98
3.27.1.3.	Diseño de cuneta	103

3.28.	Elaboración de planos.....	106
3.29.	Elaboración de presupuesto.....	107
3.30.	Cronograma ejecución física-financiera.....	107
3.31.	Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)	108
CONCLUSIONES		111
RECOMENDACIONES		113
BIBLIOGRAFÍA.....		115
APÉNDICE.....		117
ANEXOS		123

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de proyectos en estudio.....	2
2.	Colindancias del municipio de San Miguel Petapa	3
3.	Gráfica temperatura máxima y mínima, humedad porcentual y precipitación anual de San Miguel Petapa.....	5
4.	Partes de un pozo de visita	12
5.	Conexiones domiciliarias	13
6.	Forma de medir la Cota Invert.....	35
7.	Elementos estructurales del pavimento	54
8.	Elementos de curva horizontal	59
9.	Grado de curvatura	64
10.	Componentes de curva vertical negativos	67
11.	Componentes de curva vertical positivos	68
12.	Ejemplo de cómo se toma un volumen movimiento de tierra.....	74
13.	Tipos de secciones transversales	76
14.	Volumen entre secciones del mismo tipo	77
15.	Volumen entre secciones de diferente tipo.....	78
16.	Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos	80
17.	Esquema de juntas en un pavimento	90
18.	Mapa de la cuenca drenaje crítico.....	99
19.	Mapa de la cuenca, cuenta critica	104
20.	Detalle de cuneta	106

TABLAS

I.	Dotaciones indicadas en las normas de diseño	15
II.	Caudales industriales.....	18
III.	Relaciones hidráulicas para sección circular.....	26
IV.	Rugosidad absoluta de materiales	28
V.	Velocidades máximas y mínimas	31
VI.	Profundidad mínima del colector para tubería de concreto	33
VII.	Profundidad mínima del colector para tubería de PVC.....	33
VIII.	Ancho de zanja	34
IX.	Diámetros mínimos de pozos de visita.....	38
X.	Bases generales de diseño proyecto alcantarillado sanitario	39
XI.	Presupuesto general drenaje sanitario.....	44
XII.	Matriz de Leopold	46
XIII.	Calidad de subrasante en función del CBR.....	52
XIV.	Análisis de resultados	53
XV.	Clasificación y características de las carreteras.....	60
XVI.	Especificaciones para curvas circulares, especificaciones para caminos de penetración, sección típica E	62
XVII.	Resumen diseño geométrico	66
XXVIII.	Valores de K para curvas cóncavas y convexas	69
XIX.	Resumen de diseño de curvas verticales.....	71
XX.	Ejemplo cálculo de área transversal por determinantes	75
XXI.	Espesor de capa base	79
XXII.	Categorías de tráfico en función de cargas por eje	83
XXIII.	Clasificación funcional de las carreteras regionales.....	84
XXIV.	Tipos de suelo de apoyo y sus módulos de reacción	85
XXV.	Espesores de losa para categoría de carga por eje número 1, según el módulo de reacción K y módulo de ruptura optado.....	87

XXVI.	Pendiente transversal recomendada según el tipo de superficie	88
XXVII.	Tipo de asentamiento para diferentes estructuras	93
XXVIII.	Requisitos aproximados de agua para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de los agregados.....	93
XXIX.	Requisitos aproximados de agua para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de los agregados.....	94
XXX.	Porcentaje de arena sobre agregado grueso	95
XXXI.	Relación de mezcla.....	96
XXXII.	Proporción volumen	97
XXXIII.	Coefficiente de escorrentía	100
XXXIV.	Tiempo de concentración.....	101
XXXV.	Presupuesto carretera Granjas Gerona	107
XXXVI.	Cronograma ejecución física-financiera	108
XXXVII.	Estudio de impacto ambiental	109

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H	Altura entre cauce
A	Área
cm	Centímetro
D	Diámetro hidráulico
t	Espesor de la losa de concreto del pavimento (carpeta de rodadura)
S	Espaciamiento entre juntas
F	Factor de fricción
Hop	Humedad óptima
IP	Índice plástico
I	Intensidad de lluvia
km	Kilómetro
kg/cm²	Kilogramo por centímetro cuadrado
kg/cm³	Kilogramo por centímetro cúbico
lb	Libra
lb/pie³	Libra por pie cúbico
LL	Límite líquido
LP	Límite plástico
L	Longitud de cauce
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³/s	Metros cúbicos por segundo
milímetros	Milímetro

milímetros/h	Milímetros por hora
min	Minutos
K	Módulo de ruptura del concreto
US\$	Moneda dólar de Estados Unidos de América
Q	Moneda Quetzal de Guatemala
π	Número PI,3,141592654
Pie³	Pie cúbico
%	Porcentaje
f'c	Resistencia a la compresión del concreto
³/₄pulgadas	Tres cuartos de pulgada
Ha	Unidad de medida de hectáreas

GLOSARIO

AASHTO	American Association of Highways and Transportation Officials.
Altimetría	Rama de la topografía que estudia los métodos que tienen como finalidad la representación de las alturas de los puntos de un terreno.
Arena	Partículas de suelo de diámetro entre 0,074 y 4,76 milímetros.
Arcilla	Partículas de suelo de diámetro menor de 0,002 milímetros.
Agregado	Materiales inertes de determinadas características que conforman el concreto, excluyendo el agua.
Agregado fino	Agregado del concreto que sus partículas tienen un diámetro entre 0,074 y 4,76 milímetros. (Arena).
Agregado grueso	Agregado que sus partículas tienen un diámetro que varía entre 4,77 y 19,10 milímetros. Normalmente es llamado pedrín o grava.
Asentamiento	Es el descenso de nivel que presenta una estructura debido al hundimiento del suelo.

Abrasión	Es el desgaste producido a un material por acción de fricción.
Aforo vehicular	Método estadístico que tiene como finalidad la determinación del número de vehículos que transitan en un lugar determinado durante un tiempo estimado.
Aguas negras	El agua que se desecha, después de haber servido para un fin. Puede ser doméstica, comercial o industrial.
Anaeróbico	Condición en la cual hay ausencia de aire u oxígeno libre.
Arcilla	Tipo de suelo impermeable y plástico.
Base	Capa de material seleccionado de granulometría específica que se construye sobre la sub-base.
Bombeo	Pendiente transversal descendente de la corona o subcorona, a partir de su eje o línea central, hacia ambos lados en tangente horizontal.
CA	Carretera Interamericana.
Candela	Receptáculo donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que conduce al sistema de drenaje.

Caudal	Volumen por unidad de tiempo (por ejemplo m ³ /s o l/s).
Colector	Conjunto de tuberías, canales, pozos de visita y obras accesorias que sirven para el desalojo de aguas negras o aguas de lluvia (pluviales).
Cota Invert	Cota de la parte inferior interna de una tubería.
Cemento	Aglomerante hidráulico, es decir que reacciona y fragua con agua, utilizada en el concreto y su función es aglomerar o pegar los agregados del concreto.
COCODE	Consejo Comunitario de Desarrollo.
Densidad	Relación entre la masa de un material y el volumen.
Fraguado del concreto	Es el cambio del estado plástico al estado sólido del concreto.
INE	Instituto Nacional de Estadística de Guatemala.
Losa	Estructura plana de concreto con grosor específico, utilizada para soportar cargas verticales.
Tirante	Altura de las aguas negras dentro de la alcantarilla.

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación, se desarrolla el diseño drenaje sanitario y pavimento rígido de la comunidad Granjas Gerona, ambos del municipio de San Miguel Petapa departamento de Guatemala. Este documento consta de dos capítulos compuestos de la siguiente manera:

Capítulo 1: en este capítulo se desarrolla la fase de investigación, conteniendo la monografía del municipio de San Miguel Petapa, sus aspectos históricos, su localización geográfica, su clima, su división política, otros.

Capítulo 2: este capítulo contiene la fase del servicio técnico profesional, el cual está conformado en dos secciones, en la primera está el diseño alcantarillado sanitario y en la segunda el diseño de pavimento rígido para la comunidad de Granjas Gerona municipio de San Miguel Petapa, dichas secciones cuentan con una memoria descriptiva de la situación actual del proyecto, métodos y/o normas de diseño.

También se describen los aspectos técnicos, que intervienen en el diseño, los criterios utilizados para el cálculo, la elaboración del presupuesto de cada uno de los proyectos y en la parte final se presentan las conclusiones, recomendaciones y los anexos correspondientes.

OBJETIVOS

General

Desarrollar una investigación de tipo monográfica con su característica geográfica, social, de servicio, de producción y demográfica, además, se desarrollará una investigación diagnóstica de las necesidades de servicio básico e infraestructura del lugar.

Específicos

1. Diseñar el sistema alcantarillado sanitario y carretera para Granjas Gerona, San Miguel Petapa, Guatemala.
2. Realizar un diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos, saneamiento e infraestructura San Miguel Petapa, Guatemala.
3. Aplicar los códigos y normas para el diseño de alcantarillados sanitario.
4. Capacitar a los miembros del COCODE de Granjas Gerona, sobre aspectos de operación y mantenimiento de los proyectos.

INTRODUCCIÓN

Toda comunidad cuenta con una elevada gama de necesidades, de las cuales percataremos que éstas existen únicamente cuando se realiza el Ejercicio Profesional Supervisado.

El presente trabajo consta de dos fases: la primera es la investigación diagnóstica, sobre necesidades de los servicios básicos e infraestructura en el municipio de San Miguel Petapa, con el fin de priorizar las de mayores necesidades que afectan a la población.

La segunda, de servicio técnico profesional, describe las características y desarrollo de la propuesta de solución para los proyectos, los cuales son: diseño del sistema de alcantarillado sanitario y pavimentación de concreto de la comunidad de Granjas Gerona, San Miguel Petapa, Guatemala.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de San Miguel Petapa, Guatemala

El municipio de San Miguel Petapa estaba originalmente compuesto por una población indígena de descendencia Pokomam, situación reflejada en su nombre, que significa lugar de esteras o petates, aunque Tomas Gage, lo señala como una palabra compuesta de *pet*, que significa estera, y *thap*, que quiere decir agua, surgiendo el nombre de estera de agua o cama de agua.

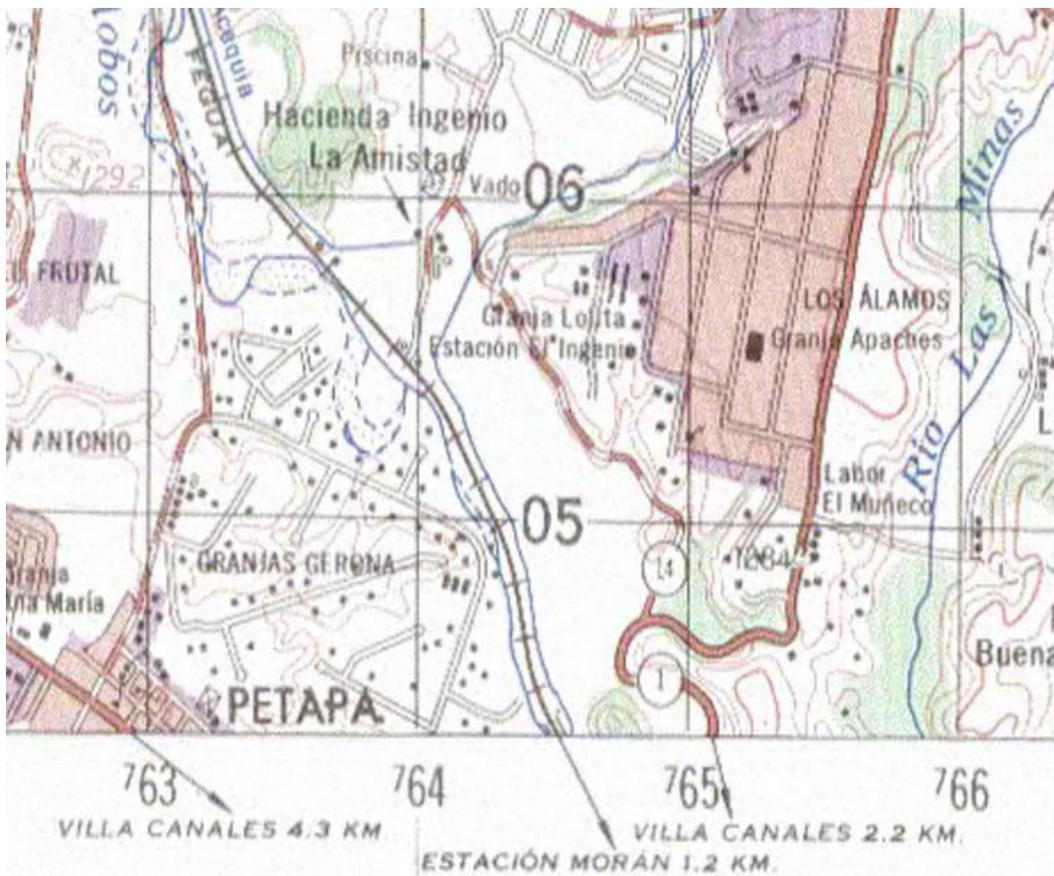
Pese a su movimiento en el siglo XVIII a su actual ubicación, las reliquias religiosas de la iglesia católica romana fueron trasladadas de su ubicación original, donde la población católica está orgullosa de haber extendido la visita de la imagen Señor Sepultado, el cual tiene 5 siglos de existencia. San Miguel Petapa tiene dos días festivos, uno que se celebra en febrero en conmemoración de Nuestra Señora Virgen del Rosario. El otro día festivo está dedicado a San Miguel Arcángel.

Una tradición entre los ladinos del municipio, es la Danza de las Flores. La cual consiste en una danza en donde todos los participantes dan vueltas alrededor, mientras la música y los versos son recitados al mismo tiempo. Esta tradición inicio en la antigua capital española, Santiago de Guatemala donde se extendió a las poblaciones cercanas. Años después fue tomada por la nueva capital, Nueva Guatemala de la Asunción. Hoy en día esta danza folklorica se realiza en otros municipios del departamento de Guatemala, como San Raymundo, Mixco, San Juan Sacatepéquez y Villa Nueva.

1.1.1. Localización geográfica

El municipio de San Miguel Petapa, se encuentra situado en la parte sur del departamento de Guatemala, en la Región Metropolitana. Se localiza en la latitud $14^{\circ}30'06$ pulgadas y en la longitud $90^{\circ}33'37$ pulgadas. Cuenta con una extensión de 24,64 kilómetros cuadrados y se encuentra a una altura de 1 285 metros sobre el nivel del mar y su clima es templado. Se encuentra a una distancia de 20 kilómetros de la cabecera departamental de Guatemala.

Figura 1. Ubicación de proyectos en estudio

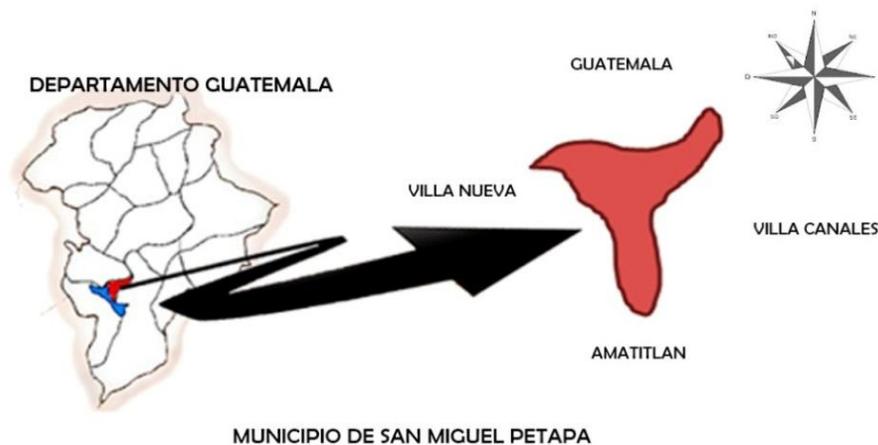


Fuente: mapa escala 1:50 000, IGN.

1.1.2. Colindancias

Sus límites territoriales son: al norte colinda con el municipio de Guatemala, al oriente con Villa Canales, al sur con Amatitlán y al poniente con Villa Nueva.

Figura 2. Colindancias del municipio de San Miguel Petapa



Fuente: Municipalidad de San Miguel Petapa, departamento de Guatemala.

1.1.3. Extensión territorial

Es el espacio de territorio en el que un estado de país o municipio determinado ejerce su soberanía sobre su territorio. El municipio de San Miguel Petapa tiene una extensión territorial aproximada de 24,60 kilómetros cuadrados.

1.1.4. Clima

Las condiciones climáticas que caracterizan al municipio de San Miguel Petapa, es clima templado, con un alto grado de humedad y precipitaciones irregulares.

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

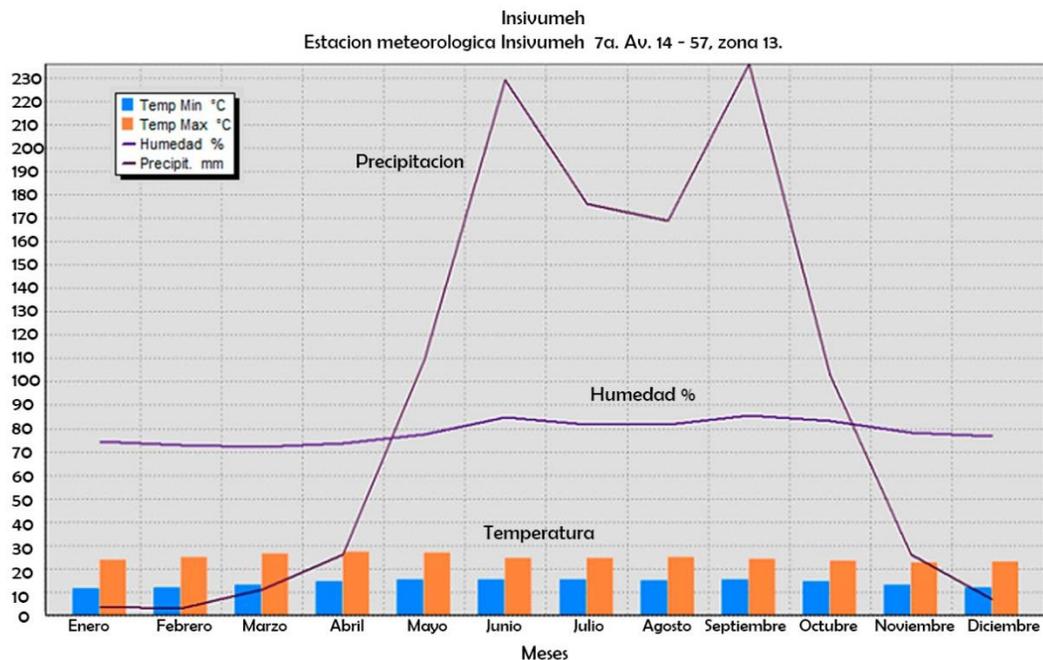
A través de la investigación se localizó la estación meteorológica de INSIVUMEH, se encuentra localizado en la 7a. Av. 14 - 57, zona 13. Frente al aeropuerto internacional La Aurora siendo esta la estación más cercana al municipio de San Miguel Petapa.

En los meses del año de enero y febrero y de junio a diciembre en el municipio de San Miguel Petapa la temperatura oscila entre 11 grados como mínimo y 23 grados como máxima. La época más calurosa comprenden en los meses de marzo abril y mayo con temperatura de 13 grados la mínima y 27 grados la máxima.

En cuanto a la precipitación pluvial, es mínima de diciembre a febrero de 3,00 a 7,00 milímetros, marzo y abril de 11,00 milímetros a 26,00 milímetros siendo las primeras lluvias del años y en el mes de mayo a octubre aumenta de 109,00 milímetros a 236,00 milímetros, por la manifestación del invierno, la precipitaciones máximas en el año se registran en el mes de septiembre, en octubre y noviembre, inicia nuevamente la estación seca y desciende hasta los 3,00 milímetros.

Con relación a la humedad, que es la cantidad de vapor de agua en el ambiente, oscila entre el 75 a 86 por ciento, se determinó por medio datos obtenidos del INSIVUMEH, que aumenta en los meses de junio a octubre, por ser la época lluviosa y disminuye en los meses de noviembre a mayo, época seca.

Figura 3. **Gráfica temperatura máxima y mínima, humedad porcentual y precipitación anual de San Miguel Petapa**



Fuente: INSIVUMEH, Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.

1.1.5. Aspectos topográficos

Los poblados de San Miguel Petapa y sus propiedades rurales están unidos entre sí, con los municipios vecinos por calles, avenidas y por veredas no asfaltadas. Los suelos del municipio en su mayoría están

comprendidos en dos tipos: suelos sobre materiales volcánicos mezclados o de color oscuro en terreno casi plano con moderadas montañas y suelos profundos sobre materiales volcánicos mezclados o de color oscuro, por lo que la capacidad productiva de la tierra, combinada con los efectos del clima, la hacen apta para cultivos perennes y de montaña, principalmente para fines forestales y pastos.

1.1.6. Organización comunitaria

Actualmente los habitantes del lugar se encuentran organizados en Consejos Comunitarios de Desarrollo (COCODES), con el cual pretenden planificar y desarrollar conjuntamente con la Municipalidad de San Miguel Petapa y el Gobierno Central proyectos de: infraestructura, salud, educación, medio ambiente, vivienda, otros. Ya que el objetivo central es trabajar para el bien común de su comunidad.

1.1.7. Censos

De acuerdo al censo poblacional del INE en el 2002 y tomando en cuenta la tasa de crecimiento poblacional del 2,54 por ciento, se proyecta que para el año en curso (2013) sumara una cantidad de habitantes de 163 059 en todo el Municipio de San Miguel Petapa.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la comunidad Granjas, Gerona municipio de San Miguel Petapa

El proyecto consiste en el diseño del drenaje sanitario para la colonia Granjas Gerona del municipio de San miguel Petapa. La necesidad se identificó mediante de una investigación de la problemática real que viven los pobladores del área que, al igual que toda población urbana del departamento de Guatemala, presenta aún deficiencias en infraestructura básica, por lo que la mayoría de las necesidades parecieran ser prioritarias debido que cada una presenta una problemática que afecta directamente a los pobladores de distintos sectores de la población, de los cuales los sectores marginales presentan más deficiencia en los servicios.

La red tiene una longitud de 1 900 metros, para los cuales se diseñaron 30 pozos de visita, los que se construirán según especificaciones del reglamento de construcción de la Municipalidad de San Miguel Petapa, tales como alturas mínimas, Cotas Invert, otros. La tubería a utilizar será PVC Norma ASTM D-3034 y tendrá un diámetro mínimo de 6 pulgadas. Las pendientes de la tubería se tomaron de acuerdo a la pendiente del terreno, percatándose de no rebasar las velocidades y caudales máximos y mínimos. No se diseñará ningún tipo de tratamiento, ya que el desfogue se realizará en el colector municipal existente.

2.1.1. Levantamiento topográfico

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

2.1.1.1. Planimetría

Es la proyección del terreno sobre un plano horizontal imaginario, que es la superficie media de la tierra y el cual toma como punto de referencia para su orientación. El método de levantamiento utilizado fue el de conservación de azimut, con vuelta de campana. Para este levantamiento se utilizó el siguiente equipo:

- Una estación total topcon es105
- Un estadal
- Una cinta métrica de 50 metros
- Dos plomadas
- Trompos de madera
- Clavos

2.1.1.2. Altimetría

Esta palabra se refiere a los trabajos necesarios para representar sobre el plano horizontal la tercera dimensión del terreno, definiendo las diferencias de nivel existentes entre los puntos de un terreno o construcción. Para ello es

necesario medir distancias verticales y horizontales, ya sea directa o indirectamente. A todo este procedimiento se le llama nivelación. Para la nivelación del tramo donde se ubicará la línea central del drenaje se aplicó el método de nivelación compuesta. Para la nivelación se utilizó el siguiente equipo:

- Un nivel de precisión marca Sookia C-330
- Un estadal
- Una cinta métrica de 50 metros
- Trompos de madera

El levantamiento altimétrico debe ser preciso, y la nivelación debe ser realizada sobre el eje de las calles. Se toman elevaciones en las siguientes situaciones:

- En todos los cruces de calles o boca calles.
- A distancias no mayores de 20 metros.
- De todos los puntos en que haya cambio de dirección.
- De todos los puntos en que haya cambios de pendiente del terreno.
- De todos los lechos de quebradas, puntos salientes del terreno y depresiones.
- De las alturas mínimas del cuerpo receptor en el que se proyecta efectuar la descarga.
- De las alturas máximas del cuerpo receptor en el que se proyecta efectuar la descarga.
- De las alturas de las depresiones geográficas más sobresalientes.

2.1.2. Descripción del sistema a utilizar

Existen 3 tipos básicos de alcantarillado; la selección o adopción de cada uno de estos sistemas dependerá de un estudio minucioso de factores, tanto topográficos como funcionales, pero el más importante es el económico.

- Alcantarillado sanitario: recoge las aguas servidas domiciliarias, baños, cocinas, servicios y conexiones ilícitas; residuos comerciales como restaurantes; aguas negras producidas por industrias, e infiltración.
- Alcantarillado pluvial: recoge únicamente las aguas de lluvia.
- Alcantarillado combinado: evacua los dos caudales antes mencionados (sanitario y pluvial).

La colonia Granjas Gerona no cuenta con ningún sistema de alcantarillado; y las calles no son pavimentadas, por lo cual se decidió realizar un alcantarillado sanitario, del cual están excluidos los caudales de agua de lluvia, provenientes de las calles y otras superficies.

2.1.3. Partes de un alcantarillado

Son las partes de un sistema de ductos y equipos que tienen como finalidad coleccionar y desalojar en forma segura y eficiente las aguas residuales de una población, solas o en combinación con las aguas pluviales, además de disponerlas adecuadamente y sin peligro para el hombre y el ambiente.

2.1.3.1. Colector

Es el conducto principal. Se ubica generalmente en el centro de las calles. Transporta todas las aguas servidas provenientes de las edificaciones hasta su

dispositivo final, ya sea hacia una planta de tratamiento, o a un cuerpo receptor. Generalmente son secciones circulares, de diámetros determinados en el diseño, de PVC o concreto. El trayecto, comúnmente obligatorio, es subterráneo.

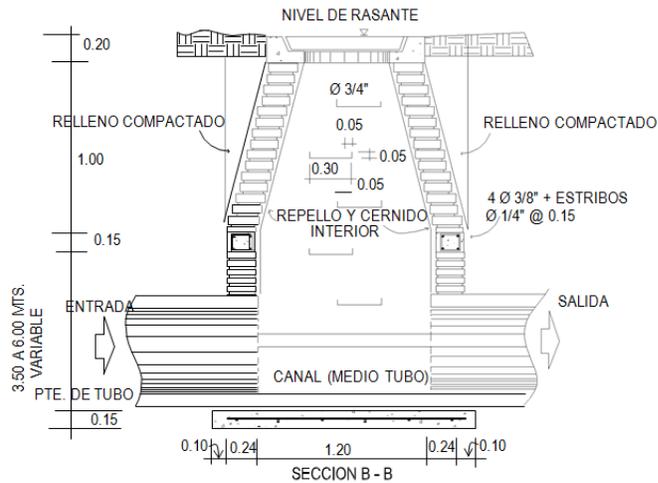
2.1.3.2. Pozos de visita

Son dispositivos que sirven para verificar el buen funcionamiento de la red del colector. Permite efectuar operaciones de limpieza y mantenimiento, accediendo a realiza funciones como conectar distintos ramales de un sistema e iniciar un ramal.

Su construcción está predeterminada, según normas establecidas por el INFOM, encargadas de velar por la adecuada construcción de sistemas de alcantarillado sanitario, siendo sus principales características: fondo de concreto reforzado, paredes de mampostería o cualquier material impermeable, repellos y cernidos liso en paredes, tapadera para la entrada al pozo de un diámetro entre 0,60 a 0,75 metros, escalones de hierro empotrados en las paredes para bajar al fondo del pozo. La altura del pozo dependerá del diseño de la red.

Son de secciones circulares y con diámetro mínimo de 1,20 metros, construidos generalmente de ladrillo de barro cocido o cualquier otro material, que proporcione impermeabilidad y durabilidad dentro del período de diseño; sin embargo, las limitantes del lugar pueden ser una variable para su construcción, observándose diseños desde tubos de concreto de 32 pulgadas, hasta pozos fundidos de concreto ciclópeo.

Figura 4. Partes de un pozo de visita



Fuente: Salazar Rodríguez, Diseño de alcantarillado sanitario en los caseríos, La Comunidad y Labor Vieja, municipio de San Raymundo, departamento de Guatemala. p. 64.

2.1.3.3. Conexiones domiciliarias

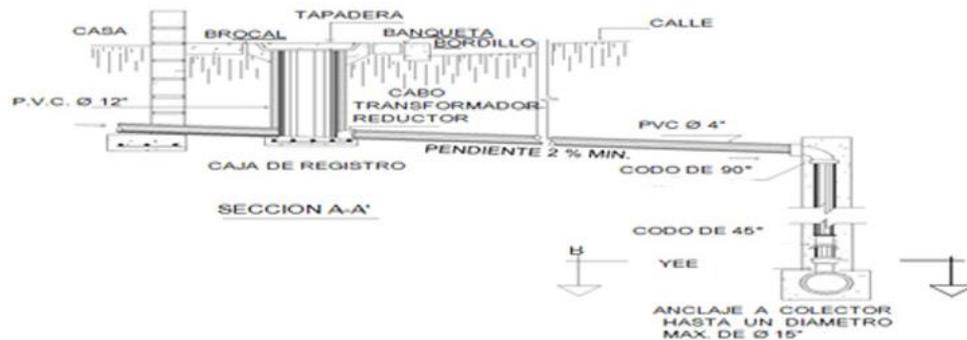
Son subestructuras que tienen el propósito de descargar todas las aguas provenientes de las edificaciones, y conducir las al colector o alcantarillado central, tal y como lo muestra la figura 5. Consta de las siguientes partes:

2.1.3.4. Caja o candela

Es la estructura que recolecta las aguas provenientes del interior de las edificaciones. Pueden construirse de diferentes formas, tales como: un tubo de concreto vertical no menor de 12 pulgadas de diámetro, una caja de mampostería de lado no menor de 45 centímetros, impermeabilizado por dentro. Deben tener una tapadera para inspeccionar y controlar el caudal; el fondo debe estar fundido y con un desnivel para que las aguas fluyan por la

tubería secundaria y puedan ser transportadas al colector, la altura mínima de la candela de 1 metro.

Figura 5. **Conexiones domiciliarias**



Fuente: Salazar Rodríguez, Diseño de alcantarillado sanitario en los caseríos, La Comunidad y Labor Vieja, municipio de San Raymundo, departamento de Guatemala. p. 72.

2.1.3.5. **Tubería secundaria**

Es la tubería que conecta la candela domiciliar con el colector principal, conduciendo las aguas residuales que la candela recibe del interior de las viviendas. Deberá utilizarse, para tubería PVC tubo de 4 pulgadas y tubo de 6 pulgadas si fuera de concreto, con pendiente mínima de 2 por ciento, considerando las profundidades de instalación.

2.1.4. **Período de diseño**

Es importante recordar que cuando se diseña una red de alcantarillado sanitario, se debe determinar el tiempo para el cual el proyecto prestará eficazmente el servicio, pudiendo proyectarlo para realizar su función en un

período de 20 a 40 años, a partir de la fecha que se realice el diseño, tomando en cuenta las limitaciones económicas y la vida útil de los materiales, lo cual se puede determinarse por normas del INFOM. Para el diseño de la red de alcantarillado sanitario se tomó un período de 20 años.

2.1.5. Población futura

El diseño de una red de alcantarillado sanitario se debe adecuar a un funcionamiento eficaz, durante un período de diseño, realizando una proyección de la población futura, para determinar el aporte de caudales al sistema al final del período de diseño. Para este diseño se utilizó el método saturación.

2.1.5.1. Método de saturación

Para utilizar éste método, se tiene que realizar previamente un censo de la población actual, tomando en cuenta el número de lotes y el número de habitantes por lote ya que con este dato se obtiene una población máxima del sector.

$$Pf = \text{lotes max.} * \text{Numero de habitantes}$$

$$Pf = 250 * 5$$

$$Pf = 1\ 250 \text{ habitantes}$$

2.1.6. Determinación de caudal

Para determinar el caudal o flujo de aguas negras del colector principal, se realizan diferentes cálculos de caudales aplicando varios factores, como

dotación, conexiones ilícitas, caudal domiciliar, caudal de infiltración, caudal comercial y, principalmente, la condiciones socioeconómicas de los pobladores del lugar, para determinar el factor de retorno del sistema.

2.1.7. Población tributaria

En este caso se obtuvo la población tributaria con base en el número de casas localizadas en cada tramo, multiplicándose por el número de habitantes por vivienda.

Habitantes por vivienda = número de habitantes / número de casas

2.1.8. Dotación

Los factores que se consideran en la dotación son: clima, nivel de vida, condiciones socioeconómicas, actividad productiva, abastecimiento privado, servicios comunales o públicos, facilidad de drenaje, calidad de agua, medición, administración del sistema y presión del mismo, la tabla I, especifica las dotaciones indicadas en las normas de diseño.

Tabla I. **Dotaciones indicadas en las normas de diseño**

DESCRIPCIÓN	DOTACIÓN (l/hab./día.)
Llenacántaros	15-40
Conexiones prediales	60-90
Conexiones domiciliarias en el área rural	90-150
Conexiones domiciliarias en el área urbana	150-250

Fuente: Pedro Aguilar Ruiz. Apuntes sobre el curso de ingeniería sanitaria1.p. 78.

En este diseño por tratarse de un sistema en funcionamiento, se tomó una dotación de 100 litros por habitante por día, según información de la municipalidad.

2.1.9. Factor de retorno

El factor de retorno, como ya se mencionó, es el porcentaje de agua, que después de ser usada vuelve al drenaje, en este caso se considera un 70 por ciento de factor como retomo.

2.1.10. Caudal sanitario

El caudal que puede transportar el drenaje está determinado por diámetro, pendiente y velocidad del flujo dentro de la tubería. Por norma se supone que el drenaje funciona como un canal abierto, es decir, que no funciona a presión. El tirante máximo de flujo se obtiene de la relación d/D , donde d es la profundidad o altura del flujo y D es el diámetro interior de la tubería, esta relación debe ser mayor de 0,10 para que exista arrastre de las excretas y menor de 0,75 para que funcione como un canal abierto.

2.1.11. Caudal domiciliar

El agua que ha sido utilizada para limpieza o producción de alimentos, es desechada y conducida a la red de alcantarillado, el agua de desecho doméstico está relacionada con la dotación y suministro de agua potable. Una parte de ésta no será llevada al alcantarillado, como la que se usa en el riego de los jardines y en el lavado de vehículos; de tal manera que el valor del caudal domiciliar está afectada por un factor que varía entre 0,70 a 0,80, el cual queda integrado de la siguiente manera:

$$Q_{Dom.} = \frac{Dot. * No \text{ hab.} * Fac. \text{ retorno}}{86\ 400}$$

$$Q_{Dom.} = \frac{100 * 5 * 0,7}{86\ 400} = 0,0046 \text{ l/s}$$

Donde:

- Dot = dotación (lts/hab/día)
- Núm. hab = número de habitantes
- Qdom = caudal domiciliar (lts/seg)

2.1.12. Caudal comercial

Es el agua desechada por las edificaciones comerciales como: comedores, restaurantes, hoteles, otros, por lo general la dotación comercial varía según el establecimiento a considerar, pero puede estimarse entre 600 y 3 000 litros por comercio por día.

$$Q_{Com.} = \frac{No. \text{ Comercio} * Dot.}{86\ 400}$$

Donde:

- Qcom = caudal comercial
- No = número de comercios
- Dot = dotación

2.1.13. Caudal industrial

Es el agua de desechos de las industrias, como fábricas de textiles, licoreras, refrescos, alimentos, otros. Igual que para el caso anterior, si no se cuenta con el dato de la dotación de agua suministrada, se puede estimar

dependiendo del tipo de industria, entre 1 000 y 18 000 litros por industria por día.

$$Q_{\text{Ind.}} = \frac{\text{No. Industrias} \cdot \text{Dot.}}{86\,400}$$

$$Q_{\text{Ind.}} = \frac{1 \cdot 6\,000}{86\,400} = 0,05787 \text{ l/s}$$

Se asume un caudal industrial de 6 000 ya que se tienen industrias de jabones con una descarga de 300 litros por toneladas * 20 litros por toneladas en el inicio del ramal.

Tabla II. Caudales industriales

0	1	2	3	4	5
1	Cervecería	1 litro de cerveza	241	5,65 l	1000
2	Malterías.				1115
3	Destilerías	1 t de papas	20 m ³	8,5 m ³	
4	Destilerías	1 t de melaza	17,5 m ³	7,5 m ³	
5	Destilerías de brandy y fábricas de licor	-			294
6	Sacarificación de madera (BERGINS) (SCHOLLER)	1 kg de azúcar producida 1 t de madera 1 kg de azúcar producida 1 t de madera	2,4 l 700 m ³ 1,7 l 500 m ³	2,4 l 1,7 l	
7	Industria de golosinas				148
8	Refinerías de azúcar	1 t de remolacha	10-20 m ³	10-20 m ³	10 000
9	Industria de cereales preparados				50
10	Productos lácteos	1 l de leche tratada	5-6 l	5-6 l	900
11	Fábricas de margarina	por 50 kg de margarina		2-3 m ³	1100
12	Industria de jabones y detergentes				300

Fuente: Motrosalf and Eddy. 1970 tabla 4-8, p. 43.

2.1.14. Caudal de conexiones ilícitas

Es producido por las viviendas que conectan las tuberías del sistema de agua pluvial al alcantarillado sanitario sin ninguna autorización. Se estima un porcentaje de viviendas que puedan realizar conexiones ilícitas, que varía de 0,5 a 2,5 por ciento. Éste se calcula por medio de la fórmula del método racional, ya que tiene relación con el caudal producido por las lluvias.

$$Q_{\text{conexiones ilícitas}} = Q_{\text{dom.}} * 0,5$$

$$Q_{\text{conexiones ilícitas}} = 0,0046 * 0,5 = 0,0023 \text{ l/s}$$

2.1.15. Caudal de infiltración

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

Puede calcularse de dos formas: en litros diarios por hectárea o litros diarios por kilómetro de tubería, se incluye la longitud de la tubería de las conexiones domiciliarias, asumiendo un valor de 6,00 metros por cada casa; la dotación de infiltración varía entre 12 000 u 18 000 litros por kilómetro por día.

$$Q_{\text{Inf.}} = 12\ 000 * \frac{1}{1\ 000} * \frac{1}{86\ 400} = 0,000138 \text{ l/m/ s}$$

2.1.16. Factor de caudal medio

Una vez obtenido el valor de los caudales anteriormente descritos, se procede a integrar el caudal medio (Q_{medio}) del área a drenar, que al ser distribuido entre el número de habitantes se obtiene un factor de caudal medio (f_{qm}), el cual varía entre el rango de 0,002 a 0,005.

Si el cálculo del factor se encuentra entre esos dos límites, se utiliza el calculado; en cambio sí es inferior o excede, se utiliza el límite más cercano, según sea el caso.

$$Q_{\text{medio}} = Q_{\text{Dom}} + Q_{\text{Com}} + Q_{\text{Ind.}} + Q_{\text{Inf.}} + Q_{\text{Conexiones.ilícitas}}$$

$$Q_{\text{medio}} = 0,0046 + 0 + 0,05787 + 0,000138 + 0,0023$$

$$Q_{\text{medio}} = 0,0649$$

$$f_{\text{qm}} = \frac{Q_{\text{medio}}}{\# \text{Habit.}}$$

$$f_{\text{qm}} = \frac{0,0649}{50} = 0,001298$$

$$0,002 < f_{\text{qm}} < 0,005$$

Ya que el valor es menor que el rango del factor de caudal medio se asume su valor más próximo el cual es 0,002

2.1.17. Factor de Hardmond

Es el valor estadístico, que determina la probabilidad del número de usuarios que estarán haciendo uso simultáneo del servicio; está dado de la siguiente manera.

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

$$FH = \frac{18 + \sqrt{50}}{4 + \sqrt{50}} = 2,26$$

Donde:

P = población futura acumulada en miles

2.1.18. Caudal de diseño

Para realizar la estimación de la cantidad de agua negra que transportará el alcantarillado en los diferentes puntos donde esta fluye, primero se tendrán que integrar los valores que describen en la fórmula siguiente:

$$QDis = \text{Núm. Habit.} * FH * Fqm$$

$$QDis = 50 * 2,26 * 0,002 = 0,226 \text{ l/s}$$

Donde:

Núm. Habit. = número de habitantes futuros acumulados

FH = factor de Hardmond

Fqm = factor de caudal medio

2.1.19. Pozos de visita

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

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

La forma constructiva de los pozos de visita se ha normalizado considerablemente y se han establecido diseños que se adoptan de un modo general.

Los pozos tienen en su parte superior un marco y una tapa de hierro fundida o de concreto, con una abertura neta de 0,50 a 0,60 metros. El marco descansa sobre las paredes, que se ensanchan hasta alcanzar un diámetro de 1,20 a 1,50 metros de la boca del pozo, continuando con este diámetro hasta llegar a la alcantarilla. La profundidad es variable y las paredes suelen ser construidas de ladrillo de barro cocido, cuando son pequeños; y de concreto cuando son muy grandes y profundos.

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

Los canales se recubren, a veces, con tubos partidos o seccionados por su diámetro. Los cambios de dirección se hacen en los canales. Hay que hacer notar que el pozo de visita tiene un fondo plano solamente en los casos en que todos los tramos arranquen de él, y que cuando el pozo sea usado a la vez para tuberías que pasan a través y otras de arranque, la diferencia de cotas invert entre el tubo de arranque y el que pasa tiene que ser, como mínimo, el diámetro de la tubería mayor.

En los pozos de visita profundos se disponen escalones para que se pueda bajar para inspeccionar y limpiar. Estos escalones suelen ser de varillas de hierro, empotrados en las juntas de los ladrillos. Para este caso particular se usarán pozos fundidos, ya que la municipalidad de San Miguel Petapa cuenta con los moldes respectivos.

2.1.20. Ecuación de Manning

En general se usarán en el diseño secciones circulares de tuberías PVC, debido a que las condiciones de terreno donde se ubica la red de drenaje, presenta inconvenientes para el uso de tuberías de concreto.

La ecuación de Manning está basada en las condiciones antes mencionadas, o sea flujos constantes y canales abiertos. La ecuación de Manning es la siguiente:

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

Para el sistema métrico la fórmula de Manning adopta la siguiente forma:

$$V = \frac{1.486 \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n}$$

Donde:

V=velocidad de flujo a sección llena (m/s)

R=radio hidráulico = área / perímetro mojado

D=diámetro de la sección circular (metros)

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

N=coeficiente de rugosidad de Manning

N=0,010 para diseño de sistemas de alcantarillado sanitarios por gravedad usando tubería de PVC Norma ASTM 3034.

El diámetro mínimo a utilizar en los alcantarillados sanitarios es tubería de PVC de 6 pulgadas, el cual podrá aumentar cuando a criterio del ingeniero diseñador sea necesario. Para las conexiones domiciliarias el diámetro mínimo será de 4 pulgadas.

2.1.21. Relación de diámetros y caudales

La relación q/Q no deberá ser mayor a 0,75, ni menor a 0,10 del diámetro interno de la tubería, para alcantarillado sanitario, esto es para que funcione como canales abiertos, en los cuales circula el flujo por acción de la gravedad sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera.

Aunque existen sus excepciones, como los sifones invertidos y las tuberías de impulsión de las estaciones elevadas, que trabajan siempre a presión, también puede suceder que el canal esté cerrado, como en el caso de los conductos que sirven de alcantarillados para que circule el agua

de desecho y que eventualmente se produzca alguna presión debido a la formación de gases.

2.1.22. Relaciones hidráulicas

La utilización de las tablas se realizó determinando primero la relación (q/Q). Dicho valor se busca en las tablas; si no se encuentra el valor exacto, se busca uno aproximado. En la columna de la izquierda se ubica la relación (v/V), y obteniendo este valor se multiplica por el obtenido por la velocidad a sección llena y se logra saber así la velocidad a sección parcial. Sucesivamente se obtienen los demás valores de chequeo. Estas relaciones son necesarias para poder asegurar que el sistema funcionará adecuadamente y sus parámetros son los siguientes:

Relaciones de caudales:

$$\frac{Q \text{ dis}}{Q \text{ sección llena}}$$

Relación de velocidades:

$$\frac{V \text{ dis}}{V \text{ sección llena}}$$

Relación de tirantes:

$$\frac{D \text{ dis}}{D \text{ sección llena}}$$

Tabla III. Relaciones hidráulicas para sección circular

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0,0100	0,0017	0,0880	0,00015	0,1025	0,0540	0,4080	0,02202
0,0125	0,0237	0,1030	0,00024	0,1050	0,0558	0,4140	0,02312
0,0150	0,0031	0,1160	0,00036	0,1075	0,0578	0,4200	0,02429
0,0175	0,0039	0,1290	0,00050	0,1100	0,0599	0,4260	0,02550
0,0200	0,0048	0,1410	0,00067	0,1125	0,0619	0,4320	0,02672
0,0225	0,0057	0,1520	0,00087	0,1150	0,0639	0,4390	0,02804
0,0250	0,0067	0,1630	0,00108	0,1175	0,0659	0,4440	0,02926
0,0275	0,0077	0,1740	0,00134	0,1200	0,0680	0,4500	0,03059
0,0300	0,0087	0,1840	0,00161	0,1225	0,0701	0,4560	0,03194
0,0325	0,0099	0,1940	0,00191	0,1250	0,0721	0,4630	0,03340
0,0350	0,0110	0,2030	0,00223	0,1275	0,0743	0,4680	0,03475
0,0375	0,0122	0,2120	0,00258	0,1300	0,0764	0,4730	0,03614
0,0400	0,0134	0,2210	0,00223	0,1325	0,0786	0,4790	0,03763
0,0425	0,0147	0,2300	0,00338	0,1350	0,0807	0,4840	0,03906
0,0450	0,0160	0,2390	0,00382	0,1375	0,0829	0,4900	0,04062
0,0475	0,0173	0,2480	0,00430	0,1400	0,0851	0,4950	0,04212
0,0500	0,0187	0,2560	0,00479	0,1425	0,0873	0,5010	0,04375
0,0525	0,0201	0,2640	0,00531	0,1450	0,0895	0,5070	0,04570
0,0550	0,0215	0,2730	0,00588	0,1475	0,0913	0,5110	0,04665
0,0575	0,0230	0,2710	0,00646	0,1500	0,0941	0,5170	0,04863
0,0600	0,0245	0,2890	0,00708	0,1525	0,0964	0,5220	0,05031
0,0625	0,0260	0,2970	0,00773	0,1550	0,0986	0,5280	0,05208
0,0650	0,0276	0,3050	0,00841	0,1575	0,1010	0,5330	0,05381
0,0675	0,0292	0,3120	0,00910	0,1600	0,1033	0,5380	0,05556
0,0700	0,0308	0,3200	0,00985	0,1650	0,1080	0,5480	0,05916
0,0725	0,0323	0,3270	0,01057	0,1700	0,1136	0,5600	0,06359
0,0750	0,0341	0,3340	0,01138	0,1750	0,1175	0,5680	0,06677
0,0775	0,0358	0,3410	0,01219	0,1800	0,1224	0,5770	0,07063
0,0800	0,0375	0,3480	0,01304	0,1850	0,1273	0,5870	0,07474
0,0825	0,0392	0,3550	0,01392	0,1900	0,1323	0,6960	0,07885
0,0850	0,0410	0,3610	0,01479	0,1950	0,1373	0,6050	0,08304
0,0875	0,0428	0,3680	0,01574	0,2000	0,1424	0,6150	0,08756
0,0900	0,0446	0,3750	0,01672	0,2050	0,1475	0,6240	0,09104
0,0925	0,0464	0,3810	0,01792	0,2100	0,1527	0,6330	0,09663

Continuación de la tabla III.

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0,2200	0,1631	0,6510	0,10619	0,5900	0,6140	1,0700	0,65488
0,2250	0,1684	0,6590	0,11098	0,6000	0,6265	1,0700	0,64157
0,2300	0,1436	0,6690	0,11611	0,6100	0,6389	1,0800	0,68876
0,2350	0,1791	0,6760	0,12109	0,6200	0,6513	1,0800	0,70537
0,2400	0,1846	0,6840	0,12623	0,6300	0,6636	1,0900	0,72269
0,2450	0,1900	0,6920	0,13148	0,6400	0,6759	1,0900	0,73947
0,2500	0,1955	0,7020	0,13726	0,6500	0,6877	1,1000	0,75510
0,2600	0,2066	0,7160	0,14793	0,6600	0,7005	1,1000	0,77339
0,2700	0,2178	0,7300	0,15902	0,6700	0,7122	1,1100	0,78913
0,3000	0,2523	0,7760	0,19580	0,7000	0,7477	1,1200	0,85376
0,3100	0,2640	0,7900	0,20858	0,7100	0,7596	1,1200	0,86791
0,3200	0,2459	0,8040	0,22180	0,7200	0,7708	1,1300	0,88384
0,3300	0,2879	0,8170	0,23516	0,7300	0,7822	1,1300	0,89734
0,3400	0,2998	0,8300	0,24882	0,7400	0,7934	1,1300	0,91230
0,3500	0,3123	0,8430	0,26327	0,7500	0,8045	1,1300	0,92634
0,3600	0,3241	0,8560	0,27744	0,7600	0,8154	1,1400	0,93942
0,3700	0,3364	0,8680	0,29197	0,7700	0,5262	1,1400	0,95321
0,3800	0,3483	0,8790	0,30649	0,7800	0,8369	1,3900	0,97015
0,3900	0,3611	0,8910	0,32172	0,7900	0,8510	1,1400	0,98906
0,4000	0,3435	0,9020	0,33693	0,8000	0,8676	1,1400	1,00045
0,4100	0,3860	0,9130	0,35246	0,8100	0,8778	1,1400	1,00045
0,4200	0,3986	0,9210	0,36709	0,8200	0,8776	1,1400	1,00965
0,4400	0,4238	0,9430	0,39963	0,8400	0,8967	1,1400	1,03100
0,4500	0,4365	0,9550	0,41681	0,8500	0,9059	1,1400	1,04740
0,4600	0,4491	0,9640	0,43296	0,8600	0,9149	1,1400	1,04740
0,4800	0,4745	0,9830	0,46647	0,8800	0,9320	1,1300	1,06030
0,4900	0,4874	0,9910	0,48303	0,8900	0,9401	1,1300	1,06550
0,5000	0,5000	1,0000	0,50000	0,9000	0,9480	1,1200	1,07010
0,5100	0,5126	1,0090	0,51719	0,9100	0,9554	1,1200	1,07420
0,5200	0,5255	1,0160	0,53870	0,9200	0,9625	1,1200	1,07490
0,5300	0,5382	1,0230	0,55060	0,9300	0,9692	1,1100	1,07410
0,5400	0,5509	1,0290	0,56685	0,9400	0,9755	1,1000	1,07935
0,5500	0,5636	1,0330	0,58215	0,9500	0,9813	1,0900	1,07140

Fuente: INFOM-UNEPAR, Normas Generales para Diseño de Alcantarillado, Guatemala, 2001.

2.1.23. Coeficiente de rugosidad

El coeficiente de rugosidad va a depender de que material se utilice en el sistema de alcantarillado en nuestro caso se usa 0,0015 milímetros, ya que se usa la tubería de PVC.

Tabla IV. **Rugosidad absoluta de materiales**

RUGOSIDAD ABSOLUTA DE MATERIALES			
Material	ϵ (mm)	Material	ϵ (mm)
Plástico (PE, PVC)	0,0015	Fundición asfaltada	0,06-0,18
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,01	Fundición	0,12-0,60
Tubos estirados de acero	0,0024	Acero comercial y soldado	0,03-0,09
Tubos de latón o cobre	0,0015	Hierro forjado	0,03-0,09
Fundición revestida de cemento	0,0024	Hierro galvanizado	0,06-0,24
Fundición con revestimiento bituminoso	0,0024	Madera	0,18-0,90
Fundición centrifugada	0,003	Hormigón	0,3-3,0

Fuente: Most, Robert. Mecánica de fluidos. p.358.

2.1.24. Sección llena y parcialmente llena

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

$$A=D^2/4 (\pi\theta/360 * \text{Sen}\theta/2) P= \pi D\theta /360$$

$$R_h = D/4 (1 - 360 \text{ Sen}\theta / 2 \pi\theta)$$

Como se puede ver, en tuberías que trabajan a sección parcialmente llena, los cálculos del radio hidráulico del área del flujo son laboriosos, y por lo tanto, también los de la velocidad y el gasto.

Para facilitar este cálculo, se utilizará el gráfico de relaciones hidráulicas, el cual para cualquier relación de gasto (q) a gasto total de la alcantarilla (Q), las curvas de esta gráfica dan las relaciones de velocidad, área y altura del flujo a diámetro de alcantarilla.

Primeramente hay que determinar la velocidad y el gasto del tubo lleno, por medio de las fórmulas ya conocidas; también se puede usar el monograma y las tablas que han sido elaboradas con la fórmula ya conocidas, también se puede usar el monograma y las tablas que han sido elaboradas con la fórmula de Manning. Una vez obtenidos estos datos, se procede a sacar la relación entre los gastos (q/Q) (caudal de diseño entre caudal a sección llena) y se busca ese valor en el eje de las abscisas del diagrama, a partir de allí se levanta una vertical hasta interceptar la curva de descarga en un punto que referido a la escala de las ordenadas, situada a la izquierda da el valor de d/D .

La profundidad del flujo (tirante) se obtiene multiplicando esta última relación por el diámetro total del tubo, para obtener la velocidad, se busca la intersección de la línea horizontal que pasa por el valor de d/D ya conocido, con la curva de velocidades y se lee la relación v/v en la escala horizontal. La velocidad de la tubería parcialmente llena se obtiene multiplicando esta relación por la velocidad a sección llena.

La curva de velocidad y por lo tanto, la de la descarga, varían algo con el diámetro y pendiente, pero estas variaciones son pequeñas y pueden despreciarse.

En la gráfica de relaciones hidráulicas, se puede notar que la velocidad máxima ocurre cuando la profundidad del flujo es aproximadamente 0,8 D, por lo que generalmente los tubos en alcantarillados son diseñados para que el flujo máximo alcance una altura de 0,75 a 0,80 D.

2.1.25. Velocidades máximas y mínimas

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

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

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

Tabla V. **Velocidades máximas y mínimas**

Tipo de tubería	Velocidades mínimas	Velocidades máximas
Concreto	0,60 m/s	3,00 m/s
PVC	0,40 m/s	4,00 m/s

Fuente: INFOM-UNEPAR, Normas generales para el diseño de alcantarillado, Guatemala. 2001.

2.1.26. Colector

Se denomina colector al tramo del alcantarillado público que conecta diversos ramales de una alcantarilla. Se construye bajo tierra, a menudo al medio de las calles importantes, de manera que cada una de las viviendas de esa vía puedan conectarse para la evacuación apropiada de las aguas residuales.

2.1.26.1. Diámetro del colector

El diámetro de la tubería es una de las partes a calcular, se deben seguir ciertas normas para evitar que la tubería se obstruya. Las normas del Instituto Nacional de Fomento Municipal, INFOM, indican que el diámetro mínimo a colocar será de 8 pulgadas en el caso de tubería de concreto y de 6 pulgadas para tubería de PVC, esto si el sistema de drenaje es sanitario.

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

En este caso, el diámetro mínimo de tubería utilizado para el colector principal fue de 6 pulgadas y para las conexiones domiciliarias fue de 4 pulgadas, todas de tubería de PVC.

2.1.26.2. Profundidad del colector

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

A continuación, según estudios realizados sobre cargas efectuadas por distintos tipos de transportes, se determinan profundidades mínimas para la colocación del colector, desde la superficie del terreno hasta la parte superior extrema de la tubería, en cualquier punto de su extensión.

- Tubo de concreto
 - Para tránsito liviano (menor a 2 toneladas) = 1 m
 - Para tránsito pesado (mayor a 2 toneladas) = 1,20 m

- Tubo de PVC
 - Para tránsito liviano (menor a 2 toneladas) = 0,80 m
 - Para tránsito pesado (mayor a 2 toneladas) = 0,90 m

2.1.26.3. Profundidad mínima del colector

Según lo estipulado anteriormente y tomando en consideración que existen condiciones de tránsito liviano y pesado y diferentes diámetros de tubería, con los cuales se diseña un drenaje sanitario, en las siguientes tablas se presentan los valores de la profundidad mínima, para distintos diámetros de tubos de concretos y PVC.

Tabla VI. **Profundidad mínima del colector para tubería de concreto**

DIÁMETROS	4"	6"	8"	10"	12"	15"	18"	24"
TRÁNSITO LIVIANO	111	117	122	128	134	140	149	165
TRÁNSITO PESADO	131	137	142	148	154	160	169	185

Fuente: INFOM.

Tabla VII. **Profundidad mínima del colector para tubería de PVC**

DIÁMETROS	4"	6"	8"	10"	12"	15"	18"	24"
TRÁNSITO LIVIANO	60	60	60	90	90	90	90	90
TRÁNSITO PESADO	90	90	90	110	110	120	120	120

Fuente: INFOM.

2.1.27. Zanja de tuberías

La zanja de una tubería es el volumen de tierra excavado que nos permite emplear e instalar una tubería o, en general cualquier obra enterrada, de menor clase resistente.

2.1.27.1. Ancho de zanja

Para llegar a las profundidades mínimas del colector, se deben hacer excavaciones de estación a estación (pozos de visita), en la dirección que se determinó en la topografía de la red general; la profundidad de estas zanjas está condicionada por el diámetro y profundos requerida por la tubería a colocar. Se presenta a continuación una tabla que muestra anchos de zanjas aconsejables, en función del diámetro y de las alturas a excavar.

Tabla VIII. Ancho de zanja

Diámetro en pulgadas	Ancho de zanja		
	Para profundidades hasta 2 m	Para profundidades de 2 a 4 m	Para profundidades de 4 a 6 m
4	0,50	0,60	0,70
6	0,55	0,65	0,75
8	0,60	0,70	0,80
10	0,70	0,80	0,80
12	0,80	0,80	0,80
15	0,90	0,90	0,90
18	1,00	1,00	1,10
24	1,10	1,10	1,35

Fuente: INFOM.

2.1.27.2. Volumen de excavación

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

$$Vol = \frac{(H1 + H2) * d * z}{2}$$

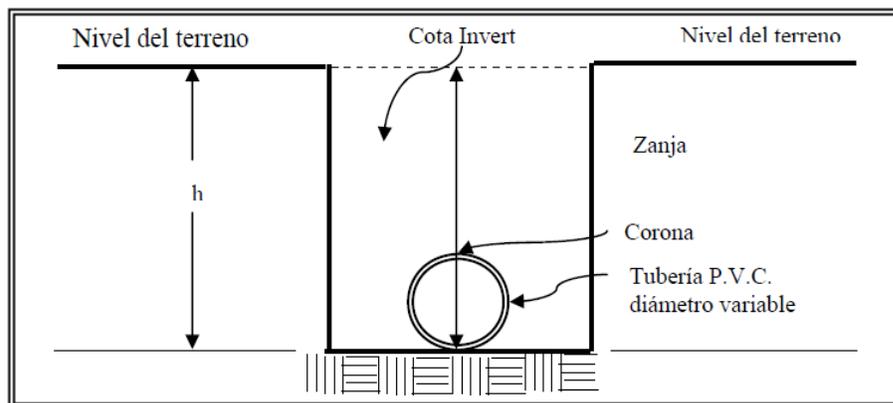
Donde:

- Vol. = volumen de excavación (m³)
- H1 = profundidad del primer pozo (m)
- H2 = profundidad del segundo pozo (m)
- D = distancia entre pozos (m)
- Z = ancho de la zanja (m)

2.1.27.3. Cotas Invert

Es la cota de nivel que determina la colocación de la parte interior inferior de la tubería que conecta dos pozos de visita. Las cotas del terreno, al igual que los puntos de entrada y salida de la tubería en un tramo del alcantarillado.

Figura 6. Forma de medir la Cota Invert



Fuente: elaboración propia.

2.1.28. Pozos de visita

Es la parte de un sistema de alcantarillado que nos permite cambiar de diámetro en las tuberías, cambiar pendientes, cambiar direcciones en curvas y nos permite verificar el funcionamiento adecuando del sistema.

2.1.28.1. Ubicación de los pozos de visita

Luego de determinar la ruta donde correrá y se ejecutará la red de alcantarillado, se tomará en cuenta colocar pozos de visita en los siguientes casos o combinación de ellos.

- Donde exista cambio de diámetro
- En intersecciones de dos o más tuberías
- En cambio de pendiente
- En el inicio de cualquier ramal
- En distancia no mayores de 100 metro
- En curvas no más de 30 metro

2.1.28.2. Profundidad de los pozos de visita

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

$$HP.V = \text{Cota del terreno al inicio} - \text{Cota Invert de salida del tramo}$$

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

Cuando a un pozo de visita entra una tubería y sale otra del mismo diámetro, la Cota Invert de salida estará como mínimo 3 centímetros debajo de la Cota Invert de entrada.

$$\varphi A = \varphi B$$

$$\text{Cota Invert de salida} - \text{Cota Invert entrada} - 0,03$$

Cuando a un pozo de visita entre una tubería de diámetro y salga otro de diferente diámetro, la Cota Invert de salida estará situada como mínimo a la diferencia de los diámetros de la Cota Invert de entrada.

$$\varphi A > \varphi B$$

$$\text{Cota Invert de salida} = \text{Cota Invert entrada} - ((\varphi A > \varphi B) * 0,0254)$$

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

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

La Cota Invert de salida de la tubería de seguimiento deberá cumplir con las especificaciones anteriormente descritas.

En la siguiente tabla se muestran los diámetros mínimos de pozos de visita.

Tabla IX. **Diámetros mínimos de pozos de visita**

Diámetro de tubería efluente(in)	Diámetro mínimo del pozo(metros)
8	1,2
10	1,2
12	1,2
14	1,5
16	1,5
18	1,5
20	1,5
24	1,75
30	1,75
36	1,9
40	2
42	2
60	2,5

Fuente: INFOM.

2.1.29. Características de las conexiones domiciliare

La tubería será de 6 pulgadas, si es de concreto, y 4 pulgadas, si es de PVC, con una pendiente que varía del 2 al 6 por ciento, que sale de la candela domiciliar hacia la línea principal, uniéndose a esta en un ángulo de 45 grados a favor de la corriente del caudal interno del colector.

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

2.1.29.1. Diseño hidráulico

El diseño de la red de alcantarillado sanitario se elabora de acuerdo con las Normas ASTM 3034 y las normas que establece el Instituto de Fomento Municipal (INFOM). En este proyecto se beneficiará el 100 por ciento de las viviendas actuales. En el diseño se asumió velocidades mínimas de 0,4 metros por segundo ya que las normas del fabricante de PVC establece 0,4 a 4,00 metros por segundo.

Tabla X. **Bases generales de diseño proyecto alcantarillado sanitario**

Período de diseño	20 años
Viviendas actuales	108 viviendas
Viviendas futuras	177viviendas
Densidad de habitantes/vivienda	6 habitantes por vivienda
Población actual	648 habitantes
Tasa decrecimiento	2,5%
Población futura	1 062
Dotación	100 l/hab./día
Factor de retorno	0,70
Velocidades máximas y mínimas	0,40 < V ≤ 3 m/s.(T.P.V.C.)
Tipo y diámetro de tubería mínimo	PVC de 6 pulgadas n = 0,010
Conexión domiciliar	
Tipo y diámetro de tubería	PVC de 4pulgadas
Pendiente dela tubería	0,25 a 1%
Candela	Concreto 12 pulgadas de Ø
Pozo de visita	
Altura de cono	0,90 m
Diámetro superior mínimo	0,75 m
Diámetro inferior mínimo	1,20 m

Fuente: elaboración propia.

2.1.30. Ejemplo de un tramo

Se analizó del tramo 10 al tramo 11, en el cual se verifica si cumple con todos las normas de diseño requeridas por el INFOM o por las normas del fabricante, con velocidades máximas y mínimas tirante mínimo y máximo dentro de la tubería.

- Cota terreno inicio: 1 027,00 metros
- Cota terreno final: 1 025,00 metros
- Distancia: 75,00 metros
- Viviendas del tramo: 4 unidades
- Población actual = 4 X 5 = 20 habitantes
- Población futura = 20 Habitantes

$$\text{Pendiente del terreno} = \frac{1\,025,00 - 1\,027,00}{75} * 100 = 2,67\%$$

Se tomaron igual las poblaciones actuales y futuras ya que es un sector el cual no puede crecer y ya tiene los lotes establecidos, para que el sistema funcione correctamente en el período de diseño, cumpliendo con los criterios adoptados.

$$Q_{\text{dom}} = \frac{(100 \text{ l/hab}) / \text{día} * 20 \text{ hab} * 0,70}{(86\,400)} = 0,016 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{ilic}} = ((2,5) * 0,016 \text{ l/s}) / 100 = 0,00055 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{sanitario}} = 0,016 + 0,00055 = 0,016 \text{ l/s}$$

Factor de caudal medio

Según Dirección general de Obras Públicas, (DGOB):

$$0,002 \leq F_{qm} \leq 0,005$$

Según Municipalidad de Guatemala

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

Según Instituto de Fomento Municipal, (INFOM)

$$F_{qm} = 0,0046$$

Ya que el valor es menor que el rango del factor de caudal medio se asume su valor más próximo el cual es 0,002

Caudal de diseño

$$Q_{dis} = 20 * 2,65 * 0,002$$

$$Q_{dis} = 0,11 \text{ l/s}$$

Sumando el caudal proveniente del tramo 9 – 10 se obtiene el caudal de diseño acumulado:

$$Q_{dis} = 0,11 + 3,42$$

$$Q_{dis} = 3,52 \text{ l/s}$$

Utilizando un diámetro de 10 pulgadas y una pendiente igual a 0,01, se tiene que, utilizando la fórmula de Manning, se calcula la velocidad y el caudal a sección llena del tubo, donde:

$$V = \frac{0,0254 * D^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}}{n}$$

$$V = \frac{0,0254 * 10^{\frac{2}{3}} * 0,01^{1/2}}{0,013} = 1,76 \text{ m/s}$$

$$Q = V * A$$

$$Q = 1,76 * \pi * \frac{10^2}{4} * 0,01 = 6,16 \text{ l/s}$$

Relación hidráulica

$$q/Q = 0,5713$$

$$v/V = 1,032696$$

$$V = 1,83 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{ok}$$

$$d/D = 0,541$$

$$D = 0,541 \quad \text{ok}$$

De acuerdo con estos resultados, se comprueba que se cumplen los rangos de velocidades máximas y mínimas. Los demás resultados se encuentran en la tabla hidráulica en anexos.

2.1.31. Desfogue

Para desfogar las aguas recolectadas en los distintos ramales que componen este sistema de drenajes, se utilizará el colector municipal principal, ya que las condiciones del terreno y del sistema mismo permiten que se ingieran las aguas negras sin ningún obstáculo.

Ambos sistemas se interceptan en un punto, y por lo tanto facilitan la interconexión de las aguas de la zona 1 de San Miguel Petapa, ya que este colector fue diseñado para recoger todas estas aguas y trasladarlas hacia un punto donde se pretende construir una planta de tratamiento general para todas las aguas negras del municipio de San Miguel Petapa.

2.1.32. Elaboración de planos

Los planos elaborados para el sistema de alcantarillado sanitario se presentan en el apéndice 1, están conformados por los planos requeridos en la Municipalidad de San Miguel Petapa:

- Planta de densidad de vivienda
- Planta general de la red de alcantarillado sanitario
- Plantas y perfiles
- Detalle de pozo de visita
- Conexión domiciliar

2.1.33. Presupuesto del proyecto

En la integración del presupuesto se consideraron como costos directos: la mano de obra calificada, la no calificada, las prestaciones laborales, los materiales de construcción y el transporte de los mismos. Como costos indirectos se consideraron: la supervisión técnica, los costos de administración y la utilidad asumiendo un costo de indirectos de 40 por ciento. Los salarios de la mano de obra se estimaron con base en el salario mínimo establecido por la ley. En cuanto al precio de los materiales, se tomaron los que se manejan en la región.

Tabla XI. **Presupuesto general drenaje sanitario**

Presupuesto						
No	Descripcion	Unidad	Cantidad	Costo unitar	Sub total	Total
1	Trabajos preliminares					
1,1	Replanteo topográfico	ml	2 200,00	3,34	7 350,77	
1,2	Excavación	m ³	1 760,00	29,59	51 981,77	
1,3	Relleno	m ³	1 100,00	43,43	47 773,915	107 106,46
2	Instalacion de tuberia					
2,1	Intalacion de tuberia	ml	2 200,00	243.790609	536 339,34	
2,2	Conexiones domiciliars	Unidad	500,00	1318.5372	659 268,6	1 195 607,94
3	Pozo de visita					
3,1	pozos de visita 1,5 m	unidad	14,00	2 232,42	31 253,88	
3,2	pozos de visita 2,00 m	unidad	24,00	1 711,42	41 074,15	
3,3	pozos de visita 2,5 m	unidad	20,00	2 053,70	41 074,15	
3,4	pozos de visita 3,00 m	unidad	10,00	6 129,42	61 294,25	
3,5	pozos de visita 4,00 m	unidad	2,00	25 857,92	51 715,84	
3,6	pozos de visita 5,00 m	unidad	3,00	17 238,61	51 715,84	278 128,12
Total						1 580 842,53

Fuente: elaboración propia.

2.1.34. Evaluación del Impacto Ambiental (EIA)

En primer lugar se señalan a las comunidades que son las más afectadas cuando hay un proyecto de carácter ambiental, ya que implica una serie de cambios. Actualmente se ha visto afectada tanto la salud de los pobladores del lugar, porque las aguas residuales son descargadas sobre la superficie del suelo, provocando la formación de lodo, la proliferación de zancudos que transmiten enfermedades; por lo que la población está teniendo una participación negativa en el ambiente

La base del sistema es una matriz, en la cual las entradas de las columnas son las acciones del hombre que pueden alterar el medio y las entradas de las filas son los factores ambientales susceptibles de alterarse, con estas entradas en columnas y filas se pueden definir las interacciones existentes.

Para este proyecto, se procedió a dar valores en el rango de -5 a 5 al resultado de cada acción sobre cada factor ambiental, los valores muestran si el impacto será positivo o negativo, el color rojo representa el impacto negativo el color amarillo representa el impacto positivo y el color blanco representa impacto neutro.

Según la matriz de Leopold, este proyecto no tendrá impacto ambiental negativo permanente, este solo sucederá durante el período de construcción, donde el suelo sufrirá un leve cambio por ser removido al momento de la excavación, provocando dificultades en el tránsito y posibles problemas de polvo. Como impacto ambiental positivo, se tiene la eliminación de aguas residuales, que fluyen sobre la superficie del suelo, eliminando con esto la posibilidad de contaminación de la capa freática y además la eliminación de fuentes de proliferación de enfermedades.

Tabla XII. **Matriz de Leopold**

			ACCIONES CON POSIBLES EFECTOS										
			Modificación del régimen			Transformación del territorio			Operación y mantenimiento				
			Alteración cubierta y terrestre	Ruido y vibraciones	Excavación de zanjas	Drenaje pluvia	Tratamiento de aguas negras	Operación de conducción en tuberías	Eliminación de aguas residual	Impacto en ambiente	Importancia de impacto		
FACTORES AMBIENTALES	Físico químico	Tierra	Suelos	0	0	-1	2	3	1	3	8		
				5	4	3	5	5	5	5	32		
		Agua	Calidad	1	0	2	5	5	5	5	23		
				3	2	3	5	5	4	5	27		
		Atmosfera	Calidad	1	-1	0	4	4	4	4			
				2	2	3	2	4	3	5			
	Inundaciones		0	0	2	5	3	4	3	33			
			5	2	1	5	3	5	3	45			
	Condiciones biológicas	Procesos	Compactación	1	0	-2	3	3	2	2	9		
				3	2	4	4	2	3	3	21		
		Flora	Arboles	0	0	0	-1	2	0	2			
				5	3	2	2	2	2	2			
			Cosecha	-1	0	-1	3	3	3	3	13		
				4	4	2	5	5	4	5	47		
		Fauna	Macro fauna	0	-1	0	1	2	2	3	7		
				3	3	3	4	3	4	3	23		
		Factores culturales	Uso del territorio	Agrícola	2	2	0	5	5	4	5		
					3	1	2	5	4	4	5		
				Zona residencial	2	-3	-2	5	5	5	5	40	
			Nivel cultural	Culturas o forma de vida	5	4	4	5	5	5	5	57	
	-2				-2	-2	4	4	4	4			
	Salud y seguridad			3	3	3	5	5	4	4			
				1	0	0	4	4	4	4			
	Empleo			3	4	5	5	5	5	5	27		
0				0	0	0	0	0	0	84			
Servicio e infraestructura	Red de transporte		-2	-2	0	2	0	1	1				
			5	3	5	3	3	2	2				
	Servicios		-2	-1	-2	3	3	3	4	8			
		4	3	4	5	4	4	4	51				

Fuente: elaboración propia.

3. DISEÑO DE CARRETERA PARA LA COMUNIDAD GRANJAS GERONA, MUNICIPIO DE SAN MIGUEL PETAPA

3.1. Memoria descriptiva de la situación del proyecto

La comunidad de Granjas Gerona pertenece al municipio de San Miguel Petapa del departamento de Guatemala, localizado al sur de la ciudad capital de Guatemala. Tiene una población aproximada de 124 898,00 habitantes de acuerdo al censo del 2008, el acceso al municipio de San Miguel Petapa, existen tres vías de acceso por carretera asfaltada desde la capital de Guatemala. La primera de ellas son 16 kilómetros por carretera CA-09 al sur y se tiene acceso por medio del municipio de Villa Nueva y de allí por la carretera departamental Guatemala, al sureste 4 kilómetros hacia San Miguel Petapa.

El segundo acceso por la carretera interdepartamental 2-S, que parte del Obelisco, hasta llegar al municipio de Villa Canales y de este hacia San Miguel Petapa que dista a 4 kilómetros al noreste; el tercer acceso que es por medio de la avenida Petapa, cruzando el bulevar de Ciudad Real en Villa Nueva y llegar hasta el parque de San Miguel Petapa.

Las calles del sector de Granjas Gerona, cuenta con un tratamiento de balasto, agua potable, energía eléctrica, líneas telefónicas. La pavimentación será de aproximadamente 2 100 metros de longitud y un ancho promedio de 9,00 metros.

3.2. Período de diseño

El período de diseño para una carretera varía dependiendo, generalmente, de aspectos económicos siendo un período muy largo que incrementaría costos. La Municipalidad de San Miguel Petapa adopta para sus proyectos de infraestructura un periodo de 20 años, por lo cual se utiliza este dato.

3.3. Topografía

Dependiendo del tamaño y tipo del proyecto, habitantes a ser beneficiados, características del terreno, aparatos a emplearse y errores permisibles, los levantamientos topográficos a realizarse pueden ser de primero, segundo o tercer orden, dependiendo de la complejidad del proyecto. En nuestro caso utilizamos topografía de primer orden, ya que el tramo es considerablemente pequeño, pero necesita de mucha precisión y los errores deben ser casi imperceptibles.

3.4. Planimetría

También llamado Control Horizontal. La planimetría sólo tiene en cuenta la proyección del terreno sobre un plano horizontal imaginario (vista en planta) que se supone que es la superficie media de la tierra; esta proyección se denomina base productiva y es la que se considera cuando se miden distancias horizontales y se calcula el área de un terreno. Aquí no interesan las diferencias relativas de las elevaciones entre los diferentes puntos del terreno. La ubicación de los diferentes puntos sobre la superficie de la tierra se hace mediante la medición de ángulos y distancias a partir de puntos y líneas de referencia proyectadas sobre un plano horizontal.

El conjunto de líneas que unen los puntos observados se denomina Poligonal Base y es la que conforma la red fundamental o esqueleto del levantamiento, a partir de la cual se referencia la posición de todos los detalles o accidentes naturales y/o artificiales de interés. La poligonal base puede ser abierta o cerrada según los requerimientos del levantamiento topográfico. Como resultado de los trabajos de planimetría se obtiene un esquema horizontal.

El método utilizado es el de poligonal abierta ya que se utiliza cuando de una sola estación no se domina todo el sector a levantar y es necesario utilizar más estaciones. La posición de una segunda estación se determina desde la primera por radiación y la posición de una tercera desde la segunda por el mismo procedimiento. El método de la poligonal se utiliza para ligar entre sí las diferentes estaciones de un mismo levantamiento.

3.5. Altimetría

La altimetría se encarga de la medición de las diferencias de nivel o de elevación entre los diferentes puntos del terreno, las cuales representan las distancias verticales medidas a partir de un plano horizontal de referencia. La determinación de las alturas o distancias verticales también se puede hacer a partir de las mediciones de las pendientes o grado de inclinación del terreno y de la distancia inclinada entre cada dos puntos. Como resultado se obtiene el esquema vertical.

El método utilizado es el nivelación por alturas o geométricas ya que es el principal y más exacto, se verifica por medio de la diferencia de las distancias de dos puntos a un plano horizontal.

3.6. Estudio de suelos

En todo proyecto de pavimentación a realizar se debe tener conocimiento de las características del suelo. El diseño del pavimento se basa en los resultados de los ensayos del laboratorio efectuados con el material de suelo del lugar a construir.

3.6.1. Límites de Atterberg

Son las propiedades plásticas de los suelos limosos y arcillosos pueden ser analizadas a través de pruebas empíricas o bien por el ensayo de límites de consistencia. Se puede citar los análisis de identificación preliminar de suelos finos: resistencia en seco, tenacidad y sedimentación. Para el pavimento de la comunidad de Granjas Gerona este ensayo de límites se describe como arena limosa color café oscuro y de material no plástico, según norma AASHTO T-89 y T-90. Ver apéndice.

3.6.2. Análisis granulométrico

El ensayo consiste en clasificar las partículas de suelo por tamaños, representándolos luego en una gráfica. El tipo de ensayo que se realizó fue de análisis granulométrico, con tamices, según la norma de clasificación AASHTO T-27. Ver apéndice.

3.6.3. Ensayo de contenido de humedad

El contenido de humedad es la relación entre el peso de agua contenida en la muestra y el peso de la muestra después de ser secada al horno, expresada en porcentaje o cantidad de agua presente en el suelo. Este es el

ensayo más usado pues se utiliza en los ensayos de compactación para el contenido de humedad (Proctor), el ensayo de valor soporte, los límites de consistencia y las densidades de campo. Ver apéndice.

3.6.4. Ensayo de compactación para el contenido óptimo de humedad (Proctor)

El ensayo nos permite conocer las características de compactación de un suelo: humedad óptima y densidad máxima. Existen dos tipos de análisis:

- Proctor estándar
- Proctor modificado

La compactación es el proceso, realizado generalmente por medios mecánicos, de efectuar presiones sobre el material para mejorar su densidad o acondicionar mejor su volumen disminuyendo sus vacíos. En este ensayo se trabaja con el proctor modificado, según AASHTO T-180. Ver apéndice.

3.6.5. Ensayo del valor relativo de soporte del suelo (CBR)

El ensayo de CBR tiene como función la determinación de la resistencia de un suelo ante un esfuerzo cortante en condiciones de compactación y humedad.

Este ensayo consiste en preparar la muestra del suelo con la humedad óptima encontrada en el ensayo de Proctor modificado, dicha muestra se procede a compactar en 5 capas en un cilindro metálico de 0,075 pies cúbicos de volumen, dicha compactación se realiza con un martillo de 10 libras. A una caída libre de 18 pulgadas.

El material debe estar compactado a diferentes porcentajes, esto se logra compactando tres muestras en tres cilindros por separado, las muestras deben ser compactadas a 10, 30 y 65 golpes con el martillo anteriormente descrito. Esto tiene como fin la obtención de distintos grados de compactación. Posteriormente se procede a sumergir en agua las muestras compactadas en los cilindros por un periodo de 72 horas tomando medidas de hinchamiento a cada 24 horas.

Una vez transcurridas las 72 horas se procede a someter a la muestra a una carga (a velocidad constante) producida por un pistón de 3 pulgadas cuadradas de área, se calculan los esfuerzos para las penetraciones de 0,1 y 0,2 pulgadas.

El CBR es expresado como un porcentaje del esfuerzo determinado para hacer penetrar el pistón a 0,1 y 0,2 pulgadas en una muestra de piedra triturada. Este procedimiento de ensayo está regido por la norma AASHTO STANDARD T-193. Según el resultado del ensayo CBR el suelo posee un valor soporte de 16 por ciento con una compactación del 95 por ciento, siendo el suelo apto para una subrasante de calidad buena. Ver anexo.

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

CBR (%)	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 en ingeniería civil. p. 191.

3.6.6. Análisis de resultados

El análisis de suelos, es una herramienta importante para evaluar la calidad del suelo que se utilizará, previendo si es un suelo óptimo o hay que mejorar sus características para que de una capacidad de carga adecuada.

Tabla XIV. Análisis de resultados

Clasificación	
CSU	SP-SM
PARA	A-4-a
Descripción del suelo	Arena limosa color café oscuro
Límites de Atterberg	Material no plástico
Peso unitario máximo	1,548 T/m ³ (96,6 lb/pie ³)
Humedad óptima	19,00%
CBR	16% al 95% de compactación

Fuente: elaboración propia.

3.7. Elementos estructurales de la carretera

Es toda estructura que está diseñada para soportar las necesidades y demandas al cual se someterá la estructura, esto dependerá del tipo de material que sea empleado y el tiempo de vida útil al cual el proyecto fue diseñado. Los elementos estructurales de una carretera son pavimento, base, sub-base, carpeta de rodadura, cunetas, drenajes transversales.

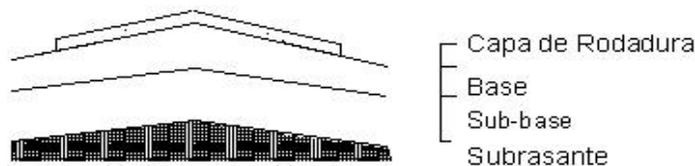
3.7.1. Pavimento

Es toda la estructura que descansa sobre el terreno de fundación o subrasante compactada, y que está formado por una o varias capas de sub-base, base y carpeta de rodadura, de materiales adecuadamente

seleccionados, el pavimento soporta y distribuye la carga en una presión unitaria lo suficientemente disminuida para estar dentro de la capacidad del suelo que constituye la capa de apoyo, reduciendo la tendencia a la formación de fallas. La capacidad estructural del pavimento implica soportar las cargas impuestas por el tránsito y las condiciones ambientales. La capacidad estructural y funcional está íntimamente relacionada.

En efecto, un deterioro estructural de un pavimento se manifiesta por una disminución de su capacidad funcional ya que hay un incremento en rugosidad, ruido, y aún riesgo para los vehículos y ocupantes que lo transiten. En la siguiente figura se describe las diferentes partes o elementos estructurales de un pavimento.

Figura 7. **Elementos estructurales del pavimento**



Fuente: elaboración propia.

3.7.2. Tipos de pavimento

Históricamente hay dos tipos clásicos de estructuras de pavimento, el rígido y el flexible, siendo la principal diferencia entre los dos la forma en que reparten la carga.

3.7.2.1. Pavimento rígido

Los pavimentos rígidos (tradicionalmente de hormigón) tienen un gran módulo de elasticidad y distribuyen cargas sobre un área grande. La principal consideración de diseño es la resistencia estructural del hormigón; pequeñas variaciones en la subrasante tienen poca influencia sobre la capacidad estructural del pavimento.

3.7.2.2. Pavimento flexible

Los pavimentos flexibles consisten en una serie de capas, y la distribución de cargas viene determinada por las características del sistema de capas. Se consigue resistencia con la construcción de capas gruesas, en vez de con la torsión de una losa. Los principios básicos de diseño son comunes para ambos tipos: seguro, económico, duradero, perfil liso.

3.7.3. Consideraciones de pavimento

En el proyecto de cualquier pavimentación los factores más importantes que hay que tener en cuenta son las características de su base de apoyo, las cargas que ha de soportar en función de su uso, estáticas o dinámicas, la resistencia a la abrasión, según la intensidad de tránsito peatonal, rozamiento por vehículos.

3.7.3.1. Subrasante

Es el suelo natural donde se construirá el pavimento, puede estar formado por un suelo natural mejorado o una sustitución de éste. El tipo de suelo que conforma la subrasante, depende de las características que tenga, las cuales se

obtienen a través de los ensayos de laboratorio. Los espesores de las diferentes capas del pavimento, dependen de la capacidad soporte de la subrasante.

Según los resultados del laboratorio la calidad de la subrasante es buena ya que su CBR es de 16 por ciento a una compactación del 95 por ciento, por lo que se encuentra en el rango de 5-20 según tabla XII de calidad de subrasante en función del CBR. La subrasante debe compactarse a un 95 por ciento como mínimo de la densidad máxima obtenida en el laboratorio.

Comúnmente los suelos de mala calidad, son los que tienen materia orgánica y arcilla en exceso. Para evitar los efectos nocivos de este tipo de suelos, la mejor alternativa es sustituirlos. La subrasante, debe compactarse hasta obtener como mínimo el 95 por ciento de compactación en una capa de 30 centímetros de espesor, con respecto a la densidad máxima obtenida en laboratorio.

Para efectos de este proyecto se debe de limpiar el terreno y retirar todo el material, así como todo vegetal que se encuentre en el área de trabajo. La calidad de nuestra subrasante es buena ya que se encuentra en el rango es de 16 por ciento a una compactación del 95 por ciento según los ensayos del laboratorio.

3.7.3.2. Subbase

Es la primera capa de la estructura destinada a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito provenientes de las capas superiores del pavimento, de tal manera que el suelo de la subrasante las pueda soportar.

Está constituida por una capa de material granular o estabilizado, de un espesor compactado, según las condiciones y características de los suelos existentes en la subrasante pero en ningún caso menor de 10 centímetros ni mayor de 70 centímetros. Deberá estar libre de vegetales, basura, terrones de arcilla, y/o cualquier otro material que pueda causar fallas en el pavimento. Sus funciones son:

- Eliminar la acción del bombeo
- Aumentar el valor soporte
- Tiene por objeto:
 - Servir de capa de drenaje al pavimento.
 - Controlar, o eliminar los cambios de volumen, elasticidad y plasticidad perjudiciales que pudiera tener el material del terreno.
 - Controlar la ascensión capilar del agua proveniente de las capas freáticas cercanas, o de otras fuentes, protegiendo el pavimento contra los hinchamientos que se producen en época de helada (las heladas tienen una acción muy limitada en los países latinoamericanos).

El material de la Subbase debe tener las características de un suelo A-1 o A-2, aproximadamente. Su límite líquido debe ser inferior a 35 por ciento y su índice plástico no mayor de 6, el CBR no debe bajar de 15 por ciento. Si la función principal de la Subbase es servir de capa de drenaje, el material a emplearse debe ser granular, la cantidad de material fino (limo y arcilla) que pase el tamiz número 200 no debe ser mayor del 8 por ciento.

3.7.3.3. Base

Es la capa, que transmite las cargas provenientes de la capa de rodadura, hacia las capas inferiores. Su espesor varía entre 10 y 30 centímetros. La base evita el ascenso de un suelo fino a la superficie por las juntas, ayuda a evitar los cambios de volumen de las capas inferiores. Para la base de este proyecto se propone colocar una capa de material selecto de buena calidad que en su mayor parte presente limo arenoso.

El material de base debe estar conformado de grava de buena calidad, triturada y mezclada con material de relleno y libre de materia vegetal, basura o terrones de arcilla. Además, debe llenar los requisitos de valor soporte el cual debe tener un CBR mínimo 16, efectuado sobre muestra saturada a 95 por ciento de compactación (AASHTO T-180).

3.7.3.4. Carpeta de rodadura

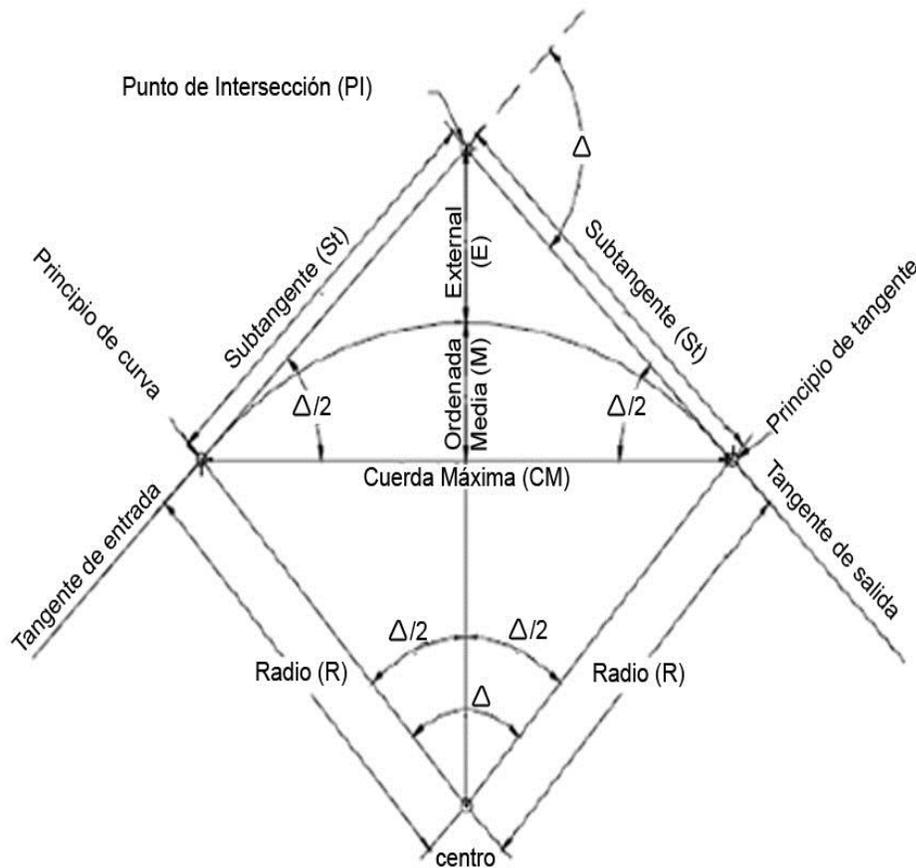
Es la capa que se coloca sobre la base o superficie, formada por una losa de concreto hidráulico (armadas o sin armar), sobre las que soportan las cargas del tránsito, se considera también que tengan otros elementos (no estructurales), para la protección de capas de superficie como las capas internas.

3.8. Diseño de curvas horizontales y verticales

Consiste en el diseño de la línea final de localización en planimetría, mediante el cálculo de las curvas horizontales, las cuales definirán la ruta a seguir, en el proceso de diseño y cálculo se deben considerar varios aspectos técnicos.

Las curvas horizontales forman parte del alineamiento horizontal de una carretera; son arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas; pueden ser simples (solo una curva circular) o compuestas (formadas por dos o más curvas circulares simples, del mismo sentido o no y diferente radio). Están compuestas por los siguientes elementos:

Figura 8. **Elementos de curva horizontal**



Fuente: Alvaro Danilo Yllescas Ponce. Diseño del tramo carretero comprendido desde el entronque del kilómetro 171+400 carretera Interamericana (CA-1), hacia el caserío Nuevo Xetinamit, del municipio de Nahualá, departamento de Sololá. p. 24.

Tabla XV. Clasificación y características de las carreteras

CONCEPTO	UNIDAD	TIPO DE CARRETERA																																			
		E		D		C		B		A																											
EN EL HORIZONTE DE PROYECTO	Veh/día	HASTA 100		100 a 500		500 a 1500		1500 a 3000		MAS DE 3000																											
TERRENO		MONTAÑOSO																																			
		ONDULADO																																			
		PLANO																																			
VELOCIDAD DE PROYECTO	Km/h.	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300								
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA	m	30	40	55	75	95	30	40	55	75	95	115	135	155	175	95	115	135	155	175	75	95	115	135	155	175	95	115	135	155	175						
DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE REBASE	m	-	-	-	-	-	135	100	225	270	315	180	225	270	315	360	405	450	225	270	315	360	405	450	495	270	315	360	405	450	495						
GRADO MÁXIMO DE CURVATURA	°	60	30	17	11	75	60	30	17	11	75	30	17	11	75	55	425	425	17	11	75	55	425	425	11	75	55	425	425	11	75	55	425	425			
CURVAS	CRESTA	4	7	12	23	36	3	4	9	14	20	4	6	14	30	31	43	57	6	14	20	31	43	57	14	20	31	43	57	72	14	20	31	43	57	72	
	VALLE	4	7	10	15	20	4	7	10	15	20	7	10	15	20	25	31	37	10	15	20	25	31	37	43	15	20	25	31	37	43	15	20	25	31	37	43
VERTICALES	LONGITUD MINIMA	20	30	30	40	40	20	30	30	40	40	30	30	40	40	50	50	60	30	40	40	50	50	60	40	40	40	50	50	60	40	40	40	50	50	60	60
PENDIENTE GOBERNADORA	%	9	7	-	-	-	9	6	-	-	-	6	5	5	-	-	-	5	4	-	-	-	-	4	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PENDIENTE MÁXIMA	%	13	10	7	-	-	12	9	6	-	-	9	7	5	-	-	-	7	6	-	-	-	-	6	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LONGITUD CRÍTICA	m	VER FIG. No. 004.4		VER FIG. No. 004.4		VER FIG. No. 004.4		VER FIG. No. 004.4		VER FIG. No. 004.4		VER FIG. No. 004.4		VER FIG. No. 004.4		VER FIG. No. 004.4		VER FIG. No. 004.4		VER FIG. No. 004.4		VER FIG. No. 004.4		VER FIG. No. 004.4		VER FIG. No. 004.4		VER FIG. No. 004.4		VER FIG. No. 004.4		VER FIG. No. 004.4		VER FIG. No. 004.4			
ANCHO DE CALZADA	m	4.0		6.0		6.0		6.0		6.0		6.0		6.0		6.0		6.0		6.0		6.0		6.0		6.0		6.0		6.0		6.0		6.0			
ANCHO DE CORONA	m	4.0		6.0		6.0		6.0		6.0		6.0		6.0		6.0		6.0		6.0		6.0		6.0		6.0		6.0		6.0		6.0		6.0			
ANCHO DE HOMBROS	m	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-			
ANCHO DE FAJA SEPARADORA CENTRAL	m	-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-			
BOMBEO	%	3		3		3		3		3		2		2		2		2		2		2		2		2		2		2		2		2			
SOBREELEVACION MÁXIMA	%	10		10		10		10		10		10		10		10		10		10		10		10		10		10		10		10		10			
SOBREELEVACIONES PARA TRAMOS MENORES AL MÁXIMO	%	VER TABLA No. 004-4		VER TABLA No. 004-4		VER TABLA No. 004-4		VER TABLA No. 004-4		VER TABLA No. 004-4		VER TABLA No. 004-4		VER TABLA No. 004-4		VER TABLA No. 004-4		VER TABLA No. 004-4		VER TABLA No. 004-4		VER TABLA No. 004-4		VER TABLA No. 004-4		VER TABLA No. 004-4		VER TABLA No. 004-4		VER TABLA No. 004-4		VER TABLA No. 004-4		VER TABLA No. 004-4			
AMPLIACIONES Y LONGITUDES MINIMAS DE TRANSICIONES	m	No. 004-4		No. 004-4		No. 004-4		No. 004-4		No. 004-4		No. 004-4		No. 004-4		No. 004-4		No. 004-4		No. 004-4		No. 004-4		No. 004-4		No. 004-4		No. 004-4		No. 004-4		No. 004-4		No. 004-4			

Fuente: normas de servicios técnicos, proyecto geométrico, Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Para el diseño es necesario establecer un radio de curva en función de las deflexiones. Después se procede al cálculo de las curvas horizontales. Con la ayuda de la tabla XIV se determina el tipo de carretera y el tipo de terreno, obteniendo de esa manera la velocidad de diseño.

Las normas geométricas de las carreteras variaran según las características topográficas del terreno que atraviesen. Se considerarán los siguientes tipos de terreno:

- Plano
- Ondulado
- Montañoso

Para el diseño de la carretera de Granjas Gerona San Miguel Petapa, se obtuvo una clasificación de carretera tipo E y una clasificación de terreno ondulado por lo que su velocidad de diseño fue optado de 40 kilómetros por hora.

En la tabla XIV, se encuentran los radios que deben tener las curvas horizontales según el grado de curvatura escogido, además de otros elementos que son: peralte, sobre ancho y longitud de espiral. Se debe tomar en cuenta que la carretera será tipo E, por lo que en teoría, el radio, mínimo utilizado deberá ser de 47 metros.

Tabla XVI. Especificaciones para curvas circulares, especificaciones para caminos de penetración, sección típica E

G	RADIO	20 K.P.H.			30 K.P.H.			40 K.P.H.					
		DB = 10			DB = 11			DB = 12					
		e%	LS	Δ	SA	e%	LS	Δ	SA	e%	LS	Δ	SA
1	1145.92	0.20	11	0.60	0.00	0.50	17	0.80	0.00	0.80	22	1.10	0.00
2	572.96	0.40	11	1.10	0.00	0.90	17	1.70	0.00	1.60	22	2.20	0.00
3	381.97	0.60	11	1.70	0.00	1.30	17	2.50	0.00	2.30	22	3.30	0.60
4	286.48	0.80	11	2.20	0.00	1.70	17	3.30	0.60	3.00	22	4.40	0.60
5	229.18	1.00	11	2.80	0.00	2.10	17	4.20	0.60	3.70	22	5.60	0.60
6	190.99	1.20	11	3.30	0.60	2.50	17	5.00	0.60	4.40	22	6.70	0.60
7	163.70	1.30	11	3.90	0.60	2.90	17	5.80	0.60	5.00	22	7.80	0.60
8	143.24	1.50	11	4.40	0.60	3.30	17	6.70	0.60	5.50	22	8.90	0.60
9	127.32	1.70	11	5.00	0.60	3.70	17	7.50	0.60	6.10	24	10.60	0.65
10	114.59	1.90	11	5.60	0.60	4.00	17	8.30	0.61	6.60	25	12.70	0.70
11	104.17	2.10	11	6.10	0.60	4.40	17	9.20	0.65	7.00	27	15.00	0.75
12	95.49	2.20	11	6.70	0.60	4.70	17	10.10	0.70	7.50	29	17.40	0.80
13	88.15	2.40	11	7.20	0.64	5.00	18	11.70	0.74	7.90	31	19.80	0.85
14	81.85	2.60	11	7.80	0.68	5.40	19	13.40	0.79	8.20	32	22.40	0.90
15	76.39	2.70	11	8.30	0.72	5.70	20	15.10	0.83	8.60	33	24.90	0.95
16	71.62	2.90	11	8.90	0.76	6.00	21	17.00	0.87	8.90	34	27.50	0.99
17	67.41	3.10	11	9.40	0.80	6.20	22	18.90	0.92	9.10	35	30.10	1.04
18	63.66	3.20	11	10.00	0.84	6.50	23	20.90	0.96	9.40	36	32.60	1.09
19	60.31	3.40	11	10.60	0.88	6.80	24	22.90	1.00	9.50	37	35.20	1.13
20	57.30	3.60	12	11.70	0.92	7.00	25	25.00	1.05	9.70	38	37.60	1.18
21	54.57	3.70	12	12.80	0.95	7.30	26	27.20	1.09	9.80	38	40.00	1.23
22	52.09	3.90	13	14.00	0.99	7.50	27	29.40	1.13	9.90	38	42.30	1.27
23	49.82	4.00	13	15.20	1.03	7.70	28	31.70	1.17	10.00	39	44.50	1.32
24	47.75	4.20	14	16.40	1.07	7.90	28	33.90	1.22	10.00	39	46.50	1.36
25	45.84	4.30	14	17.70	1.11	8.10	29	36.20	1.26				
26	44.07	4.50	15	19.10	1.15	8.30	30	38.60	1.30				
27	42.44	4.60	15	20.40	1.19	8.50	30	40.90	1.34				
28	40.93	4.80	16	21.90	1.23	8.70	31	43.30	1.38				
29	39.51	4.90	16	23.30	1.27	8.80	31	45.70	1.42				
30	38.20	5.10	17	24.80	1.30	9.00	32	48.00	1.47				
31	36.97	5.20	17	26.30	1.34	9.10	33	50.40	1.51				
32	35.81	5.30	17	27.90	1.38	9.30	33	52.80	1.55				
33	34.72	5.50	18	29.50	1.40	9.40	33	55.10	1.59				
34	33.70	5.60	18	31.10	1.46	9.50	34	57.40	1.63				
35	32.74	5.70	19	32.80	1.50	9.60	34	59.70	1.67				
36	31.83	5.90	19	34.50	1.53	9.70	34	62.00	1.71				
37	30.97	6.00	20	36.20	1.57	9.80	35	64.20	1.75				
38	30.16	6.10	20	38.00	1.61	9.80	35	66.40	1.79				
39	29.38	6.20	20	39.70	1.65	9.90	35	68.50	1.83				
40	28.65	6.40	21	41.50	1.69	9.9	35	70.60	1.87				
41	27.95	6.50	21	43.40	1.73	10.00	35	72.60	1.92				
42	27.28	6.60	22	45.20	1.76	10.00	36	74.60	1.96				
43	26.65	6.70	22	47.10	1.80	10.00	36	76.50	2.00				

Fuente: Dirección General de Caminos (DGC).

El diseño geométrico de carreteras es un proceso de tanteos hasta que se consigue el óptimo. En los siguientes incisos se calculará cada elemento de la curva 1, a manera de ejemplo.

Datos:

- Deflexión = 17°
- Radio elegido = 100 m (en función de la deflexión)
- Estación de inicio = 0+000 de la segunda calle Granjas Gerona

Las fórmulas utilizadas para calcular los distintos componentes de una curva horizontal están definidas por el grado de una curva (G).

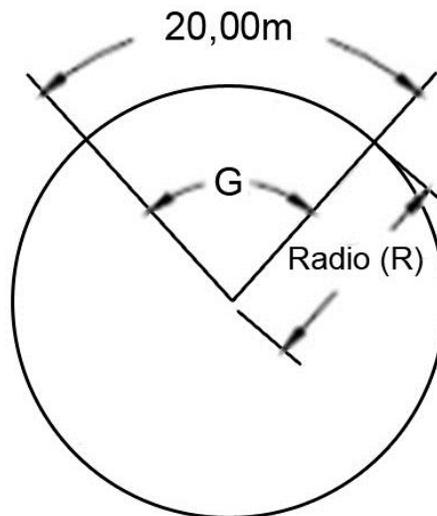
3.8.1. Grado de curvatura (G)

En Guatemala se define como el ángulo central que sobre una circunferencia define un arco de 20 metros de longitud. En otra forma, se dice que (G) es el ángulo subtendido por un arco de 20 metros.

$$G = 1\,145,91/R = 1\,145,91/100 = 11,46$$

También es necesario tener las distancias entre los puntos de intersección (PI) de localización y el azimut. De acuerdo a Δ (diferencia entre el azimut 1 y azimut 2 que convergen en un PI) y la velocidad de diseño, se escogerá el grado de curvatura (G), para cada curva, utilizando las tablas de especificaciones de la Dirección General de Caminos.

Figura 9. **Grado de curvatura**



Fuente: Alvaro Danilo Yllescas Ponce. Diseño del tramo carretero comprendido desde el entronque del kilómetro 171+400 carretera Interamericana (CA-1), hacia el caserío Nuevo Xetinamit, del municipio de Nahualá, departamento de Sololá. p. 22.

3.8.2. Longitud de curva (Lc)

Distancia desde el PC hasta el PT recorriendo el arco de la curva, o bien, una poligonal abierta formada por una sucesión de cuerdas rectas de una longitud relativamente corta. La cual se puede calcular con la siguiente ecuación.

Donde:

Lc = longitud de curva

G = grado de curvatura

Δ = diferencia de azimut de entrada menos azimut de salida

Los radios fueron tomados a partir de la lectura de las deflexiones.

$$L_c = \frac{20\Delta}{G} = \frac{20*(17^\circ)}{11,46} = 29,67 \text{ m}$$

3.8.3. Subtangente (St)

Es la distancia entre el PC y el PI o entre el PI y el PT, en curvas circulares simples forman un ángulo de 90 grados con el radio. La cual se puede calcular con la siguiente ecuación.

$$St = R * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 100 * \tan\left(\frac{17^\circ}{2}\right) = 14,95 \text{ m}$$

3.8.4. Cuerda máxima (Cm)

Es la distancia en línea recta desde el principio de curva PC al principio de tangencia PT, o bien llamado línea recta que une al punto de tangencia donde comienza la curva (PC) y al punto de tangencia donde termina (PT).

$$Cm = 2R * \text{sen}\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 2 * 100 * \text{sen}\left(\frac{17^\circ}{2}\right) = 29,56 \text{ m}$$

3.8.5. External (E)

Es la distancia desde el punto de intersección PI al punto medio de la curva, la cual se puede calcular con la siguiente ecuación y ver todos los externos de la carretera en la tabla XVII resumen de diseño geométrico.

$$E = R / \left(\cos\frac{\Delta}{2}\right) - R = 100 / \left(\cos\frac{17^\circ}{2}\right) - 100 = 1,11 \text{ m}$$

3.8.6. Ordenada media (Om)

Es la distancia dentro del punto medio de la curva y el punto medio de la cuerda máxima. La cual se puede calcular con la siguiente ecuación y ver todos los externos de la carretera en la tabla XVII resumen de diseño geométrico.

$$Om = R \left[1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right] = 100,00 \left[1 - \cos \frac{17^\circ}{2} \right] = 1,10 \text{ m}$$

Tabla XVII. Resumen diseño geométrico

No. Curva	Radio	Grado de Curvatura G	Deflexión Δ	Long. Curva	External	Ordenada máxima	Cuerda Máxima	Ls	e%	Sa
1,00	100,00	11,46	17,00	29,67	1,11	1,10	29,56	17,00	3,80	1,00
2,00	60,00	19,10	40,00	41,89	3,85	3,62	41,04	29,00	6,40	1,40
3,00	30,00	38,20	67,00	35,08	5,98	4,98	33,12	44,00	9,80	2,40
4,00	40,00	28,65	44,00	30,72	3,14	2,91	29,97	39,00	8,70	1,90
5,00	90,00	12,73	44,00	69,12	7,07	6,55	67,43	20,00	4,50	1,10
6,00	160,00	7,16	35,00	97,74	7,76	7,41	96,23	17,00	2,40	0,80
7,00	40,00	28,65	66,00	46,08	7,69	6,45	43,57	29,00	6,40	1,40

Fuente: elaboración propia.

Las carreteras no sólo están conformadas por curvas horizontales, sino también por curvas verticales, lo anterior significa que se está trabajando en tres dimensiones, para su diseño y simplificación de trabajo las carreteras se desglosan en planimetría y altimetría.

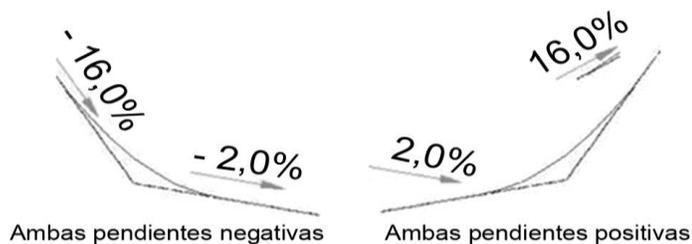
En la parte de la altimetría se estudian las curvas verticales, que pueden ser cóncavas o convexas, también existen curvas en ascenso con ambas

pendientes positivas (convexas) y curvas en descenso con ambas pendientes negativas (cóncavas).

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 las curvas verticales deben tenerse presentes las longitudes de éstas para evitar traslapes entre curvas, dejando también la mejor visibilidad posible 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 10. **Componentes de curva vertical negativos**



Ambas pendientes negativas

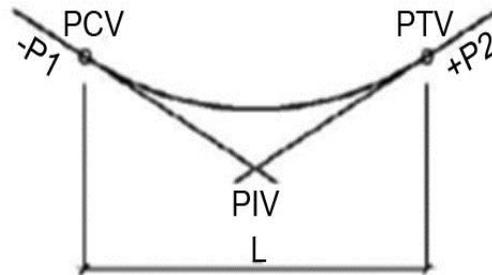
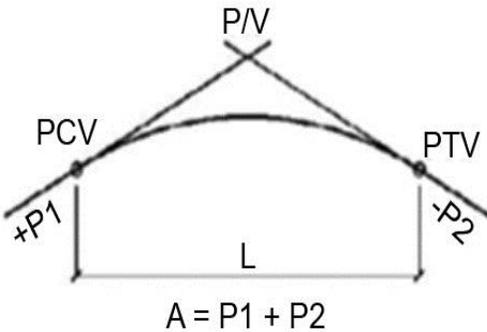
Ambas pendientes positivas

Fuente: Leonardo Casanova M. Elementos de Geometría.

Figura 11. **Componentes de curva vertical positivos**

CURVA VERTICAL CONVEXA O EN CRESTA

CURVA VERTICAL CÓNCAVA O EN COLUMPIO



$P1$ = Pendiente de entrada
 $P2$ = Pendiente de salida
 L = Longitud de curva
 A = Diferencia de pendientes

$$K = \frac{L}{A}$$

$A = -P1 - P2$

Fuente: Leonardo Casanova M. Elementos de Geometría.

Donde:

L_{cv} = longitud de curva vertical

K = constante que depende de las velocidades de diseño

$A\%$ = diferencia algebraica de pendientes.

En la tabla XVI se muestran los diferentes valores de K para visibilidad de parada, según la Dirección General de Caminos:

Tabla XVIII. **Valores de 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	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

Fuente: Jorge Félix Valladares. Guía teórica práctica del curso de Vías Terrestres 1. p. 31.

Además existen cuatro criterios que ayudan a determinar la longitud de las curvas verticales, estos son:

3.9. Criterio de apariencia

Para curvas verticales se verifica el tipo visibilidad completa, si son curvas cóncavas o curvas convexas, todo esto sirve para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.

$$K = \frac{LCV}{\Delta} \geq 30, \quad \Delta = P_s - P_e$$

$$K = \frac{50}{1,51} = 33,11 \geq 30, \quad \Delta = -0,05 - (-1,56) = 1,51$$

Donde:

P_s = pendiente de salida

P_e = pendiente de entrada

3.10. 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.

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

$$K = 33,11 \geq \frac{V^2}{395} \text{ ok}$$

3.11. 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.

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

$$K = 33,11 \leq 43 \text{ ok}$$

3.12. 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.

$$LCV = K * A$$

$$LCV = 2 * 23 = 46$$

Tabla XIX. Resumen de diseño de curvas verticales

No. De Curva	EST PIV	EST elevacion	Pendiente entrada	Pendiente salida	Diferencia Δ	Tipo de curva	K de Visibilidad		LCV de Diseño	(LCV/Δ)	Criterio de apariencia (curvas conc.)	Criterio de comodidad (curvas conc.)	Criterio de drenaje	LCV por criterio de seguridad		OM	EST PCV	EST PIV	D	γ
							con	c						Δ%K	Δ%K					
Tramo 1era calle																				
0	0.00	1037.3	-1.56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
curva 1	295.00	1032.70	-1.56	-0.05	1.51	conv	4	2	50	33.1126	BIEN			46	21.93	0.094375	270	320	625	0.09438
FIN	511.34	1032.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tramo 2da calle																				
0	0.00	1036.82	-3.66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
curva 1	175.00	1030.42	-3.66	2.29	5.95	conc	4	2	180	30.2521	BIEN			120	5.08	1.33875	85	265	8100	1.33875
curva 2	375.00	1035.00	2.29	-4.36	6.65	conv	4	2	200	30.0752	BIEN			200	4.52	1.6625	275	475	10000	1.6625
curva 3	608.14	1024.84	-4.36	-0.01	4.35	conc	4	2	135	31.0345	BIEN			131	7.13	0.734063	540.64	675.64	4556	0.73406
curva 4	900.00	1024.82	-0.01	1.63	1.64	conc	4	2	50	30.4878	BIEN			50	18.59	0.1025	875	925	625	0.1025
curva 5	1095.00	1028.00	1.63	-3.00	4.63	conv	4	2	140	30.2376	BIEN			139	6.53	0.81025	1025	1165	4900	0.81025
FIN	1267.00	1022.84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tramo 3era calle																				
0	0.00	1030	3.71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
curva 1	80.00	1033.00	3.71	0.52	3.19	conv	4	2	100	31.348	BIEN			96	9.83	0.39875	30	130	2500	0.39875
FIN	194.00	1033.59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: elaboración propia.

3.13. Curvas de transición

La curva de transición es la curva que va variando de radio según se avanza la longitud. Surge debido a la necesidad de interponer un elemento que garantice una continuidad dinámica y geométrica.

La continuidad dinámica apunta al hecho de que la aparición de la fuerza centrífuga ocasionada al modificar la trayectoria se haga de manera gradual, de forma que el conductor pueda efectuar una maniobra de giro suave con velocidad angular constante para adecuarse a este cambio.

Las curvas de transición se intercalan entre las alineaciones rectas y las alineaciones curvas para permitir una transición gradual de curvatura.

La continuidad geométrica va ligada a la anterior, y se refiere a la inexistencia de discontinuidades o puntos angulosos entre los elementos geométricos de dos alineaciones consecutivas, como puedan ser la curvatura o el peralte.

Aparte de servir como enlace de otros tipos de alineaciones, la curva de transición se constituye como una alineación más, pudiendo existir tramos de vía compuestos exclusivamente por este tipo de curvas.

3.14. Bombeo

Es la pendiente que se le da al camino, para evitar que el agua de lluvia se estanque en la superficie y ocasione problemas de infiltración en las capas de sub-base y subrasante, provocando saturación del terreno, ablandándolo lo cual generará daños a la capa de rodadura. El bombeo sirve para evacuar el agua

hacia las cunetas para que no corra longitudinalmente sobre la superficie. El bombeo utilizado en caminos pavimentados varía desde $\frac{1}{2}$ por ciento a 3 por ciento, en este proyecto se utilizó un bombeo de 2 por ciento.

3.15. Sobreancho

El sobreancho se introduce en las curvas horizontales para mantener las mismas condiciones de seguridad que los tramos rectos, en cuanto al cruce de vehículos de sentido contrario, por las siguientes razones: El vehículo al describir la curva, ocupa mayor ancho que en la tangente, esto es debido a que las ruedas traseras recorren una trayectoria ubica en el interior de la descrita por las ruedas delanteras.

3.16. Peralte

Es la inclinación dada a la corona sobre una curva, para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga que ejerce el peso del vehículo en movimiento, en la carretera se tomó un peralte del 2 por ciento.

3.17. Hombros o bordillo

El uso de hombros o bordillo de concreto es recomendable por el hecho de ser útil en reparación o prevención de accidentes en la carretera, además de reducir el espesor de la losa en algunos casos en una pulgada o más. La función del bordillo es servir como viga lateral para aumentar la resistencia del concreto a esfuerzos de flexión, disminuyendo grandemente el efecto de la tensión en el concreto. El diseño contempla la integración de bordillo, de 0,55 metros de ancho en ambos lados de la vía. Se utilizará concreto en proporción

en volumen (cemento, arena, pedrín) y se fundirá conjuntamente con la capa de rodadura del pavimento.

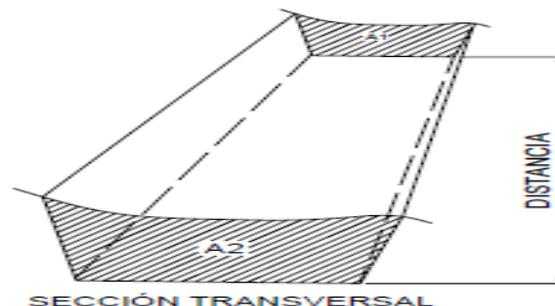
3.18. Movimiento de tierras

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

3.19. Cálculo de áreas de secciones transversales

Para el cálculo de las áreas de las secciones transversales de la línea de localización, primero se dibujan éstas 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.

Figura 12. **Ejemplo de cómo se toma un volumen movimiento de tierra**



Fuente: Leonardo Casanova M. Elementos de Geometría.

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

Otro método utilizado para el cálculo de área 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.

Tabla XX. **Ejemplo cálculo de área transversal por determinantes**

X	Y
X0	Y0
X1	Y1
X2	Y2

$$a = \sum (X * Y) \quad b = \sum (Y * X)$$

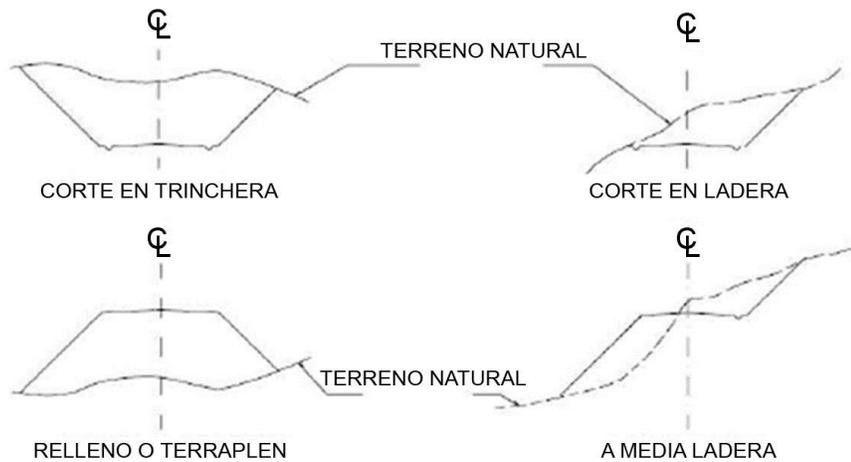
$$\text{ÁREA} = \frac{|a - b|}{2}$$

Fuente: elaboración propia.

3.20. **Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras**

Este 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 en trinchera, corte en ladera, en relleno o terraplén y a media ladera.

Figura 13. Tipos de secciones transversales



Fuente: Leonardo Casanova M. Elementos de Geometría. p. 1-24.

Cada una de las áreas calculadas anteriormente, constituye en un lado de un prisma de terreno que debe rellenarse o cortarse, suponiendo que el terreno se comporta en una manera uniforme entre las dos estaciones, se hace un promedio de sus áreas y se multiplica por la distancia horizontal entre ellas, se obtiene así los volúmenes de corte y relleno 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 y el método del prismoide. Se utilizó en este caso, el método de las áreas medias en donde el volumen entre dos secciones consecutivas del mismo tipo, en corte o en relleno (ver figura 12), está dado por:

$$\text{Vol} = \frac{A1+A1}{2} * \text{Distancia}$$

Donde:

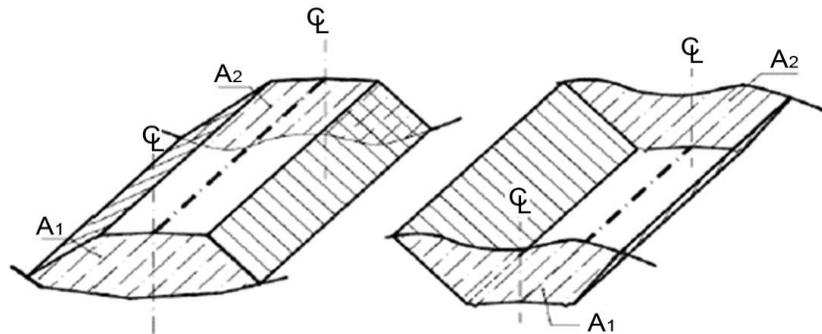
V = volumen entre ambas secciones en m³

A1, A2 = áreas de secciones consecutivas en m²

D = distancia entre secciones en metros (en este caso 20m)

Cuando existen dos secciones consecutivas de diferente tipo, se genera una línea de paso a lo largo de la cual la cota del 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 (ver figura 13).

Figura 14. **Volumen entre secciones del mismo tipo**



Fuente: Leonardo Casanova M. Elementos de Geometría. p. 1-25

Se asume que la línea de paso es perpendicular al eje. El volumen de corte entre el área de corte A y el área de la línea de paso que es cero, y el volumen de relleno entre el área de relleno AR 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:

VC, VR = volumen de corte y de relleno en m³

AC, AR = áreas de las secciones en corte y relleno en m²

A0 = área de la sección en la línea de paso = 0

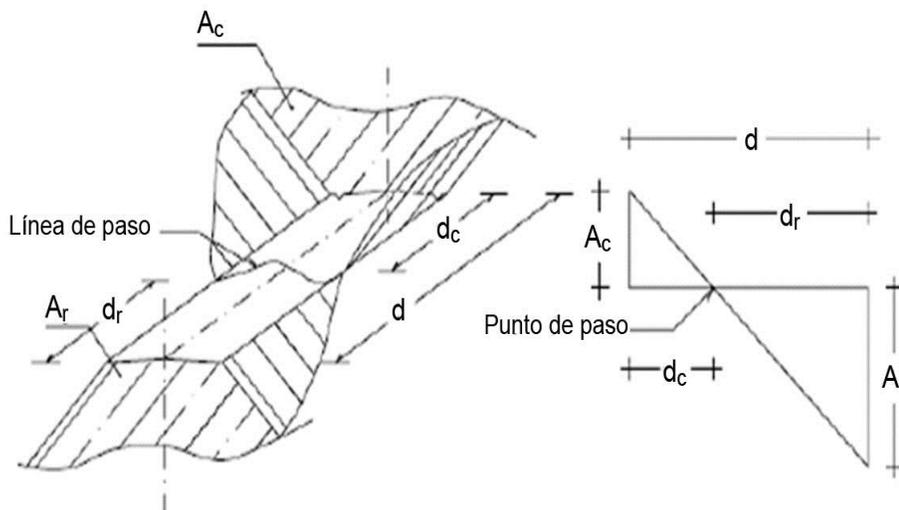
dC, dR = distancias de corte y relleno en m

Por medio de relación de triángulos se determinan los valores de dc y dr, de la siguiente manera:

$$d_C = \frac{A_C}{A_C + A_R} * d, \quad d_R = \frac{A_R}{A_R + A_C} * d$$

Para poder observar la tabla de volúmenes y secciones transversales, (ver Plano de áreas transversales en el apéndice).

Figura 15. **Volumen entre secciones de diferente tipo**



Fuente: Leonardo Casanova M. Elementos de Geometría. pág. 1-25.

3.21. Método y procedimiento de diseño para la carretera

Para el diseño de la carretera es necesario verificar todos los parámetros, ya que con un adecuado procedimiento y un buen diseño se podrá alcanzar la vida útil del proyecto que depende de la calidad de los materiales y de la vida útil que se estime para el proyecto.

3.21.1. Diseño de capa base

Constituye la capa de material selecto que se coloca encima de la sub-base o subrasante; esta capa permite reducir los espesores de carpeta y drenar el agua atrapada dentro del cuerpo del pavimento a través de las carpetas y hombros hacia las cunetas.

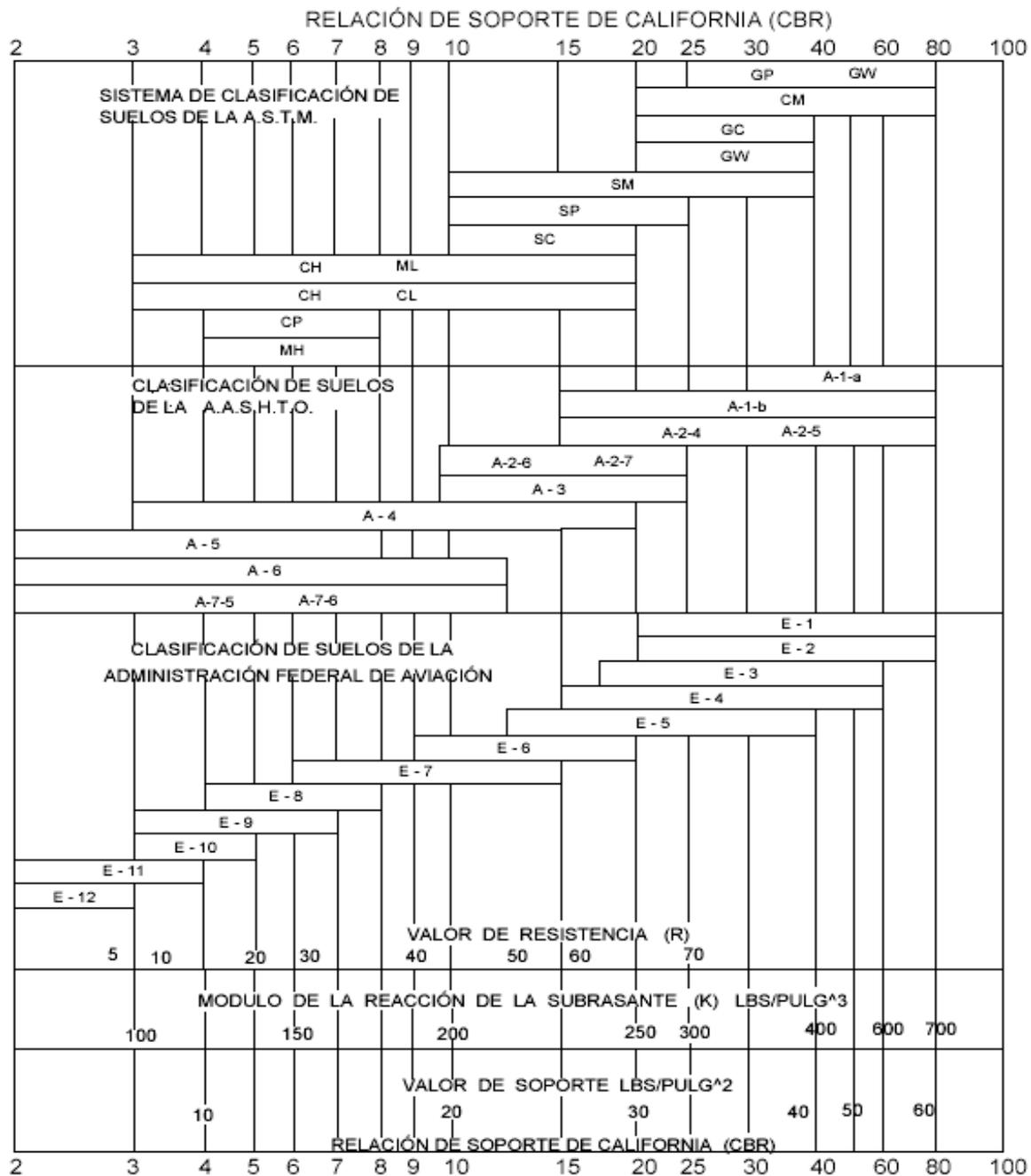
Según la tabla XX para un valor K igual a 260 para una subrasante y un valor K igual a 260 para una Subbase, (ya que la subrasante del terreno servirá también como subbase) corresponde un espesor de base igual a 6 pulgadas. El valor de K utilizado corresponde al encontrado en la figura 16.

Tabla XXI. **Espesor de capa base**

Valor del espesor de la base				
Subrasante valores de K PSI	4 Plg	6 Plg	9 Plg	12 Plg
	sub-base valores de K PSI			
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: Londoño, Cipriano, Diseño, construcción y mantenimiento de pavimentos de concreto.

Figura 16. Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos



Fuente: Londoño, Cipriano, Diseño, construcción y mantenimiento de pavimentos de concreto.

Dado que el CBR de la subrasante es de 16 por ciento con un porcentaje de compactación del 95 por ciento se puede observar en la figura que el módulo de reacción de la subrasante es de 230 libras por pulgada cúbica.

3.21.2. Diseño de pavimento rígido

Existen dos métodos para el cálculo del espesor de pavimentos rígidos, (1) método de capacidad y (2) método simplificado. (Según Portland Cement Association (PCA)).

3.21.3. Método y procedimiento de diseño para pavimento rígido

Dado que existen diferentes tipos de pavimentos, se consideró utilizar para este proyecto un pavimento rígido debido a los siguientes factores que afectaran los costos, la resistencia necesaria y la calidad del material del sector:

- Dificultad en el acceso a la zona
- Costos de cada tipo de pavimento
- Tránsito pesado por camiones y vehículos de carga para las zonas del al tramo

Para el diseño del espesor de pavimentos rígidos existen dos métodos elaborados por la Portland Cement Association (PCA).

3.21.4. Método simplificado

Este método es utilizado cuando no se cuenta con algún aforo vehicular, para este método la PCA proporciona tablas con rangos de tránsito, así como

también tablas con distribución de cargas para distintas categorías de calles y carreteras, estas tablas están diseñadas con un factor de seguridad de carga de 1, 1,1, 1,2 y 1,3 para las categorías 1 a la 4 respectivamente.

El período de diseño que este método considera es de 20 años.

Para este método debe conocerse la combinación de esfuerzos entre la subrasante y base.

El procedimiento de este método consiste en tres pasos:

- Clasificar la vía a pavimentar según su tráfico en función de las cargas por eje y determinar el TPPD (tránsito pesado promedio diario).
- Determinar el módulo de reacción k de la subrasante para determinar la condición de apoyo y espesor de base.
- Determinar el espesor de la losa de concreto con ayuda de los datos anteriores y el uso de la tabla correspondiente a la categoría de la carretera.

Cabe mencionar que este procedimiento es regido por las tablas de este método anteriormente descritas.

Debido a que no se tiene ningún aforo vehicular del lugar se decidió utilizar el método simplificado para este proyecto.

Procedimiento

- Clasificación de la vía y determinación del TPPD:

Dado que el tramo carretero se encuentra en una zona rural y es un camino secundario, con un tránsito pesado medio ya que se transportarán las cosechas de los habitantes, su clasificación fue la categoría 1 según la siguiente tabla.

Tabla XXII. **Categorías de tráfico en función de cargas por eje**

Categoría por carga	Descripción	TPDA	TPPD		Carga máxima por eje	
			%	Por día	Sencillo	Doble
1	Calles residenciales, caminos rurales y secundarios (de bajo a medio*)	200 - 800	1--3	Hasta 25	22	36
2	Calles colectoras, caminos rurales y secundarios (altos*), Arterias principales y	700 - 5000	5--18	40 - 1000	26	44
3	Caminos primarios y arterias principales (medio*), viaductos, vías rápidas periféricos, vialidades urbanas y rurales (de bajo a medio*)	3,000 - 12,000 en 2 carriles, 3,000 - 50,000 en 4 carriles	8--30	500 - 1000	30	52
4	Arterias principales, carreteras principales, viaductos (altos*), Carreteras y vías urbanas y rurales (de medios a alto*)	3,000 - 20,000 en 2 carriles, 3,000 - 150,000 4 carriles o más	8--30	1,500 - 8,000	34	60

Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio, Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos. p. 148.

La descripción del soporte corresponde al peso relativo de los ejes cargados para el tipo de calle o camino: es decir, bajo para un camino rural representaría cargas más pesadas que para el caso de bajo para un camino secundario.

Para poder determinar el TPPD (tránsito pesado promedio diario) con la tabla anterior (XXIX) es necesario conocer el TPDA (tránsito pesado promedio anual), el cual puede ser estimado con la ayuda de la siguiente tabla.

Tabla XXIII. **Clasificación funcional de las carreteras regionales**

TPDA	> 20,000		20,000 - 10,000		10,000 - 3,000		3,000 - 500	
	C	S	C	S	C	S	C	S
AR - Autopistas Regionales	6 - 8	Pav.	4 - 6	Pav.				
TS - Troncales Suburbanas	4	Pav.	2 - 4	Pav.	2	Pav.		
TR - Troncales Rurales	4	Pav.	2 - 4	Pav.	2	Pav.		
CS - Colectoras Suburbanas			2 - 4	Pav.	2	Pav.	2	Pav.
CR - Colectoras Rurales					2	Pav.	2	Pav.

Fuente: Coronado Iturbide, Jorge, Manual centroamericano para diseño de pavimentos. p. 36.

Por el tipo de vía que es el tramo carretero de dos carriles, puede ser clasificado como CR (colectoras rurales), tomando como estimación un TPDA de 800.

Una vez obtenido el TPDA se procedió a obtener el TPPD con la ayuda de la tabla XXIX, el TPPD está dado como un porcentaje del TPDA para este proyecto se tomó un porcentaje de 3 por ciento según la tabla, dando como resultado un TPPD de 24, siendo esto como el número de camiones pesados que pasan en el día.

- Determinación del módulo de reacción k de la subrasante

El módulo de reacción de la subrasante k es la relación entre el esfuerzo aplicado a una placa de suelo y la deformación que dicha placa sufra por efecto

del esfuerzo. Este módulo puede ser determinado por un ensayo en situ pero dadas las condiciones se logró determinar este módulo de reacción por medio de la figura 16 vista anteriormente, que está en función del CBR y es igual a 260 aproximadamente

Una vez conocido el módulo de reacción k se procedió a encontrar la condición de apoyo de la subrasante con la ayuda de la siguiente tabla.

Tabla XXIV. **Tipos de suelo de apoyo y sus módulos de reacción**

Tipo de suelo	Condición de apoyo	Rango en los módulos de reacción K PSI
Limos y arcillas plásticas	Bajo	75 - 120
Arenas y mezclas de arena y gravas con cantidades moderadas de limo y arcilla	Medio	130 - 170
Arenas y mezclas de arena y gravas prácticamente libre de finos	Alto	180 - 220
Sub-bases estabilizadas con cemento	Muy alto	250 - 400

Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio, Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos. p. 149.

Dado que el módulo de reacción aproximado es de 275 libras por pulgada cubica, la condición de apoyo de la subrasante según la tabla XXXI es muy alta.

Para este proyecto se diseñó una resistencia del concreto de 4000 libras por pulgada cuadrada utilizando agregados, cemento y agua de buena calidad estimando un módulo de ruptura del concreto de 600 libras por pulgada cuadrada.

- Determinación del espesor de la losa de concreto

Dado que el tramo carretero corresponde a la categoría de carga por eje No. 1 la tabla que le corresponde para determinar el espesor de la losa de concreto según el método de la PCA simplificado es la tabla XXXII, esta tabla presenta los valores de TPPD permisibles para esta categoría de vía.

Para determinar el espesor de la losa para este pavimento, no se estimó la utilización de acotamiento ni guarnición ya que no será monolítico por lo que se utilizaron los datos del lado izquierdo de la tabla XXXII.

Debido a que la condición de apoyo del terreno es muy alto según la tabla XXXI anteriormente vista, se procedió a ubicarse en la columna que corresponde a la condición de apoyo del terreno alto ubicada del lado izquierdo de la tabla XXXI, luego se procedió a ubicarse en la parte que corresponde a un $M_r = 600$ libras por pulgada cuadrada (42 kg/cm^2) el cual fue el módulo de ruptura asumido con una resistencia a la compresión de 4 000 libras por pulgada cuadrada de este pavimento; se ubicó el número de tráfico pesado promedio (TPPD) igual a 24, el cual fue determinado anteriormente; se determina el valor próximo el cual tiene un TPPD permisible de 98, por lo tanto el espesor en pulgadas de la losa debe de ser de 6 pulgadas.

Tabla XXV. **Espesores de losa para categoría de carga por eje número 1, según el módulo de reacción K y módulo de ruptura optado**

SIN HOMBROS DE CONCRETO O BORDILLO				CON HOMBROS DE CONCRETO O BORDILLO			
Espesor de losa pulgadas	SOPORTE DE SUBRASANTE Y SUB-BASE			Espesor de losa pulgadas	SOPORTE DE SUBRASANTE Y SUB-BASE		
	BAJO	MEDIO	ALTO		BAJO	MEDIO	ALTO
MR = 650 PSI							
4,5			0,1	4 - 4,5	2	0,2 - 8	0,9 - 25
5 - 5,5	0,1 - 3	0,8 - 15	3 - 45	5 - 5,5	30 - 320	130	330
6 - 6,5	40 - 330	160	430				
MR = 600 PSI							
5 - 5,5	0,5	0,1 - 3	0,4 - 9	4 - 4,5	0.2	1	0.1 - 5
6 - 6,5	8 - 76	36 - 300	98 - 760	5 - 5,5	6 - 73	27 - 290	75 - 730
7 - 7,5	520			6	610		
MR = 550 PSI							
5,5	0,1	0,3	1	4.5		0.2	0.6
6 - 6,5	1 -13	6 - 60	18 - 160	5 - 5,5	6 -73	27 - 290	75 - 730
7 - 7,5	110 - 620	400		6	130	480	

Fuente: Salazar Rodríguez, Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.

3.21.5. Pendiente transversal

Es la pendiente que se le da a la corona en el eje perpendicular al de la carretera. Según su relación con los hombros y el alineamiento horizontal se consideran tres tipos: pendiente por bombeo, pendiente por transición, y pendiente por peralte. La pendiente por bombeo es la pendiente transversal que se da a la corona, en las tangentes del alineamiento horizontal, con el objetivo de facilitar el escurrimiento superficial del agua.

Tabla XXVI. **Pendiente transversal recomendada según el tipo de superficie**

Tipo de Superficie		Bombeo
Muy buena	Concreto	1 - 2%
Buena	Mezcla asfáltica	1,5 - 3%
Regular	Adoquín	2 – 2,5%
Mala	Tierra o grava	2,5 - 3%

Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio, Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.

3.22. Juntas

En el diseño de juntas está comprendida la determinación de espaciamiento longitudinales y transversales, transferencia de cargas, construcción de las juntas y materiales de sellado. Las juntas permiten la contracción y expansión del pavimento, lo cual libera de tensiones a la losa. Según la forma en que se diseñan las juntas estas podrán transmitir la carga del tráfico de una losa hacia la siguiente. Las juntas más comunes en un pavimento rígido son: juntas longitudinales, juntas transversales, juntas de expansión, juntas de construcción.

Para el proyecto la capa de rodadura llevará junta transversal a cada tres metros o con forme el terreno lo pida y longitudinal al centro de la calle. Estas juntas deberán ser llenadas con un material adecuado como el sello elastómero para evitar la filtración del agua a la subrasante.

3.22.1. Juntas longitudinales

Este tipo de juntas son paralelas al eje longitudinal del pavimento y son las que determinan el ancho de los carriles, las juntas longitudinales son utilizadas para evitar los agrietamientos longitudinales causados por los efectos de las cargas del tránsito y el alabeo de las losas, siendo el alabeo un pandeo de la losa causado por los cambios de temperatura y humedad.

3.22.2. Juntas transversales

También son llamadas juntas de contracción, son las que se construyen para controlar las fisuras por liberación de tensiones debidas a temperatura, humedad y fricción. La profundidad de la ranura debe ser igual a $\frac{1}{4}$ del espesor de la losa.

3.22.3. Juntas de construcción

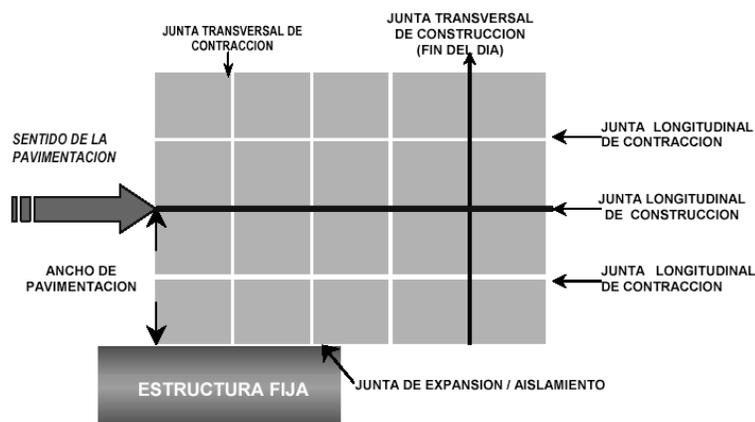
Conocida como junta transversal de construcción, son planas y no se benefician del engrape del agregado. Controlan principalmente, el agrietamiento natural del pavimento. Su diseño y construcción apropiados son críticos, para el desempeño general del pavimento. Estas juntas siempre están orientadas perpendicularmente a la línea central.

3.22.4. Tipo de junta

El tipo de junta longitudinal seleccionada es de dovela (que fue diseñada para la transmisión de carga de una losa hacia las diferentes capas del suelo), por las ventajas que este proceso proporciona, en la disminución del espesor de la losa. Para este proyecto de pavimentación rígido las juntas transversales

serán construidas en un promedio de 2,75 metros ya que el ancho de la calle es de 5,5 metros y la junta longitudinal a cada 3 metros, la pendiente de bombeo será de 2 por ciento, ya que el rango establece de 1 a 2 por ciento según el tipo de superficie.

Figura 17. **Esquema de juntas en un pavimento**



Fuente: <http://www.cemexmexico.com/co/pdf/41Juntas.pdf>. Consulta: 15 de agosto de 2013.

3.23. Tránsito

El factor más importante en la determinación del diseño del espesor de un pavimento, es el número y peso de la carga por eje que pasará sobre él. Este es derivado de las estimaciones de TPD (Tránsito Promedio Diario en ambas direcciones de todos los vehículos, se obtiene de contadores especiales de tránsito o por cualquier otro método de conteo) y de TPDC (Tránsito Promedio Diario de Camiones en ambas direcciones, carga por eje de camiones, puede ser expresado como un porcentaje).

Diseño de losa para pavimento rígido: para las losas de concreto para un pavimento rígido debe llenar los requisitos de resistencia, durabilidad, trabajabilidad, impermeabilidad, densidad y calidad uniforme y en el diseño incluir el cálculo del espesor según las características del suelo, calidad de los materiales para el concreto, y el tránsito previsto. Así mismo los detalles constructivos especiales para soportar el peso de las cargas móviles que actuarán sobre ellas.

3.24. Hombro o bordillo

El uso de hombros o bordillo de concreto es recomendable por el hecho de ser útil en reparación o prevención de accidentes en la carretera, además de reducir el espesor de la losa en algunos casos en una pulgada o más. La función del bordillo es servir como viga lateral para aumentar la resistencia del concreto a esfuerzos de flexión, disminuyendo grandemente el efecto de la tensión en el concreto. El diseño contempla la integración de bordillo, de 0,55 de ancho en ambos lados de la vía. Se utilizará concreto en proporción en volumen (cemento, arena, pedrín).

3.25. Módulo de ruptura del concreto

Debido al paso de vehículos por encima de las losas de concreto, en estas se producen esfuerzos de flexión y compresión. Los esfuerzos de compresión son tan mínimos que no influyen en el grosor de la losa, en cambio los promedios de esfuerzos de flexión y de las fuerzas de flexión son mucho mayores y por eso son usados estos valores para el diseño de espesores de los pavimentos rígidos. El módulo de ruptura del concreto se estimó con el quince por ciento de la resistencia estimada del concreto ante un esfuerzo de compresión, f_c de 4 000 libras sobre pulgada cuadrada (281 kg/cm²) a los 28

días de curado, por lo que el valor estimado del módulo de ruptura es de 600 libras sobre pulgada cuadrada ($0,15 \times 4\ 000 \text{ psi} = 600 \text{ psi}$).

3.26. Diseño de la mezcla del concreto

Para el diseño de la mezcla del pavimento fue utilizado el método del ACI (American Concrete Institute). La teoría de la relación agua-cemento establece que para una combinación dada de materiales (y mientras se obtenga una consistencia de trabajabilidad), la resistencia del concreto a cierta edad depende de la relación del peso del agua de la mezcla al peso del cemento. En otras palabras, si la relación de agua-cemento es fija, la resistencia del concreto a una determinada edad también es esencialmente fija, mientras la mezcla sea plástica y manejable y el agregado sólido, durable y libre de materiales dañinos.

Una vez que se ha establecido la relación agua-cemento y seleccionado la manejabilidad y consistencia que se necesite para el diseño específico, el resto será simple manejo de tablas basadas en resultados de numerosos ensayos de laboratorio y que ayudan a obtener mezclas con las características deseadas. Para el proyecto se requiere un concreto con una resistencia a la compresión de f'_c de 281 kilogramos sobre centímetro cuadrado (4 000 psi) a los 28 días de curado, dicho concreto no incluirá aire en la mezcla.

El valor de sobre diseño se estimará en la resistencia a la compresión f'_c incrementada en 1 200 libras por pulgada cuadrada; este valor es de resistencia promedio a la compresión requerida $f'_{cr} = 5\ 200$ libras por pulgada cuadrada. El revenimiento para pavimentos es de 7,5 centímetros como máximo. El tamaño máximo del agregado puede estimarse en 6 centímetros pero se usará un agregado grueso más pequeño, con un tamaño nominal de 2,54 centímetros.

Para un revenimiento de 7,5 centímetros y tamaño máximo de agregado de 1 pulgada.

La cantidad de agua por volumen de concreto es 195 litros por metro cubico según la tabla XXVII, y se toma un 42 por ciento de arena sobre agregado total según tabla XXVIII.

Tabla XXVII. **Tipo de asentamiento para diferentes estructuras**

Tipos de estructura	Asentamiento
Para cimientos, muros reforzados, vigas paredes reforzadas y columnas	10
Para pavimentos y losas	8
Concreto Masivo	5

Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio, Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.

Tabla XXVIII. **Requisitos aproximados de agua para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de los agregados**

Asentamientos	Cantidad de agua litros / metro cubico				
	3/8pulgadas	1/2pulgadas	3/4pulgadas	1pulgadas	1 1/2pulgadas
3 a 5	205	200	185	180	175
8 a 10	225	215	200	195	180
15 a 18	240	230	210	205	200

Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio, Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.

Los valores son resistencias promedio estimadas para concreto que contienen porcentajes de aire menores que las mostradas en la tabla de contenido de agua y aire según el revenimiento y tamaño de agregado. Para una relación constante de agua-cemento, la resistencia del concreto se reduce conforme se aumenta el contenido de aire.

Tabla XXIX. **Requisitos aproximados de agua para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de los agregados**

Resistencia a la compresión a los 28 días(psi)	Relación agua-cemento	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
6000psi (420kg/cm ²)	0,41	
5000psi (350 kg/cm ²)	0,48	0,40
4000psi (281kg/cm ²)	0,57	0,48
3000psi (210kg/cm ²)	0,68	0,59
2000psi (140kg/cm ²)	0,82	0,74

Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio, Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.

3.26.1. Pasos para el diseño de la mezcla

Calcular la cantidad de cemento, dividiendo la cantidad de agua por metro cúbico por la relación agua-cemento; considerando que un litro de agua pesa un kilogramo. El cemento se divide por 0,48 para concretos con aire incluido con una resistencia de 4 000 libras fuerza por pulgada cuadrada según tabla XXVIII.

$$\text{Cemento} = (195\text{l/m}^3) / 0,48 = 406,25 \text{ kg/m}^3$$

Calcular la cantidad de agregado, restando el peso del agua y cemento del peso total de un metro cúbico de concreto:

$$\text{Peso de agregados} = \text{peso total} - \text{peso (agua + cemento)}$$

$$\text{Peso de agregados} = 2\,400 - (195 + 406,25) = 1\,798,75 \text{ kg/m}^3$$

La cantidad de arena, se obtiene multiplicando el peso total de agregado por el porcentaje de arena correspondiente.

$$\text{Contenido de arena} = 42\% * 1\,798,75 \text{ kg/m}^3 = 755,48 \text{ kg/m}^3$$

Tabla XXX. **Porcentaje de arena sobre agregado grueso**

TAMAÑO MÁXIMO AGREGADO GRUESO	% DE ARENA SOBRE AGREGADO TOTAL
3/8 pulgadas	48
1/2 pulgadas	46
3/4 pulgadas	44
1 pulgadas	42
1 1/2 pulgadas	40

Fuente: Salazar Rodríguez, Aurelio, Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.

La cantidad de pedrín será, el agregado total menos la cantidad de arena.

$$\text{Contenido de pedrín} = 1\,798,75 - 755,48 = 1\,043,27 \text{ kg/m}^3$$

Se concluye que la proporción final será de:

Tabla XXXI. **Relación de mezcla**

Relación mezcla			
Cemento	Arena	Piedrín	Agua
1	1,86	2,57	0,47

Fuente: elaboración propia

Para obtener la relación en volumen para 1 metro cúbico primero, se debe multiplicar por ese valor y dividir después los valores dentro del peso específico de cada material.

$$\text{Cemento} = 406,25 \text{ kg/m}^3 * 1 \text{ m}^3 = 406.25 \text{ kg} / 42,5 \text{ kg/ saco} = 10 \text{ sacos}$$

$$\text{Arena} = 755,48 \text{ kg/m}^3 * 1 \text{ m}^3 = 755,48 \text{ kg} / 1\,400 \text{ kg/ m}^3 = 0,54 \text{ m}^3$$

$$\text{Piedrin} = 1\,043,27 \text{ kg/m}^3 * 1 \text{ m}^3 = 1\,043,27 \text{ kg} / 1\,600 \text{ kg/ m}^3 = 0,65 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = 195 \text{ l/m}^3 * 1 \text{ m}^3 = 195 \text{ l} / 3,785 \text{ l/gal} = 52 \text{ gal}$$

Para lograr la conversión de la relación de peso a relación en volumen, se debe de tomar en cuenta que un saco de cemento tiene un volumen de un pie cúbico.

$$1 \text{ pie}^3 * \left(1 \text{ m} / 3,28 \text{ pie}\right)^3 = 0,028 \text{ m}^3 * 10 = 0,27 \text{ m}^3$$

$$\frac{0,27}{0,27} : \frac{0,54}{0,27} : \frac{0,65}{0,27}$$

Tabla XXXII. **Proporción volumen**

Proporción volumen / m³			
Cemento	Arena	Piedrín	Agua
1	2	2,4	52 gal

Fuente: elaboración propia.

Conservando la proporción del diseño en volumen deberán realizar en cajones de madera para medir los agregados, para la arena se utilizara un cajón de 14,75 pulgadas x 14,75 pulgadas x 14,75 pulgadas y para el piedrín 16,40 pulgadas x 16,40 pulgadas x 16,40 pulgadas es muy difícil trabajar con fracciones, pero se debe de tener una estricta supervisión por una persona profesional, para asegurar la calidad de la mezcla y la resistencia.

3.27. Obras de protección

Las obras de protección son estructuras auxiliares de una carretera, las cuales se detallan en los planos. Para el diseño de pavimento rígido, las obras de protección son las siguientes:

3.27.1. Cunetas

Son los canales, situados a ambos lados de la línea central de la carretera, recubiertas de: piedra ligada con mortero, concreto simple fundido en sitio, concreto simple pre fundido o mezclas asfálticas, que sirven para conducir hacia los drenajes, el agua de lluvia que cae sobre la corona y los taludes. La cuneta se diseñó junto con el drenaje transversal y las dimensiones se especifican en el plano detalles de carretera en los anexos.

3.27.1.1. Drenaje longitudinal

Se utilizó el método racional, donde se asume que el caudal máximo para un punto dado, se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía superficial durante un período de precipitación máxima. Para lograr esto, 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 (tiempo de concentración).

3.27.1.2. Drenaje transversal

El objetivo principal de éste 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 sentido perpendicular a la carretera no pase por la estructura de la misma.

Para este proyecto se utilizó el método racional para determinar el caudal de lluvia destinado a drenar, se tomó como tramo el que deberá soportar el drenaje transversal número 3 ubicado en la estación 1+ 031,08 de la segunda avenida ya que luego de determinar todas las áreas este tramo es aquel con mayor área, siendo esta 5 hectáreas.

Figura 18. **Mapa de la cuenca drenaje crítico**



Fuente: Google Earth. Consulta: consulta: 15 de octubre de 2013

Datos:

- Área a drenar: 5 Ha
- Longitud de cauce: 0,52 km
- Pendiente: 1,24% (promedio)
- Coeficiente de escorrentía: 0,72
- Elevación entre cauce: 6,44 m
- Factor de rugosidad: 0,013

El valor del coeficiente de escorrentía se tomó de la tabla de valores de escorrentía de Schwab et al, 1981, se consideró el área del proyecto como tierra cultivada en área montañosa con textura de suelo arcilla y limo por lo que el coeficiente de escorrentía adecuado para el área es de 0,72.

Tabla XXXIII. **Coefficiente de escorrentía**

CARACTERÍSTICAS DE SUPERFICIE	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA
Techos	0.70-0.90
Pavimentos	0.85-0.90
Concreto y asfalto	
Piedra o ladrillo (buenas condiciones)	0.75-0.85
Concreto y asfalto	
Piedra o ladrillo (malas condiciones)	0.40-0.70
Calles	
Terracería	0.25-0.60
De arena	0.15-0.30
Parques, jardines, prados, etc	0.05-0.25
Bosques y tierras cultivadas	0.01-0.20

Fuente: material de apoyo de sanitaria II, segundo semestre 2009.

Primero se procedió a encontrar el tiempo de concentración de la cuenca dicho tiempo se encuentra por medio de la siguiente fórmula:

$$t = \left(\frac{(0,886 * L^3)}{H} \right)^{0,385} * 60$$

$$t = \left(\frac{(0,886 * 0,52^3)}{6,44} \right)^{0,385} * 60 = 13,13 \text{ min}$$

Luego se procedió a encontrar la intensidad de lluvia, para el área de San Miguel Petapa se utilizó la ecuación de intensidad de lluvia de la estación meteorológica INSIVUMEH ya que es la estación más cercana.

Tabla XXXIV. **Tiempo de concentración**

	2 años	5 años	10 años	20 años
Ciudad de Guatemala	2838/t+18	3706/t+22	4204/t+23	4604/t+24
Bananera Izabal	5771.5/t+48.98	7103.95/t+53.80	7961.65/t+56.63	8667.77/t+58.43
Labor Ovalle, Quetzaltenango	977.7/t+3.80	1128.5/t+3.24	1323.5/t+3.48	-----
El Pito Chocolá, Suchitepequez	11033.6/t+101.10	11618.7/t+92.19	13455.2/t+104.14	-----
La Fragua, Zacapa	3700.5/t+50.69	3990.5/t+41.75	4049.0/t+37.14	-----

Fuente: datos proporcionados por INSIVUMEH.

De la tabla XXXIII, el territorio más cercano es la ciudad de Guatemala y el tiempo de concentración se toma para 20 años.

$$I = \frac{4\ 604}{t + 24}$$

$$I = \frac{4\ 604}{13,13 + 24} = 123,99$$

Donde:

a y b = variación en cada región, de los datos proporcionados por el
INSIVUMEH

t = tiempo de concentración en minutos

Luego de encontrada la intensidad de lluvia se procedió a encontrar el caudal a drenar, dicho caudal es encontrado con la fórmula del método racional

$$Q = CIA/360$$

$$Q=(0,72 * 123,99 * 5) / 360$$

$$Q = 1,24 \text{ m}^3/\text{s}$$

Luego se encontró el diámetro hidráulico con el caudal anteriormente encontrado mediante la fórmula de Manning

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

Donde:

N= coeficiente de rugosidad del material (Riblock = 0.013)

$$D = \left(\frac{(1,24 * 0,013 * 4^{5/3})}{(0,0124^{1/2} * \Pi)} \right)^{3/8} = 0,31\text{m}$$

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

$$A = \left(\frac{\Pi * D^2}{4} \right) A = \left(\frac{\Pi * 0,31^2}{4} \right) = 0,075 \text{ m}^2$$

Por cuestiones de diseño utilizaremos un diámetro de 30 pulgadas tubo de concreto, ya que es el mínimo usado para drenaje transversal de carretera. Con un diámetro de 30 pulgadas el área es 0,45 metro cuadrado el cual cubre nuestra área requerida.

3.27.1.3. Diseño de cuneta

Las 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 acción destructiva del agua por medio de disipadores de energía.

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

Donde:

V = velocidad media en metros por segundo

n = coeficiente de rugosidad de Manning

R = radio hidráulico en metros (área de la sección entre el perímetro mojado)

S = pendiente del canal en metros por metro

Para el diseño de la cuneta se tomó el tramo con la pendiente crítica que corresponde al tramo que drenara el drenaje transversal número 2 ubicado en la estación 0+512 de la primera avenida con una pendiente en su diseño de 0,01 por ciento. El área a drenar es de 1 hectárea, la diferencia de altura es igual a 0,01 metros y una longitud de 0,212 kilómetro; utilizando las formulas anteriores para estos nuevos datos, el caudal resultante es de 0,19 metros cúbicos por segundo.

Figura 19. **Mapa de la cuenca, cuenta critica**



Fuente: Google Earth. Consulta: 15 de octubre de 2013

Datos:

$$S = 0,01 \%$$

$$Q = 0,19 \text{ m}^3/\text{s}$$

Pendiente talud 1:2

Determinación del área hidráulica

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

Determinación del perímetro mojado

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

Se iguala el radio hidráulico a $Y/2$

$$R_h = \frac{\text{Área hidráulica}}{\text{Perímetro mojado}}$$

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

$$2(1/2 Y^2 + bY) = Y(2,236Y + b)$$

$$b = 1,236Y$$

Se despeja para el área

$$A = 1/2 Y^2 + bY = 1/2 Y^2 + (1,236Y) * Y = 1,736Y^2$$

Utilizando la ecuación de Manning se despeja el valor de Y necesario para nuestro caudal a drenar.

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

Donde:

$n = 0,016$ (concreto revestido)

$Q =$ caudal en m^3/s .

$A =$ Área de la sección transversal del flujo en m^2

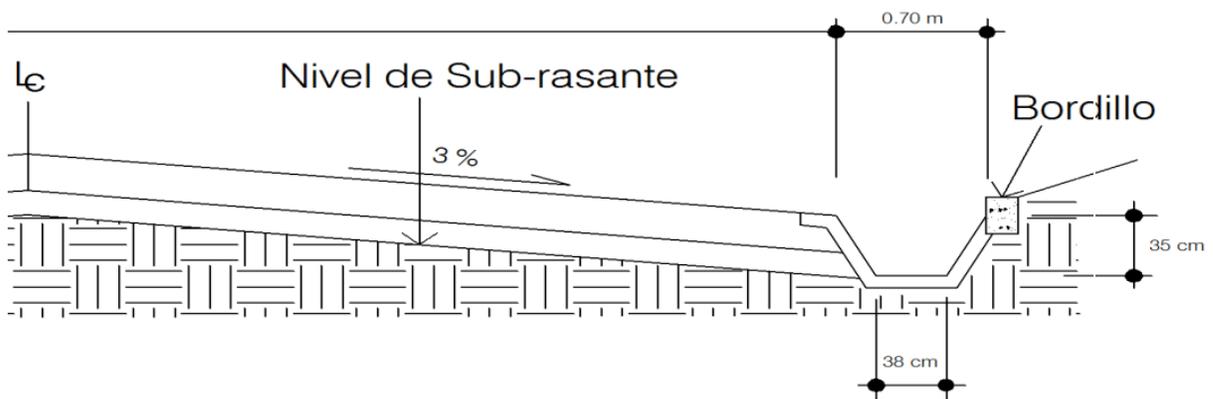
$$0,19 = \left(\frac{1}{0,016} \right) * 1,736Y^2 * \left(\frac{Y}{2} \right)^{2/3} * (0,001)^{1/2}$$

$$0,152 = 1,736(Y)^{4/3}$$

$$Y=0,30\text{m}$$

$$b=(1,236*0,30)=0,37\text{m}$$

Figura 20. **Detalle de cuneta**



Fuente: elaboración propia, con programa Civil 3D 2012.

3.28. **Elaboración de planos**

Los planos y las especificaciones técnicas constituyen junto al presupuesto, los parámetros más importantes para la toma de decisiones de parte de la entidad que dará financiamiento al proyecto. En los planos se resume la información esencial del proyecto junto con los detalles y elementos constructivos más significativos. Los planos de este proyecto se encuentran en el anexo.

3.29. Elaboración de presupuesto

Son los precios de los materiales y mano de obra que está referido a la cabecera departamental, a continuación se presenta el resumen del presupuesto estimado incluyendo costo directo e indirecto, del proyecto de pavimento rígido.

Tabla XXXV. **Presupuesto carretera Granjas Gerona**

Renglon	Descripcion	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Replanteo topografico	ml	1 900	Q 2,99	Q 5 683,38
2	Excavacion no clasificada	m ³	3 693.77	Q83,40	Q 308 054,124
3	Excavacion no clasificada de desperdicio	m ³	5 657.54	Q 32,64	Q 184 686,86
4	Conformacion de la subrasante	m ³	15 200	Q 34,68	Q 529 342,12
5	Base granular e=0.10m	m ³	1 045	Q 198,93	Q 207 886,39
6	Pavimento rígido e=0.15 m	ml	1 900	Q 296,47	Q 3 098 116,36
7	Drenajes transversales	ml	45	Q 1 305,00	Q 58 725,00
8	Cunetas revestidas	ml	4 080	Q 22,00	Q 89 760,00
9	Bordillo	ml	4 080	Q 29,00	Q 118 320,00
TOTAL					Q 4 600 574,25

Fuente: elaboración propia.

3.30. Cronograma ejecución física-financiera

Toda obra como cualquier proyecto es un documento que contiene el proceso de resolución técnica de un problema con lo cual es adecuado estructurar un cronograma de cómo se ejecutara la obra con forme el tiempo.

Tabla XXXVI. **Cronograma ejecución física-financiera**

Renglon	Descripcion	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Total
1	Replanteo topografico	0,15					690 086,13
2	Excavacion no clasificada		0,08				368 045,94
3	Excavacion no clasificada de desperdicio		0,12				1 242 155,04
4	Conformacion de la subrasante			0,15	0,12		552 068,91
5	Base granular e=0.10m				0,1	0,08	460 057,42
6	Pavimento rigido e=0.15 m						368 045,94
7	Drenajes transversales					0,07	322 040,19
8	Cunetas revestidas						0,03
9	Bordillo					0,1	460 057,42
Avance fisico		0,15	0,35	0,55	0,75	1	
Avance financiero		690 086,13	1 610 200,99	2 530 315,84	3 450 430,69	4 600 574,25	4 600 574,25

Fuente: elaboración propia.

3.31. Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)

Para este método la asignación de valores es subjetiva y no existe una fórmula o método que indique los valores a asignarse. La siguiente tabla XXXI muestra la evaluación de impacto ambiental para el proyecto de pavimentación de la carretera de acceso principal de la aldea Mesillas Bajas.

Como puede observarse en la tabla XXXIII, el impacto ambiental será positivo para la población de Granjas Gerona, salvo en el factor de flora y fauna los cuales presentan valores negativos por las acciones de Ruido y vibraciones, causados por los trabajos de construcción y tránsito vehicular, y contaminación de humo causados por los vehículos que lleguen a transitar por la carretera, siendo estos problemas mínimos comparados con los beneficios debido a que las acciones muestran un impacto positivo y de gran importancia, beneficiando a los pobladores en los aspectos de mayor comodidad de transporte, mejor

salud por la eliminación de polvo y aumento de las actividades económicas y agrícolas.

Tabla XXXVII. Estudio de Impacto Ambiental

				ACCIONES CON POSIBLES EFECTOS									
				Modificación del régimen			Transformación del territorio			Operación y mantenimiento			
				Alteración cubierta y terrestre	Ruido y vibraciones	Excavación de zanjas	Drenaje lluvia	Tratamiento de aguas negras	Operación de conducción en tuberías	Eliminación de aguas residual	Impacto en ambiente	Importancia de impacto	
FACTORES AMBIENTALES	Físico químico	Tierra	Suelos	-1	-3	0	5	3	1	-1	6		
				5	3	3	5	1	5	5		27	
		Agua	Calidad	0	0	0	0	3	0	0			
			Temperatura	5	0	5	0	5	0	0	3		
				5	0	5	3	3	5	5		41	
		Atmosfera	Calidad	-3	-2	0	5	4	-1	-1			
			5	5	5	1	3	2	3				
		Inundaciones	0	0	0	4	5	0	0	11			
			0	0	0	1	3	2	2		32		
	Condiciones biológicas	Procesos	Compactación	5	0	0	5	3	1	0	9		
				5	2	0	5	3	3	2		20	
		Flora	Arboles	-2	0	-2	0	2	0	-2			
				5	2	3	1	0	2	5			
			Cosecha	-3	0	0	5	4	0	-2	13		
				5	0	3	2	0	2	2		47	
	Fauna	Macro fauna	0	-4	-2	0	0	0	-3	7			
			5	3	3	3	1	3	5		23		
	Factores culturales	Uso del territorio	Agrícola	-1	0	-1	4	4	0	-1			
				5	3	5	2	3	3	5			
			Zona residencial	3	-3	-1	5	4	-1	-1	40		
				4	4	4	5	5	3	5		57	
		Nivel cultural	Culturas o forma de vida	-3	-3	-1	5	5	3	5			
				5	5	5	5	4	2	3			
Salud y seguridad			-1	-1	-1	3	3	0	0				
			4	4	4	4	5	2	3				
		Empleo	3	-1	0	5	3	0	0	27			
			3	3	3	3	3	3	3		84		
Servicio e infraestructura		Red de transporte	0	0	0	5	3	0	0				
		5	3	3	5	5	3	3					
	Servicios	2	1	0	5	5	0	0	8				
		3	3	4	4	4	2	3		51			

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. En el diseño de la carretera de la comunidad Granjas Gerona, San Miguel Petapa se consideraron los siguientes aspectos:
Topografía: región ondulada
Tránsito: 10 a 100 vehículos al día
Velocidad de diseño: 40 km/h
Elementos que influyeron grandemente, para definir el tipo de carretera que se necesita en la región y a la vez llevar a cabo un buen diseño, razón por la cual se estableció una carretera tipo E, la cual beneficiará aproximadamente a 800 personas del lugar.
2. En la comunidad de Granjas Gerona, es de carácter urgente que se realice la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario nuevo, este proyecto beneficiará directamente a 800 habitantes, pues el sistema se conectará al colector principal de para luego trasladar sus aguas a una planta de tratamiento, por lo que disminuirá la contaminación de los ríos.
3. La realización del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), además de brindar servicio técnico profesional, como proyección de la universidad, da la oportunidad al estudiante de complementar su formación académica, le permite adquirir experiencia y madurez para iniciar el desempeño de su profesión, ya que lo vivido en el EPS le provee del conocimiento no adquirido en la Universidad.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de San Miguel Petapa:

1. Realizar la construcción del sistema de alcantarillado sanitario en el menor tiempo posible, con lo cual se evitará la contaminación que se produce al momento de evacuar desechos, orgánicos e inorgánicos, en lugares inapropiados.
2. Concientizar a los beneficiarios del proyecto de alcantarillado sanitario, para que las tuberías se mantengan libres de basura o cualquier objeto que pueda dañarlas, de esta manera se obtendrán resultados óptimos.
3. Proveer el mantenimiento rutinario y periódico a la superficie de rodadura de la carretera, antes y después del invierno, de esa forma se logrará alcanzar la vida útil del proyecto.
4. Dentro del programa de mantenimiento de la carretera de la comunidad Granjas Gerona, realizar la limpieza de los drenajes al inicio y al final del invierno.
5. En el tiempo que se realizara la ejecución del proyecto es necesario que las personas encargadas actualicen los precios de los materiales.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR FUENTES, Byron de Jesús. *Planificación y diseño de un tramo carretero comunidad El Carmen*. Trabajo de graduación Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 2001. 164 p.
2. CABRERA RODAS ALDANA, Walter Estuardo. *Estudio y diseño de la red de recolección de aguas residuales, de la aldea La Guitarra, del departamento de Retalhuleu*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2003. 82 p.
3. Dirección General de Caminos Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: DGC MCIV 2000. 361 p.
4. GALICIA ORDOÑEZ, Caris Gabriela. *Diseño de ampliación de 1.45 km. de pavimento rígido en el sector 2 de la aldea Fray Bartolomé de las Casas (El Cerinal) y escuela de párvulos de dos niveles del cantón Utzumazate del municipio de Barberena, Santa Rosa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006. 181 p.

5. JUÁREZ IZEM, Henry Otoniel. *Diseño de carretera comunidad San Sebastián El Refugio, municipio de San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004. 175 p.

6. QUIJADA SAGASTUME, José Gilberto. *Diseño de la red de alcantarillado sanitario de las aldeas El Ingeniero y Petapilla del municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004. 151 p.

APÉNDICE

RESULTADOS DEL ENSAYO DE SUELOS

Tabla XXXVIII. Resultados ensayo de límites de Atterberg



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



INFORME No. 007 S.S.

O.T.: 30,771

Interesado: Luis Gabriel García Ramos
 Proyecto: EPS "Diseño de Carretera para Granjas Gerona, San Miguel Petapa, Guatemala"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG
 Norma: AASHTO T-89 Y T-90
 Ubicación: San Miguel Petapa
 FECHA: Martes, 15 de enero de 2013

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	L.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	NP	NP	ML	Arena Limosa color Café Oscuro

(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD
 Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.



Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CI/USAC





Ing. Orián Enrique Méndez 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 Facultad de Ingeniería Universidad de San Carlos de Guatemala

Tabla XXXIX. Resultados ensayo de análisis granulométrico



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



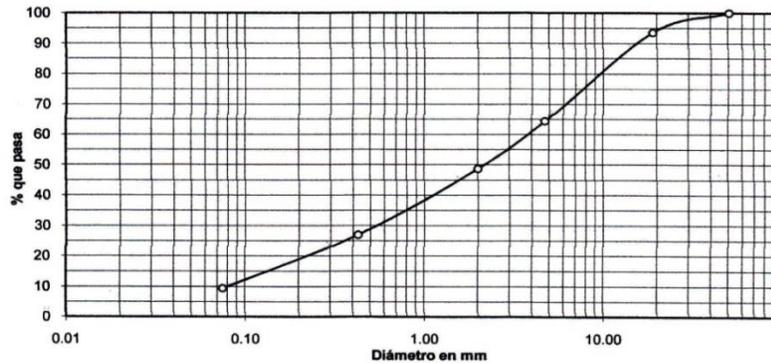
INFORME No. 008 S.S. O.T. No. 30,771

Interesado: Luis Gabriel García Ramos
Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y con lavado previo.
Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11
Proyecto: EPS "Diseño de Carretera para Granjas Gerona, San Miguel Petapa, Guatemala"

Ubicación: San Miguel Petapa
Fecha: Martes, 15 de enero de 2013

Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
2"	50.80	100.00
3/4"	19	93.57
4	4.75	64.44
10	2	48.72
40	0.425	27.00
200	0.075	9.45

% de Grava: 35.56
% de Arena: 54.99
% de finos: 9.45



Descripción del suelo: Arena Limosa color Café Oscuro
Clasificación: S.C.U.: SP-SM P.R.A.: A-1-a
Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

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



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 Facultad de Ingeniería Universidad de San Carlos de Guatemala

Tabla XL. Resultados ensayo de compactación



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



INFORME No. 009 S.S.

O.T. No.: 30,771

Interesado: Luis Gabriel García Ramos

Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.

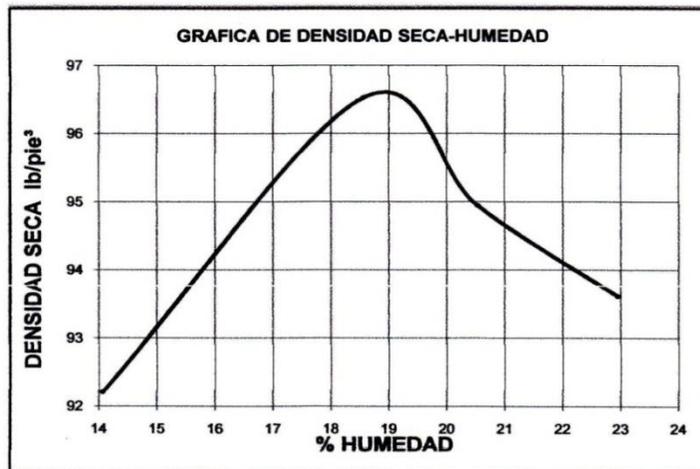
Proyecto: EPS "Diseño de Carretera para Granjas
Gerona, San Miguel Petapa, Guatemala"

Proctor Estándar: () Norma:

Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.T.H.O. T-180

Ubicación: San Miguel Petapa

Fecha: Martes, 15 de enero de 2013



Descripción del suelo: Arena Limosa color Café Oscuro

Densidad seca máxima γ_d : 1,548 Kg/m³ 96.6 lb/pt³

Humedad óptima Hop.: 19.0 %

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.:

Inga. Telma Maricela Cans Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
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 Facultad de Ingeniería Universidad de San Carlos de Guatemala

Tabla XLI. Resultados ensayo de CBR



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



INFÓRME No.: 010 S.S.

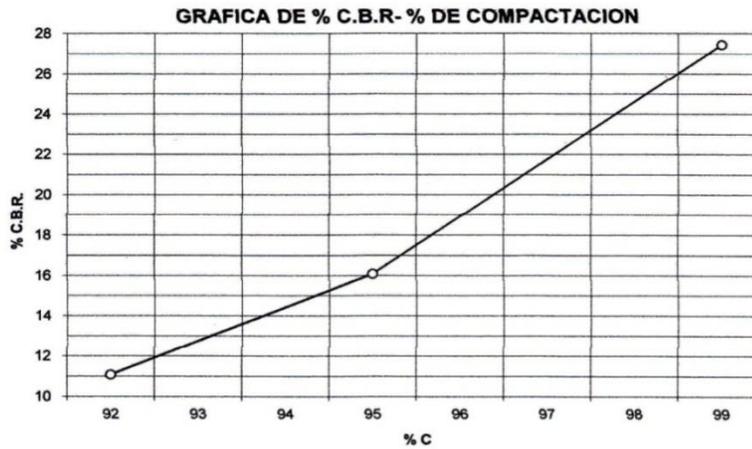
O.T. No.: 30,771

Interesado: Luis Gabriel García Ramos
Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
Proyecto: EPS "Diseño de Carretera para Granjas Gerona, San Miguel Petapa, Guatemala"

Ubicación: San Miguel Petapa
Descripción del suelo: Arena Limosa color Café Oscuro

Fecha: Martes, 15 de enero de 2013

PRÓBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C	EXPANSION	C.B.R.
		H (%)	γ_d (Lb/pie ³)			
1	10	19.00	88.9	92.0	0.00	11.1
2	30	19.00	92.6	95.9	0.00	16.1
3	65	19.00	96.1	99.5	0.00	27.4



Vo. Bo.:

Inga. Telma Marcela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA —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>

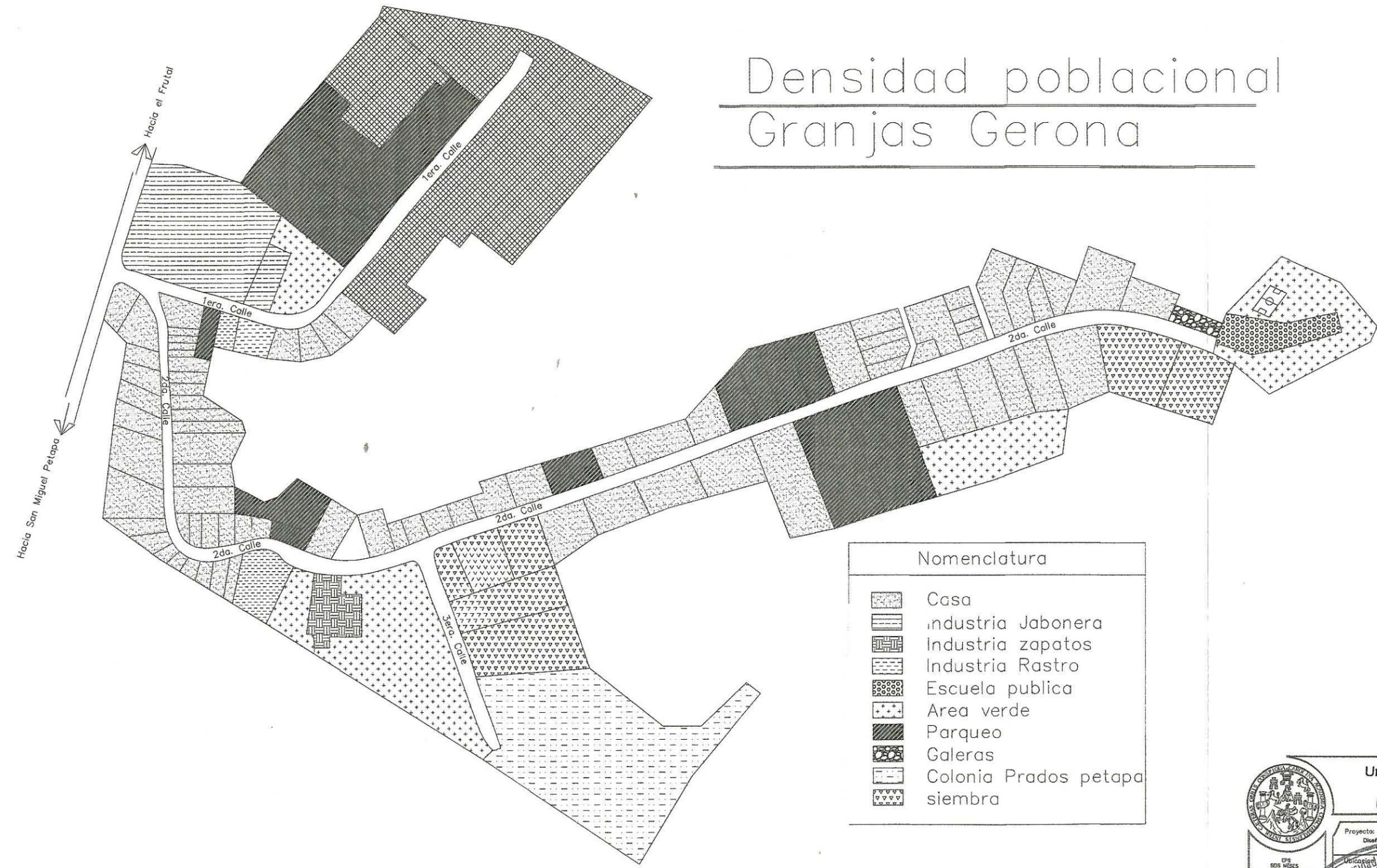
Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería Facultad de Ingeniería Universidad de San Carlos de Guatemala

ANEXOS

Planos y unitarios drenaje sanitario y carretera de la comunidad Granjas
Gerona San Miguel Petapa.

Cajas de visita		COTAS TERRENO		Datos					Caudal Domiliar				Caudal comercial		Caudal Industrial				Caudal de conexiones ilicitas				Factor		Caudal de diseño					cheques		cotas invert									
DE	A	NRO	FNL	LONGITUD	% Sierras	Jotes	cantidad de habitantes por lote	tasa de crecimiento	Tiempo de vida del proyecto	FOBLACION		Dotacion (lit/hab*dia)	Caudal Domiliar	Numero de locales	Tipo comercio	Caudal de agua residual	Numero de industrias	Tipo industria	Caudal de agua residual	factor de conexiones ilicitas	sumatoria de caudales	Factor de Harmon	factor de caudal medio (fcm)	factor de caudal medio (fcm) a usar 0.002 < fcm < 0.005	Caudal de diseño (lts/seg)	Caudal de diseño acumulado (lts/seg)	Diametro	% tubo	V	Q	qD	vV	qD	velocidad	Turante	poso	altura poco desde cota invert Entrada 1.00 < Z < 6.00	altura poco desde cota invert Salida 1.00 < Z < 6.00			
										ACTUAL	FUTURA																												tramo 1	tramo 1	tramo 1
d	e	1034	1035	40	-2.50	6	5	0.0254	20	30	30	120	0.03	0 Ninguna	0	0	0 Ninguna	0	0	2.5	0.00033333	0.03	2.48	0.001	0.002	0.15	0.63	10	0.004	1.11046304	36.62124937	0.01710249	0.375153	0.09	0.42	BIEN	0.09	BIEN	d	1.00	1.00
e	f	1035	1036	75	-1.33	5	5	0.0254	20	25	25	120	0.03	0 Ninguna	0	0	1 Rastro	5000	0.05787037	2.5	0.00064444	0.09	2.56	0.003	0.003	0.19	0.80	10	0.0035	1.04622638	44.6400646	0.01832977	0.383103	0.093	0.40	BIEN	0.09	BIEN	e	2.15	2.19
f	1	1036	1036	75	0.00	2	5	0.0254	20	10	10	120	0.01	0 Ninguna	0	0	1 TATA S.A.	5000	0.05787037	2.5	0.00027778	0.07	2.95	0.007	0.005	0.15	0.97	10	0.0035	1.04622638	44.6400646	0.02163915	0.403692	0.101	0.42	BIEN	0.10	BIEN	f	3.45	3.49
1	2	1036	1036	50	0.00	3	5	0.0254	20	15	15	120	0.02	0 Ninguna	0	0	0 Ninguna	0	0	2.5	0.00046667	0.02	2.78	0.001	0.004	0.17	1.13	10	0.005	1.2504797	25.5037587	0.04441255	0.531799	0.143	0.63	BIEN	0.14	BIEN	1	3.745	3.85
2	3	1036	1033	100	3.00	12	5	0.0254	20	60	60	120	0.07	0 Ninguna	0	0	0 Ninguna	0	0	2.5	0.00166667	0.07	2.19	0.001	0.004	0.53	1.66	10	0.01	1.78844535	6.16669983	0.28898385	0.847948	0.354	1.50	BIEN	0.35	BIEN	2	4.095	4.19
3	4	1033	1031.5	60	2.50	6	5	0.0254	20	30	30	120	0.03	0 Ninguna	0	0	0 Ninguna	0	0	2.5	0.00033333	0.03	2.48	0.001	0.004	0.30	1.96	10	0.012	1.93723483	3.88273014	0.50377174	1.00169	0.502	1.94	BIEN	0.50	BIEN	3	2.195	2.29
4	5	1031.5	1031	30	0.00	6	5	0.0254	20	30	30	120	0.03	0 Ninguna	0	0	0 Ninguna	0	0	2.5	0.00033333	0.03	2.48	0.001	0.004	0.30	2.25	10	0.005	1.2504797	25.5037587	0.08385077	0.61506	0.2	0.77	BIEN	0.2	BIEN	4	1.515	1.61
5	6	1031	1031	30	0.00	4	5	0.0254	20	20	20	120	0.02	0 Ninguna	0	0	0 Ninguna	0	0	2.5	0.00055556	0.02	2.65	0.001	0.004	0.21	2.47	10	0.004	1.11046304	36.62124937	0.06732133	0.567726	0.175	0.63	BIEN	0.175	BIEN	5	1.265	1.36
6	7	1031	1034	70	-4.29	8	5	0.0254	20	40	40	120	0.04	0 Ninguna	0	0	0 Ninguna	0	0	2.5	0.00111111	0.05	2.36	0.001	0.004	0.38	2.84	10	0.0025	0.88422267	69.5940087	0.04884303	0.488671	0.137	0.43	BIEN	0.137	BIEN	6	1.495	1.58
7	8	1034	1034	75	0.00	5	5	0.0254	20	25	25	120	0.03	0 Ninguna	0	0	1 Rastro 1 zapateria	10000 10000	0.23148148	2.5	0.00064444	0.26	2.56	0.010	0.009	0.32	3.16	10	0.0025	0.88422267	69.5940087	0.04543319	0.506117	0.145	0.45	BIEN	0.145	BIEN	7	1.4475	1.5475
8	9	1034	1031	75	4.00	5	5	0.0254	20	25	25	120	0.03	0 Ninguna	0	0	0 Ninguna	0	0	2.5	0.00064444	0.03	2.56	0.001	0.002	0.13	3.29	10	0.008	1.5817456	10.2869728	0.3197885	0.888678	0.388	1.41	BIEN	0.388	BIEN	8	4.9975	5.10
9	10	1031	1027	75	5.33	5	5	0.0254	20	25	25	120	0.03	0 Ninguna	0	0	0 Ninguna	0	0	2.5	0.00064444	0.03	2.56	0.001	0.002	0.13	3.42	10	0.01	1.78844535	6.16669983	0.5541754	1.025108	0.521	1.81	BIEN	0.521	BIEN	9	2.8975	4.45
10	11	1027	1025	75	2.67	4	5	0.0254	20	20	20	120	0.02	0 Ninguna	0	0	0 Ninguna	0	0	2.5	0.00055556	0.02	2.65	0.001	0.002	0.11	3.52	10	0.01	1.78844535	6.16669983	0.57138056	1.030296	0.541	1.83	BIEN	0.541	BIEN	10	1.1975	2.45
11	12	1025	1025	75	0.00	4	5	0.0254	20	20	20	120	0.02	0 Ninguna	0	0	1 Fabrica	5000	0.05787037	2.5	0.00055556	0.08	2.65	0.004	0.003	0.16	3.68	12	0.003	1.09380465	38.3871432	0.06307349	0.557845	0.17	0.61	BIEN	0.17	BIEN	11	1.1975	1.23
12	13	1025	1025	75	0.00	5	5	0.0254	20	25	25	120	0.03	1 Parque Camiones	2000	0.02314815	0 Ninguna	0	0	2.5	0.00064444	0.05	2.56	0.002	0.002	0.13	3.81	12	0.003	1.09380465	38.3871432	0.06326195	0.563791	0.173	0.62	BIEN	0.173	BIEN	12	1.4525	1.48
13	14	1025	1025	75	0.00	5	5	0.0254	20	25	25	120	0.03	1 Parque Camiones	2000	0.02314815	0 Ninguna	0	0	2.5	0.00064444	0.05	2.56	0.002	0.002	0.13	3.94	12	0.002	0.89388776	94.0699805	0.04186497	0.493076	0.139	0.44	BIEN	0.139	BIEN	13	1.7075	1.74
14	15	1025	1026	100	-1.00	35	5	0.0254	20	175	175	120	0.19	1 Parque Camiones	2000	0.02314815	0 Ninguna	0	0	2.5	0.004861111	0.22	1.81	0.001	0.002	0.63	4.57	12	0.002	0.89388776	94.0699805	0.04860897	0.514659	0.149	0.46	BIEN	0.149	BIEN	14	1.8875	1.92
15	16	1026	1028	100	-2.00	35	5	0.0254	20	175	175	120	0.19	0 Ninguna	0	0	0 Ninguna	0	0	2.5	0.004861111	0.20	1.81	0.001	0.002	0.63	5.21	12	0.002	0.89388776	94.0699805	0.0535297	0.535578	0.159	0.48	BIEN	0.159	BIEN	15	3.1175	3.15
16	17	1028	1027	40	2.50	5	10	0.0254	20	50	50	120	0.06	0 Ninguna	0	0	0 Ninguna	0	0	2.5	0.00138889	0.06	2.26	0.001	0.002	0.23	5.43	12	0.002	0.89388776	94.0699805	0.05776028	0.543761	0.163	0.49	BIEN	0.163	BIEN	16	5.3475	5.38
17	18	1027	1025	40	5.00	5	10	0.0254	20	50	50	120	0.06	0 Ninguna	0	0	0 Ninguna	0	0	2.5	0.00138889	0.06	2.26	0.001	0.002	0.23	5.66	12	0.002	0.89388776	94.0699805	0.06016759	0.549834	0.166	0.49	BIEN	0.166	BIEN	17	4.4575	4.49
18	19	1025	1023	80	2.5	5	5	0.0254	20	25	25	120	0.03	0 Ninguna	0	0	1 Acero	10000	0.11574074	2.5	0.00064444	0.14	2.56	0.006	0.004	0.26	5.92	12	0.002	0.89388776	94.0699805	0.06288425	0.557845	0.17	0.50	BIEN	0.17	BIEN	18	2.5675	4.57
19	20	1023	1020	50	6	2	5	0.0254	20	10	10	120	0.01	1 Escuela	5000	0.05787037	0 Ninguna	0	0	2.5	0.00027778	0.07	2.95	0.007	0.003	0.15	6.06	12	0.005	1.41209574	27.4062966	0.22123581	0.802507	0.319	1.13	BIEN	0.319	BIEN	19	2.7275	4.73
20	21	1020	1018	20	10	2	5	0.0254	20	10	10	120	0.01	1 Escuela	5000	0.05787037	0 Ninguna	0	0	2.5	0.00027778	0.07	2.95	0.007	0.003	0.15	6.21	12	0.008	1.78617532	11.2670757	0.55125116	1.023559	0.529	1.83	BIEN	0.529	BIEN	20	1.9775	3.98
21	22	1018	1016	20	10	1	5	0.0254	20	5	5	120	-0.01	1 Escuela	5000	0.05787037	0 Ninguna	0	0	2.5	0.00038889	0.06	3.25	0.013	0.006	0.08	6.29	12	0.01	1.99700494	6.82718321	0.92162659	1.134629	0.756	2.27	BIEN	0.756	BIEN	21	2.1375	4.14
22	23	1016	1012	50	8	1	5	0.0254	20	5	5	120	0.01	0 Ninguna	0	0	0 Ninguna	0	0	2.5	0.00038889	0.01	3.25	0.001	0.002	0.03	6.32	12	0.0075	1.72945701	12.8926744	0.49055483	0.994944	0.494	1.72	BIEN	0.494	BIEN	22	2.3375	4.84
23	24	1012	1010	20	10	1	5	0.0254	20	5	5	120	0.01	0 Ninguna	0	0	0 Ninguna	0	0	2.5	0.00038889	0.01	3.25	0.001	0.002	0.03	6.36	12	0.005	1.41209574	27.4062966	0.2319545	0.813197	0.327	1.15	BIEN	0.327	BIEN	23	1.2125	3.71
24	25	1010	1009	20	5	1	5	0.0254	20	5	5	120	0.01	0 Ninguna	0	0	0 Ninguna	0	0	2.5	0.00038889	0.01	3.25	0.001	0.0																

Densidad poblacional Granjas Gerona



Nomenclatura

	Casa
	Industria Jabonera
	Industria zapatos
	Industria Rastro
	Escuela publica
	Area verde
	Parqueo
	Galeras
	Colonia Prados petapa
	siembra


Universidad de San Carlos De Guatemala
 Facultad de ingeniería

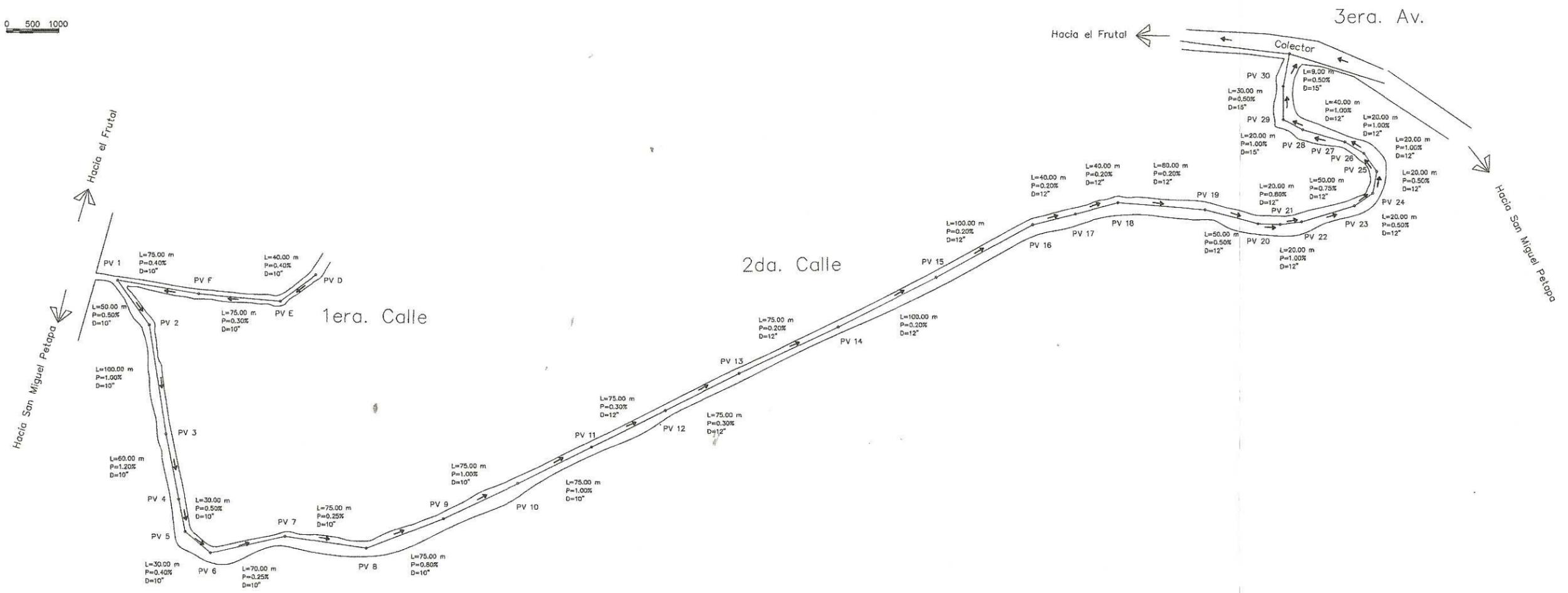
Proyecto: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario Granjas Gerona San Miguel Petapa	Magnitud: ----- Escala: 1/400
Contenido: ASESOR(A) SUPERVISOR(A) DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS	Fecha: 2013 Hoja: 1 / 1

Diseñó:
 LUIS GABRIEL GARCIA
 Calculó:
 LUIS GABRIEL GARCIA
 Dibujó:
 LUIS GABRIEL GARCIA

F. [Signature]
 [Stamp]
 Facultad de Ingeniería



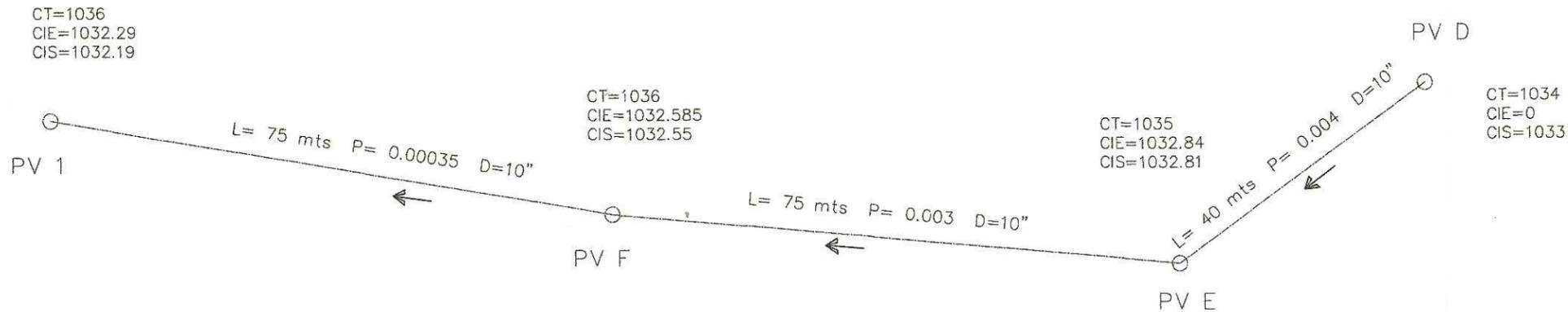
0 500 1000



PLANTA GENERAL

ESCALA 1:400

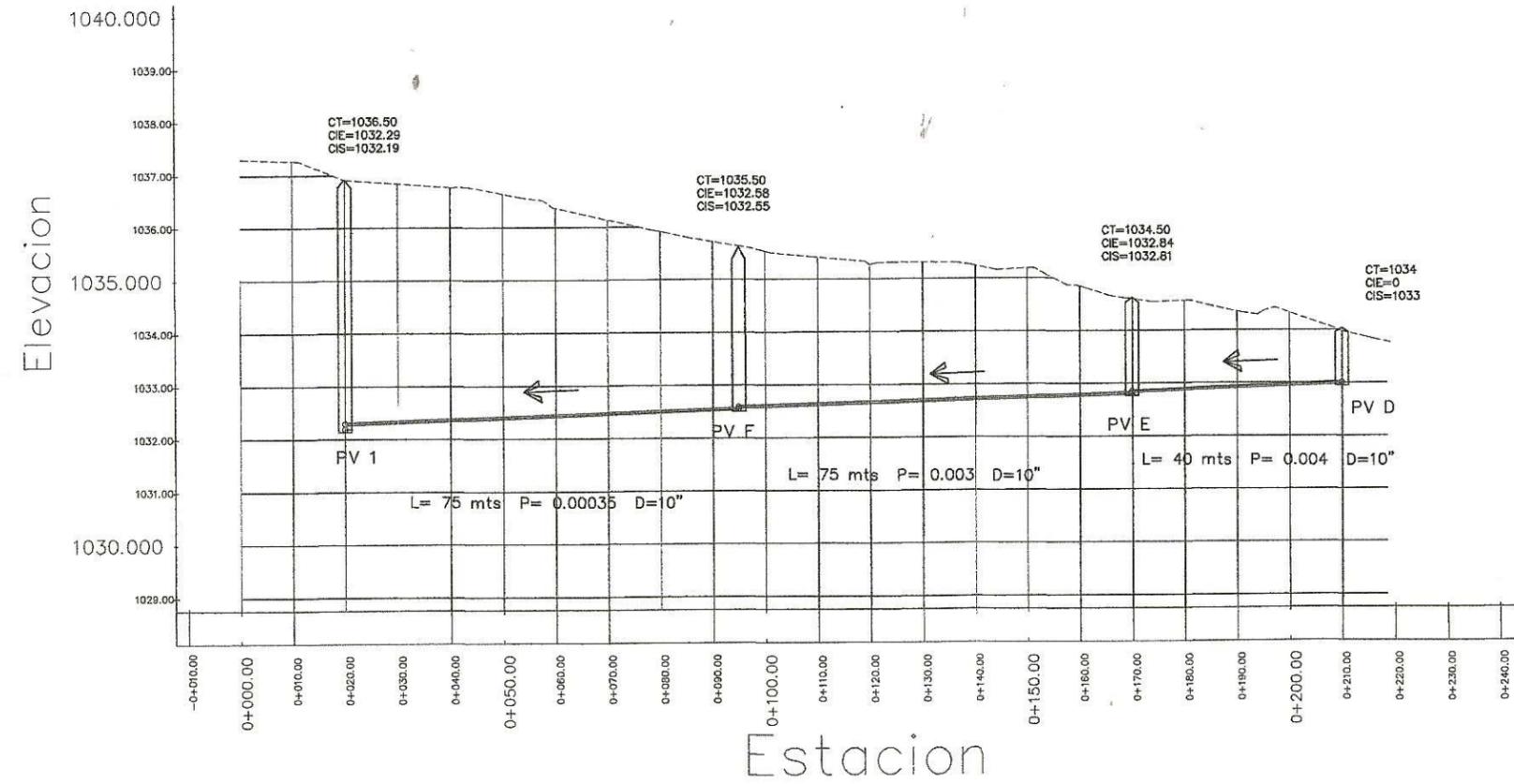
		Universidad de San Carlos De Guatemala Facultad de Ingeniería	
		Proyecto: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario Granjas Gerona San Miguel Petapa	Magnitud: ---
EPS: SEDS MESES	Ubicación: Granjas Gerona San Miguel Petapa Guatemala Guatemala	Escala: Planta 1/400	Fecha: Abril 2013
Diseña: LUIS GABRIEL GARCIA	Contenido: BOR(A) SUPLENTE(S) DE L(E)S BOR(A) SUPLENTE(S) DE L(E)S BOR(A) SUPLENTE(S) DE L(E)S BOR(A) SUPLENTE(S) DE L(E)S	Hoja: 1 / 12	Dibuja: LUIS GABRIEL GARCIA



PLANTA SECCION PV-D A PV-1

SIMBOLOGIA ALCANTARILLADO SANITARIO

LINEA DE CONDUCCION	
TUBERIA PVC, NORMA ASTM D-3034	
DIRECCION DEL FLUJO	
POZO DE VISITA	
ESTACION	E
LONGITUD	L
PENDIENTE	P
COTA INVERT ENTRADA	CIE
COTA INVERT SALIDA	CIS
LONGITUD-PENDIENTE-DIAMETRO (mts.) (millesimas.) (cms.)	90-4-30
CADENAMIENTO A CADA 20.00 MTS.	



PERFIL SECCION PV-D A PV-1

Universidad de San Carlos De Guatemala
 Facultad de ingeniería

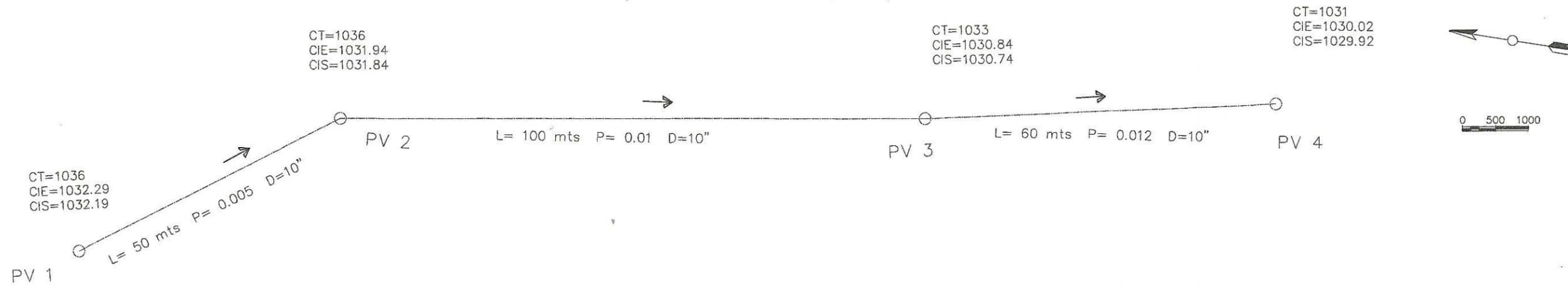
Proyecto: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario
 Grupos Corona San Miguel Petapa
 Universidad de San Carlos de Guatemala
 Grupos Corona San Miguel Petapa
 Guatemala Guatemala

Magnitud: 1:500 mts
 Escala: Plano y 1/250 Sección 1/125

Fecha: 2013
 Hoja: 2 / 12

Contador: ASESOR(A) SUPERVISOR(A) DE EPS
 Unidad de Ingeniería y EPS

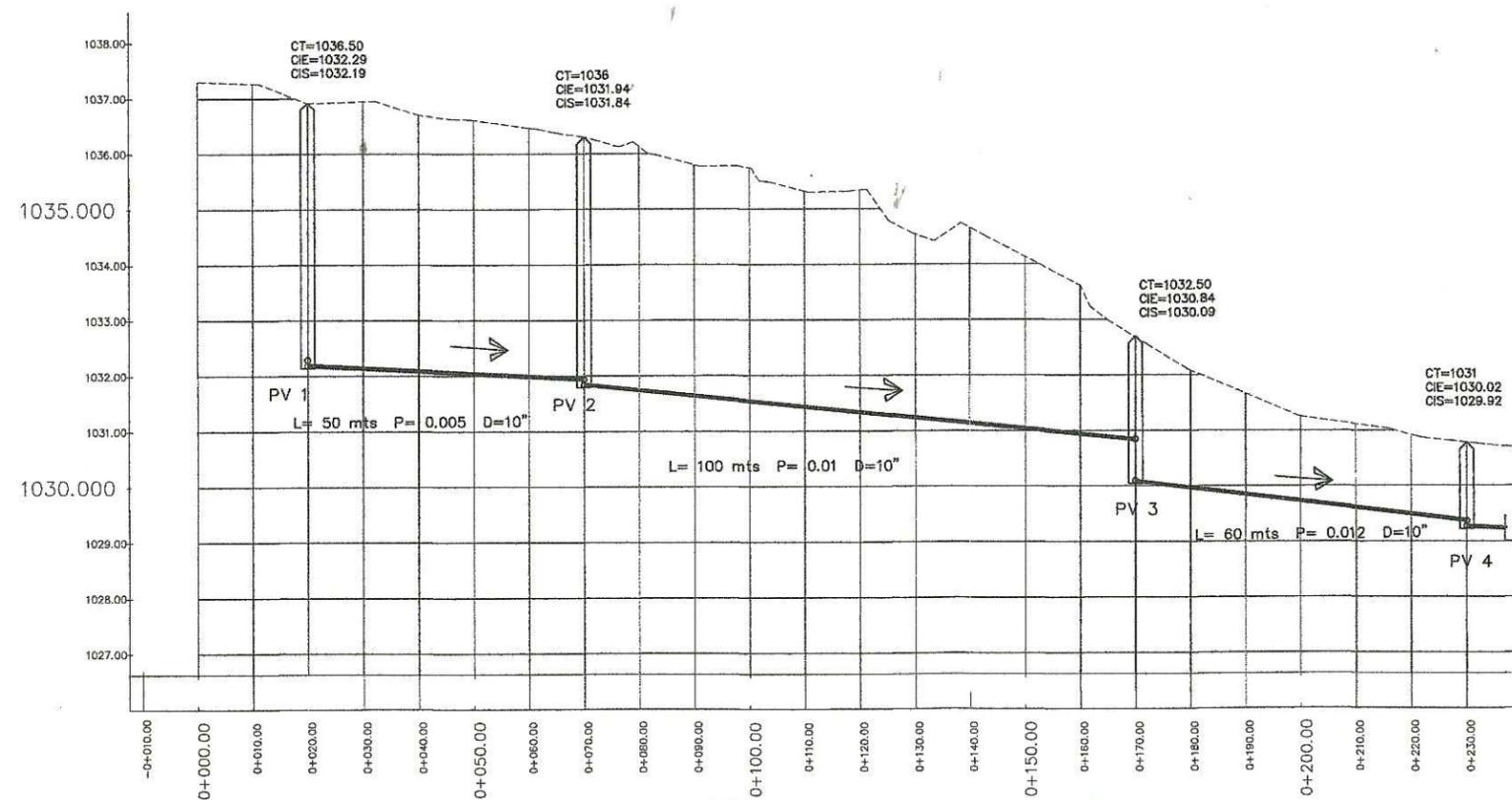
Dibuja: LUIS GABRIEL GARCIA



PLANTA SECCION PV-1 A PV-4

SIMBOLOGIA ALCANTARILLADO SANITARIO

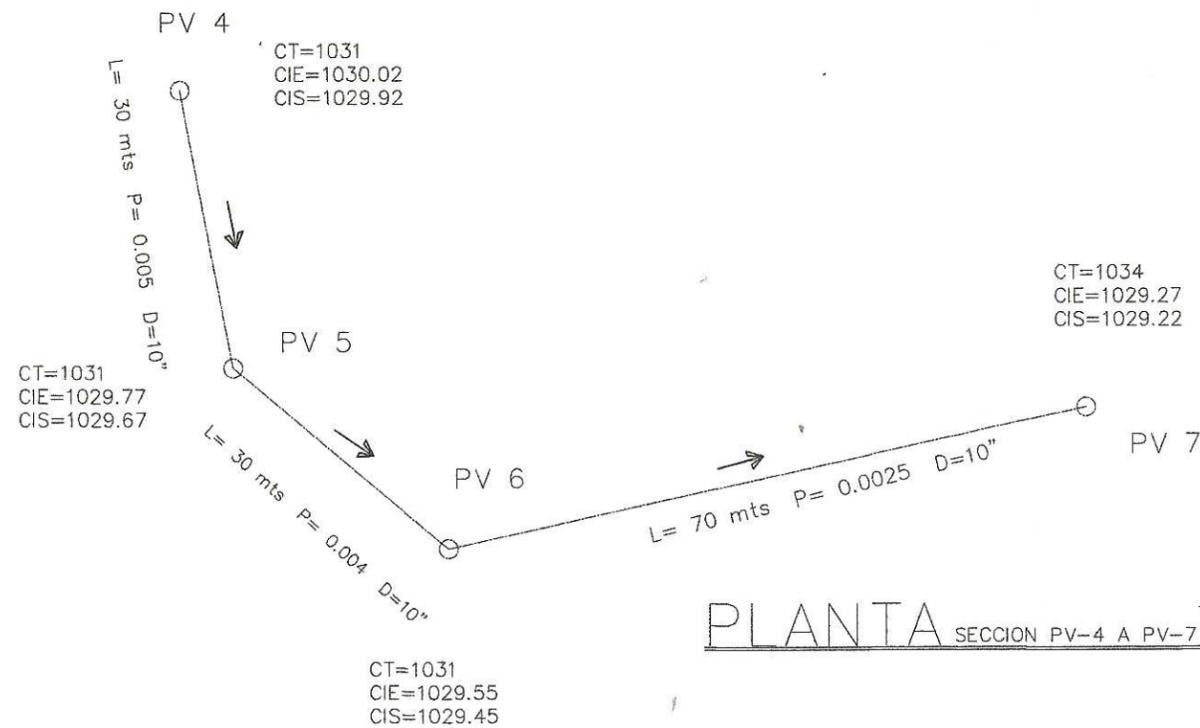
LINEA DE CONDUCCION	—————
TUBERIA PVC, NORMA ASTM D-3034	=====
DIRECCION DEL FLUJO	—————>
POZO DE VISITA	PV ○
ESTACION	E
LONGITUD	L
PENDIENTE	P
COTA INVERT ENTRADA	CIE
COTA INVERT SALIDA	CIS
LONGITUD-PENDIENTE-DIAMETRO (mts.) (milesimas.) (cms.)	90-4-30
CADENAMIENTO A CADA 20.00 MTS.	



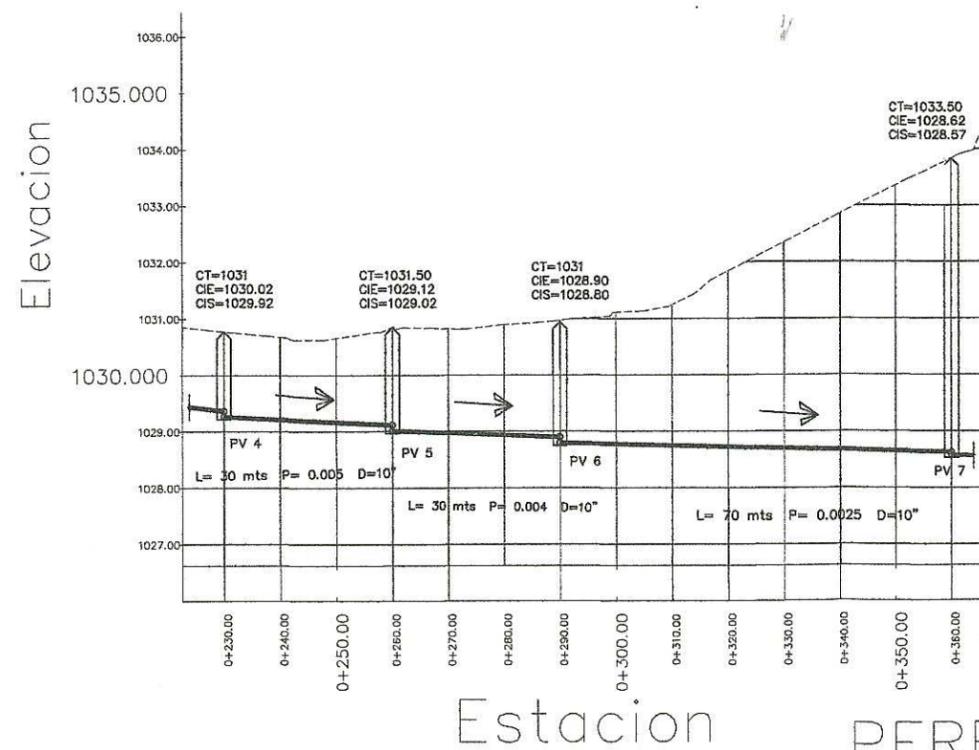
Estacion
PERFIL SECCION PV-1 A PV-4

**Universidad de San Carlos
De Guatemala
Facultad de ingeniería**

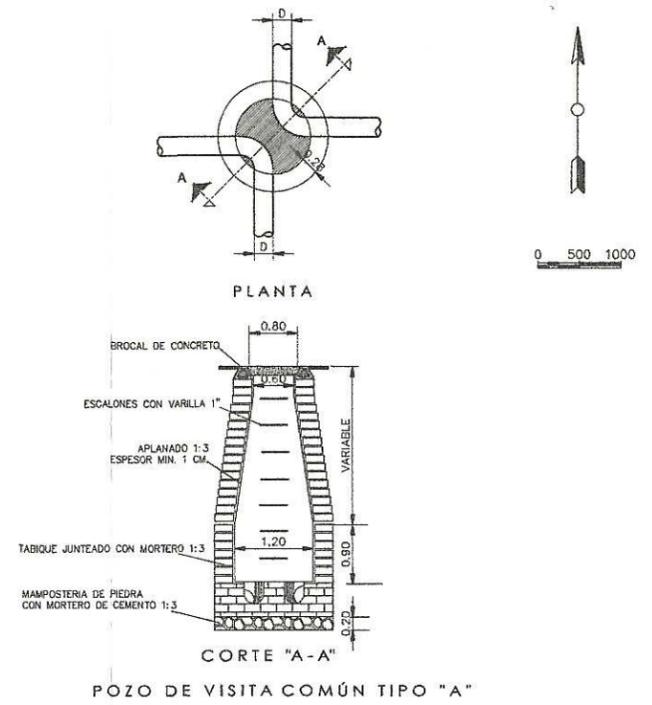
<p>Proyecto: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario Granjas Guesno San Miguel Petapa.</p> <p>Ubicación: Granjas Guesno San Miguel Petapa Guatemala Guatemala</p> <p>Contenido: Plano de Instalación y ETC</p> <p>Calculo: LUIS GABRIEL GARCIA</p> <p>Dibujar: LUIS GABRIEL GARCIA</p>	<p>Magnitud: 1.600 mts</p> <p>Escala: Planta 1/375</p> <p>Fecha: Abril 2013</p> <p>Hoja: 3 / 12</p>
---	---



PLANTA SECCION PV-4 A PV-7



PERFIL SECCION PV-4 A PV-7



POZO DE VISITA COMÚN TIPO "A"

SIMBOLOGIA ALCANTARILLADO SANITARIO

LINEA DE CONDUCCION	—————
TUBERIA PVC, NORMA ASTM D-3034	=====
DIRECCION DEL FLUJO	—————>
POZO DE VISITA	PV ○
ESTACION	E
LONGITUD	L
PENDIENTE	P
COTA INVERT ENTRADA	CIE
COTA INVERT SALIDA	CIS
LONGITUD-PENDIENTE-DIAMETRO (mts.) (milesimas.) (cms.)	90-4-30
CADENAMIENTO A CADA 20.00 MTS.	

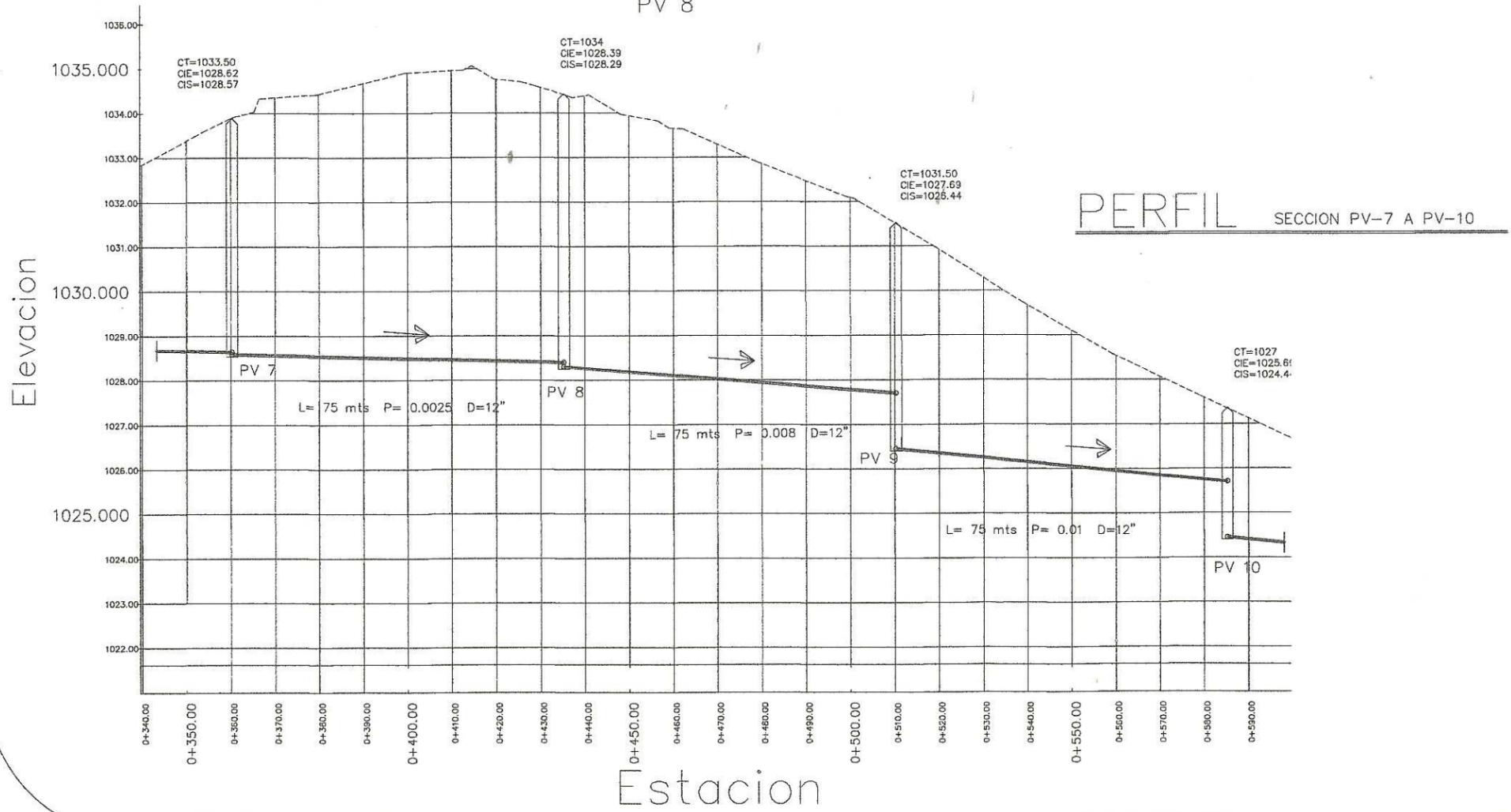
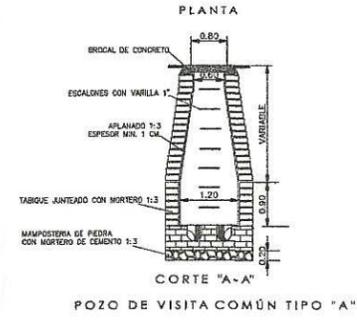
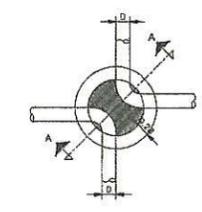
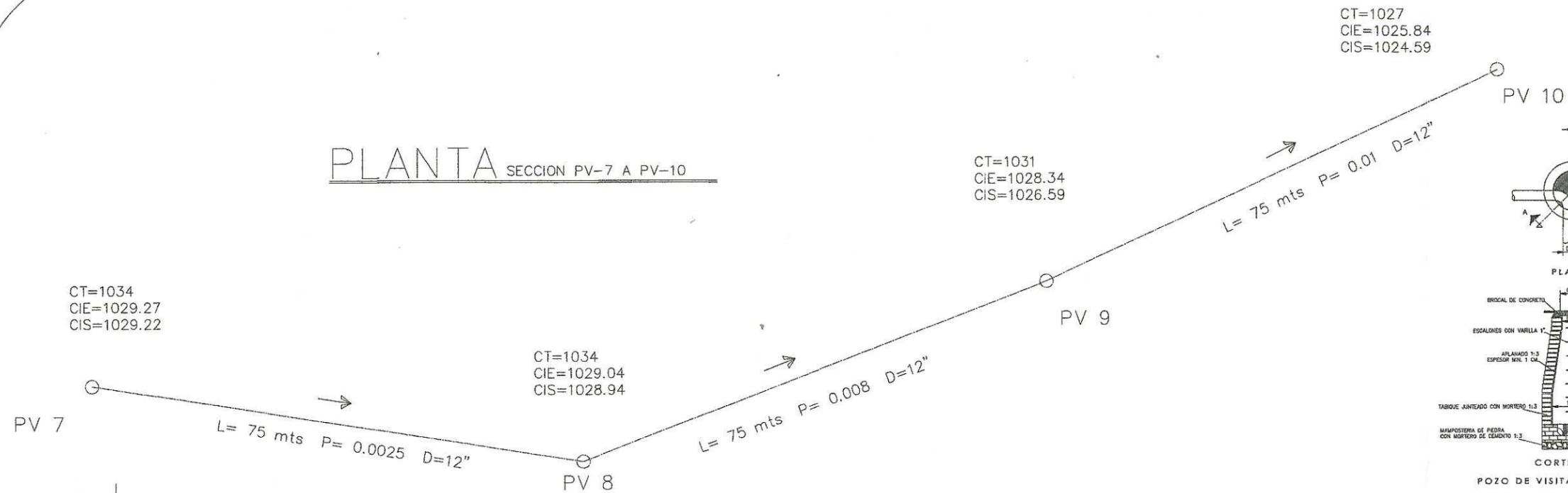
Universidad de San Carlos
De Guatemala
Facultad de ingeniería

Proyecto: Diseño del alcantarillado sanitario
Ubicación: Granjas Gesena San Miguel Peten, Guatemala, Guatemala

Contenido: ASesor(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

Escuela: 1/075
Elevación: 1/125
Fecha: 11 de Abril 2013
Hoja: 4 / 11

PLANTA SECCION PV-7 A PV-10



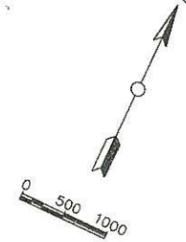
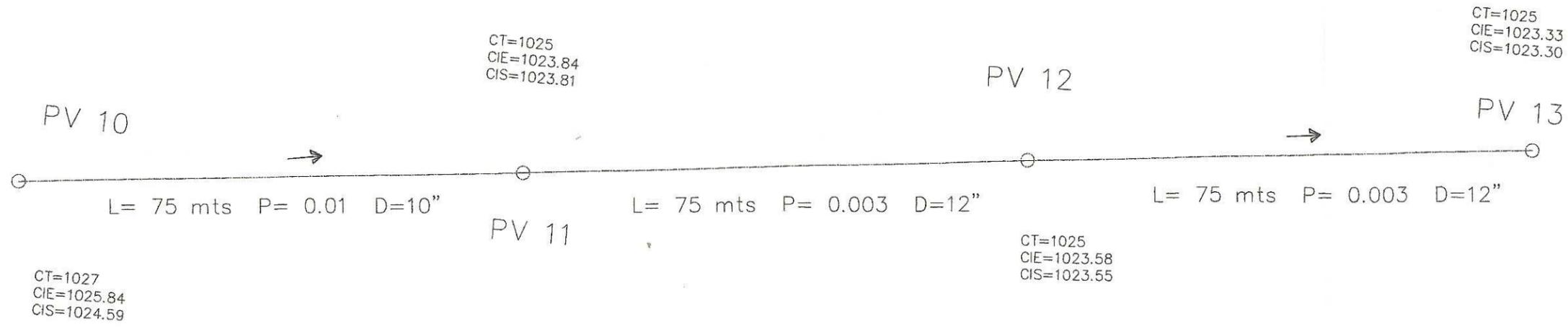
SIMBOLOGIA ALCANTARILLADO SANITARIO

LÍNEA DE CONDUCCION	———
TUBERIA PVC, NORMA ASTM D-3034	====
DIRECCIÓN DEL FLUJO	→
POZO DE VISITA	PV ○
ESTACIÓN	E
LONGITUD	L
PENDIENTE	P
COTA INVERT ENTRADA	CIE
COTA INVERT SALIDA	CIS
LONGITUD-PENDIENTE-DIAMETRO (mts.) (milesimas.) (cms.)	90-4-30
CADENAMIENTO A CADA 20.00 MTS.	

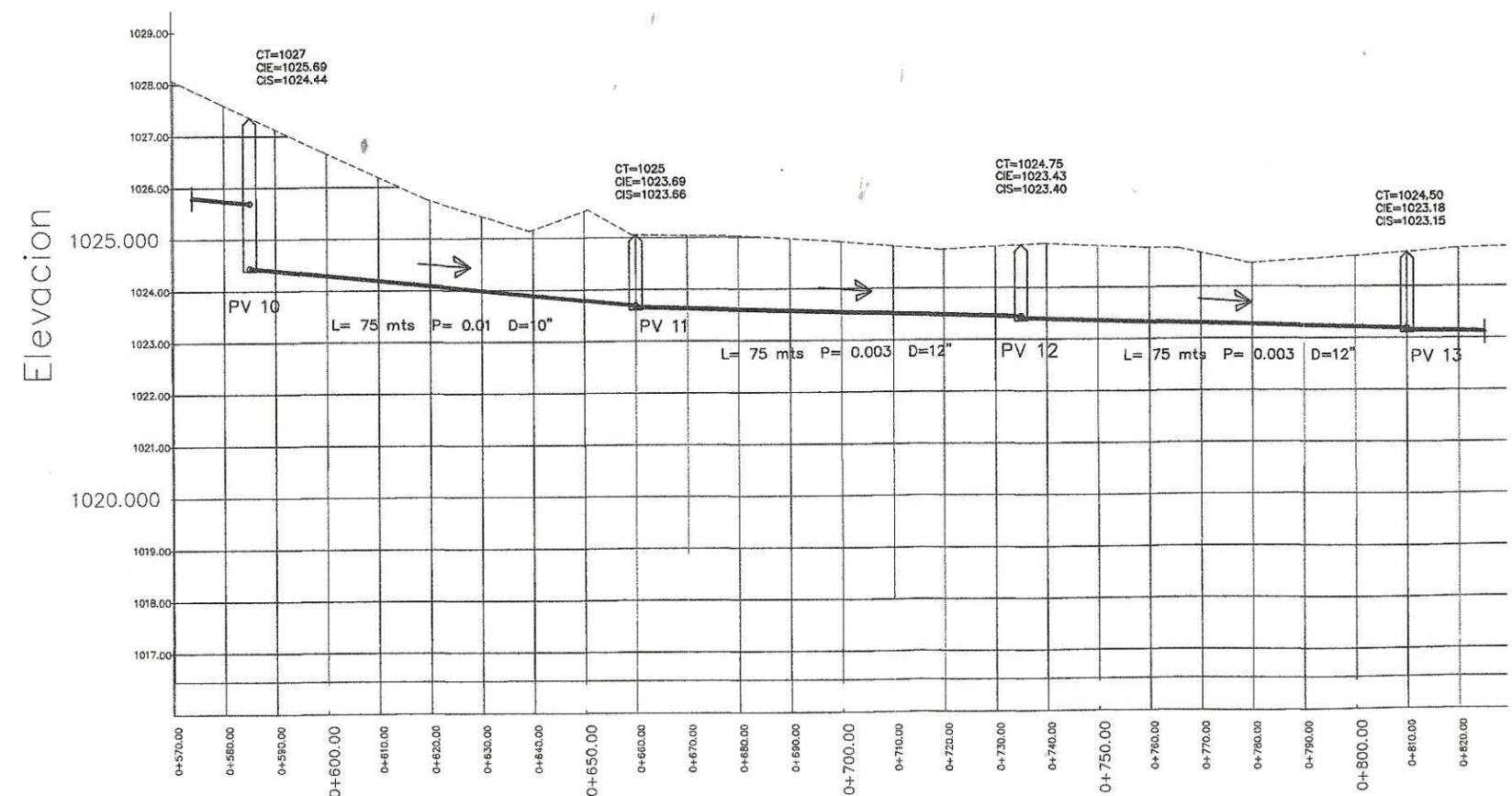
Universidad de San Carlos De Guatemala
Facultad de ingeniería

Proyecto: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario Cliente: EPS SIES MISEC	Magnitud: 1,600 mts	Escala: Planta 1/1000 Corte 1/25
Diseñó: LUIS GABRIEL GARCIA	Contenido: ASESOR(A) SUPERVISOR(A) DE EPS	Fecha: Abril 2015
Colocó: LUIS GABRIEL GARCIA	Unidad de: Unidad de Ingeniería y EPS	F. 5/11
Dibujo: LUIS GABRIEL GARCIA	F. 5/11	F. 5/11

Facultad de Ingeniería



PLANTA SECCION PV-10 A PV-13



SIMBOLOGIA ALCANTARILLADO SANITARIO

LINEA DE CONDUCCION	—
TUBERIA PVC, NORMA ASTM D-3034	==
DIRECCION DEL FLUJO	→
POZO DE VISITA	PV ○
ESTACION	E
LONGITUD	L
PENDIENTE	P
COTA INVERT ENTRADA	CIE
COTA INVERT SALIDA	CIS
LONGITUD-PENDIENTE-DIAMETRO (mts.) (milesimas.) (cms.)	90-4-30
CADENAMIENTO A CADA 20.00 MTS.	≡≡≡

PERFIL SECCION PV-10 A PV-13

Universidad de San Carlos De Guatemala
Facultad de ingeniería

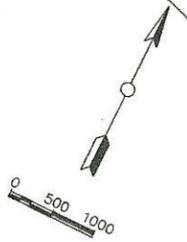
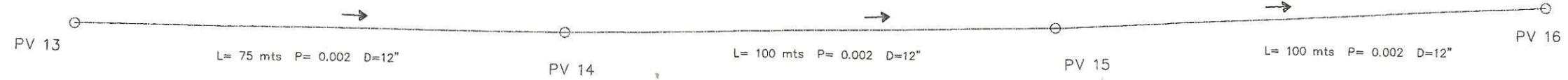
Proyecto: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario Granjas Cigón San Miguel Petapa	Magnitud: 1,600 mts
Ubicación: San Carlos de Guatemala, Guatemala Guatemala	Escala: Planta 1/375 Elevación 1/125
Contenido: Planta Perfil RESOR(A)-SANTOS(A) DE EPS Unidad de Práctica Ingeniería y EPS	Fecha: Abril 2015
Diseño: LUIS GABRIEL GARCIA	Hoja: 6 / 11

CT=1025
CIE=1023.33
CIS=1023.30

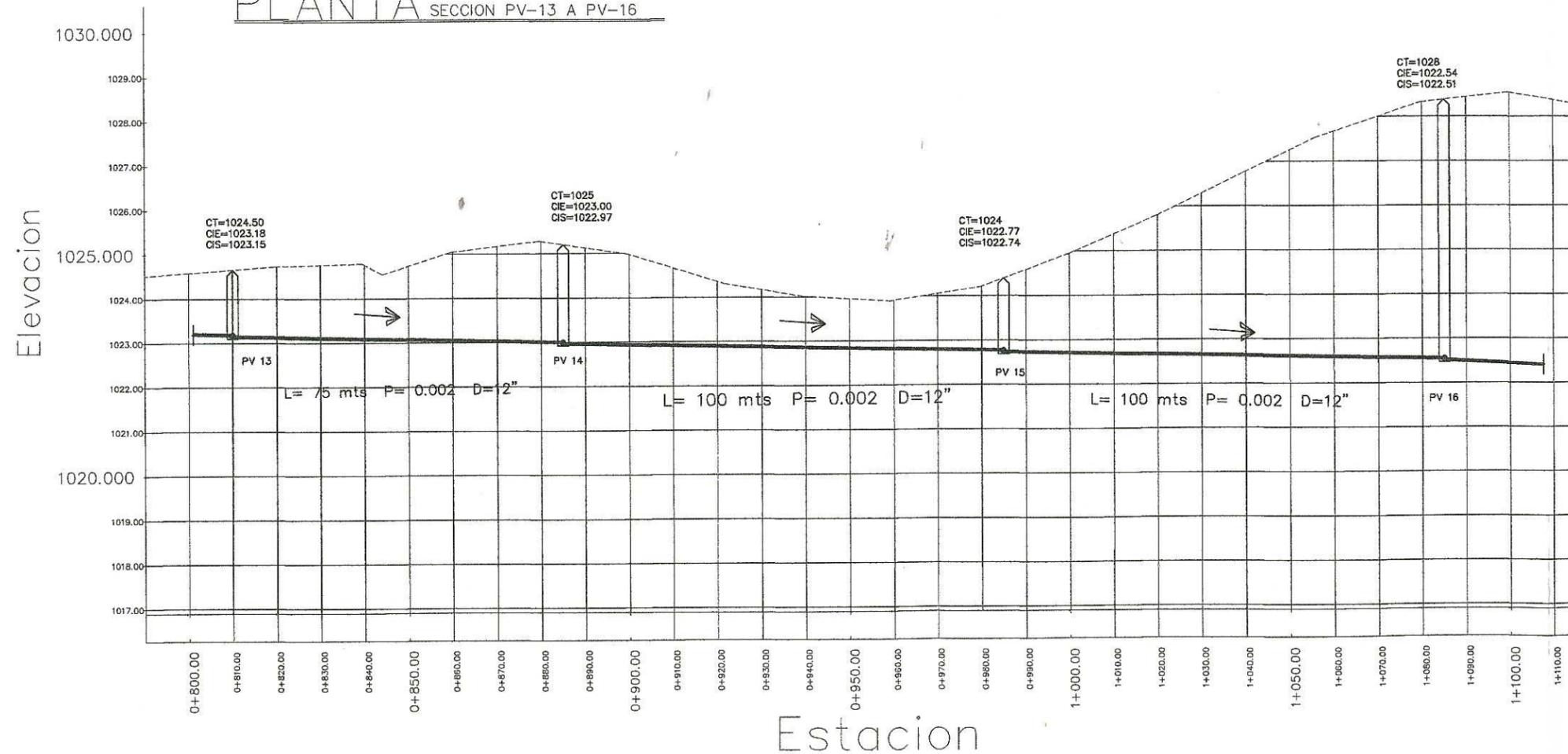
CT=1025
CIE=1023.15
CIS=1023.12

CT=1026
CIE=1022.92
CIS=1022.89

CT=1028
CIE=1022.69
CIS=1022.66



PLANTA SECCION PV-13 A PV-16



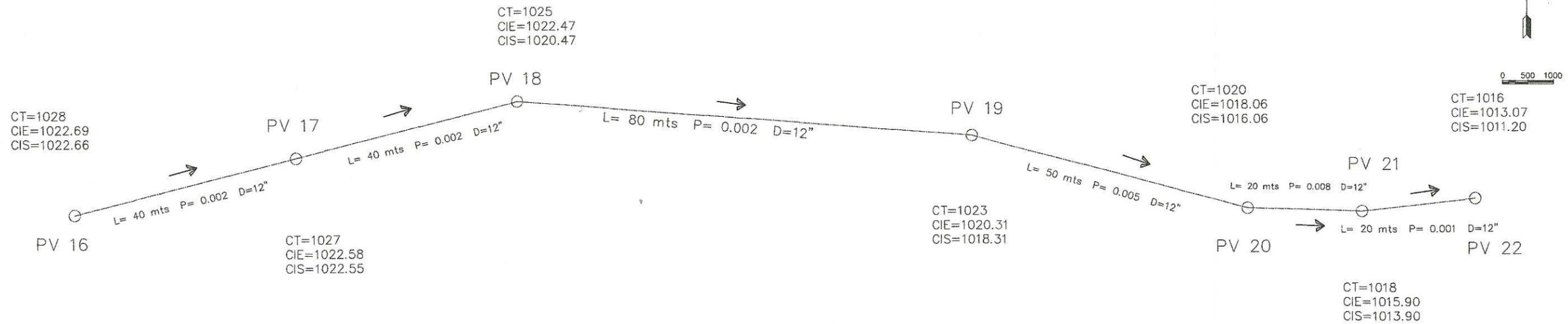
SIMBOLOGIA ALCANTARILLADO SANITARIO

LINEA DE CONDUCCION	—
TUBERIA PVC, NORMA ASTM D-3034	—
DIRECCION DEL FLUJO	→
POZO DE VISITA	PV ○
ESTACION	E
LONGITUD	L
PENDIENTE	P
COTA INVERT ENTRADA	CIE
COTA INVERT SALIDA	CIS
LONGITUD-PENDIENTE-DIAMETRO (mts.) (milésimas.) (cms.)	90-4-30
CADENAMIENTO A CADA 20.00 MTS.	—

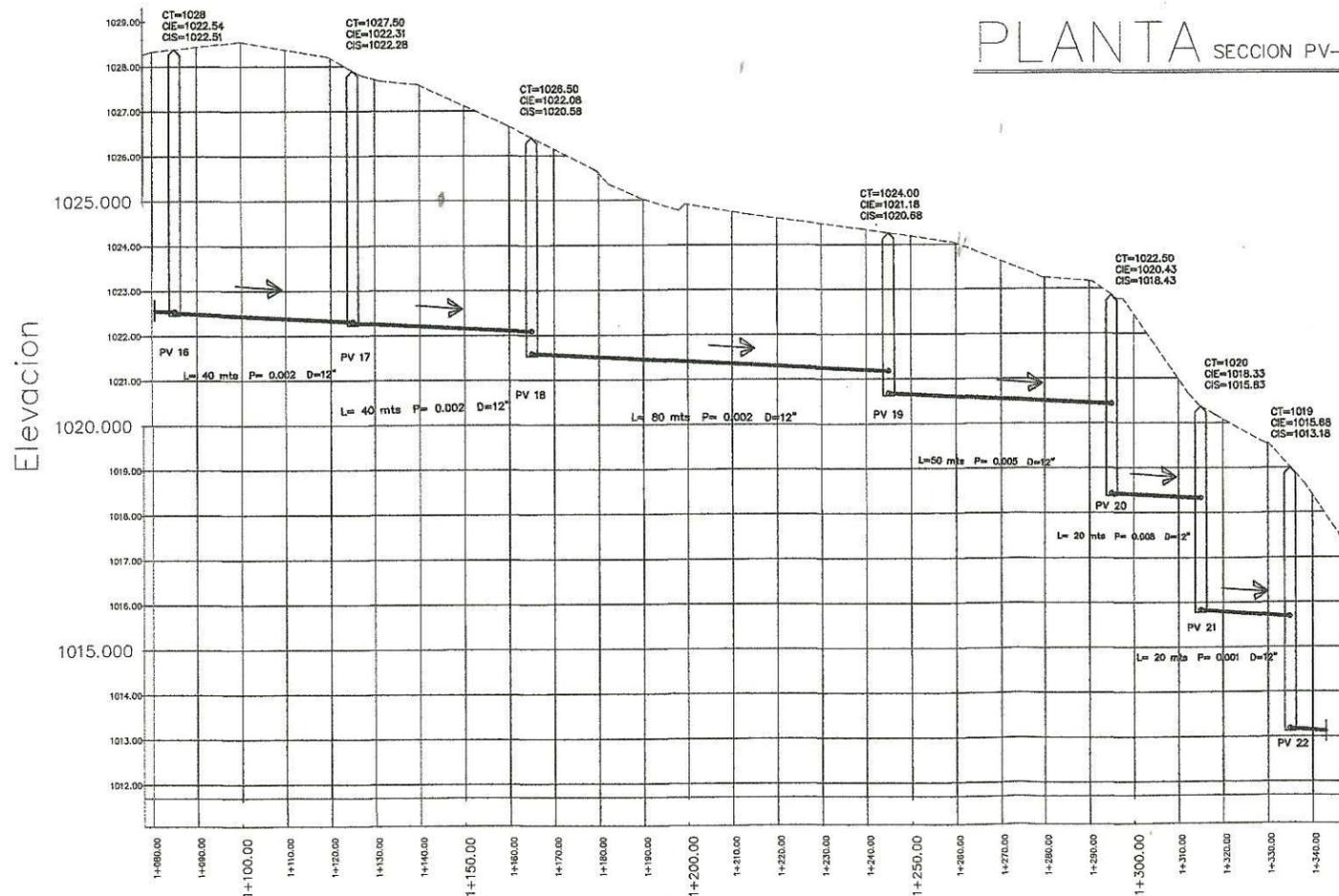
PERFIL SECCION PV-13 A PV-16

**Universidad de San Carlos
De Guatemala
Facultad de ingeniería**

Proyecto: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario Granjas Geocora San Miguel Petapa	Magnitud: 1,600 mts Escala: 1/100 Elevacion: 1/125
EPS: SEIS MESES Director: LUIS GABRIEL GARCIA	Fecha: Abril 2013
Colección: LUIS GABRIEL GARCIA	Hoja: 7 / 11
Contenido: Planta ASESOR(A) SUPERVISOR(A) DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS F. [Signature] [Signature] Facultad de Ingeniería	



PLANTA SECCION PV-16 A PV-22



PERFIL SECCION PV-16 A PV-22

SIMBOLOGIA ALCANTARILLADO SANITARIO

LINEA DE CONDUCCION	—
TUBERIA PVC, NORMA ASTM D-3034	—
DIRECCION DEL FLUJO	→
POZO DE VISITA	PV ○
ESTACION	E
LONGITUD	L
PENDIENTE	P
COTA INVERT ENTRADA	CIE
COTA INVERT SALIDA	CIS
LONGITUD-PENDIENTE-DIAMETRO (mts.) (milesimas.) (cms.)	90-4-30
CADENAMIENTO A CADA 20.00 MTS.	—

Universidad de San Carlos
 De Guatemala
 Facultad de Ingenieria

Proyecto: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario
 Granjas Simons-San Miguel-Estapa.

Magnitud: 1500 mts

Escala: Planta 1/100
 Elevación 1/150

Fecha: Abril 2013

Contenido: Planta

ASesor(A) SUPERVISOR(A) DE EPS

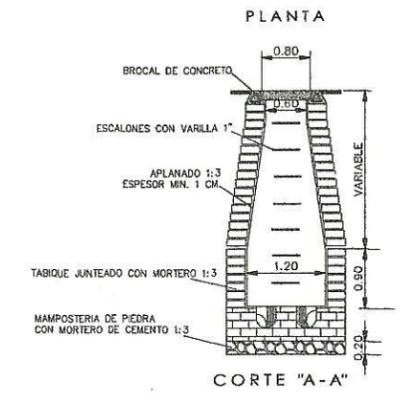
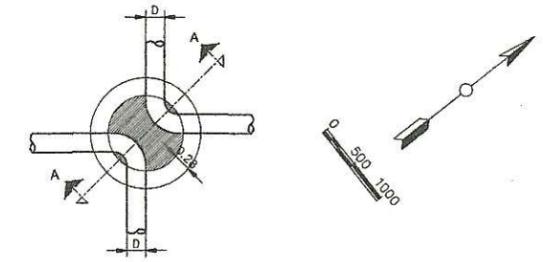
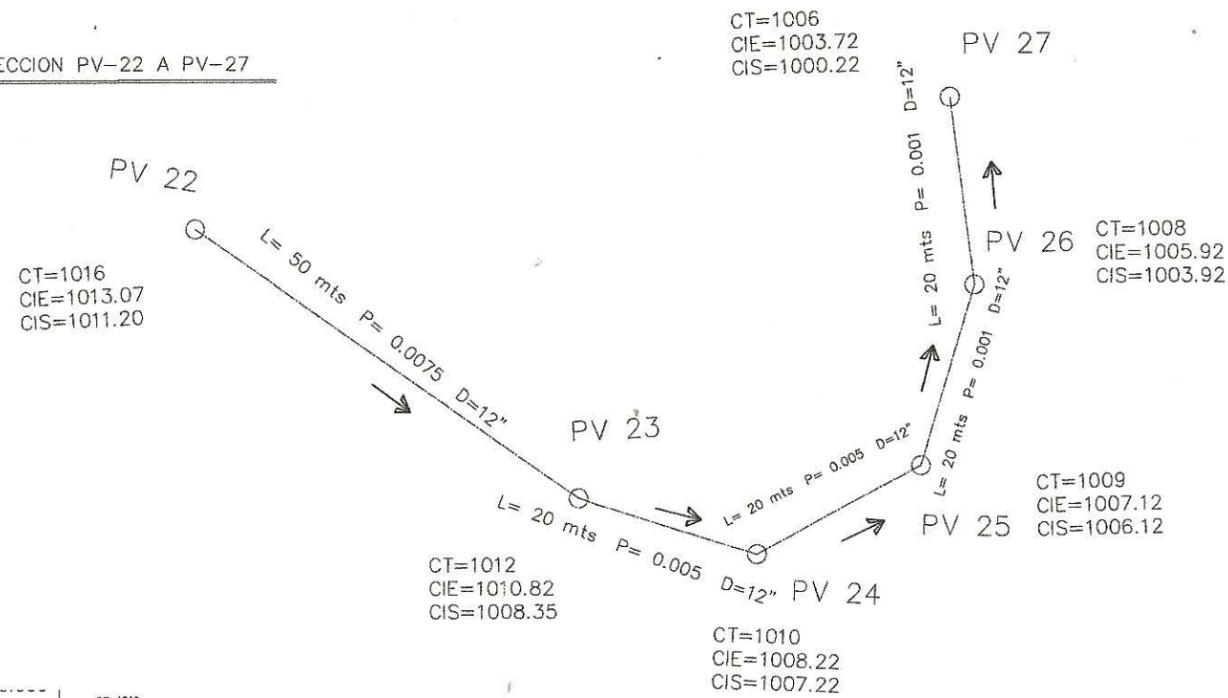
Unidad de Prácticas de Ingenieria y EPS

F.

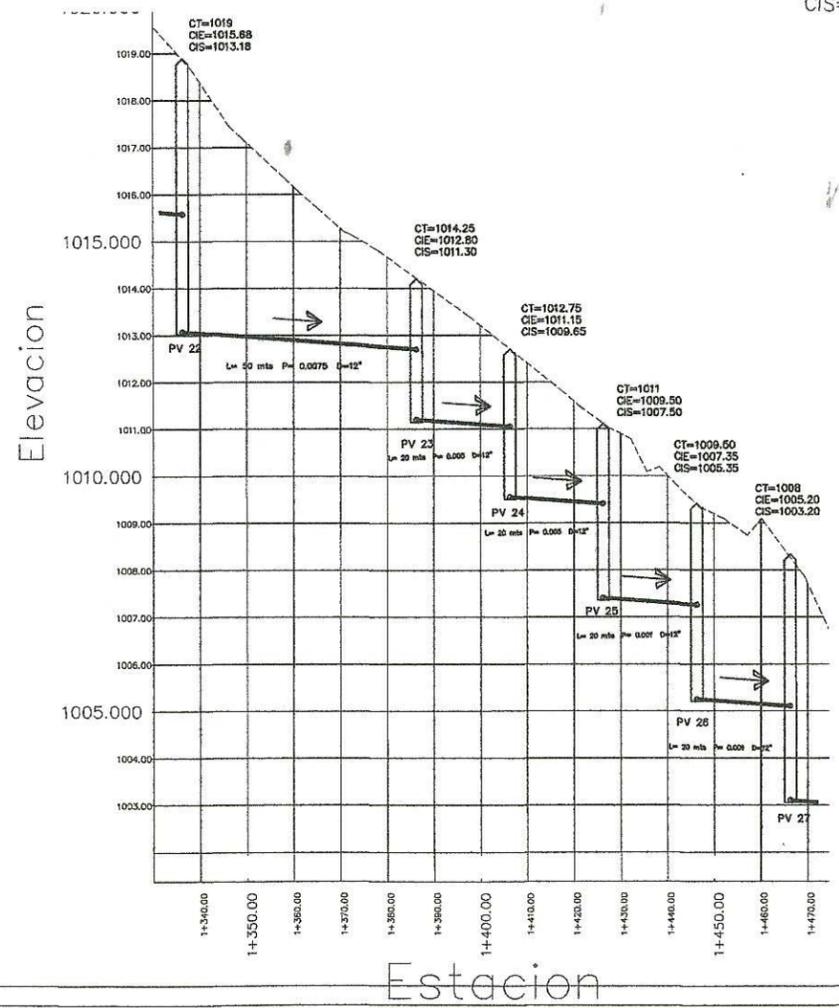
LUIS GABRIEL GARCIA

B 11

PLANTA SECCION PV-22 A PV-27



POZO DE VISITA COMÚN TIPO "A"



PERFIL SECCION PV-22 A PV-27

SIMBOLOGIA ALCANTARILLADO SANITARIO

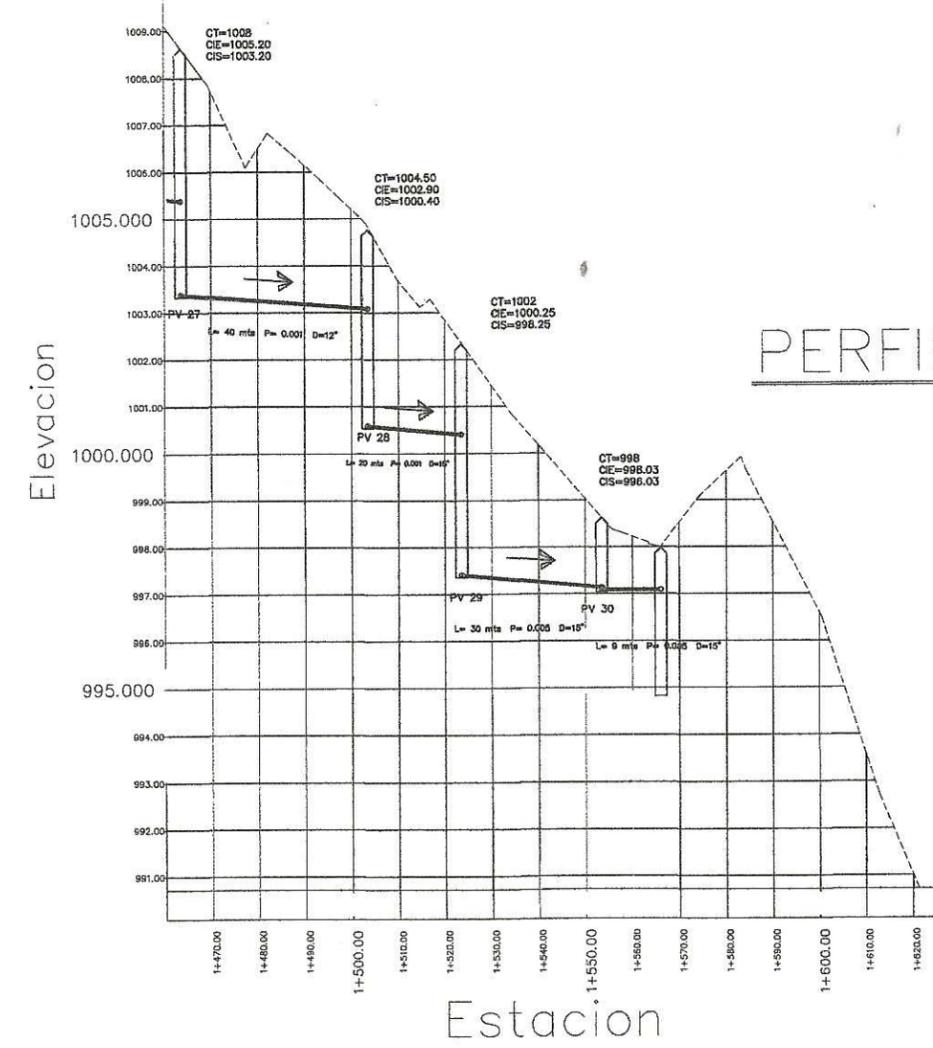
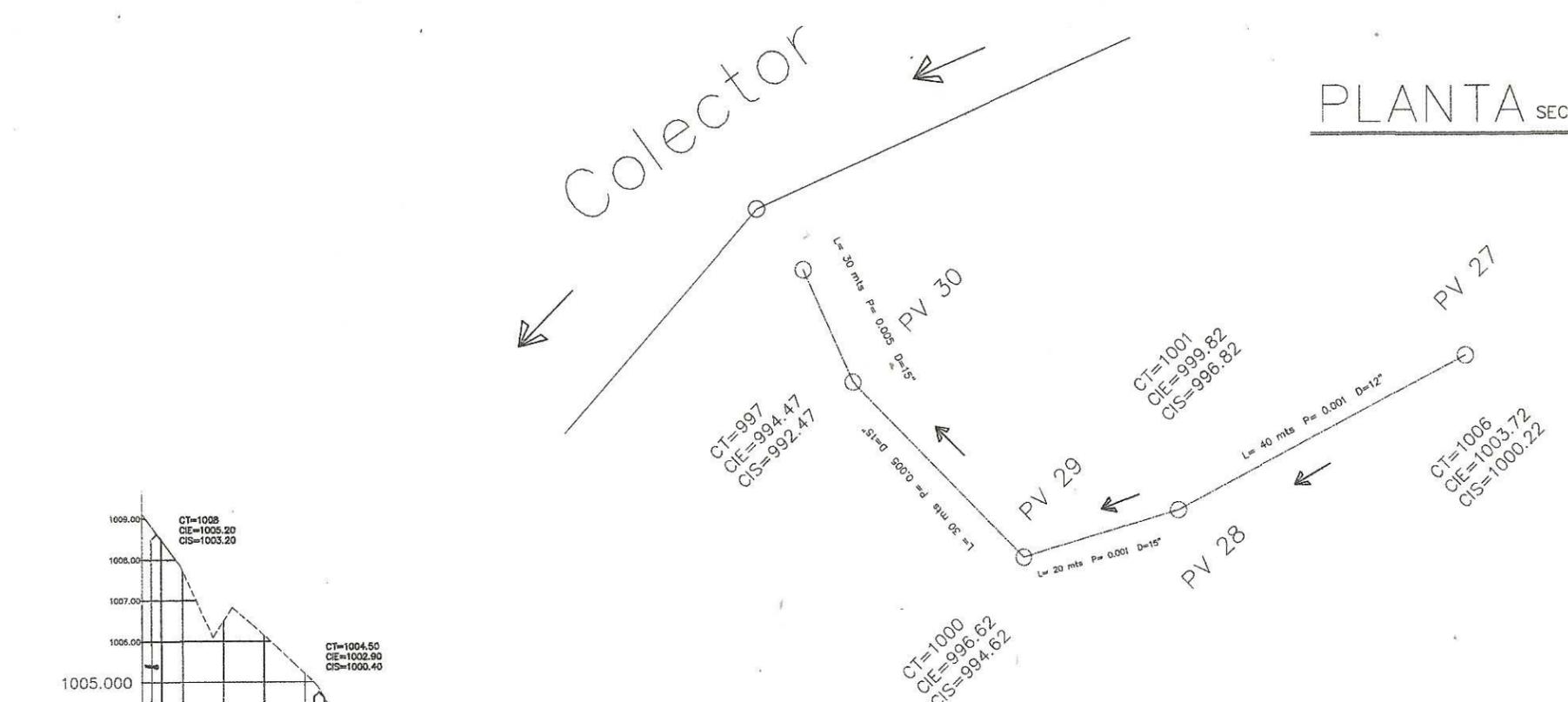
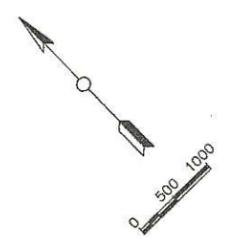
LINEA DE CONDUCCION	—
TUBERIA PVC, NORMA ASTM D-3034	====
DIRECCION DEL FLUJO	→
POZO DE VISITA	PV ○
ESTACION	E
LONGITUD	L
PENDIENTE	P
COTA INVERT ENTRADA	CIE
COTA INVERT SALIDA	CIS
LONGITUD-PENDIENTE-DIAMETRO (mts.) (milesimas.) (cms.)	90-4-30
CADENAMIENTO A CADA 20.00 MTS.	

Universidad de San Carlos
De Guatemala
Facultad de Ingenieria

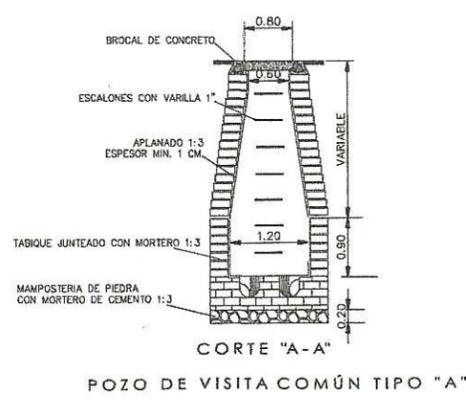
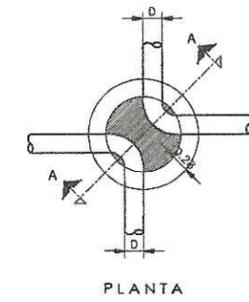
Proyecto: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario Granjas Cereales San Miguel Palapa	Magnitud: 1,600 mts
Ubicación: Universidad de San Carlos de Guatemala Genaro San Miguel Palapa Guatemala Guatemala	Fecha: 1/07/2013
Contenido: PLANTA ASESOR(A)-SUPERVISOR(A) DE EPB Unidad de Práctica de Ingeniería y EPS	Hora: 12
Dibujo: LUIS GABRIEL GARCIA	F.

Colector

PLANTA SECCION PV-27 A COLECTOR



PERFIL SECCION PV-27 A COLECTOR



SIMBOLOGIA ALCANTARILLADO SANITARIO

LÍNEA DE CONDUCCION	—
TUBERIA PVC, NORMA ASTM D-3034	—
DIRECCION DEL FLUJO	→
POZO DE VISITA	PV ○
ESTACION	E
LONGITUD	L
PENDIENTE	P
COTA INVERT ENTRADA	CIE
COTA INVERT SALIDA	CIS
LONGITUD-PENDIENTE-DIAMETRO (mts.) (milesimas.) (cms.)	90-4-30
CADENAMIENTO A CADA 20.00 MTS.	—

Universidad de San Carlos
 De Guatemala
 Facultad de ingeniería

Proyecto: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario
 Campus Quetzaltenango

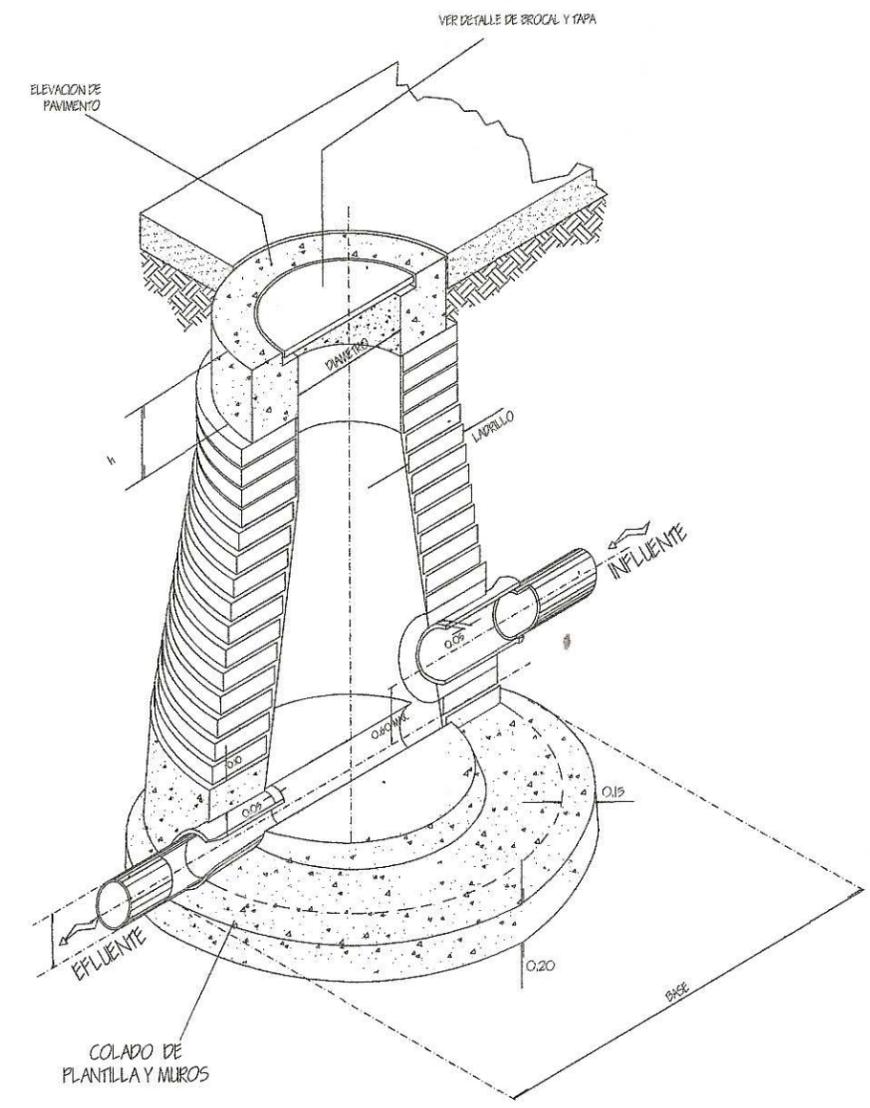
Magnitud: 1,600 mts
 Escala: Plano 1/275 Elevación 1/150

Fecha: Abril 2013

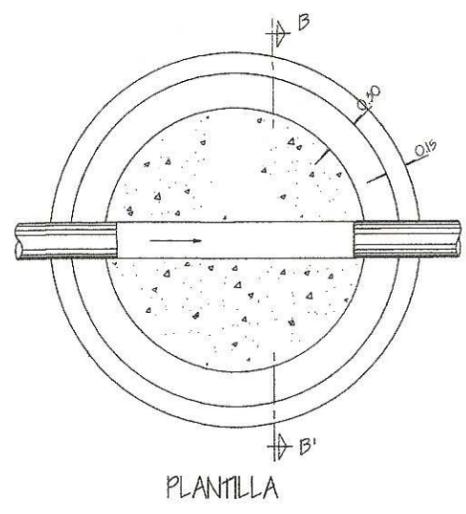
Contenido: ASesor(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

F. [Signature]
 Luis Gabriel García

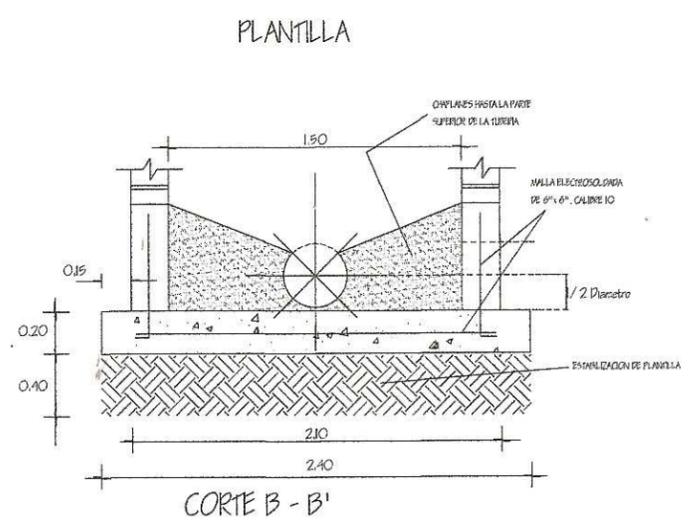
10 / 12



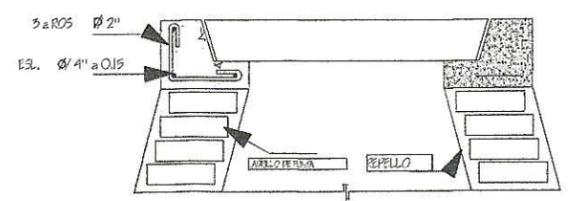
POZO DE VISITA



PLANTILLA

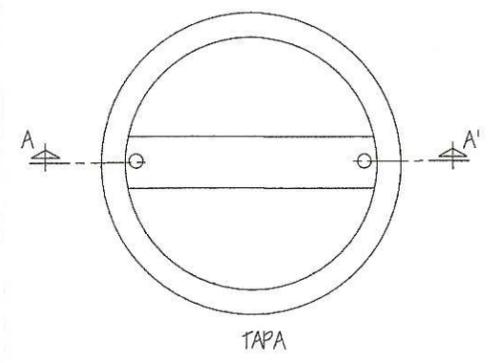


CORTE B - B'



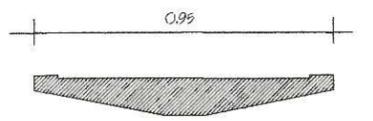
DETALLE TAPADERA DE POZO

SIN ESCALA

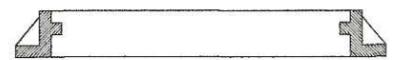


TAPA

PLANTA



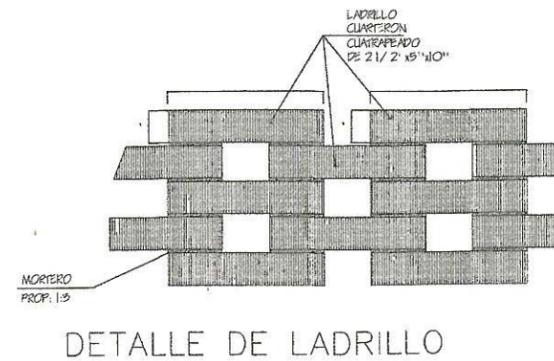
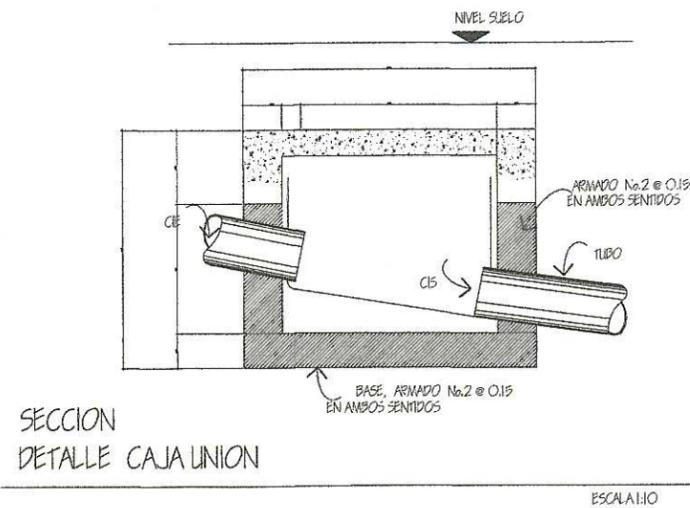
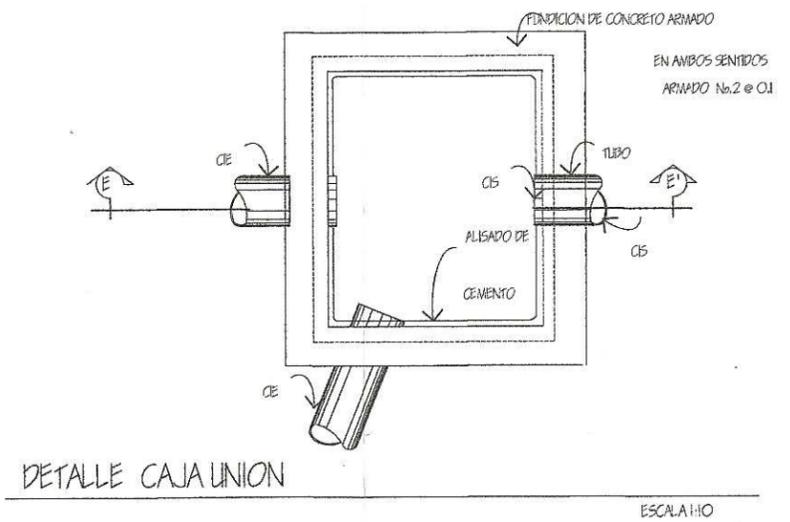
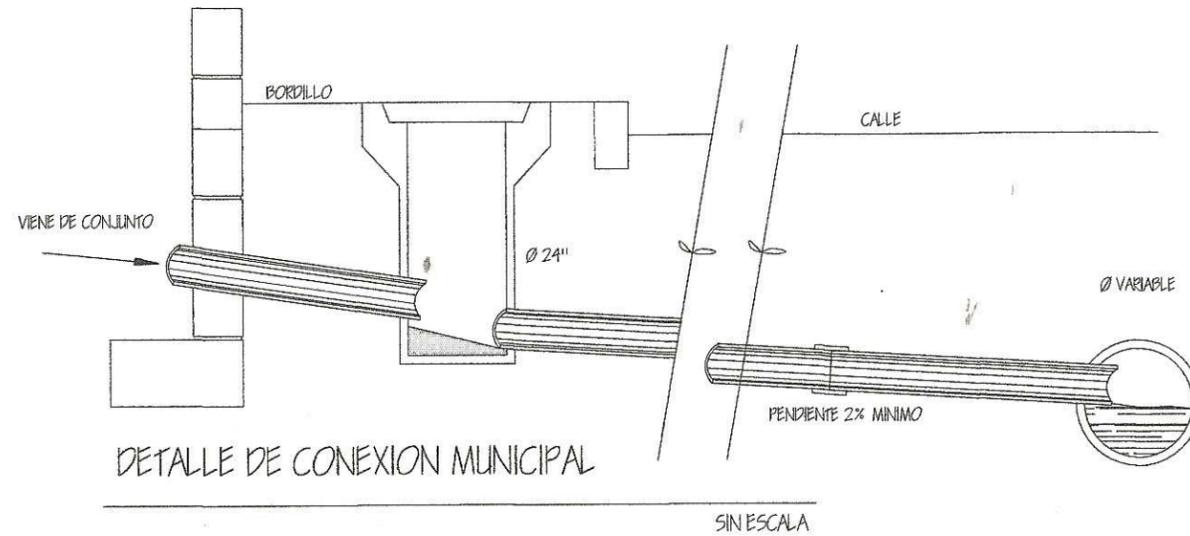
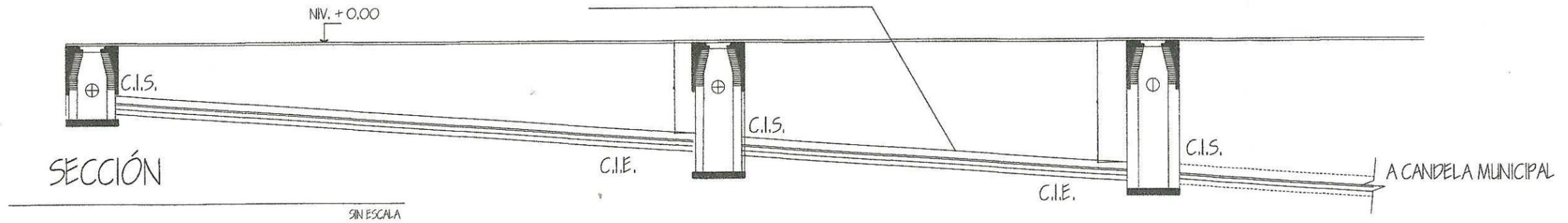
CORTE A - A'



BROCAL DE FO. FO.

		Universidad de San Carlos De Guatemala Facultad de ingeniería	
Proyecto: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario Ciudad Guastamala-San Miguel Petapa	Ubicación: Universidad de San Carlos de Guatemala Ciudad Guastamala, Guatemala	Fecha: Abril 2013	Hoja: 11 / 12
EPS 505 MESES	Contenido: PLANO DE DETALLE ASesor(A)-SUPERVISOR(A) DE EPS Unidad de Práctica Ingeniería y EPS	Facultad de Ingeniería	
Diseñó: LUIS GABRIEL GARDA	Calculó: LUIS GABRIEL GARDA	F.	

DETALLE DE CONEXION



	Universidad de San Carlos De Guatemala Facultad de ingeniería	
	Proyecto: Diseño del sistema de alcantarillado sanitario Ciudad de Guatemala - San Miguel Peten	Magnitud: 1,600 mts
EPS SEPS MESSES	Ubiación: Ciudad de Guatemala - San Miguel Peten Guatemala Guatemala	Escala: SIN ESCALA
Diseñador: LUIS GABRIEL GARCIA	Contenido: ASESORIA-SUPERVISOR(A) DE EPS Unidad de Proyectos de Ingeniería y EPS	Fecha: Abril 2013
Calculo: LUIS GABRIEL GARCIA	F.	Hoja: 12
Dibujo: LUIS GABRIEL GARCIA	Facultad de Ingeniería	

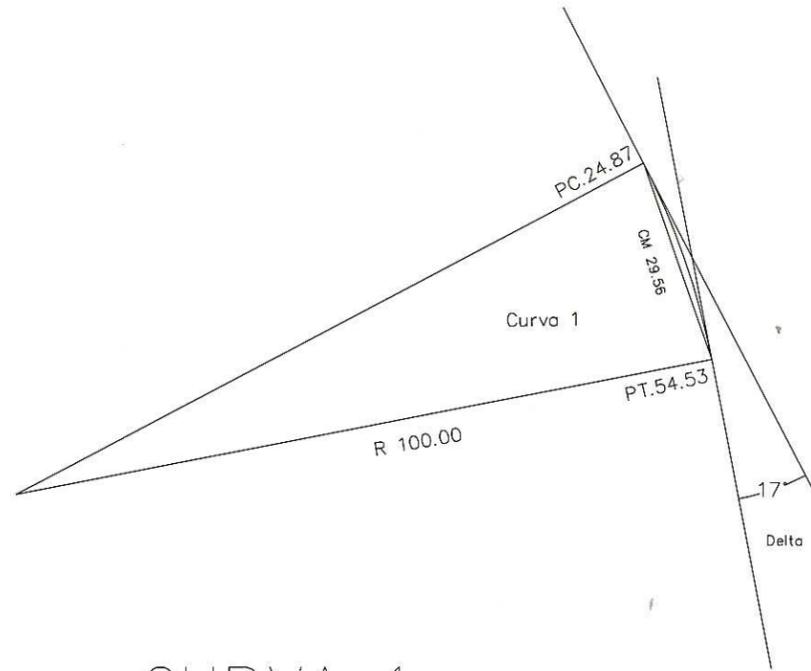


PLANTA GENERAL

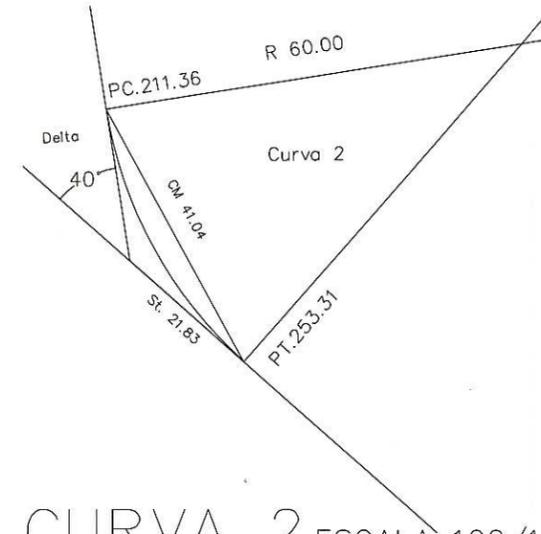
ESCALA 1:300

	Universidad de San Carlos De Guatemala Facultad de ingeniería	
	Proyecto: Diseño de Carretera Granjas Corona San Miguel Petapa.	Magnitud: ---
EPS 9 MESES	Ubicación: Granjas Corona San Miguel Petapa, Guatemala, Guatemala	Escala: Planta 1/300
Diseña: LUIS GABRIEL GARCIA	Profesor: LUIS GABRIEL GARCIA	Fecha: Mayo 2013
Calcula: LUIS GABRIEL GARCIA	Asesor(A): LUIS GABRIEL GARCIA	Hoja: 17
Dibuja: LUIS GABRIEL GARCIA	Unidad de Ingeniería y EPS	

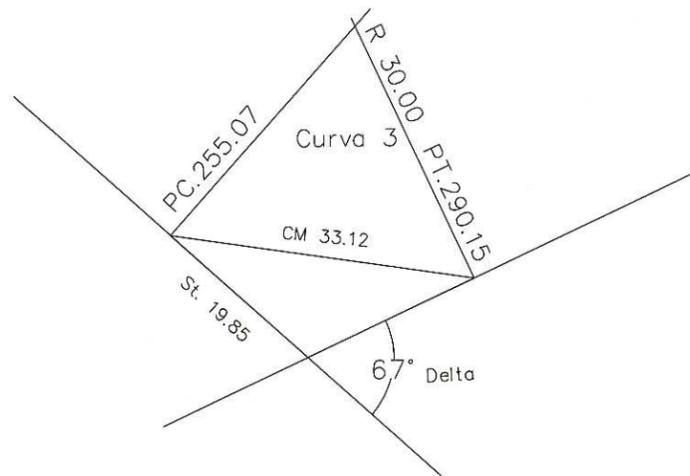
PARTES DE CURVA



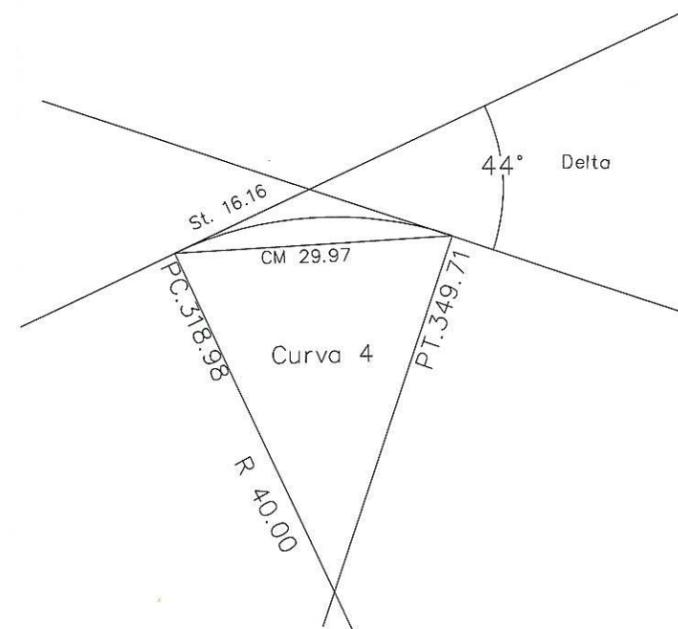
CURVA 1 ESCALA 100/100
SEGUNDA CALLE



CURVA 2 ESCALA 100/100
SEGUNDA CALLE



CURVA 3 ESCALA 100/75
SEGUNDA CALLE



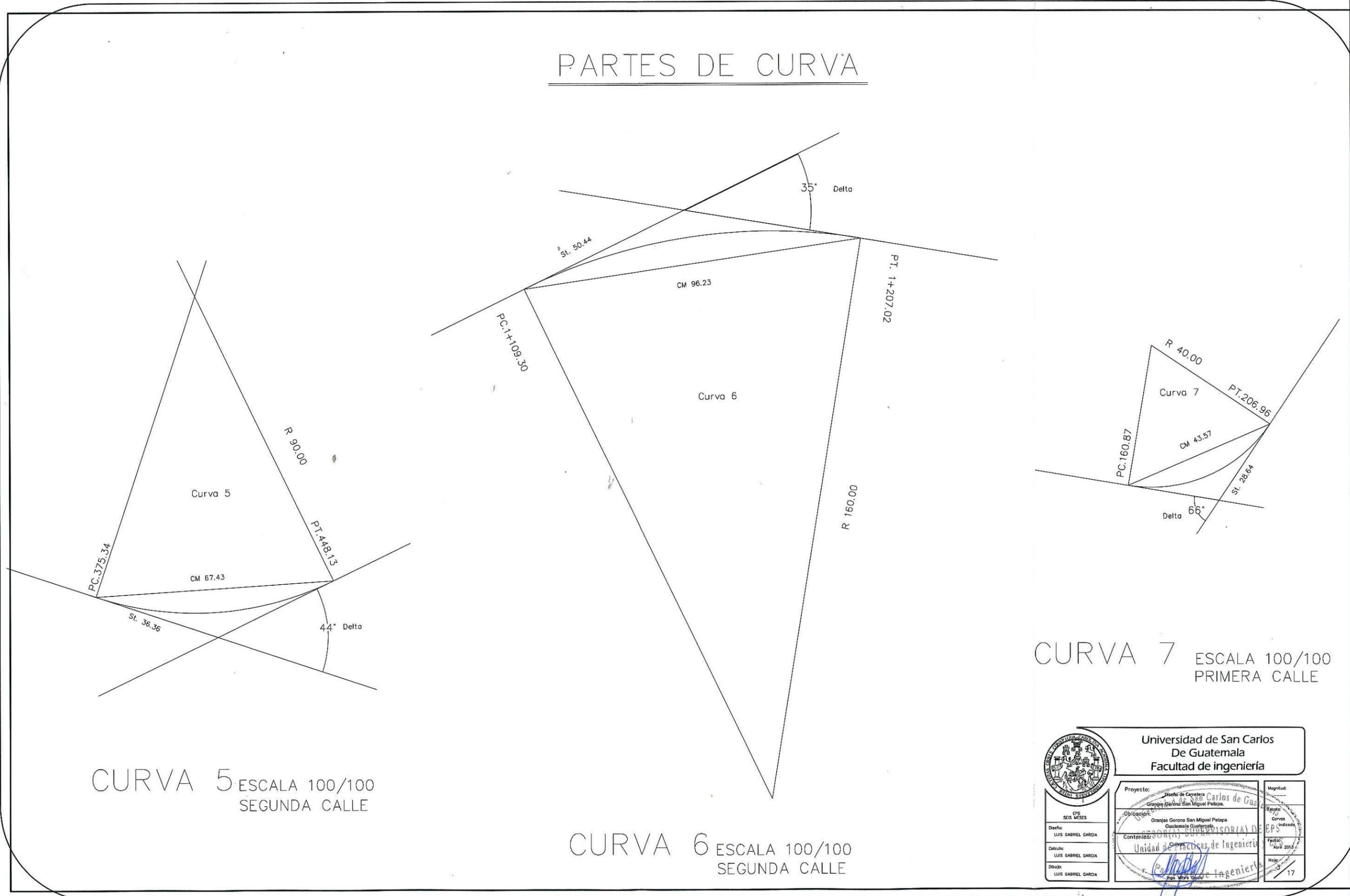
CURVA 4 ESCALA 100/75
SEGUNDA CALLE



Universidad de San Carlos
De Guatemala
Facultad de ingeniería

Proyecto: Diseño de Carretera	Magnitud: ----
Ubicación: Granjas Cerona San Miguel Petapa, Guatemala Guatemala	Escala: Curvas Indicado
Contenido: Curvas	Fecha: Abril 2013
<i>(Signature)</i>	Hoja: 2 / 17

PARTES DE CURVA



CURVA 5 ESCALA 100/100
SEGUNDA CALLE

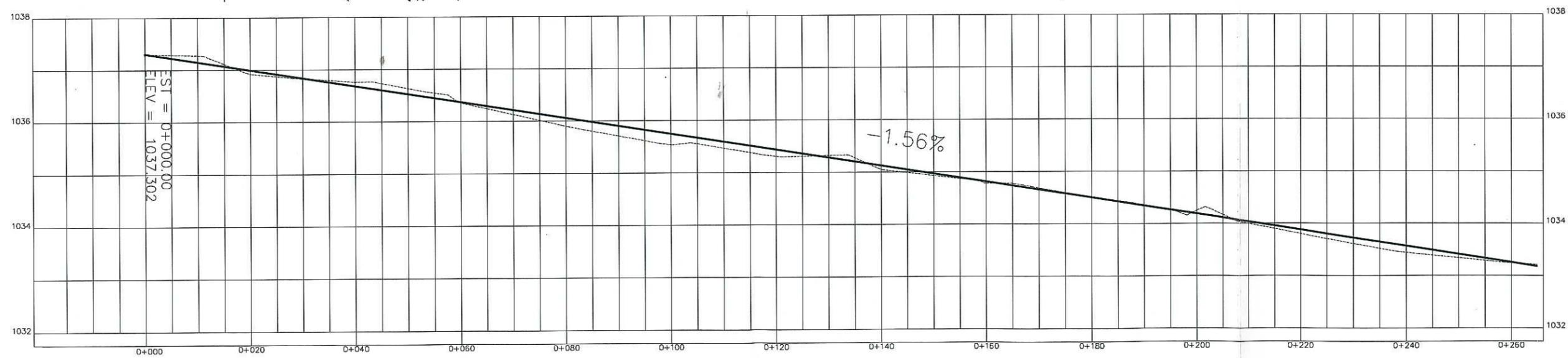
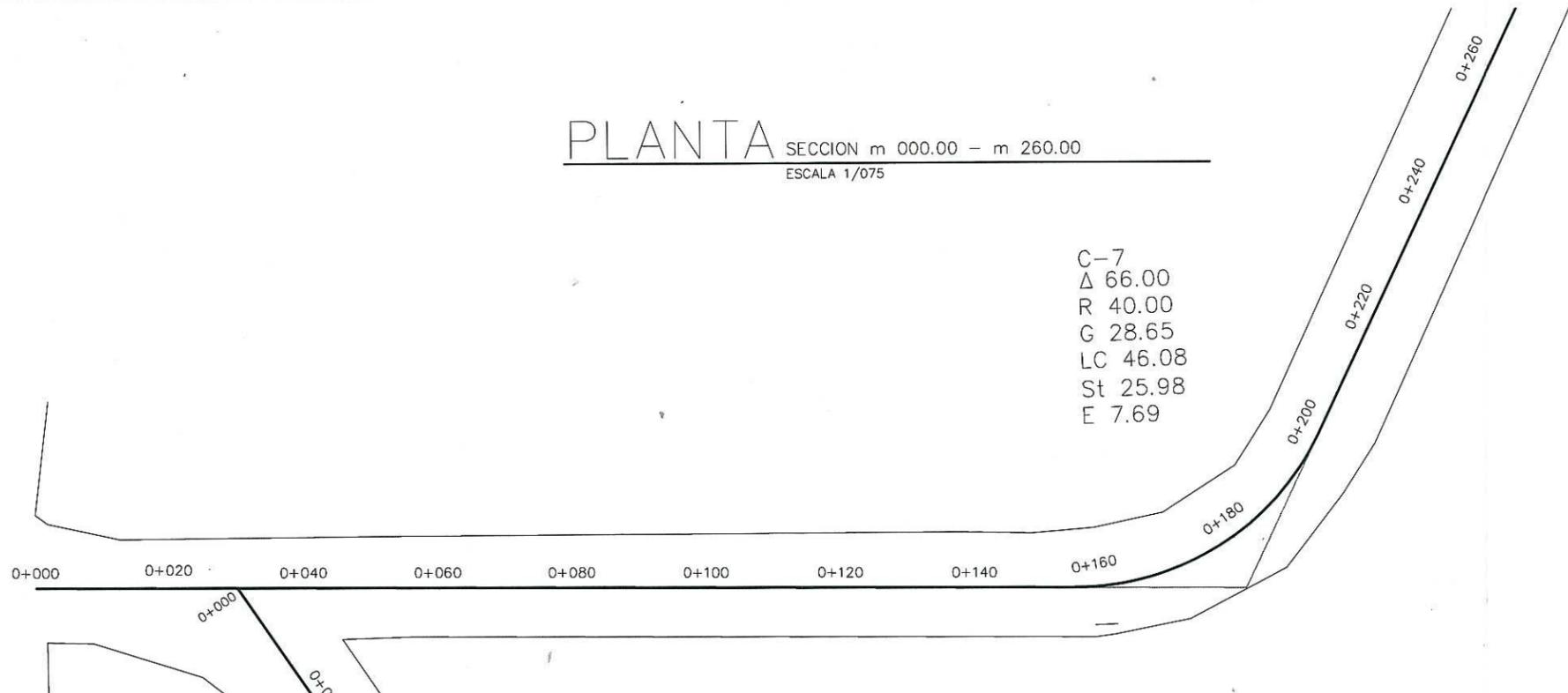
CURVA 6 ESCALA 100/100
SEGUNDA CALLE

CURVA 7 ESCALA 100/100
PRIMERA CALLE

 EPS SES MESES	Universidad de San Carlos De Guatemala Facultad de Ingeniería	
	Proyecto: Diseño de Carretera Granjas Coronel San Miguel Palapa	Magnitud: Curvas Indefinidas
Diseñó: LUIS GABRIEL GARCIA	Ubicación: Granjas Coronel San Miguel Palapa Guatemala Guatemala	Fecha: Abril 2010
Calculó: LUIS GABRIEL GARCIA	Contenido: SUPERVISORIA DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería	Hoja: 3 / 17
Dibuja: LUIS GABRIEL GARCIA	Ing. Mario Ochoa	

PLANTA SECCION m 000.00 - m 260.00
 ESCALA 1/075

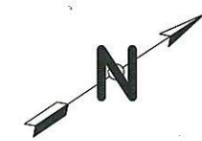
C-7
 Δ 66.00
 R 40.00
 G 28.65
 LC 46.08
 St 25.98
 E 7.69



SIMBOLOGIA	
PC	= PRINCIPIO DE CURVA
PT	= PRINCIPIO DE TANGENCIA
LC	= PRINCIPIO DE CURVA
St	= PRINCIPIO DE CURVA
Δ	= ANGULO DE DEFLEXION
R	= RADIO
G	= GRADO DE CURVATURA
	= DRENAJE TRANSVERSAL I
	= LINEA CENTRAL
	= ESTACION

PERFIL SECCION m 000.00 - m 260.00 1era. calle
 ESCALA HORIZONTAL 1/075
 ESCALA VERTICAL 1/150

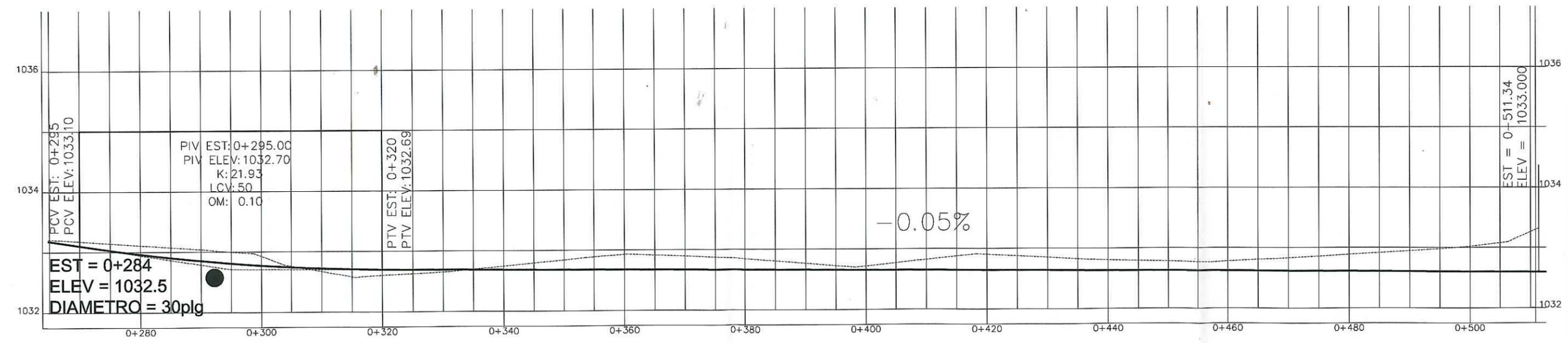
	Universidad de San Carlos De Guatemala Facultad de ingeniería	
	Proyecto: Diseño de Carretera Granjas Girona San Miguel Palapa.	Magnitud: 1.800 mts
Dibujo: LUIS GABRIEL GARCIA	Ubicacion: Granjas Girona San Miguel Palapa, Guatemala	Escala: Planta 1/075 Elevacion 1/125
Calculo: LUIS GABRIEL GARCIA	Fecha: Abril 2013	Hoja: 4 / 17
ASESOR(A) DE EPS Unidad de Ingeniería y IPS		



0 500 1000

0+260 0+280 0+300 0+320 0+340 0+360 0+380 0+400 0+420 0+440 0+460 0+480 0+500 0+511

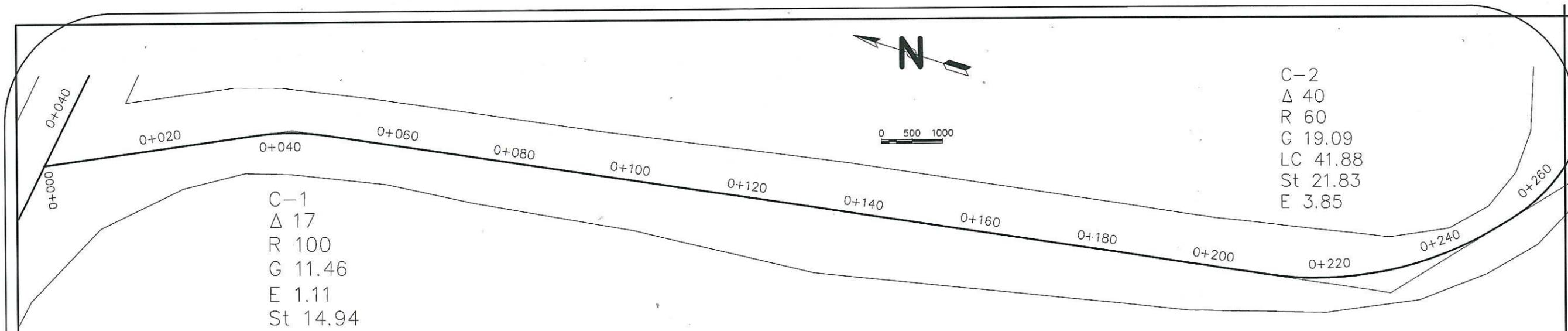
PLANTA SECCION m 260.00 - m 511.00 1era. calle
 ESCALA 1/075



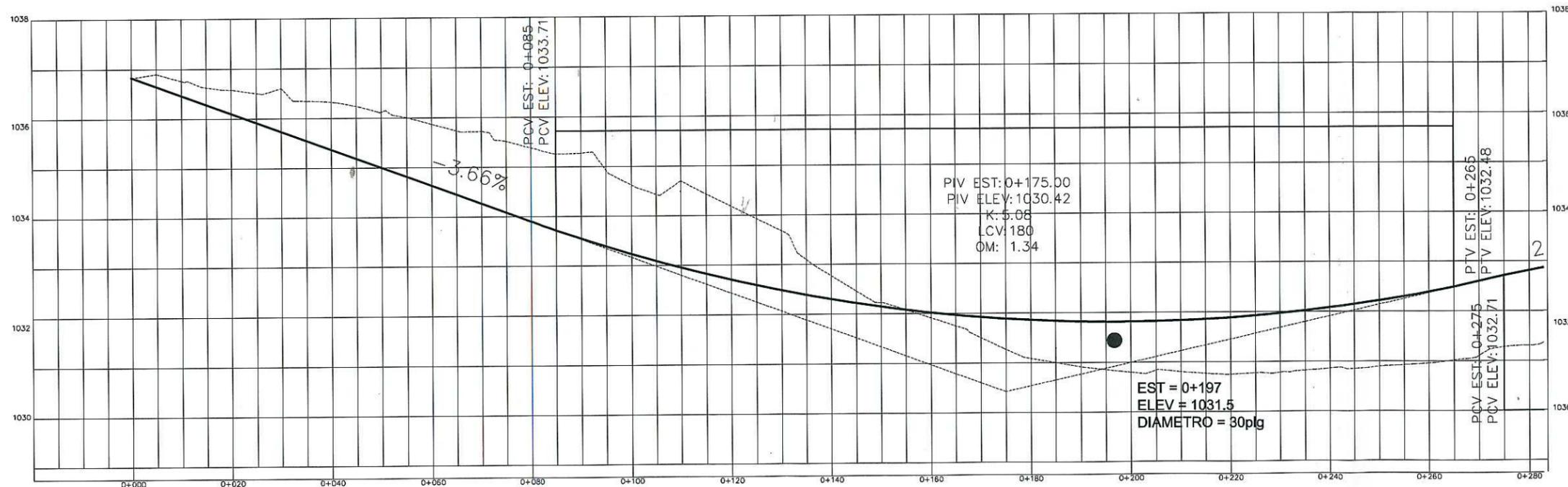
SIMBOLOGIA	
PC	= PRINCIPIO DE CURVA
PT	= PRINCIPIO DE TANGENCIA
LC	= PRINCIPIO DE CURVA
St	= PRINCIPIO DE CURVA
Δ	= ANGULO DE DEFLEXION
R	= RADIO
G	= GRADO DE CURVATURA
	= DT-1 = DRENAJE TRANSVERSAL I
	= LINEA CENTRAL
	= ESTACION

PERFIL SECCION m 260.00 - m 511.00 1era. calle
 ESCALA HORIZONTAL 1/075
 ESCALA VERTICAL 1/150

	Universidad de San Carlos De Guatemala Facultad de ingeniería	
	Proyecto: Diseño de Carretera Granjas Gerona San Miguel Petapa.	Magnitud: 1,600 mts
EPS SEIS MESES	Ubicacion: Granjas Gerona San Miguel Petapa, Guatemala	Escala: Planta 1/075
Diseña: LUIS GABRIEL GARCIA	Calcula: LUIS GABRIEL GARCIA	Fecha: Abril 2013
Dibuja: LUIS GABRIEL GARCIA	ASESOR(A) DE INGENIERIA Y Unidad de Ingeniería y	Págs: 5



PLANTA SECCION km 000.00 - Km 260.00 2da. calle
 ESCALA 1/075



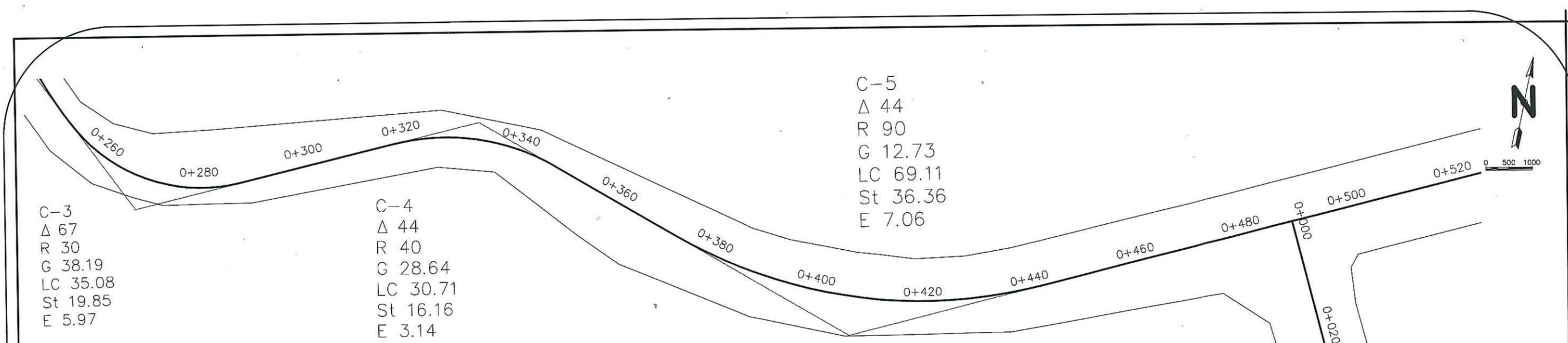
SIMBOLOGIA	
PC	= PRINCIPIO DE CURVA
PT	= PRINCIPIO DE TANGENCIA
LC	= PRINCIPIO DE CURVA
St	= PRINCIPIO DE CURVA
Δ	= ANGULO DE DEFLEXION
R	= RADIO
G	= GRADO DE CURVATURA
—	DT-1 = DRENAJE TRANSVERSAL I
—	LINEA CENTRAL
+	ESTACION

PERFIL SECCION km 000.00 - Km 260.00 2da. calle
 ESCALA HORIZONTAL 1/075
 ESCALA VERTICAL 1/150



**Universidad de San Carlos
De Guatemala
Facultad de ingeniería**

Proyecto: Diseño de Carretera Granjas Geron San Miguel Polapa.	Magnitud: 1,600 mts	Escala: Planta 1/075 Seccion 1/125
Ubicacion: Granjas Geron San Miguel Polapa Carr. Interamericana de Guatemala	Fecha: Abril 2017	
Diseñó: LUIS GABRIEL GARCIA	ASESOR(A) DE LA FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA Unidad de Ingeniería y Arquitectura	
Calculó: LUIS GABRIEL GARCIA	Dibujo: LUIS GABRIEL GARCIA	



PLANTA SECCION m 260.00 - 520.00 m 2da. calle
 ESCALA 1/075



SIMBOLOGIA

- PC = PRINCIPIO DE CURVA
- PT = PRINCIPIO DE TANGENCIA
- LC = PRINCIPIO DE CURVA
- St = PRINCIPIO DE CURVA
- Δ = ANGULO DE DEFLEXION
- R = RADIO
- G = GRADO DE CURVATURA
- DT-1 = DRENAJE TRANSVERSAL I
- LINEA CENTRAL
- + ESTACION

PERFIL SECCION m 260.00 - 520.00 m 2da. calle
 ESCALA HORIZONTAL 1/075
 ESCALA VERTICAL 1/150


Universidad de San Carlos De Guatemala
 Facultad de ingeniería

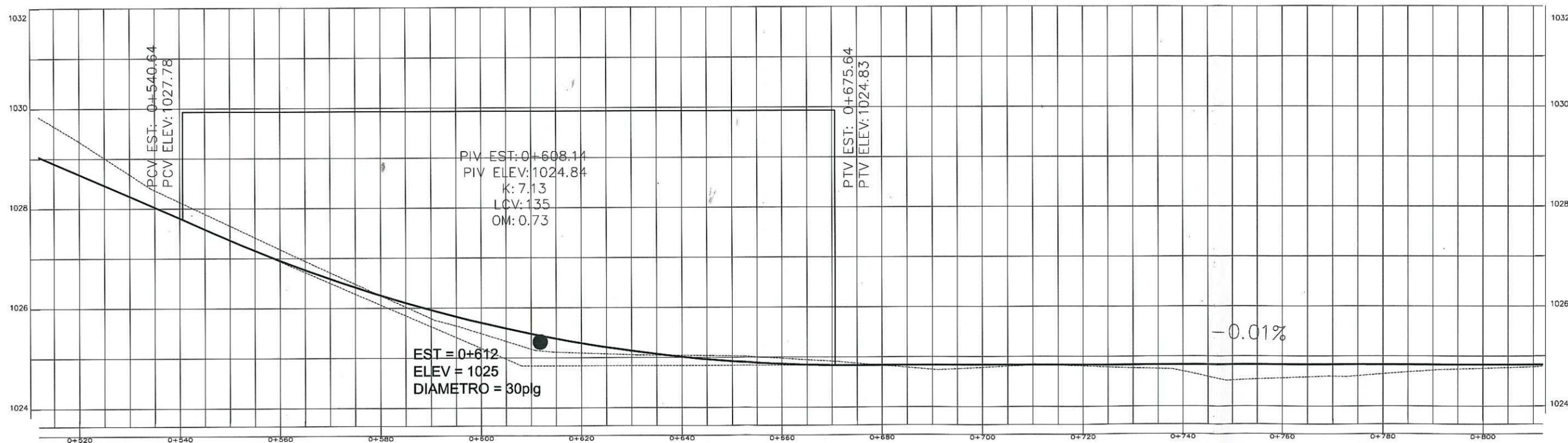
Proyecto: Diseño de Carretera Granjas Geron San Miguel Palapa.	Magnitud: 1,800 mts Escala: Plano 1/200 Elevación 1/125
Ubicación: Granjas Geron San Miguel Palapa, Guatemala, Guatemala	Fecha: Agosto 2013 Hoja: 7/17
EPS SEB MELES Diseña: LUIS GABRIEL GARCIA Calcula: LUIS GABRIEL GARCIA Dibuja: LUIS GABRIEL GARCIA	ASESOR(A) DE EPS Unidad de Ingeniería y EPS



0 500 1000

0+520 0+540 0+560 0+580 0+600 0+620 0+640 0+660 0+680 0+700 0+720 0+740 0+760 0+780 0+800

PLANTA SECCION 520.00 m - 800.00 m 2da. calle
 ESCALA 1/075



SIMBOLOGIA

- PC = PRINCIPIO DE CURVA
- PT = PRINCIPIO DE TANGENCIA
- LC = PRINCIPIO DE CURVA
- St = PRINCIPIO DE CURVA
- Δ = ANGULO DE DEFLEXION
- R = RADIO
- G = GRADO DE CURVATURA
- DT-1 = DRENAJE TRANSVERSAL I
- LINEA CENTRAL
- ESTACION

PERFIL SECCION 520.00 m - 800.00 m 2da. calle

ESCALA HORIZONTAL 1/075
 ESCALA VERTICAL 1/150



Universidad de San Carlos
 De Guatemala
 Facultad de ingeniería

Proyecto: SEIS MESES
 Diseñó: LUIS GABRIEL GARCIA
 Colocó: LUIS GABRIEL GARCIA
 Dibujó: LUIS GABRIEL GARCIA

Proyecto: Diseño de Carretera
 Granjas Gerson-San Miguel Petapa
 Ubicación: San Carlos de Guatemala
 Escala: 1/075
 Fecha: 17/04/2011
 Hoja: 8 de 17

Supervisor(A) DE
 Unidad de Ingeniería y
 Facultad de Ingeniería

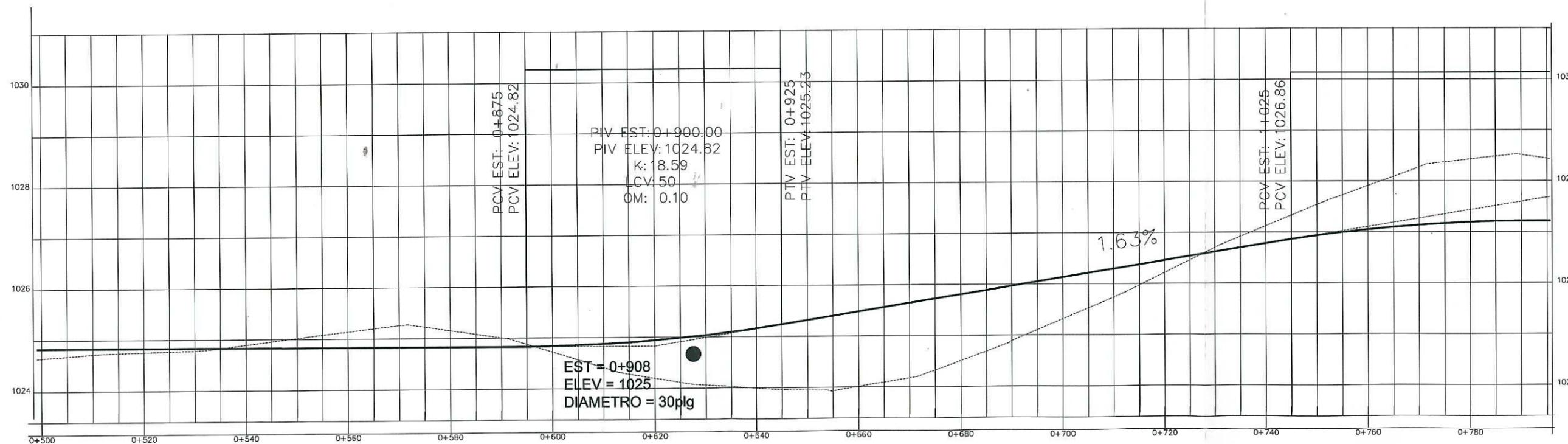


0 500 1000

0+800 0+820 0+840 0+860 0+880 0+900 0+920 0+940 0+960 0+980 1+000 1+020 1+040 1+060

PLANTA SECCION 800.00 m - 1+060.00 m 2da. calle

ESCALA 1/075



SIMBOLOGIA

- PC = PRINCIPIO DE CURVA
- PT = PRINCIPIO DE TANGENCIA
- LC = PRINCIPIO DE CURVA
- St = PRINCIPIO DE CURVA
- Δ = ANGULO DE DEFLEXION
- R = RADIO
- G = GRADO DE CURVATURA
- DT-1 = DRENAJE TRANSVERSAL I
- LINEA CENTRAL
- + ESTACION

PERFIL SECCION 800.00 m - 1+060.00 m 2da. calle

ESCALA HORIZONTAL 1/075
ESCALA VERTICAL 1/150



Universidad de San Carlos
De Guatemala
Facultad de ingeniería

EPS
SEIS MESES

Diseño:
LUIS GABRIEL GARCIA

Calculo:
LUIS GABRIEL GARCIA

Dibujo:
LUIS GABRIEL GARCIA

Proyecto: Diseño de Carretera
Granjas Gerson San Miguel Palapa.

Ubicacion: Granjas Gerson San Miguel Palapa
Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Puentes y Obras de Arte

Contenido: Perfil

Magnitud: 1,800 mts

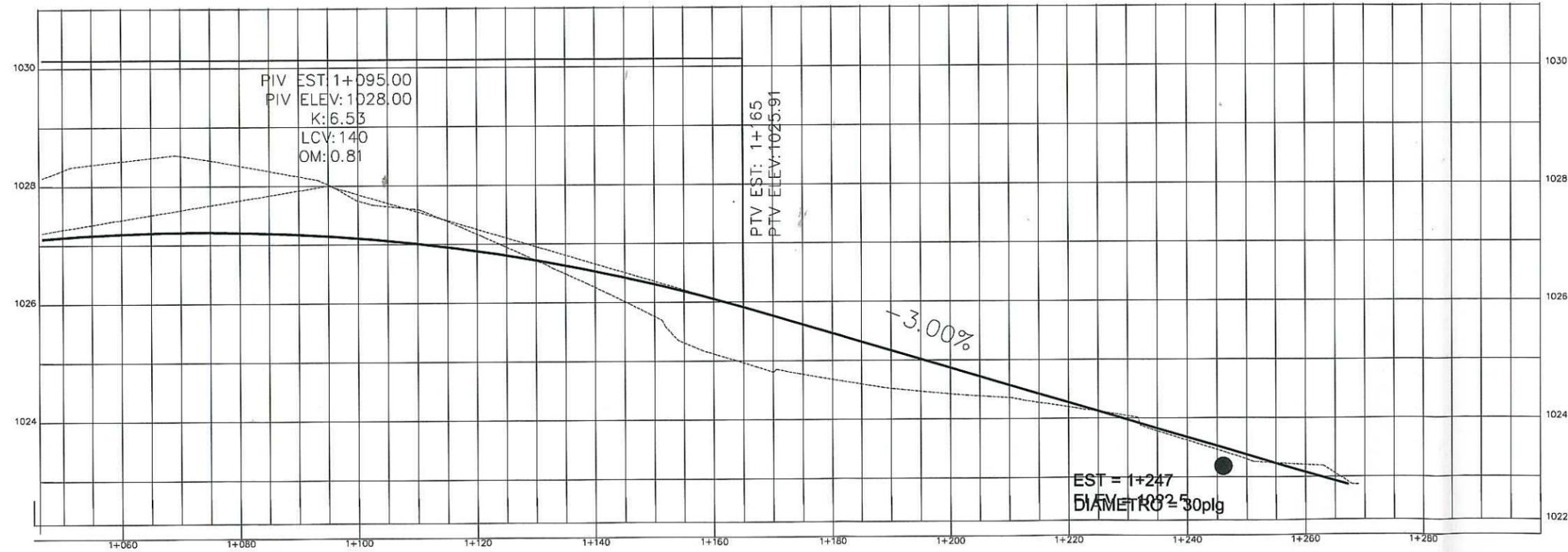
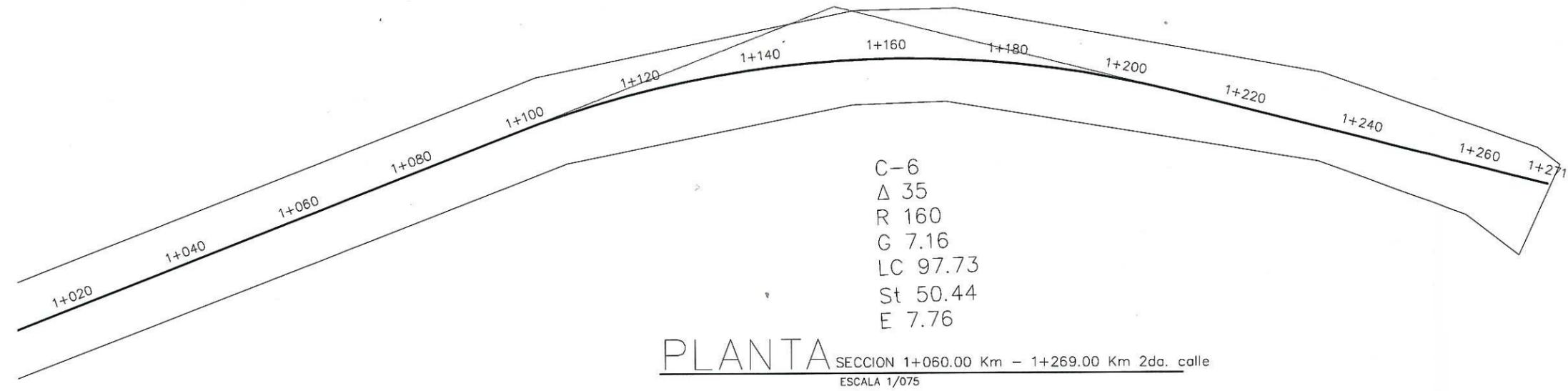
Escala: Planta 1/075

Fecha: 17/02/2013

Revisado: EBS

17





SIMBOLOGIA	
PC	= PRINCIPIO DE CURVA
PT	= PRINCIPIO DE TANGENCIA
LC	= PRINCIPIO DE CURVA
St	= PRINCIPIO DE CURVA
Δ	= ANGULO DE DEFLEXION
R	= RADIO
G	= GRADO DE CURVATURA
	= DRENAJE TRANSVERSAL I
	= LINEA CENTRAL
	= ESTACION

PERFIL SECCION 1+060.00 m - 1+269.00 m 2da. calle
 ESCALA HORIZONTAL 1/075
 ESCALA VERTICAL 1/150

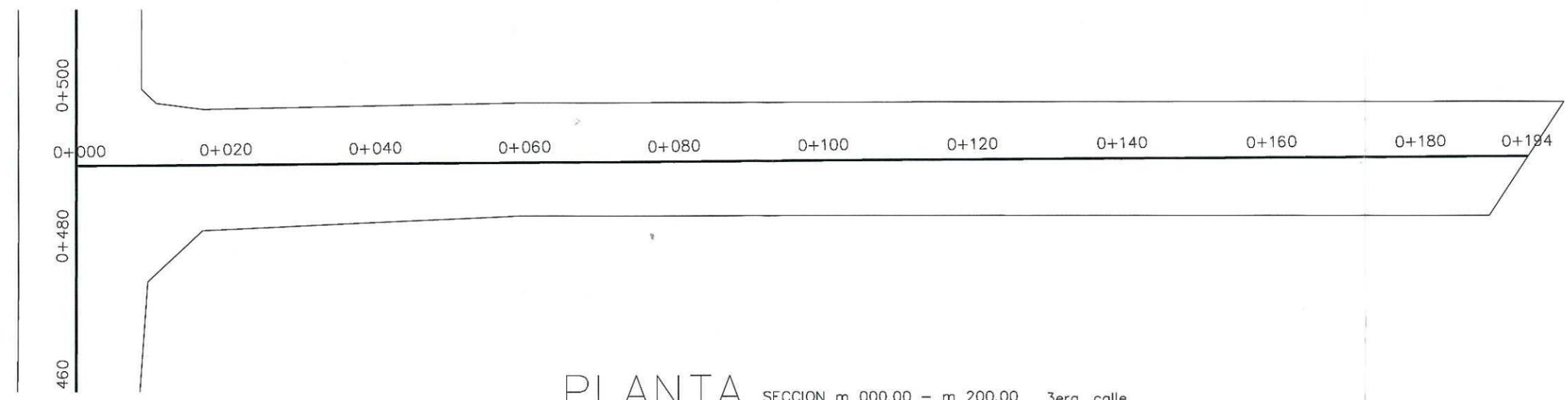
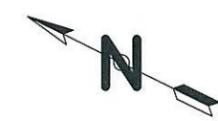


Universidad de San Carlos
De Guatemala
Facultad de Ingeniería

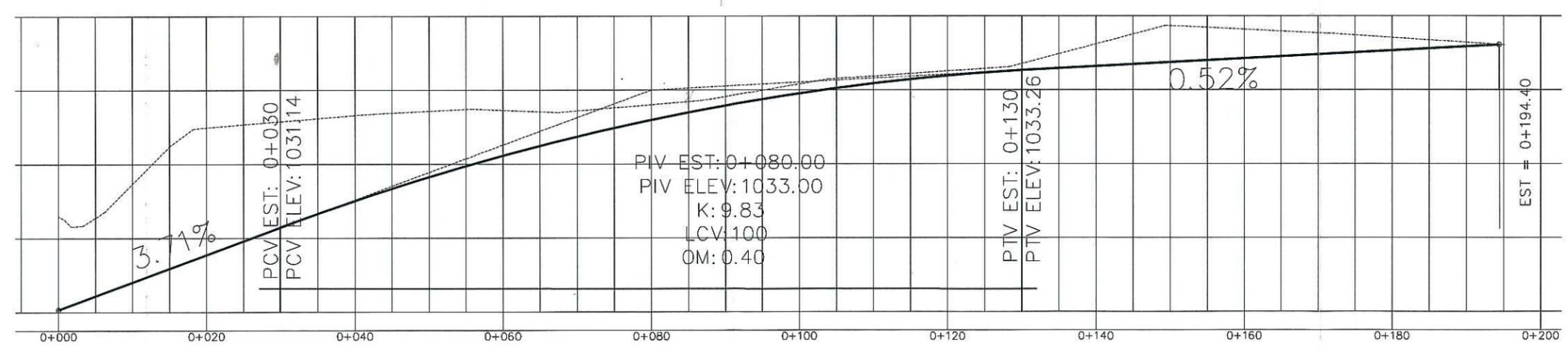
Proyecto: Diseño de Carretera Granjas Geron San Miguel Palapa.	Magnitud: 1,800 mts
Ubicación: Granjas Geron San Miguel Palapa, Guatemala	Escala: Plano 1/075 Sección 1/125
Diseñó: LUIS GABRIEL GARCIA Calculó: LUIS GABRIEL GARCIA Dibujó: LUIS GABRIEL GARCIA	Fecha: Abril 2013 Hoja: 40



ASESOR(A) DE EPS
 Unidad de Ingeniería y Edificación



PLANTA SECCION m 000.00 - m 200.00 3era. calle
 ESCALA 1/075



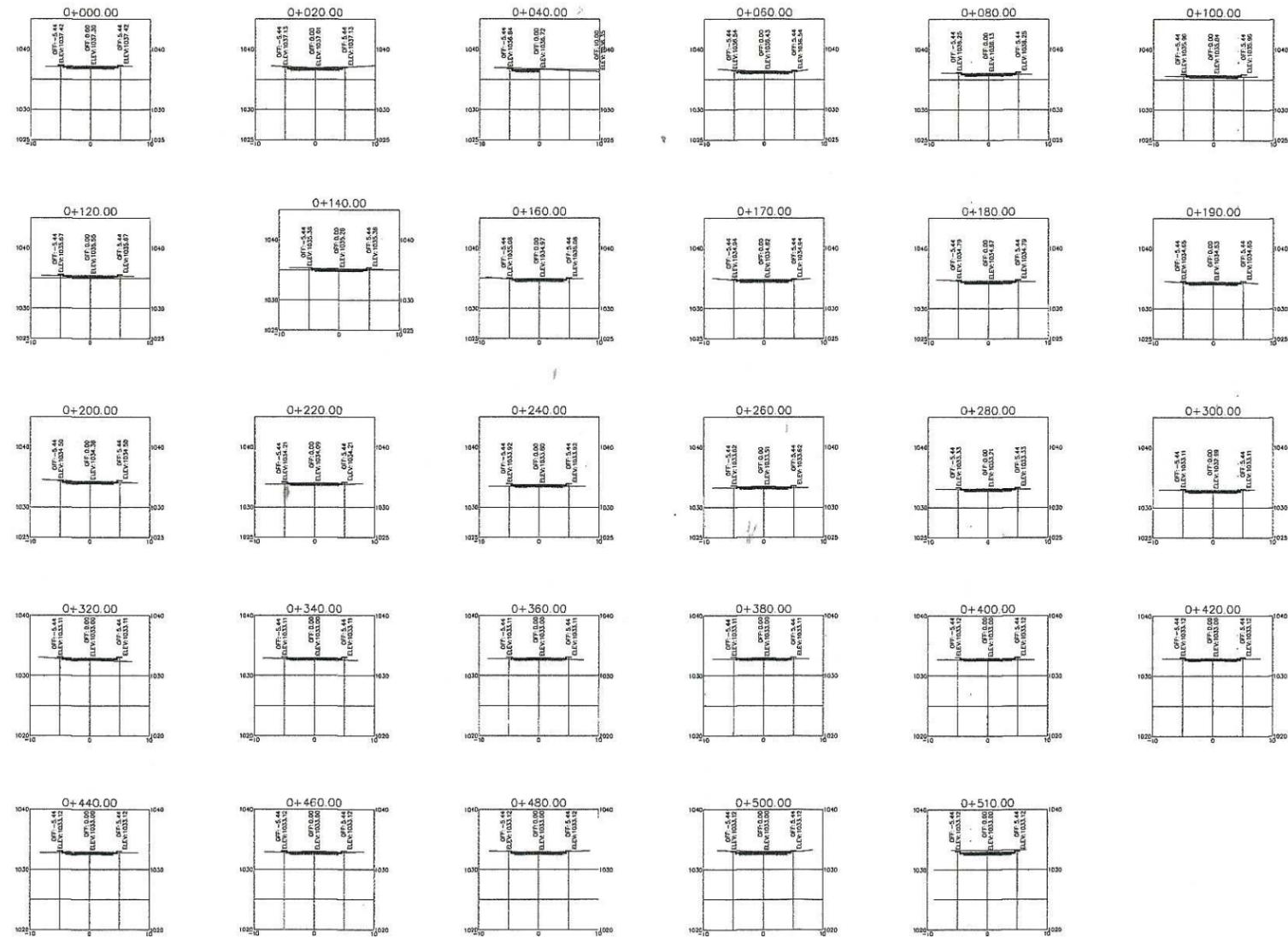
SIMBOLOGIA	
—	PC = PRINCIPIO DE CURVA
—	PT = PRINCIPIO DE TANGENCIA
—	LC = PRINCIPIO DE CURVA
—	St = PRINCIPIO DE CURVA
Δ	Δ = ANGULO DE DEFLEXION
R	R = RADIO
G	G = GRADO DE CURVATURA
—	DT-1 = DRENAJE TRANSVERSAL 1
—	LINEA CENTRAL
+	ESTACION

PERFIL SECCION m 000.00 - m 200.00 3era. calle
 ESCALA HORIZONTAL 1/075
 ESCALA VERTICAL 1/150



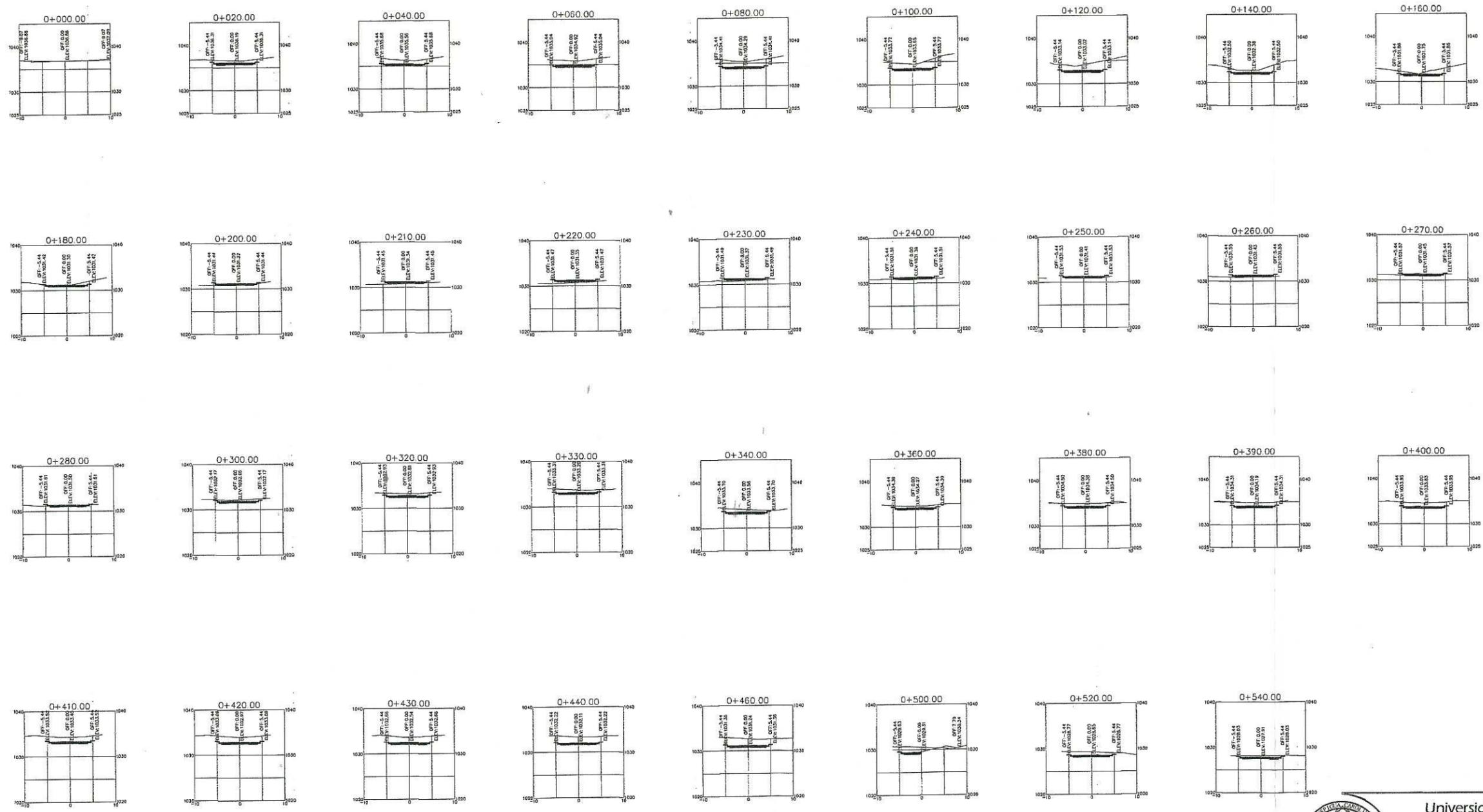
Universidad de San Carlos De Guatemala
 Facultad de ingeniería

Proyecto: Diseño de Carretera Granjas Geron San Miguel Petapa.	Magnitud: 1,800 mts
Ubicación: Granjas Geron San Miguel Petapa Guatemala, Guatemala	Escala: Plano: 1/075 Elevacion: 1/125
EPS SEIS MESES	Fecha: Abril 2015
Diseñó: LUIS GABRIEL GARCIA	Asesor(A): LUIS GABRIEL GARCIA
Calculó: LUIS GABRIEL GARCIA	Fecha: 11 / 17
Dibujó: LUIS GABRIEL GARCIA	Firma: LUIS GABRIEL GARCIA



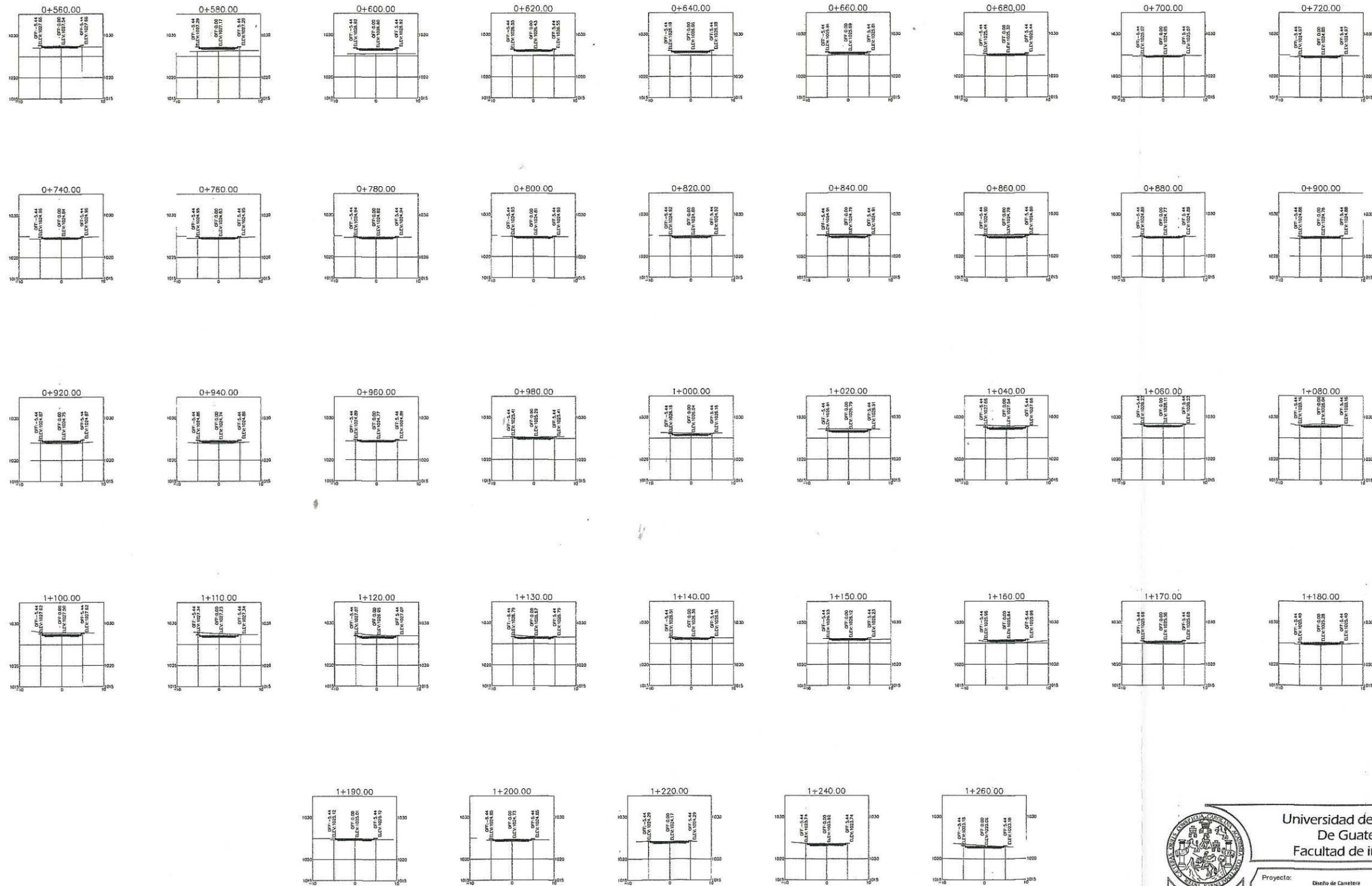
SECCIONES TRANSVERSALES 1era. calle
Cada 20 mts.

		Universidad de San Carlos De Guatemala Facultad de ingeniería	
		Proyecto: Diseño de Carretera Granjas Geron San Miguel Petapa.	Escala: 1/100 Sección:
EPI: SEIS MESES Diseñó: LUIS GABRIEL GARCIA	Ubicación: Granjas Geron San Miguel Petapa Guatemala Universidad de San Carlos de Guatemala	Fecha: 03 Abril 2011 Hoja: 12	Mopitud: 1,600 mts
Calculó: LUIS GABRIEL GARCIA Dibujó: LUIS GABRIEL GARCIA	Con el Rubro: Secciones y Obras ASESOR(A) ESPECIALISTA(A) DE EPS Unidad de Ingeniería y	Firmado: 	Facultad de Ingeniería



SECCIONES TRANSVERSALES 2da. calle
Cada 20 mts.

 EPS SEIS MESES Diseñó: LUIS GABRIEL GARCIA Calculó: LUIS GABRIEL GARCIA Dibujó: LUIS GABRIEL GARCIA	Universidad de San Carlos De Guatemala Facultad de ingeniería	
	Proyecto: Diseño de Carretera Granjera Gerona San Miguel Patapa.	Magnitud: 1,000 mts
	Ubicación: Granjera Gerona San Miguel Patapa Canton Patapa, Guatemala	Escala: 1/100
	ASESOR(A) / ASISTENTE(A) DE Unidad de Ingeniería y Facultad de Ingeniería	



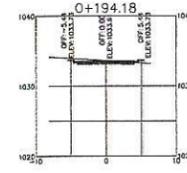
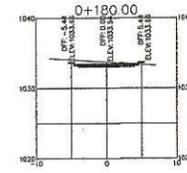
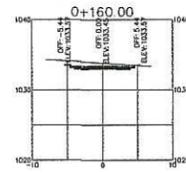
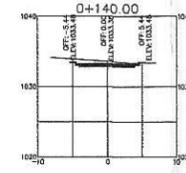
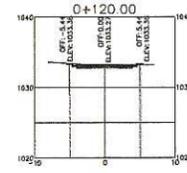
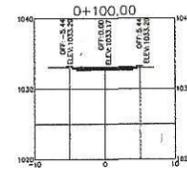
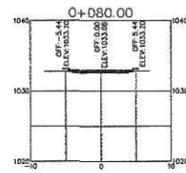
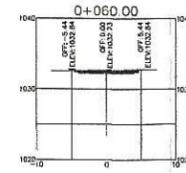
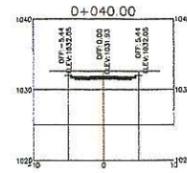
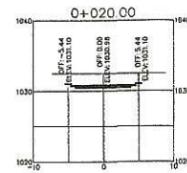
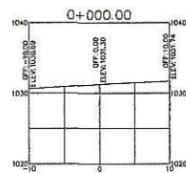
SECCIONES TRANSVERSALES 2da. calle
Cada 20 mts.



Universidad de San Carlos
De Guatemala
Facultad de ingeniería

Proyecto:	Diseño de Carretera	Escala:	1,600 mts
Ubicación:	Guanjas Gerona San Miguel Patapa	Sección:	1/100
Diseño:	LUIS GABRIEL GARCIA	Fecha:	20/04/2014
Consultor:	LUIS GABRIEL GARCIA	Asesor(a) U:	ASESOR(A) U
Dibujo:	LUIS GABRIEL GARCIA	Unidad:	Unidad de Ingeniería





SECCIONES TRANSVERSALES 3era. calle
Cada 20 mts.



Universidad de San Carlos
De Guatemala
Facultad de ingeniería

Proyecto:	Diseño de Carretera	Magnitud:	1,600 mts
Libreación:	Carretera de San Miguel Petapa	Escala:	1/100
Contenido:	Secciones transversales	Fecha:	15/03/2013
Diseño:	LUIS GABRIEL GARCIA	Hoja:	15/17
Calculo:	LUIS GABRIEL GARCIA		
Dibujo:	LUIS GABRIEL GARCIA		

Universidad de San Carlos de Guatemala
San Miguel Petapa
Guatemala Guatemala
ASESOR(A) DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

Tabla 1era. Calle

Tabla volumen total						
Estacion	Releno Area	Corte Area	Releno Volume	Corte Volume	Releno acumulado Vol	Corte acumulado Vol
0+000.00	0.41	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020.00	0.20	0.54	6.12	6.51	6.12	6.51
0+040.00	0.00	2.78	2.03	33.20	8.15	39.72
0+060.00	0.34	0.37	3.39	31.49	11.54	71.21
0+080.00	1.89	0.01	22.30	3.78	33.84	74.98
0+100.00	2.83	0.00	47.23	0.06	81.06	75.04
0+120.00	2.13	0.00	49.62	0.00	130.69	75.04
0+140.00	1.29	0.12	34.16	1.21	164.85	76.25
0+160.00	1.41	0.01	27.09	1.27	191.93	77.53
0+170.00	1.12	0.03	12.45	0.21	204.39	77.73
0+180.00	1.54	0.00	13.14	0.16	217.52	77.90
0+190.00	1.59	0.00	15.55	0.00	233.07	77.90
0+200.00	1.19	0.18	14.20	0.83	247.27	78.72
0+220.00	2.87	0.00	40.59	1.82	287.86	80.54
0+240.00	3.64	0.00	65.08	0.00	352.93	80.54
0+260.00	2.62	0.00	62.64	0.00	415.57	80.54
0+280.00	1.27	0.00	38.95	0.00	454.52	80.54
0+300.00	0.47	0.13	17.44	1.32	471.96	81.86
0+320.00	4.06	0.00	45.32	1.32	517.27	83.18
0+340.00	2.67	0.00	67.29	0.00	584.56	83.18

Tabla volumen total						
Estacion	Releno Area	Corte Area	Releno Volume	Corte Volume	Releno acumulado Vol	Corte acumulado Vol
0+360.00	1.30	0.00	39.76	0.00	624.32	83.18
0+380.00	1.63	0.00	29.32	0.00	653.64	83.18
0+400.00	2.80	0.00	44.32	0.00	697.96	83.18
0+420.00	0.88	0.00	36.83	0.02	734.78	83.20
0+440.00	1.91	0.00	27.87	0.02	762.66	83.22
0+460.00	1.65	0.00	35.63	0.00	798.29	83.22
0+480.00	0.44	0.25	20.90	2.49	819.19	85.71
0+500.00	0.10	0.86	5.34	11.11	824.52	96.82
0+510.00	0.00	3.04	0.49	19.49	825.02	116.31

Tabla 2da. Calle

Tabla volumen total						
Estacion	Releno Area	Corte Area	Releno Volume	Corte Volume	Releno acumulado Vol	Corte acumulado Vol
0+000.00	0.12	1.42	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020.00	0.00	5.27	1.23	66.83	1.23	66.83
0+040.00	0.00	9.93	0.00	152.07	1.23	218.90
0+060.00	0.00	12.19	0.00	221.39	1.23	440.29
0+080.00	0.00	14.73	0.00	269.15	1.23	709.44
0+100.00	0.00	14.53	0.00	292.60	1.23	1002.04
0+120.00	0.00	15.23	0.00	297.58	1.23	1299.62
0+140.00	0.00	7.72	0.00	229.48	1.23	1529.10
0+160.00	0.00	6.19	0.02	139.14	1.26	1668.24
0+180.00	0.90	1.76	9.07	79.55	10.32	1747.79
0+200.00	4.01	0.03	49.10	17.91	59.42	1765.70
0+210.00	4.36	0.00	41.56	0.14	100.98	1765.84
0+220.00	5.44	0.00	47.62	0.00	148.61	1765.84
0+230.00	4.84	0.00	49.88	0.00	198.59	1765.84
0+240.00	4.02	0.00	43.80	0.00	242.39	1765.84
0+250.00	3.40	0.00	37.22	0.00	279.41	1765.84
0+260.00	4.89	0.00	41.79	0.00	321.20	1765.84
0+270.00	2.81	0.00	37.75	0.00	358.96	1765.84
0+280.00	1.58	0.09	20.70	0.53	379.66	1766.37
0+300.00	0.00	3.04	15.46	31.73	395.12	1798.10

Tabla volumen total						
Estacion	Releno Area	Corte Area	Releno Volume	Corte Volume	Releno acumulado Vol	Corte acumulado Vol
0+320.00	0.00	5.99	0.00	90.00	395.12	1888.10
0+330.00	0.00	6.72	0.00	63.40	395.12	1951.49
0+340.00	0.00	8.34	0.00	75.14	395.12	2026.64
0+360.00	0.00	4.40	0.00	127.37	395.12	2154.01
0+380.00	0.00	6.60	0.00	110.18	395.12	2264.19
0+390.00	0.00	8.35	0.00	74.76	395.12	2338.95
0+400.00	0.00	9.49	0.00	89.20	395.12	2428.15
0+410.00	0.00	11.33	0.00	104.22	395.12	2532.36
0+420.00	0.00	13.00	0.00	121.65	395.12	2654.02
0+430.00	0.00	14.20	0.00	135.91	395.12	2789.93
0+440.00	0.00	14.94	0.00	145.57	395.12	2935.50
0+460.00	0.00	16.45	0.00	313.94	395.12	3249.44
0+480.00	3.37	8.49	33.69	249.43	428.81	3498.87
0+500.00	1.30	8.46	46.66	169.47	475.46	3668.33
0+520.00	0.00	7.24	12.97	156.95	488.43	3825.28
0+540.00	0.00	2.57	0.00	98.14	488.43	3923.42
0+560.00	3.79	0.00	37.92	25.75	526.35	3949.17
0+580.00	9.84	0.00	138.28	0.00	662.63	3949.17
0+600.00	14.10	0.00	239.40	0.00	902.03	3949.17
0+620.00	14.28	0.00	283.85	0.00	1185.88	3949.17

Tablas de volumenes

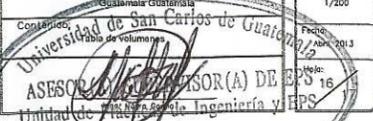
Tabla 3era. Calle

Tabla volumen total						
Estacion	Releno Area	Corte Area	Releno Volume	Corte Volume	Releno acumulado Vol	Corte acumulado Vol
0+000.00	0.38	21.18	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020.00	0.00	16.63	3.78	378.14	3.78	378.14
0+040.00	0.00	8.05	0.00	246.83	3.78	624.97
0+060.00	0.26	0.38	2.61	84.30	6.39	709.27
0+080.00	2.78	0.00	30.39	3.80	36.78	713.08
0+100.00	0.85	0.01	36.33	0.14	73.11	713.22
0+120.00	0.16	0.43	10.17	4.45	83.28	717.67
0+140.00	0.11	3.22	2.75	36.48	86.03	754.15
0+160.00	0.08	4.27	1.89	74.86	87.92	812.01
0+180.00	0.27	2.23	3.42	65.02	91.34	840.03
0+195.21	0.00	112.31	2.02	85.09	93.36	864.12



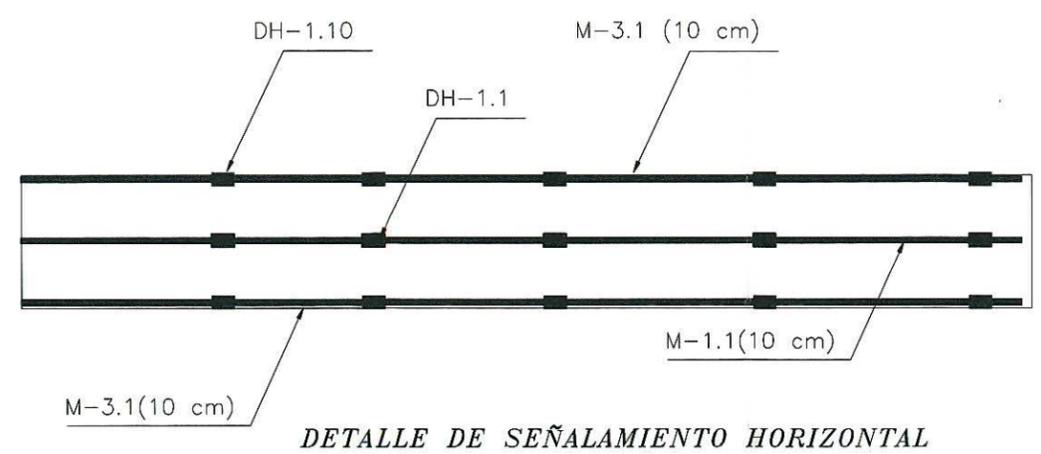
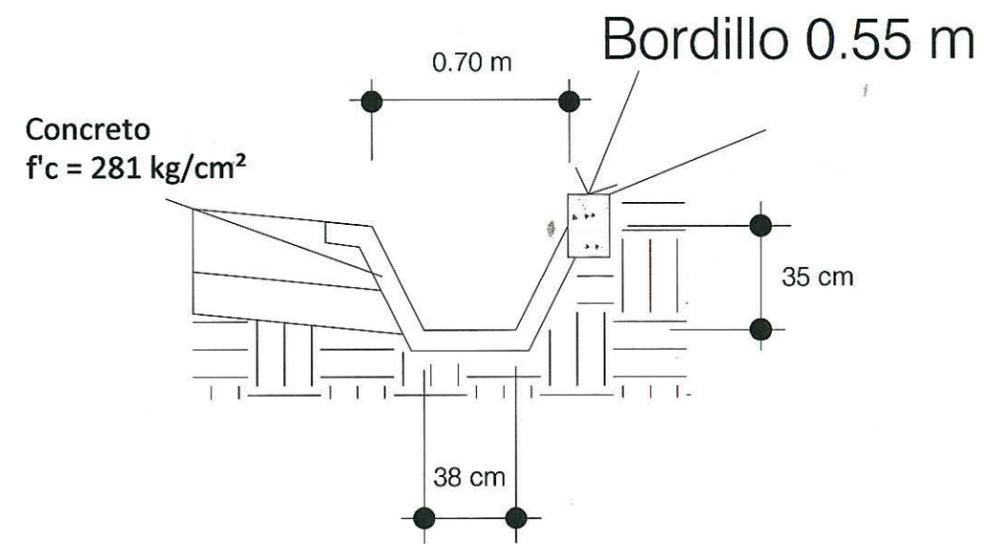
**Universidad de San Carlos
De Guatemala
Facultad de ingeniería**

Proyecto: Diseño de Carreteras Granjas Corona San Miguel Petapa.	Magnitud: 1,600 mts
Ubicacion: Granjas Corona San Miguel Petapa Escalera Guatemala Guatemala	Escala: Seccion 1/200
Diseñador: LUIS GABRIEL GARCIA	Fecha: 12/01/2013
Calculador: LUIS GABRIEL GARCIA	Dibujo: LUIS GABRIEL GARCIA

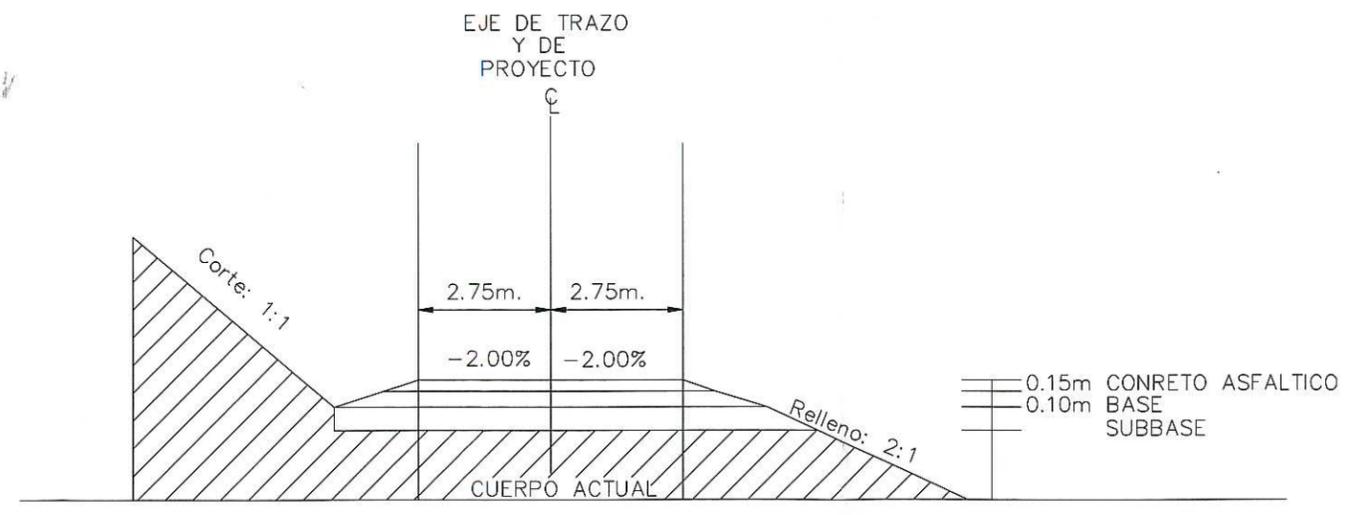


ASESOR(A) DE EPS
Unidad de Asesoría de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

DETALLE DE CUNETETA



CAMINO TIPO "E"



Universidad de San Carlos
De Guatemala
Facultad de ingeniería

Proyecto: Diseño de Carretera Granja Corona San Miguel Petapa	Escala: 1:500
Ubicación: Granja Corona San Miguel Petapa Guatemala Guatemala	Sección: 1/200
Contenido: Señalamientos	Fecha: Abril 2013
Diseño: LUIS GABRIEL GARCIA	Hoja: 37 / 17