



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

**DISEÑO DEL TRAMO DE LA RUTA NACIONAL 3N DE LA ALDEA SABANA REDONDA HACIA
LA ALDEA SAN RAFAELITO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
PARA LA ALDEA SABANA REDONDA, SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA**

Eduardo Luis Ramos Lemus

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, mayo de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DEL TRAMO DE LA RUTA NACIONAL 3N DE LA ALDEA SABANA REDONDA HACIA
LA ALDEA SAN RAFAELITO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
PARA LA ALDEA SABANA REDONDA, SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

EDUARDO LUIS RAMOS LEMUS

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MAYO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

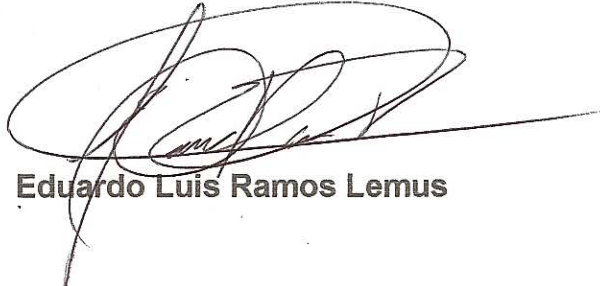
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
EXAMINADOR	Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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 TRAMO DE LA RUTA NACIONAL 3N DE LA ALDEA SABANA REDONDA HACIA
LA ALDEA SAN RAFAELITO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
PARA LA ALDEA SABANA REDONDA, SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,
con fecha 18 de febrero de 2013.



Eduardo Luis Ramos Lemus



Guatemala, 24 de enero de 2014
Ref.EPS.DOC.108.01.14

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Eduardo Luis Ramos Lemus** con carné No. **200818819**, de la Carrera de Ingeniería Civil, , procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO DEL TRAMO DE LA RUTA NACIONAL 3N DE LA ALDEA SÁBANA REDONDA HACIA LA ALDEA SAN RAFAELITO Y DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SABANA REDONDA, SAN RAFAÉL LAS FLORES, SANTA ROSA.**

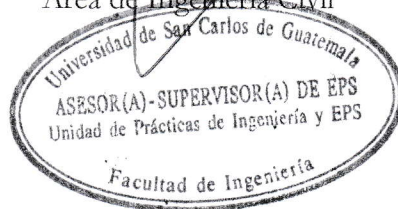
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
MAAO/ra



Guatemala, 12 de mayo de 2014
Ref.EPS.D.245.05.14

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL TRAMO DE LA RUTA NACIONAL 3N DE LA ALDEA SÁBANA REDONDA HACIA LA ALDEA SAN RAFAELITO Y DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SABANA REDONDA, SAN RAFAÉL LAS FLORES, SANTA ROSA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Eduardo Luis Ramos Lemus**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala,
19 de marzo de 2014

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DEL TRAMO DE LA RUTA NACIONAL 3N DE LA ALDEA SABANA REDONDA HACIA LA ALDEA SAN RAFAELITO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SABANA REDONDA, SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Eduardo Luis Ramos Lemus, con Carnet No. 200818819, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Más 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,
2 de mayo de 2014

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL TRAMO DE LA RUTA NACIONAL 3N DE LA ALDEA SABANA REDONDA HACIA LA ALDEA SAN RAFAELITO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SABANA REDONDA, SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Eduardo Luis Ramos Lemus, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

bbdeb.

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



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y del Coordinador de E.P.S. Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, al trabajo de graduación del estudiante Eduardo Luis Ramos Lemus, titulado **DISEÑO DEL TRAMO DE LA RUTA NACIONAL 3N DE LA ALDEA SÁBANA REDONDA HACIA LA ALDEA SAN RAFAELITO Y DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SÁBANA REDONDA SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Hugo Leonel Montenegro Franco
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, mayo 2014

/bbdeb.

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





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 TRAMO DE LA RUTA NACIONAL 3N DE LA ALDEA SAN RAFAELITO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SABANA REDONDA, SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA**, presentado por el estudiante universitario: **Eduardo Luis Ramos Lemus** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, mayo de 2014

ACTO QUE DEDICO A:

Dios y la Virgen María

Porque siempre han sido el fundamento principal de mi filosofía de vida y han derramado tantas bendiciones en mi camino y sin ellos nada sería posible.

Mi padre

Marcial Ramos, mi fuerza interior, quien abrió la brecha, quien fijo mis metas, que aunque no esté con nosotros físicamente sé que está aquí y nunca me ha abandonado ni desamparado en los momentos difíciles.

Mi madre

Alba Luz Lemus, que es el amor de mi vida, por quien soy ahora, a quien le debo todo, por quien lucho para que se sienta orgullosa, es un ejemplo de vida y me ha llevado hasta aquí.

Mis hermanos

José Rodrigo y José Pablo Ramos Lemus, ellos que me hacen ser mejor persona cada día para que vean en mí un ejemplo y un camino a seguir, y siempre han estado conmigo.

Mi familia

A mis tíos y primos que han estado conmigo desde siempre, pendientes apoyando en los momentos más difíciles y han estado ahí para salir adelante.

Mis amigos

A mis amigos de toda la vida y a los nuevos, porque independientemente hemos vivido experiencias inolvidables buenas y malas, que nos han llevado hasta acá juntos, ustedes saben bien quienes son.

María Renee Ramírez

Porque estuviste en toda mi carrera apoyándome, aconsejándome y siendo pieza muy importante en mi carrera.

AGRADECIMIENTOS A:

- Universidad de San Carlos de Guatemala** Por darme la formación académica, como profesional, así como por ser una escuela de vida que tanto me hizo crecer en el aspecto personal.
- Mi asesor** Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta, por su apoyo y asesoría en este camino y ante todo por brindarme su amistad.
- Municipalidad de San Rafael las Flores y Minera San Rafael** Por darme la oportunidad, recursos y todas las facilidades para realizar mi EPS, en mi formación fue una experiencia muy gratificante conociendo cómo es realmente el ámbito profesional.
- Mi familia** Porque son el pilar fundamental de mi vida y recibí todo el apoyo necesario durante este trayecto lleno de obstáculos y que sin ustedes no hubiera podido lograrlo.
- Catedráticos y amigos** Que desde que empezamos esta carrera recibí un apoyo, formación y guía para llegar a este punto de mi carrera.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XIX
OBJETIVOS	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. INVESTIGACIÓN	1
1.1. Principales necesidades del municipio	1
1.1.1. Vías de comunicación	1
1.1.1.1. Vías de acceso	1
1.1.1.2. Tipos de vías de comunicación	1
1.2. Aspectos de infraestructura de San Rafael las Flores	2
1.2.1. Servicios públicos	3
1.2.1.1. Vivienda	3
1.2.1.2. Educación	3
1.2.1.3. Salud	6
1.2.1.4. Datos de clima y características del municipio	7
2. DISEÑO DE CARRETERA DE LA RUTA NACIONAL 3N DE LA ALDEA SABANA REDONDA HACIA LA ALDEA SAN RAFAELITO	9
2.1. Descripción del proyecto	9
2.2. Levantamiento topográfico	9
2.2.1. Planimetría	9

2.2.2.	Altimetría.....	10
2.3.	Dibujo topográfico	10
2.3.1.	Curvas de nivel	10
2.4.	Diseño geométrico de carretera	12
2.4.1.	Calculo geométrico de curvas horizontales.....	13
2.4.2.	Cálculo geométrico de curvas verticales.....	20
2.4.3.	Subrasante	22
2.4.4.	Corrección por curva vertical en subrasante.....	23
2.4.5.	Cálculo de áreas de secciones transversales.....	24
2.5.	Movimiento de tierras	26
2.5.1.	Cálculo de volúmenes de material	26
2.6.	Estudios hidrológicos (método racional) para el diseño de drenajes	34
2.6.1.	Ubicación de drenajes	35
2.6.2.	Localización de drenajes	35
2.6.3.	Cálculo de áreas de descarga por el Método Racional.....	36
2.7.	Estudio de suelos.....	42
2.7.1.	Ensayos de laboratorio.....	43
2.7.1.1.	Límites de Atterberg	43
2.7.1.2.	Análisis granulométrico	43
2.7.1.3.	Ensayo de contenido de humedad.....	43
2.7.1.4.	Ensayo de compactación para el contenido óptimo de humedad (proctor).....	44
2.7.1.5.	Ensayo del valor relativo de soporte del suelo CBR	44
2.8.	Elementos estructurales del pavimento.....	45
2.8.1.	Pavimento.....	45

2.8.2.	Selección de tipo de pavimento.....	46
2.8.3.	Método y procedimiento de diseño para pavimento rígido	47
2.8.4.	Subrasante.....	49
2.8.5.	Base	50
2.8.6.	Superficie de rodadura	50
2.8.7.	Pendiente transversal	50
2.8.8.	Juntas	51
	2.8.8.1. Juntas longitudinales.....	52
	2.8.8.2. Juntas de expansión.....	52
	2.8.8.3. Juntas transversales	53
	2.8.8.4. Juntas de construcción.....	53
	2.8.8.5. Material sellado y método de aplicación.....	54
2.9.	Desarrollo del proyecto	56
	2.9.1. Diseño de losa para pavimento rígido	56
	2.9.2. Cálculo del espesor del pavimento.....	56
	2.9.3. Tránsito	56
	2.9.4. Bordillo	57
	2.9.5. Módulo de ruptura del concreto	58
	2.9.6. Módulo de reacción K de la subrasante	58
	2.9.7. Diseño de la mezcla de concreto	64
2.10.	Elaboración de planos	71
2.11.	Presupuesto	72
	2.11.1. Cantidades de trabajo.....	72
	2.11.2. Presupuesto.....	74
2.12.	Cronograma de ejecución físico y financiero.....	75
2.13.	Estudio de Impacto Ambiental inicial	76

3.	DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SABANA REDONDA	85
3.1.	Descripción del proyecto	85
3.2.	Diseño del proyecto	85
3.2.1.	Altimetría.....	85
3.2.2.	Planimetría.....	85
3.2.3.	Periodo de diseño.....	86
3.2.4.	Estudio de población	86
3.2.4.1.	Método Geométrico.....	86
3.2.5.	Determinación de caudal de aguas servidas	87
3.2.5.1.	Dotación	87
3.2.6.	Factor de retorno al sistema.....	88
3.2.7.	Caudal domiciliar	88
3.2.8.	Caudal conexiones ilícitas	89
3.2.9.	Caudal de infiltración	89
3.2.10.	Factor de caudal medio	90
3.2.11.	Caudal medio.....	90
3.2.12.	Factor de Harmond.....	91
3.2.13.	Caudal de diseño.....	91
3.2.14.	Diseño de sección y pendientes.....	92
3.2.15.	Ecuación de Manning para flujo en canales.....	92
3.2.15.1.	Relaciones hidráulicas	93
3.2.16.	Parámetros de diseño hidráulico	93
3.2.16.1.	Coefficiente de rugosidad	94
3.2.16.2.	Sección llena y parcialmente llena.....	94
3.2.17.	Diámetros mínimos.....	95
3.2.18.	Velocidad máxima y mínima.....	95
3.2.19.	Profundidad de tuberías	96
3.2.19.1.	Ancho de zanja.....	96

3.2.19.2.	Volumen de excavación	97
3.2.20.	Pozo de visita.....	98
3.2.20.1.	Ubicación de pozos de visita.....	99
3.2.20.2.	Profundidad de los pozos de visita	100
3.2.21.	Cotas Invert.....	103
CONCLUSIONES		107
RECOMENDACIONES.....		109
BIBLIOGRAFÍA.....		111
ANEXOS		113

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Tipos de vías de comunicación	2
2.	Nivel de escolaridad	4
3.	Establecimientos educativos, San Rafael las Flores, Santa Rosa.....	5
4.	Curvas de nivel, Sabana Redonda a San Rafaelito	11
5.	Grado de curvatura	13
6.	Elementos de curva horizontal	15
7.	Detalle de curvas verticales.....	21
8.	Imagen de subrasante y corrección por curva vertical.....	23
9.	Secciones transversales.....	24
10.	Cálculo de volúmenes de movimiento de tierra	27
11.	Distancia de paso entre corte y relleno	28
12.	Gráfico de balance.....	33
13.	Tipos de drenaje en carretera.....	34
14.	Curvas de intensidad	37
15.	Cálculo de drenaje longitudinal.....	41
16.	Capacidad máxima de cuneta	42
17.	Elementos estructurales del pavimento.....	46
18.	Ecuación general para espesor de pavimentos	47
19.	Junta longitudinal macho hembra con barra de sujeción	52
20.	Junta de expansión con o sin barra de transferencia.....	53
21.	Junta transversal con o sin barra de sujeción	53
22.	Junta de construcción con o sin barra de transferencia.....	54
23.	Sección típica del pavimento rígido.....	70

24.	Pozo de visita	99
-----	----------------------	----

TABLAS

I.	Características geométricas.....	12
II.	Especificaciones para curvas circulares	16
III.	Tabla de curvas horizontales	20
IV.	Valores de k.....	22
V.	Tabla de curvas verticales	26
VI.	Ejemplo de cálculo de movimiento de tierras	28
VII.	Tabla de cálculo de movimiento de tierra	30
VIII.	Coeficiente de escorrentía para una carretera	38
IX.	Relación de comportamiento de suelos.....	45
X.	Calidad de la subrasante	49
XI.	Pendiente transversal según el tipo de superficie	51
XII.	Tipo de suelos de subrasante y valores aproximados de k.....	59
XIII.	Interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y los valores de soporte.....	60
XIV.	Categoría de carga por eje	62
XV.	TPDC permisible de carga por eje de categoría dos, pavimentos con juntas dovola.....	63
XVI.	Resistencia promedio a la compresión cuando no se dispone de información para establecer una desviación estándar	65
XVII.	Revenimientos para varios tipos de construcción	66
XVIII.	Requisitos aproximados de agua para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de los agregados.....	66
XIX.	Relación entre la resistencia a la compresión del concreto y la relación agua cemento.....	67
XX.	Porcentaje de arena sobre agregado grueso	68

XXI.	Cantidades de trabajo para el proyecto: Diseño del tramo de la ruta nacional 3n de la aldea Sabana Redonda hacia la aldea San Rafaelito. longitud: 2 140 kms	73
XXII.	Cuadro de cantidades estimadas y costos estimados.....	74
XXIII.	Cronograma.....	75
XXIV.	Listado de control sobre el estudio de impacto ambiental inicial....	76
XXV.	Medidas de mitigación para los proyectos a realizarse en aldea Sabana Redonda, Santa Rosa	81
XXVI.	Factores de rugosidad.....	94
XXVII.	Profundidad mínima de tubería	96
XXVIII.	Anchos de zanja, según profundidad del colector	97

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Q	Caudal a sección llena en tuberías expresada en m^3/s
q	Caudal de diseño expresado en m^3/s
C	Coeficiente de escorrentía superficial
n	Coeficiente de rugosidad
D	Diámetro de la tubería expresada en m
DH	Distancia
Hab	Habitantes
I	Intensidad de lluvia
l/hab/día	Litros por habitante por día
l/s	Litros sobre segundo
Max	Máxima
m²	Metros al cuadrado
m³	Metros cúbicos por segundo
m/s	Metros por segundo
mm/h	Milímetros por hora
Min	Mínima
K	Módulo de reacción
S	Pendiente
PV	Pozo de visita
q/Q	Relación de caudal / caudal a sección llena
d/D	Relación de diámetros
v/V	Relación de velocidades

V

Velocidad a sección llena de la tubería expresada en
m/s

GLOSARIO

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials.
Agregado	Material inerte, que se mezcla con cemento y agua para producir concreto.
Aguas negras	El agua que se ha utilizado en actividades domésticas, comerciales o industriales.
Agua potable	Agua sanitariamente segura y agradable a los sentidos, no produce efectos adversos a su salud.
Alcantarillado	Conducto subterráneo o sumidero construido para recoger las aguas residuales y darles paso.
Altimetría	Son los procedimientos del levantamiento topográfico y tienen por objeto, la determinación de las elevaciones (niveles) de los puntos, o estaciones estudiadas.
Autopista	Carretera de dos calzados con limitados o control total de accesos a las propiedades colindantes.
Alcantarillado	Conducto subterráneo o sumidero construido para recoger las aguas residuales y darles paso.

Base de diseño	Parámetros que se utilizarán en la elaboración de un diseño, como la población, el clima, tipos de comercios.
Berma	Franja longitudinal, afirmada o no, comprendida entre el borde exterior de la calzada y la cuneta o talud.
Bifurcación	Tramo en que diverge el flujo de tráfico en flujos similares.
Bombeo	Pendiente dada a la corona de las tangentes del alineamiento horizontal, hacia uno y otro lado del eje, para evitar la acumulación del agua sobre la superficie de rodamiento.
Carril	Superficie de rodamiento, el cual tiene el ancho suficiente para permitir la circulación de una hilera de vehículos.
Caudal	Es el volumen de líquido que circula a través de una tubería, en una unidad de tiempo determinado.
Caudal de diseño	Suma de los caudales que se utilizarán para diseñar un tramo de alcantarillado.
Colector	Conjunto de tuberías, pozos de visita y obras accesorias que se utilizarán para la descarga de las aguas servidas o aguas de lluvia.

Concreto	Es un material pétreo, artificial, obtenido de la mezcla, en proporciones determinadas de cemento, arena, pedrín y agua.
Cota Invert	Cota o altura de la parte inferior interna de la tubería ya instalada.
Cuneta	Zanja en cada uno de los lados del camino o carretera, en la cual, el agua circula debido a la acción de la gravedad.
Curva vertical	Curva en elevación que enlaza dos rasantes con diferentes pendientes.
Derecho de vía	Faja de ancho variable dentro de la cual se encuentra comprendida la carretera y todas sus obras accesorias. La propiedad del terreno para derecho de vía será adquirida por el Estado, cuando ello sea preciso, por expropiación o por negociación con los propietarios.
Descarga	Lugar donde se descargan la aguas de lluvia que proviene de un colector.
Dotación	Estimación de la cantidad de agua que se consume en promedio por habitante diariamente.

Fosa séptica	Consiste en un depósito cubierto y hermético, diseñado para que las aguas negras se mantengan a una velocidad muy baja, por un tiempo determinado, durante el cual se efectúa un proceso anaerobio de eliminación de sólidos sedimentales.
Manning	Ecuación para determinar la velocidad de un flujo en un canal abierto; esta fórmula se relaciona con la rugosidad del material con que está construido el canal, la pendiente y el radio hidráulico de la sección.
Pavimento	Cuando sobre la subrasante se ha construido ya totalmente la estructura del el pavimento.
Pendiente	Inclinación de una rasante en el sentido de avance.
Peralte	Inclinación transversal de la plataforma en los tramos en curva.
Pozo de visita	Estructura subterránea que sirve para cambiar de dirección, pendiente, diámetro, y para iniciar un tramo.
Talud	Inclinación de un terreno que pertenece a la sección típica, la cual delimita los volúmenes de corte o terraplén y está contenido entre la cuneta y el terreno original.

Terracería

Prisma de corte o terraplén, en el cual se construyen las partes de la carretera mostradas en la sección típica.

Topografía

Es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie de la tierra, con sus formas y detalles. Para eso se utiliza un sistema de coordenadas tridimensionales, siendo la X y la Y competencia de la planimetría y la Z de la altimetría.

RESUMEN

En el desarrollo de las poblaciones es indispensable un acceso, fácil y rápido. En la aldea San Rafaelito, municipio de San Rafael Las Flores, Santa Rosa, las personas tienen que viajar por largo tiempo en un tramo por el mal estado de la carretera en terracería, además de ello, luego de la aldea San Rafaelito, se conduce hacia otras aldeas; Las Cortinas, El Quequexque, La Vega, El Fusio y Los Vados, donde no ingresan buses, ni microbuses por lo cual la única manera de salir, es caminando o vehículos agrícolas que los transporten de la aldea hacia la carretera principal, en donde toman un microbús el cual los lleva a San Rafael Las flores, en donde se encuentra la principal fuente de trabajo que es la Minera San Rafael.

Debido a esto es indispensable el diseño, mejoramiento, reacondicionamiento, del tramo carretero rural, por lo cual se necesitará, localización y ubicación del lugar, visita de campo para un reconocimiento del tramo, un aforo vehicular, para un estudio macro y evaluar la prefactibilidad del proyecto, ya a un proceso esquematizado para el diseño, como un levantamiento topográfico del tramo, diseño horizontal y vertical, cálculo de movimiento de tierras, estudio de las microcuencas del lugar, el manejo del agua para una vida útil satisfactoria tales como, cunetas, cajas de captación, tuberías transversales, protección a las obras de arte. Luego se pasa a cuantificación del proyecto para posteriormente realizar la presupuestación.

Con ello la aldea de San Rafaelito tendría un acceso mucho más fácil, no solo para esta aldea así como todas las que conecta este tramo, Las Cortinas, El Quequexque, La Vega, El Fucio y Los Vados; con lo cual beneficiaría a más

de 3 000 pobladores, además de darle una vida con mayor oportunidad de desarrollo y una vida digna, ya que estas poblaciones viven en condiciones precarias y con enfermedades producidas por el polvo. Con una carretera digna se erradicará un alto porcentaje de esto.

Actualmente, en la aldea de Sabana Redonda no hay ningún plan de saneamiento, no existe una línea de drenajes de aguas negras, lo cual es indispensable para que una población tenga una condición de vida que propicie un desarrollo, la Municipalidad de San Rafael las Flores con el compromiso de crear las condiciones aptas para sus habitantes lleva un proceso el cual empezaría con el diagnóstico del lugar, evaluación de posibles soluciones, selección de la mejor solución poniendo en balance costo-calidad, luego ya vendría todo el proceso de topografía del lugar, diseño del sistema de alcantarillado sanitario, juego de planos y el presupuesto necesario para el proyecto; con esto se beneficiaría a más de 1 000 pobladores del municipio de San Rafael las Flores.

Con ello se logrará solucionar diversas problemáticas sociales en diversas poblaciones de San Rafael las Flores, aportando proyectos de beneficio para los pobladores, además de ello, dando proyectos profesionales con cálculos basados en normas, proyectos con calidad, y lo más importante un aporte para mejorar las condiciones de vida de los pobladores y un desarrollo del lugar.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario para la aldea Sabana Redonda y el tramo carretero desde la aldea Sabana Redonda hacia San Rafaelito, en el municipio de San Rafael las Flores, Santa Rosa.

Específicos

1. Realizar un diagnóstico de la aldea de Sabana Redonda para saber si existe algún tipo de evacuación de las aguas residuales o cuál es el destino de las mismas.
2. Realizar un censo para constatar cuanta población existe en la aldea y cuál es la densidad de la misma.
3. Capacitar al personal de la Municipalidad de San Rafael las Flores, para que sepan cuáles deben ser los respectivos mantenimientos tanto al sistema de alcantarillado sanitario, como también para el tramo carretero.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las municipalidades se ven restringidas por el corto presupuesto proporcionado por el gobierno central, esto se ve reflejado en las obras que realiza, por lo que la ejecución de la obra civil se hace con el menor costo, ahorrándose lo mayor posible en todo lo que conlleva un diseño formal de un proyecto; ensayos, diseño por un profesional competente, análisis de riesgos, evaluación de la mejor solución, selección de la mejor solución, evaluando la mejor opción que ponen en balance costo-calidad.

Dado lo anterior aquí es donde la Universidad de San Carlos de Guatemala, a través del área de EPS da un apoyo a las municipalidades, en este caso se enfoca en la Municipalidad de San Rafael las Flores del departamento de Santa Rosa, en el cual se hizo un recorrido por aldeas, caseríos etc., evaluando necesidades lo cual son posibles proyectos, y poniendo como prioridad los que causarán mayor impacto social para mejorar la vida de las personas.

Al hacer la evaluación respectiva se encontró que una de las mayores prioridades es un tramo carretero que conduce de la ruta nacional 3N hacia San Rafaelito, dado que esta es la entrada, no solo a esta aldea sino que luego conduce hacia varias otras aldeas tales como: Las Cortinas, El Quequexque, La Vega, El Fucio, Los Vados, El Volcancito, El Cielito, y Media Cuesta, asimismo, se puede llegar a la laguna de Ayarza, lugar donde se puede explotar el turismo como objetivo secundario, ya que el objetivo primordial de este proyecto es darle desarrollo a las comunidades para que las familias logren tener una mejor calidad de vida.

Luego se puede encontrar otra necesidad fundamental para el desarrollo humano, el cual es el del saneamiento, cuya responsabilidad es de la Municipalidad otorgar los servicios básicos a la población. En este caso la aldea Sabana Redonda carece de alcantarillado sanitario, los pobladores expulsan los desechos a las calles o barrancos aledaños al área, dando un mal aspecto al lugar y fundamentalmente llevando una calidad de vida precaria por las condiciones que se presentan en el lugar, para ello lleva un proceso el cual empezaría con el diagnóstico del lugar, evaluación de posibles soluciones, selección de la mejor solución, poniendo en balance costo-calidad, luego ya vendría todo el proceso de topografía del lugar, diseño del sistema de alcantarillado sanitario, juego de planos y el presupuesto necesario para el proyecto, con esto se beneficiaría a más de 1 000 pobladores del municipio de San Rafael las Flores.

1. INVESTIGACIÓN

1.1. Principales necesidades del municipio

En el municipio de San Rafael las Flores, hay diversas necesidades las cuales al ser evaluadas se concluyó que la infraestructura vial y el saneamiento en aldeas son de las necesidades básicas en el lugar.

1.1.1. Vías de comunicación

En el municipio de San Rafael las Flores, Santa Rosa, hay diversas vías de comunicación, la mayoría son de terracería y solo en el casco urbano existe adoquinado.

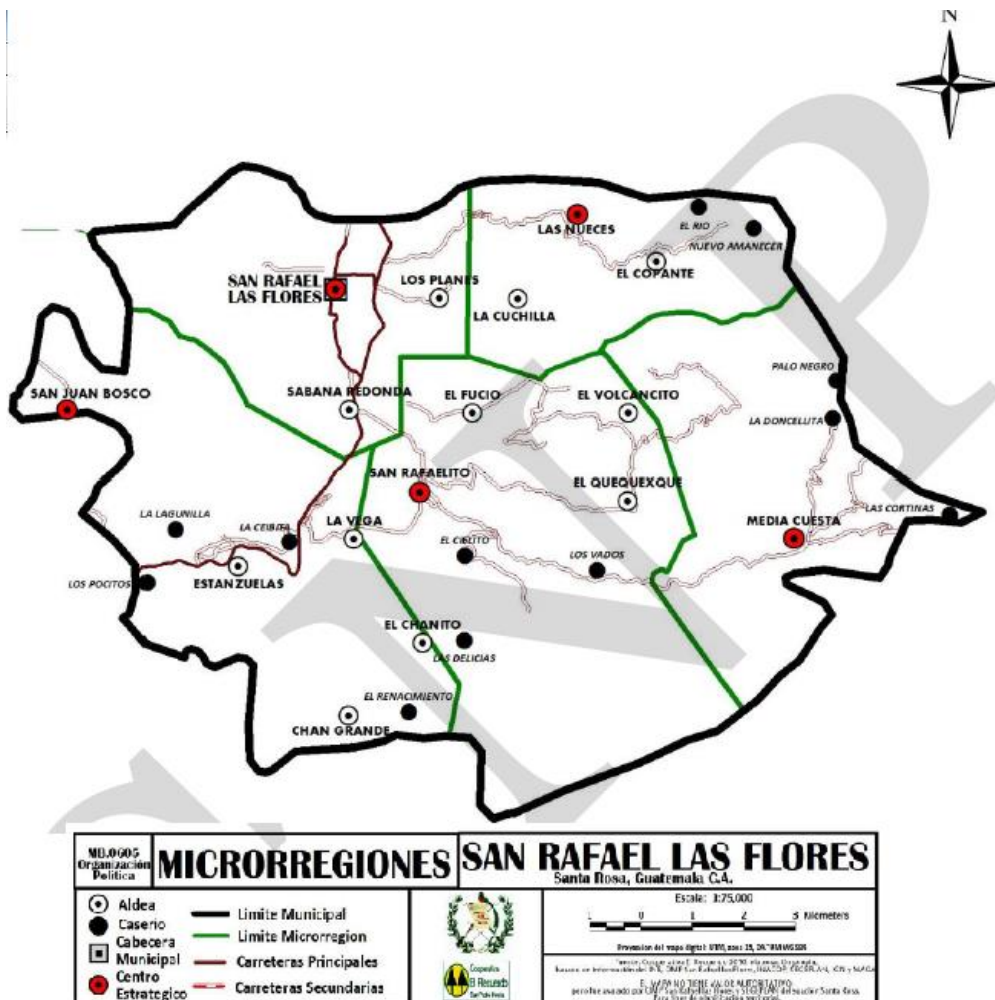
1.1.1.1. Vías de acceso

La vía de acceso principal a San Rafael las Flores se realiza por la ruta nacional 3N, en el kilómetro 96,5 de la capital de la república, la cual es el acceso principal.

1.1.1.2. Tipos de vías de comunicación

El municipio de San Rafael Las Flores tiene como calle principal únicamente la ruta nacional 3N y el acceso al pueblo, las demás son consideradas calles secundarias como se muestra en la siguiente imagen.

Figura 1. Tipos de vías de comunicación



Fuente: Cooperativa El Recuerdo, Planificación 2010.

1.2. Aspectos de infraestructura de San Rafael las Flores

En lo que a la estructura y materiales se refiere, predomina el material de block en un 46 por ciento, de ladrillo el 21 por ciento, de adobe el 31 por ciento y lámina u otros el 2 por ciento, asimismo en el techo, del total de hogares el 70 por ciento lo conforma de lámina de zinc, terraza el 15 por ciento, teja 13 por ciento y otros materiales el 2 por ciento. En lo que respecta a tipo de piso

utilizado, predomina el de cemento líquido y de granito, en menor escala el piso cerámico, de barro y de tierra.

1.2.1. Servicios públicos

El municipio de San Rafael las Flores, Santa Rosa cuenta con servicios bancarios, técnicos, médicos, comerciales y otros, sin embargo carece de servicios de infraestructura vial y educativa.

1.2.1.1. Vivienda

Las viviendas existentes en el municipio, de conformidad a la información obtenida y la observación de campo, son construcciones formales en buen estado en donde el 78 por ciento de los casos los habitantes son propietarios de la vivienda, el 20 por ciento las alquilan y el 2 por ciento restante refleja una tenencia de vivienda de propiedad en usufructo.

1.2.1.2. Educación

De acuerdo al Censo 2002, el 32,3 % de la población mayor de 7 años de San Rafael las Flores no sabía leer ni escribir, habiendo un 31,86 % de analfabetismo entre hombre y un 32,76 % entre mujeres, que es uno de los grandes obstáculos para la salud y el progreso de estas comunidades. En el taller intermunicipal sobre educación se identificó la importancia de eliminar el analfabetismo en el grupo de jóvenes de 15 a 24 años que tiene una tasa de alfabetización del 79 %, para que no haya más analfabetismo en el futuro.

En lo que respecta a nivel de escolaridad según el Censo 2002, de los 6 993 habitantes del municipio mayor de 7 años, el 32 % jamás había ido a la

escuela y menos del 8 % había cursado algún grado del ciclo básico o más, tal como se puede ver en el siguiente cuadro. El bajo de escolaridad es la mayor desventaja que tiene el municipio para alcanzar bienestar y desarrollo.

Figura 2. Nivel de escolaridad

Municipio	Población de 7 años y más edad	Nivel de escolaridad							Total
		Ninguno	Pre-primaria	Primaria 1-3 grado	Primaria 4-6 grado	Media 1-3 grado	Media 4-7 grado	Superior	
SR Flores	6 993	32 %	0 %	34 %	25 %	5 %	3 %	0 %	68 %

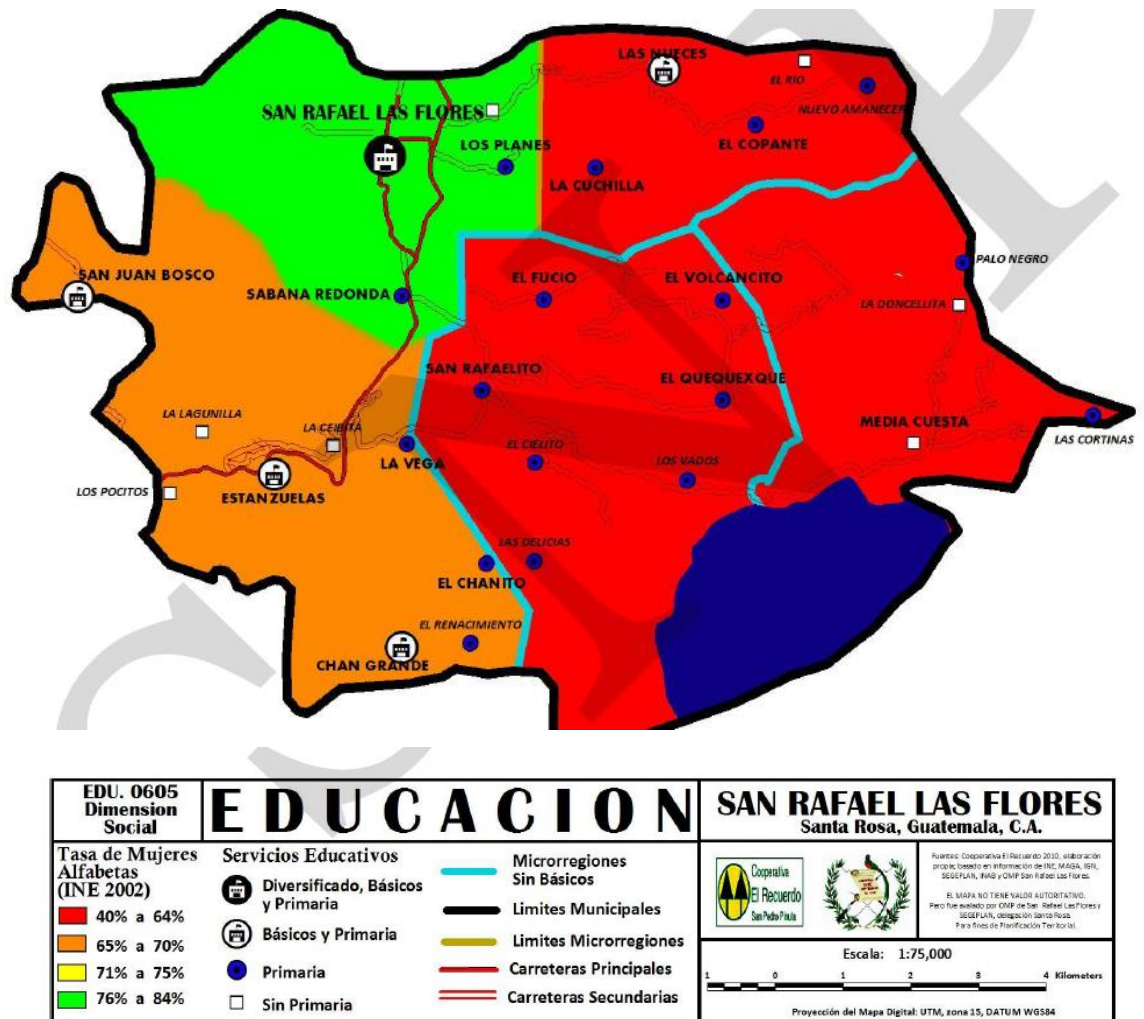
Fuente: Instituto Nacional de Estadística, 2002.

La red de servicios educativos durante los últimos diez años se ha incrementado, sobre todo en el ciclo de educación primaria y preprimaria, de manera que hay establecimientos educativos en casi todas las comunidades del municipio. Es importante resaltar que durante el 2009, aún había acceso a la educación diversificada en el municipio. La educación del nivel básico impartida en el área rural es limitada y deficiente, ya que no cubre la totalidad de lugares poblados, siendo deficiente la infraestructura y el mobiliario, ya que estos funcionan en edificios del sector primario.

En lo que refiere en la infraestructura educativa presenta una gran deficiencia, necesitando remozamiento de techos, alumbrado eléctrico, y ventanas de los edificios escolares del nivel primario, así también construcción de escuelas tipo B y C, construcción de aulas en todas las microrregiones, ya que la demanda de servicios educativos ha incrementado grandemente con la gratuidad de la educación y la entrada de las transferencias monetarias condicionadas del programa “Mi familia progresa”; de la misma manera, para

establecimientos de los niveles de educación básica y diversificado para incrementar el acceso y la cobertura en el nivel medio.

Figura 3. Establecimientos educativos, San Rafael las Flores, Santa Rosa



Fuente: Cooperativa El Recuerdo, Planificación 2010.

1.2.1.3. Salud

De acuerdo a la memoria de labores de 2009 del distrito municipal de salud contaba con 11 362 habitantes, de los cuales 6 197 fueron cubiertos por los servicios institucionales del MSPAS y 5 165 por el programa de “Extensión de cobertura”, no habiendo comunidades sin acceso a servicios de salud.

En general, hay mejor acceso al primer nivel de salud desde la implementación del programa de “Extensión de cobertura” y del establecimiento de convenios con la Brigada Médica Cubana y el fortalecimiento con recurso humano por parte del programa de Cohesión Social. Existen 4 centros de convergencia que aspiran a tener atención permanente, con auxiliares de enfermería en el marco del PEC.

San Rafael las Flores cuenta con:

- Un centro de salud tipo A con categoría funcional de centro de atención medica permanente – CAP con servicios de maternidad, en donde se tiene un horario ampliado de atención las 24 horas del día, y los 7 días de las semana.
- Un puesto de salud fortalecido en aldea Media Cuesta, con atención permanente los 7 días de la semana por auxiliares de enfermería del programa de Cohesión Social.
- Cuatro centros de convergencia que aspiran a tener atención permanente, ubicados en aldeas, San Juan Bosco, El Quequexque, Las Nueces, y San Rafaelito, administrados por la prestadora de servicios básicos de salud Diócesis de Santa Rosa de Lima, en el marco del programa de extensión de cobertura.

1.2.1.4. Datos de clima y características del municipio

La cabecera municipal está localizada a una latitud de 14° 28' 28" y longitud 90° 10' 52" y una altitud que varía de 900 a 1 400 metros sobre el nivel del mar, esto se debe a la irregularidad del terreno. El área urbana de San Rafael se encuentra ubicada a una altitud de 1 330 metros sobre el nivel del mar. Su clima es frío y posee un bosque húmedo subtropical su temperatura media de 15 a 25 grados Celsius y su precipitación anual promedio entre 1 500 y 2 500 milímetros anuales.

2. DISEÑO DE CARRETERA DE LA RUTA NACIONAL 3N DE LA ALDEA SABANA REDONDA HACIA LA ALDEA SAN RAFAELITO

2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño del tramo carretero de la aldea Sabana Redonda a la aldea San Rafaelito, que tiene una longitud de 2 140,00 km.

2.2. Levantamiento topográfico

Es la base fundamental para cualquier proyecto carretero ya que con base en estos datos se realiza el diseño y si se tiene malo el levantamiento topográfico, se tiene malo todo el diseño, por lo cual es de vital importancia realizarlo con la debida importancia, ya que es; las diferencias de altura así como la distribución horizontal del tramo.

2.2.1. Planimetría

Es la parte de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos que tienden a conseguir la representación a escala de todos los detalles interesantes del terreno sobre una superficie plana (plano geometría), prescindiendo de su relieve y se representa en una proyección horizontal. En nuestra distribución horizontal del tramo utilizando un teodolito y el método de deflexiones, recorriendo toda la línea central del tramo así como los diferentes puntos; de finales de calles, pie de talud, corona de talud, y a 25 metros de cada lado para el derecho de vía.

2.2.2. Altimetría

Estudio a través del cual se representan las alturas de los puntos observados, referidos a un banco de marca o sobre el nivel del mar, con lo que se definen las pendientes del terreno, necesarias en el diseño. En este proyecto se aplicó el método de nivelación compuesta, el equipo que se utilizó es un nivel de precisión *Sokkia*, estatal de aluminio de 4 metros y nivel de mano.

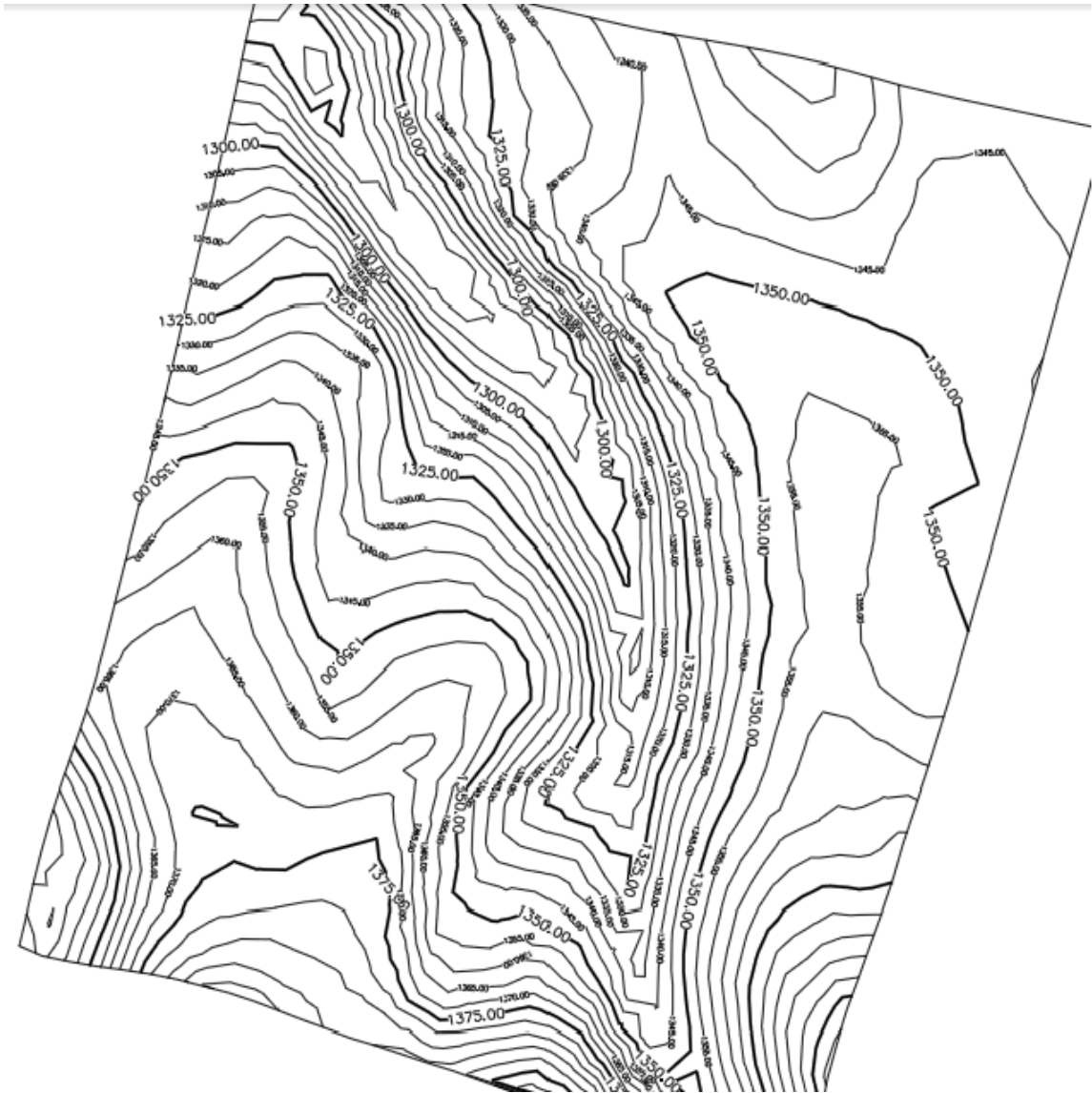
2.3. Dibujo topográfico

En el dibujo topográfico consiste en la interpretación gráfica de la altimetría y planimetría, mediante planos.

2.3.1. Curvas de nivel

Las curvas de nivel es la expresión gráfica para una mayor interpretación de la topografía y consiste en trazar líneas que representan un mismo nivel, y pueden estar trazadas a cada 1m, 2m, 3m, 4m, 5m, etc. y da un panorama grafico del cambio de alturas según la distribución horizontal.

Figura 4. **Curvas de nivel, Sabana Redonda a San Rafaelito**



Fuente: elaboración propia, con AutoCAD 2010.

2.4. Diseño geométrico de carretera

Cuando se hace referencia al diseño geométrico de la carretera, se trata de del reajuste de la línea central tanto en la distribución horizontal, como en la vertical para tener curvas horizontales y verticales, de acuerdo a la velocidad de diseño que va ligado al TPD, teniendo estos datos puede realizarse el diseño geométrico de la carretera.

Tabla I. Características geométricas

VALORES LIMITES RECOMENDADOS PARA LAS CARACTERISTICAS DE LA CARRETERQA EN ESTADO FINAL

T.P.D. DE	CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO (K.P.H.)	ANCHO CALZADA (MTS.)	ANCHO DE TERRACERIA		DERECHO DE VIA (Mts.)	RADIO MINIMO (Mts.)	PENDIENTE MAXIMA (Mts.)	DISTANCIA VISIBILIDAD PARADA		DISTANCIA VISIBILIDAD PASO	
				CORTE (MTS.)	RELLENO (MTS.)				MINIMA (MTS.)	RECOMENDADA (Mts.)	MINIMA (MTS.)	RECOMENDADA (Mts.)
3,000 A 5,000	TIPO "A"		2 X 7.20	25	24	50						
	REGIONES											
	LLANAS	100					375	3	160	200	700	750
	ONDULADAS	80					225	4	110	150	520	550
	MONTAÑOSAS	60					110	5	70	100	350	400
1,500 A 3,000	TIPO "B"		7.20	13	12	25						
	REGIONES											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
900 A 1,500	TIPO "C"		6.50	12	11	25						
	REGIONES											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
500 A 900	TIPO "D"		6.00	11	10	25						
	REGIONES											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
100 A 500	TIPO "E"		5.50	9.50	8.50	25						
	REGIONES											
	LLANAS	50					75	8	55	70	250	300
	ONDULADAS	40					47	9	40	50	180	200
	MONTAÑOSAS	30					30	10	30	35	110	150
10 A 100	TIPO "F"		5.50	9.50	8.50	15						
	REGIONES											
	LLANAS	40					47	10	40	50	180	200
	ONDULADAS	30					30	12	30	35	110	150
	MONTAÑOSAS	20					18	14	20	25	50	100

ESTRUCTURAS:
 CARGA:..... HS-15, HS-20, HS-25 Y VEHICULO DE DISEÑO T3-S2-R4
 ALTURA LIBRE:..... 5.50 mts.
 ANCHO DE RODADURA:..... 7.90 mts.

ESFUERZOS UNITARIOS
 CONCRETO CALSE "A": 3,000.000 Libras / Pulgadas cuadradas
 ACERO DE ESFUERZO: 18,000.000 Libras / Pulgadas cuadradas
 ACERO ESTRUCTURAL: 33,000.000 Libra / Pulgadas cuadradas

- NOTAS**
- 1.- T.P.D. Promedio de Trafico Diario
 - 2.- La Seccion Tipica para Carreteras Tipo "A", incluyen Isla central de 1.50 mts. De Ancho.
 - 3.- Las Características de las estructuras son generales para todos los tipos de la carretera, con excepcion de la Tipica "A", en donde el ancho es Doble.
 - 4.- La calidad de la Capa de recubrimiento de la Calzada podra ser para Carreteras Tipo "A", Hormigon, Concreto Asfaltico (Frio o Caliente) o Tratamiento superficial Multiple; para tipo "B" y "C", Concreto Asfaltico (Frio o Caliente) o Tratamiento Superficial Doble; para Tipo "E", Tratamiento Superficial Simple y para Tipo "F", Recubrimiento de material Selecto Los Recubrimientos para las Carreteras, desde el Tipo "A" al "E", dependeran de las características mecanicas del suelo y de las propiedades de los materiales de construccion de la zona.

(*) Distancia de Visibilidad de Parada = Longitud mínima de Curva Vertical

Departamento Teorico de Ingenieria, D.G.C.

Fuente: Dirección General de Caminos.

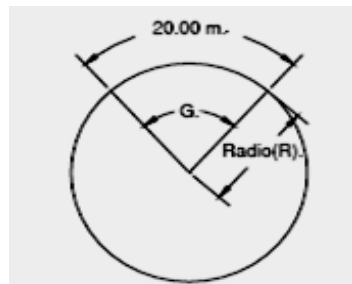
2.4.1. Cálculo geométrico de curvas horizontales

Para el cálculo de las curvas horizontales se toma en cuenta lo siguiente:

- Grado de curvatura (G): corresponde al ángulo central subtendido por un arco de determinada longitud, establecida como cuerda (c) o arco (s).

$$\frac{G}{20} = \frac{360}{2\pi R}; \quad G = \frac{1145,915}{R}$$

Figura 5. Grado de curvatura



Fuente: elaboración propia, con AutoCAD 2010.

- Radio de la curva (R): se obtiene de la ecuación anterior.

$$R = \frac{1145,915}{G}$$

- Ángulo de deflexión: se forma con la prolongación de uno de los alineamientos rectos y el siguiente, puede ser a la izquierda o derecha, si está medido en sentido antihorario o a favor de las manecillas del reloj, respectivamente, es igual al ángulo central subtendido por el arco (Δ).

- Longitud de curva: distancia desde el PC hasta el PT, recorriendo el arco de la curva.

$$\frac{L_c}{2\pi} = \frac{\Delta}{360}; \quad L = \frac{20*\Delta}{G}$$

- Subtangente: es la distancia entre el principio de curva PC y el punto de intersección PI o entre PI y el principio de tangente PT.

$$Tg (\Delta/2) = St/R; \quad St = R \times tg (\Delta/2)$$

- External: distancia desde el PI al punto medio de la curva sobre el arco.

$$E = \frac{R(1 - \cos(\Delta/2))}{\cos(\Delta/2)}$$

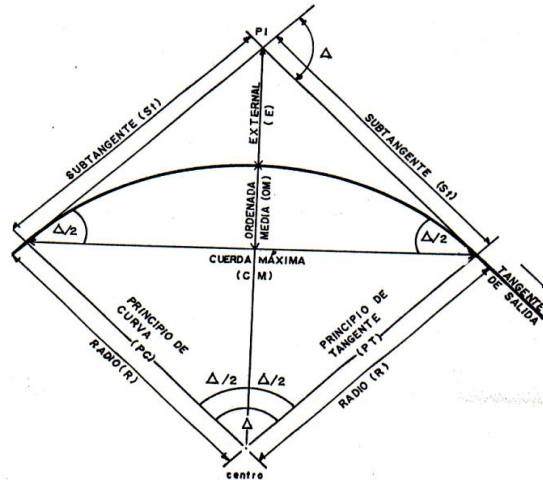
- Cuerda máxima: línea recta que une al punto de tangencia donde comienza la curva (PC) y al punto de tangencia donde termina (PT).

$$CM = 2*R*\sen(\Delta/2)$$

- Ordenada Media (OM): es la distancia desde el punto medio de la curva hasta el punto medio de la cuerda larga.

$$OM = R * (1 - \cos (\Delta/2))$$

Figura 6. Elementos de curva horizontal



Fuente: Dirección General de Caminos.

Las curvas horizontales deben contar con la siguiente información:

- Peralte (e %): es la pendiente transversal que se da en las curvas a la plataforma de calzada de una carretera, el objetivo del peralte es contrarrestar la fuerza centrífuga que impide al vehículo salirse hacia el exterior de la curva y de evacuar aguas de la calzada; este se encuentra en función de la velocidad del vehículo y del radio de la curva.
- Curva de transición: es la que permite un cambio gradual de la curvatura entre una recta y una curva circular mejorando de manera ostensible la comodidad, seguridad y estética en una vía.

$$L_s = 0,02143x \frac{V^3}{R \times W}$$

Dónde:

V: velocidad (k/h)

R: radio (m)

W: constante (m^3/s) sobre la aceleración no compensada $W=0,5$

- Sobre ancho (Sa): cuando un vehículo circula por una curva horizontal, el ancho de la calzada que ocupa es mayor que en la tangente, ello es debido a que las ruedas traseras del vehículo siguen una trayectoria distinta a las de las ruedas delanteras y a que los conductores tienen dificultad en mantener el vehículo en el eje del carril correspondiente, es por ello que el ancho de las calzadas debe aumentarse en estas.

Tabla II. **Especificaciones para curvas circulares**

G	Radio	30 km/h		40 km/h	
		e %	Sa	e %	Sa
1	1145,92	3,00	0,00	3,00	0,00
2	572,96	3,00	0,00	3,00	0,00
3	381,97	3,00	0,00	3,00	0,00
4	286,48	3,00	0,00	3,00	0,00
5	229,18	3,00	0,00	3,00	0,00
6	190,99	3,00	0,00	3,57	0,00
7	163,70	3,00	0,00	4,26	0,00
8	143,24	3,00	0,00	4,91	0,00
9	127,32	3,00	0,00	5,52	0,00
10	114,59	3,37	0,00	6,61	0,00
11	104,17	3,75	0,00	6,63	0,60
12	95,49	4,12	0,60	7,12	0,60
13	88,15	4,49	0,60	7,58	0,60
14	81,85	4,84	0,60	7,99	0,60

Continuación de la tabla II.

15	76,39	5,18	0,60	8,37	0,60
16	71,62	5,51	0,60	8,71	0,64
17	67,41	5,82	0,60	9,01	0,69
18	63,66	6,13	0,62	9,27	0,75
19	60,31	6,42	0,67	9,49	0,80
20	57,30	6,70	0,72	9,67	0,85
21	54,57	6,97	0,77	9,81	0,91
22	52,09	7,23	0,82	9,92	0,96
23	49,82	7,48	0,87	9,98	1,01
24	47,75	7,71	0,92	10,00	1,07
25	45,84	7,94	0,96		
26	44,07	8,15	1,01		
27	42,44	8,35	1,06		
28	40,93	8,54	1,11		
29	39,51	8,72	1,16		
35	32,74	9,55	1,45		
36	31,83	9,65	1,50		
37	30,97	9,73	1,55		
38	30,16	9,81	1,60		
39	29,38	9,87	1,64		
40	28,65	9,92	1,69		
41	27,95	9,96	1,74		
42	27,28	9,99	1,79		
43	26,65	10,00	1,84		
44	26,04				
45	25,46				
46	24,91				
47	24,38				
48	23,87				
49	23,39				
50	22,92				

Continuación de la tabla II.

51	22,47				
52	22,04				
53	21,62				
54	21,22				
55	20,83				
56	20,46				
57	20,10				
58	19,76				
59	19,42				
60	19,10				
65	17,63				
70	16,37				

Fuente: Dirección General de Caminos.

Ejemplo de cálculo de elementos de curva horizontal No.1:

R= 59,88 m; $\Delta = 32,75$ Estación= 0+100,13

○ G

$$G = 1145,915/59,88 = 19,14 \text{ m}$$

○ Longitud de curva:

$$L_c = (20 * 32,75) / 19,14 = 34,22 \text{ m}$$

○ Sub tangente

$$St = 59,88 * \text{Tg}(32,75/2) = 17,60 \text{ m}$$

- External

$$E = \frac{59,88 * (1 - \cos(32,75/2))}{\cos(32,75/2)} = 2,53 \text{ m}$$

- Cuerda máxima

$$CM = 2 * 59,88 * \text{Sen}(32,75/2) = 33,76 \text{ m}$$

- Ordenada media

$$OM = 59,88 * (1 - \cos(32,75/2)) = 2,43$$

- Punto de tangencia

$$P_T = P_C + L_C; \quad PT = (0 + 82,53) + 34,22 = 116,75 \text{ m}$$

Entonces: $e = 9,50\%$; $SA = 0,83 \text{ m}$

- Longitud de espiral:

$$L_s = 0,02141x \frac{40^3}{59,88x0,5} = 45,81 \text{ m.}$$

Tabla III. **Tabla de curvas horizontales**

No.	PC	R	Δ	G	Lc	St	E	CM	OM	e%	SA	Ls
1	0+100.13	59,88	32,75	19,14	34,23	17,60	2,53	33,76	2,43	9,50	0,83	45,81
2	0+302.19	100,00	0,71	11,46	1,24	0,62	0,00	1,24	0,00	6,90	0,60	27,43
3	0+492.96	100,00	14,93	11,46	26,06	13,10	0,85	25,99	0,85	6,90	0,60	27,43
4	0+546.50	100,00	14,10	11,46	24,60	12,36	0,76	24,54	0,76	6,90	0,60	27,43
5	0+636.73	100,00	10,72	11,46	18,71	9,38	0,44	18,68	0,44	6,90	0,60	27,43
6	0+720.35	100,00	6,54	11,46	11,41	5,71	0,16	11,40	0,16	6,90	0,60	27,43
7	0+799.95	100,00	7,24	11,46	12,63	6,32	0,20	12,62	0,20	6,90	0,60	27,43
8	0+850.97	34,18	32,45	33,52	19,36	9,95	1,42	19,10	1,36	0,00	0,00	33,85
9	0+879.29	33,35	20,29	34,36	11,81	5,97	0,53	11,75	0,52	0,00	0,00	34,70
10	1+024.12	33,35	10,88	34,36	6,33	3,17	0,15	6,32	0,15	0,00	0,00	34,70
11	1+084.36	33,35	22,74	34,36	13,24	6,71	0,67	13,15	0,65	0,00	0,00	34,70
12	1+131.51	33,35	31,34	34,36	18,24	9,35	1,29	18,01	1,24	0,00	0,00	34,70
13	1+209.53	18,72	82,24	61,23	26,86	16,34	6,13	24,62	4,62	0,00	0,00	61,83
14	1+257.37	18,72	21,42	61,23	7,00	3,54	0,33	6,96	0,33	0,00	0,00	61,83
15	1+307.58	18,72	18,61	61,23	6,08	3,07	0,25	6,05	0,25	0,00	0,00	61,83
16	1+388.81	18,72	30,05	61,23	9,82	5,02	0,66	9,70	0,64	0,00	0,00	61,83
17	1+446.87	18,72	13,07	61,23	4,27	2,14	0,12	4,26	0,12	0,00	0,00	61,83
18	1+522.20	18,72	24,52	61,23	8,01	4,07	0,44	7,95	0,43	0,00	0,00	61,83
19	1+583.36	4,43	134,67	258,73	10,41	10,61	7,06	8,17	2,72	0,00	0,00	77,42
20	1+595.68	52,37	29,92	21,88	27,35	13,99	1,84	27,04	1,77	0,00	0,00	22,10
21	1+674.30	4,43	22,50	258,73	1,74	0,88	0,09	1,73	0,09	0,00	0,00	32,66
22	1+712.94	9,64	78,78	118,82	13,26	7,92	2,83	12,24	2,19	0,00	0,00	15,00
23	1+747.25	4,43	41,33	258,73	3,19	1,67	0,30	3,13	0,28	0,00	0,00	32,66
24	1+821.11	4,43	2,78	258,73	0,21	0,11	0,00	0,21	0,00	0,00	0,00	32,66
25	1+990.21	4,43	8,53	258,73	0,66	0,33	0,01	0,66	0,01	0,00	0,00	32,66
26	2+065.77	4,43	3,17	258,73	0,24	0,12	0,00	0,24	0,00	0,00	0,00	32,66
27	2+099.80	4,43	5,29	258,73	0,41	0,20	0,00	0,41	0,00	0,00	0,00	32,66

Fuente: elaboración propia.

2.4.2. **Cálculo geométrico de curvas verticales**

La finalidad de una curva vertical es proporcionar suavidad al cambio de una pendiente a otra; estas curvas pueden ser circulares, parabólicas simples o cúbicas, la que se utiliza en el departamento de carreteras es la parabólica simple, debido a la facilidad de su cálculo y a su gran adaptabilidad a las condiciones necesarias de operación.

Las especificaciones de la DGC tienen valores para longitudes mínimas de curvas verticales, en función de la velocidad de diseño, al momento del diseño se consideraron las longitudes mínimas permisibles de curvas verticales; las cuales se calcularon de la siguiente forma:

$$LCV = k * a$$

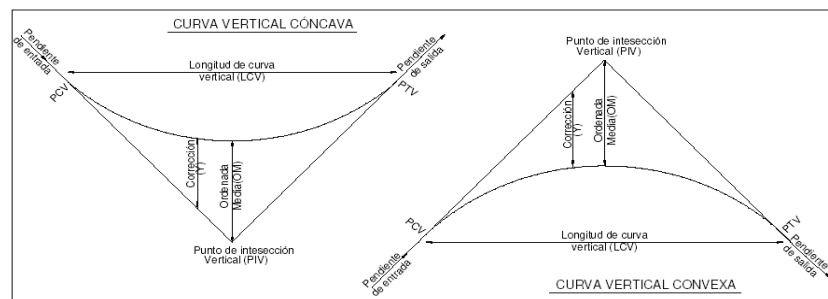
Dónde:

LCV = Longitud mínima de curva vertical (cóncava para la visibilidad).

k = constante que depende de la velocidad de diseño.

a = diferencia algebraica de pendientes.

Figura 7. Detalle de curvas verticales



Fuente: Dirección General de Caminos.

Tabla IV. **Valores de k**

Velocidad de diseño	Cóncava	Convexa	Velocidad de diseño	Cóncava	Convexa
10	1	0	60	12	12
20	2	1	70	17	19
30	4	2	80	23	29
40	6	4	90	29	43
50	9	7	100	36	60

Fuente: COLOP, Walfre. Planificación y diseño de tramo carretero. p. 33.

2.4.3. **Subrasante**

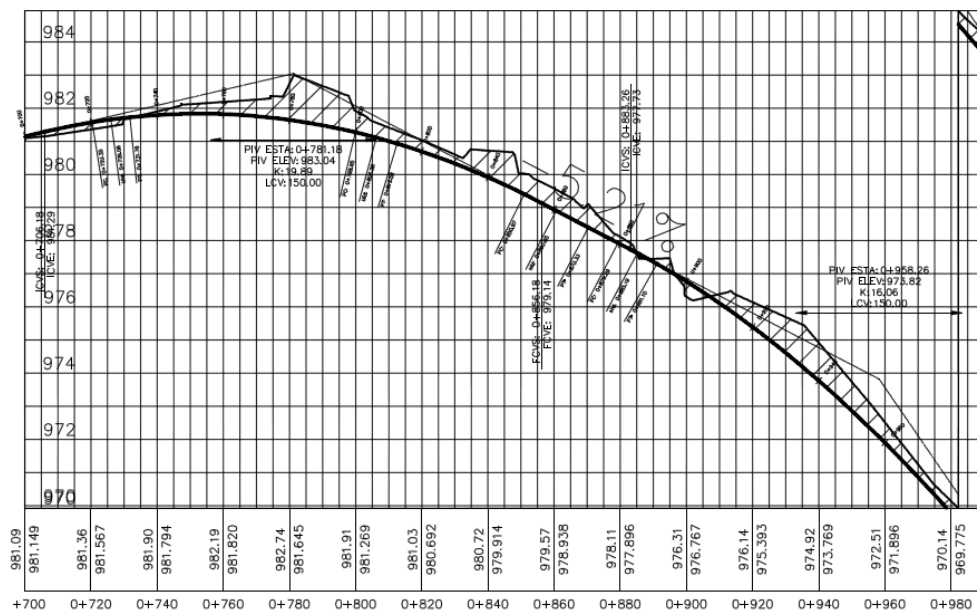
El trazo de subrasante se efectúa en dos fases de la siguiente manera:

- Cálculo de subrasante en rollo de perfil longitudinal: se encuentran las elevaciones de los puntos de intersección vertical PIV, con base en las pendientes que se colocaron al momento de hacer el diseño de la subrasante y a las estaciones de los PIV. Las pendientes podrán variar al ser afinadas.
- Cálculo de subrasante en hojas de movimiento de tierras: se colocan los estacionamientos del PIV con sus elevaciones y la longitud de curva (LCV), en el listado de estacionamientos que se tiene para el movimiento de tierra. Se debe colocar la pendiente entre cada PIV.

2.4.4. Corrección por curva vertical en subrasante

Así como en trazo horizontal se corrige el alineamiento colocando en cada PI una curva para suavizar el cambio de dirección, pues ese mismo principio se utiliza en el diseño vertical ya que en los PIV hay cambio de dirección brusca, por lo que se necesita suavizar con una curva vertical, pero para seleccionar la curva ideal deben tomarse en cuenta tales como, velocidad de diseño, visibilidad, criterio de comodidad, criterio de drenaje, etc.

Figura 8. Imagen de subrasante y corrección por curva vertical



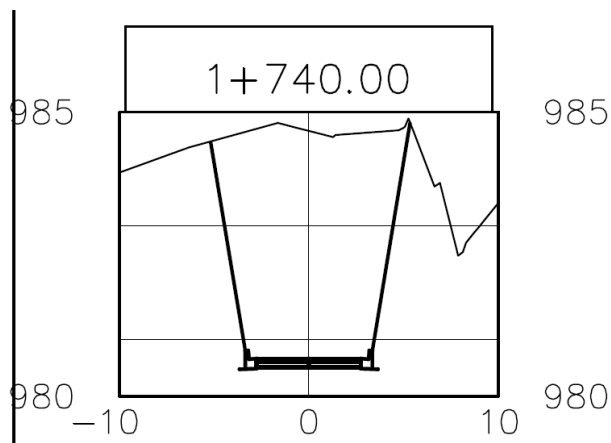
Fuente: elaboración propia, con AutoCAD 2010.

2.4.5. Cálculo de áreas de secciones transversales

La sección transversal es la expresión gráfica de la interpretación del alineamiento horizontal y vertical, ya que se observa la relación entre la sección típica con el terreno natural actual. Y no es más que conjuntar el perfil, el alineamiento, y la sección típica, en donde la sección típica intercepta al terreno natural, y en esta intersección se da que se necesita relleno, corte o ambas para llegar al diseño propuesto. Estas son ploteadas a lo largo del tramo a diferentes distancias aunque normalmente se hacen a cada 20 metros para rectas y a cada 10 metros en curvas.

Se utiliza el método gráfico, que consiste en la determinación del área de la sección dibujada y delimitada por el contorno de la sección típica y el contorno de la sección transversal del nivel inferior de la capa vegetal.

Figura 9. Secciones transversales



Fuente: elaboración propia, con AutoCAD 2010.

- Ejemplo de cálculo de curva vertical: cálculo de la curva vertical No.1

- $A = p_s - p_e = -0,16 - 4,76 = -4,92$

$$LCV = 26,17 * 4,92 = 128,76 \text{ m}; \quad OM = \frac{-4,92 * 128,76}{800} = -0,79 \text{ m}$$

- Criterio de apariencia

$$A = \frac{LCV}{K} \geq 30; \quad A = \frac{128,76}{26,17} = 4,92 \leq 30 \text{ no cumple}$$

- Criterio de comodidad

$$K = \frac{LCV}{A} \geq \frac{V^2}{395}; \quad K = \frac{128,79}{4,92} \geq \frac{30^2}{395}; \quad 26,17 \geq 2,28 \text{ ok}$$

- Criterio de drenaje

$$K = \frac{LCV}{A} \leq 43; \quad K = \frac{128,79}{4,92} \leq 43; \quad 26,17 \leq 43 \text{ ok}$$

Tabla V. **Tabla de curvas verticales**

No.	PIV	A	K	LCV	OM
1	0+075.5	-4,92	26,17	128,79	-0,79206
2	0+190.42	3,54	21,45	75,85	0,33564
3	0+404.39	-2,74	54,8	150	-0,51375
4	0+607.68	1,69	88,74	150	0,31688
5	0+781.18	-7,54	19,89	150	-1,41375
6	0+958.26	-9,34	16,06	150	-1,75125
7	1+292.66	14,5	4,53	65,71	1,19099
8	1+377.52	16,11	2,46	39,58	0,79704
9	1+964.40	-22,67	4,76	107,91	-3,0579
10	2+225.00	17,05	4,95	84,33	1,79728

Fuente: elaboración propia.

2.5. **Movimiento de tierras**

Cuando se hace referencia al movimiento de tierras, es el cálculo de cantidades de materiales ya sea que se vaya a remover (corte) o a rellenar a lo largo de todo el tramo, ya que con base en esos datos serán factor fundamental para los criterios de diseño para aminorar costos.

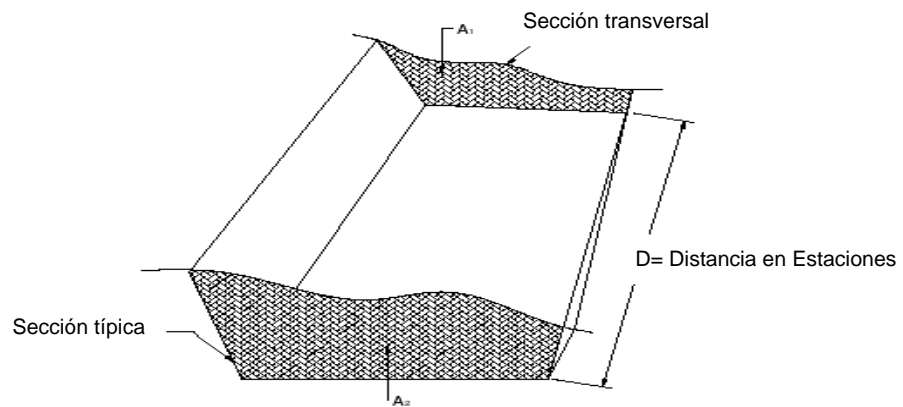
2.5.1. **Cálculo de volúmenes de material**

Una vez se han determinado las áreas de las secciones de construcción, se procede al cálculo de volúmenes de tierras.

Entre dos estaciones el volumen de un prisma es irregular, el área de sus bases es la calculada en cada una de las estaciones y la altura es igual a la diferencia de estaciones, en las estaciones consideradas existe solo corte o

solo relleno, la forma más rápida de calcular el volumen, es realizar el producto de la semisuma de las áreas extremas, por la distancia entre estaciones.

Figura 10. **Cálculo de volúmenes de movimiento de tierra**



Fuente: PÉREZ, Augusto. *Metodología de actividades para el diseño de carretera*. p. 62.

- Cálculo de volúmenes de tierra: $V = (A_1 + A_2/2) * d$

Dónde:

V = volumen de tierra; d = distancia entre estaciones

A_1 = área de sección 1; A_2 = área de sección 2

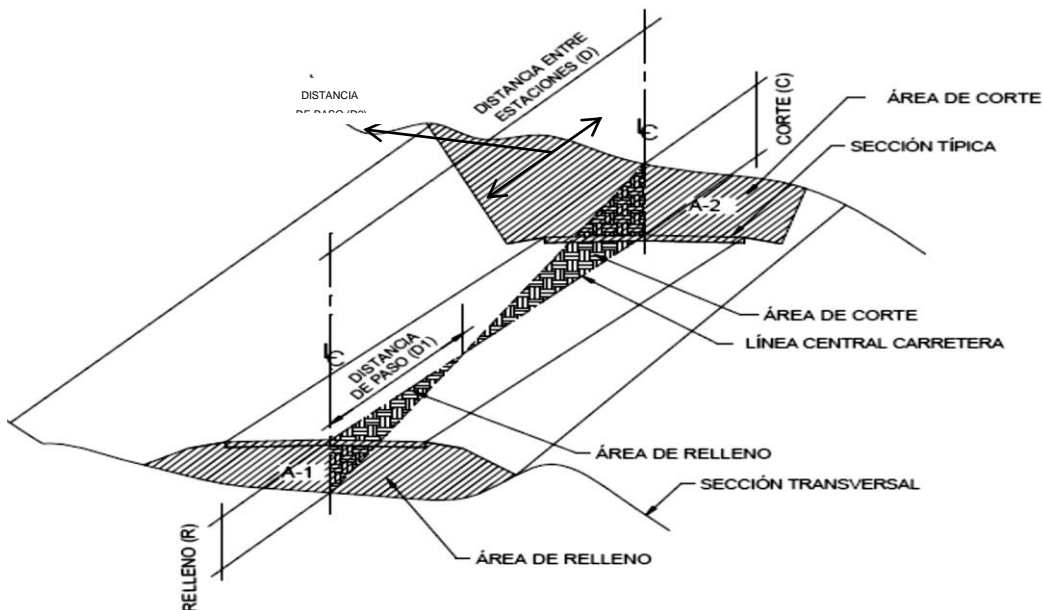
Tabla VI. **Ejemplo de cálculo de movimiento de tierras**

Estación		Área (m ²)		VP (m ³)		H (1,25)		C (0,80)		VA (m ³)	
		C	R	C	R	C	R	C	R		
0 +											
000	0 + 020	0,576	0,008	12,13	6,73	15,16	5,38	15,16	5,38		
0 +											
020	0 + 040	0,637	0,912	69,43	6,12	86,79	4,90	101,95	10,28		

Fuente: elaboración propia.

Cuando en la sección transversal existan áreas de corte y de relleno deberán calcularse las distancias de paso, que son los puntos donde el área de la sección entre estaciones cambia de corte a relleno o viceversa.

Figura 11. **Distancia de paso entre corte y relleno**



Fuente: PÉREZ, Augusto. *Metodología de actividades para el diseño de carretera*. p. 63.

Para determinar la distancia de paso se efectúa una relación de triángulos con la distancia entre estaciones, los cortes y los rellenos.

$$\frac{C+R}{D} = \frac{R}{D_1} \Rightarrow D_1 = \frac{R \cdot D}{C+R}; \quad \frac{C+R}{D} = \frac{C}{D_2} \Rightarrow D_2 = \frac{C \cdot D}{C+R}$$

Dónde:

D_1 = distancia de paso 1;

D_2 = distancia de paso 2

D = distancia entre estaciones

V_R = volumen de relleno

V_C = volumen de corte

Ejemplo: calcular la distancia de paso estaciones 0 + 020 – 0 + 040

$$V_R = 10,28 \text{ m}^3; \quad V_C = 101,95 \text{ m}^3; \quad D = 20 \text{ m}$$

$$D_1 = \frac{10,28 \cdot 20}{101,95 + 10,28} = 1,83 \text{ m};$$

$$D_2 = \frac{101,95 \cdot 20}{101,95 + 10,28} = 18,17 \text{ m}$$

Tabla VII. **Tabla de cálculo de movimiento de tierra**

Estación	área relleno	área corte	Prom. relleno	Prom. corte	D	Vol. Relleno	Vol. corte	Vol. Acum. de relleno	Vol. Acum. de corte	Balance (m3)
0+000,00	0,00	3,30	0,00	4,54	20,00	0,00	90,72	0,00	90,72	-10000
0+020,00	0,00	5,77	0,00	5,48	20,00	0,00	109,52	0,00	200,24	-9909,28
0+040,00	0,00	5,18	0,00	5,70	20,00	0,00	114,01	0,00	314,25	-9799,76
0+060,00	0,00	6,22	0,00	7,00	20,00	0,00	139,99	0,00	454,24	-9685,75
0+080,00	0,00	7,78	0,00	5,60	20,00	0,00	111,98	0,00	566,22	-9545,76
0+100,00	0,00	3,42	0,08	3,36	20,00	1,50	67,20	1,50	633,42	-9433,78
0+120,00	0,15	3,30	0,54	2,46	20,00	10,72	49,13	12,22	682,55	-9368,08
0+140,00	0,92	1,61	0,56	2,16	20,00	11,27	43,13	23,49	725,68	-9329,67
0+160,00	0,21	2,70	0,13	3,10	20,00	2,62	62,00	26,11	787,68	-9297,81
0+180,00	0,06	3,50	0,07	3,76	20,00	1,49	75,21	27,60	862,89	-9238,43
0+200,00	0,09	4,02	0,05	5,64	20,00	0,92	112,84	28,52	975,73	-9164,71
0+220,00	0,00	7,26	0,02	5,95	20,00	0,36	119,03	28,88	1094,76	-9052,79
0+240,00	0,04	4,64	0,03	3,98	20,00	0,56	79,60	29,44	1174,36	-8934,12
0+260,00	0,02	3,32	0,03	2,90	20,00	0,58	57,90	30,02	1232,26	-8855,08
0+280,00	0,04	2,47	0,17	2,11	20,00	3,38	42,10	33,40	1274,36	-8797,76
0+300,00	0,30	1,74	0,23	2,53	20,00	4,50	50,60	37,90	1324,96	-8759,04
0+320,00	0,15	3,32	0,08	5,35	20,00	1,50	107,00	39,40	1431,96	-8712,94
0+340,00	0,00	7,38	0,02	5,98	20,00	0,48	119,64	39,88	1551,60	-8607,44
0+360,00	0,05	4,58	0,32	3,18	20,00	6,48	63,53	46,36	1615,13	-8488,28
0+380,00	0,60	1,77	1,14	0,88	20,00	22,71	17,69	69,07	1632,82	-8431,23
0+400,00	1,67	0,00	1,57	0,00	20,00	31,37	0,00	100,44	1632,82	-8436,25
0+420,00	1,47	0,00	0,87	0,98	20,00	17,36	19,65	117,80	1652,47	-8467,62
0+440,00	0,27	1,97	0,16	2,68	20,00	3,15	53,65	120,95	1706,12	-8465,33
0+460,00	0,05	3,40	0,02	3,88	20,00	0,45	77,67	121,40	1783,79	-8414,83
0+480,00	0,00	4,37	0,00	3,96	20,00	0,00	79,17	121,40	1862,96	-8337,61
0+500,00	0,00	3,55	0,02	3,44	20,00	0,30	68,70	121,70	1931,66	-8258,44
0+520,00	0,03	3,32	0,17	2,36	20,00	3,30	47,20	125,00	1978,86	-8190,04
0+540,00	0,30	1,40	0,39	0,71	20,00	7,73	14,10	132,73	1992,96	-8146,14
0+560,00	0,47	0,01	0,81	0,06	20,00	16,13	1,10	148,86	1994,06	-8139,77
0+580,00	1,14	0,10	0,57	2,40	20,00	11,40	48,00	160,26	2042,06	-8154,80
0+600,00	0,00	4,70	0,00	4,65	20,00	0,00	93,00	160,26	2135,06	-8118,20
0+620,00	0,00	4,60	0,00	4,31	20,00	0,00	86,20	160,26	2221,26	-8025,20

Continuación de la tabla VII.

0+640,00	0,00	4,02	0,00	3,53	20,00	0,00	70,60	160,26	2291,86	-7939,00
0+660,00	0,00	3,04	0,00	3,69	20,00	0,00	73,70	160,26	2365,56	-7868,40
0+680,00	0,00	4,33	0,02	3,45	20,00	0,45	68,90	160,71	2434,46	-7794,70
0+700,00	0,05	2,56	0,10	2,33	20,00	1,95	46,60	162,66	2481,06	-7726,25
0+720,00	0,15	2,10	0,09	3,21	20,00	1,70	64,10	164,36	2545,16	-7681,60
0+740,00	0,02	4,31	0,01	5,35	20,00	0,20	107,00	164,56	2652,16	-7619,20
0+760,00	0,00	6,39	0,00	9,28	20,00	0,00	185,50	164,56	2837,66	-7512,40
0+780,00	0,00	12,16	0,00	11,54	20,00	0,00	230,80	164,56	3068,46	-7326,90
0+800,00	0,00	10,92	0,00	9,34	20,00	0,00	186,70	164,56	3255,16	-7096,10
0+820,00	0,00	7,75	0,00	9,99	20,00	0,00	199,70	164,56	3454,86	-6909,40
0+840,00	0,00	12,22	0,00	12,17	20,00	0,00	243,30	164,56	3698,16	-6709,70
0+860,00	0,00	12,11	0,00	11,61	20,00	0,00	232,10	164,56	3930,26	-6466,40
0+880,00	0,00	11,10	0,00	10,67	20,00	0,00	213,30	164,56	4143,56	-6234,30
0+900,00	0,00	10,23	0,00	12,71	20,00	0,00	254,10	164,56	4397,66	-6021,00
0+920,00	0,00	15,18	0,00	16,76	20,00	0,00	335,20	164,56	4732,86	-5766,90
0+940,00	0,00	18,34	0,00	17,68	20,00	0,00	353,60	164,56	5086,46	-5431,70
0+960,00	0,00	17,02	0,00	17,03	20,00	0,00	340,60	164,56	5427,06	-5078,10
0+980,00	0,00	17,04	0,00	19,00	20,00	0,00	380,00	164,56	5807,06	-4737,50
1+000,00	0,00	20,96	0,00	20,29	20,00	0,00	405,80	164,56	6212,86	-4357,50
1+020,00	0,00	19,62	0,00	24,96	20,00	0,00	499,10	164,56	6711,96	-3951,70
1+040,00	0,00	30,29	0,00	33,29	20,00	0,00	665,70	164,56	7377,66	-3452,60
1+060,00	0,00	36,28	0,00	37,57	20,00	0,00	751,40	164,56	8129,06	-2786,90
1+080,00	0,00	38,86	0,00	37,76	20,00	0,00	755,20	164,56	8884,26	-2035,50
1+100,00	0,00	36,66	0,00	35,34	20,00	0,00	706,70	164,56	9590,96	-1280,30
1+120,00	0,00	34,01	0,00	29,19	20,00	0,00	583,70	164,56	10174,66	-573,60
1+140,00	0,00	24,36	0,00	30,87	20,00	0,00	617,30	164,56	10791,96	10,10
1+160,00	0,00	37,37	0,00	40,70	20,00	0,00	814,00	164,56	11605,96	627,40
1+180,00	0,00	44,03	0,00	29,60	20,00	0,00	592,00	164,56	12197,96	1441,40
1+200,00	0,00	15,17	0,00	14,25	20,00	0,00	285,00	164,56	12482,96	2033,40
1+220,00	0,00	13,33	0,00	13,34	20,00	0,00	266,80	164,56	12749,76	2318,40
1+240,00	0,00	13,35	0,00	12,38	20,00	0,00	247,50	164,56	12997,26	2585,20
1+260,00	0,00	11,40	0,00	8,88	20,00	0,00	177,60	164,56	13174,86	2832,70
1+280,00	0,00	6,36	0,55	3,18	20,00	11,04	63,60	175,60	13238,46	3010,30
1+300,00	1,10	0,00	0,71	0,64	20,00	14,24	12,70	189,84	13251,16	3062,86
1+320,00	0,32	1,27	0,20	2,34	20,00	4,00	46,70	193,84	13297,86	3061,32
1+340,00	0,08	3,40	0,09	3,40	20,00	1,86	68,00	195,70	13365,86	3104,02

Continuación de la tabla VII.

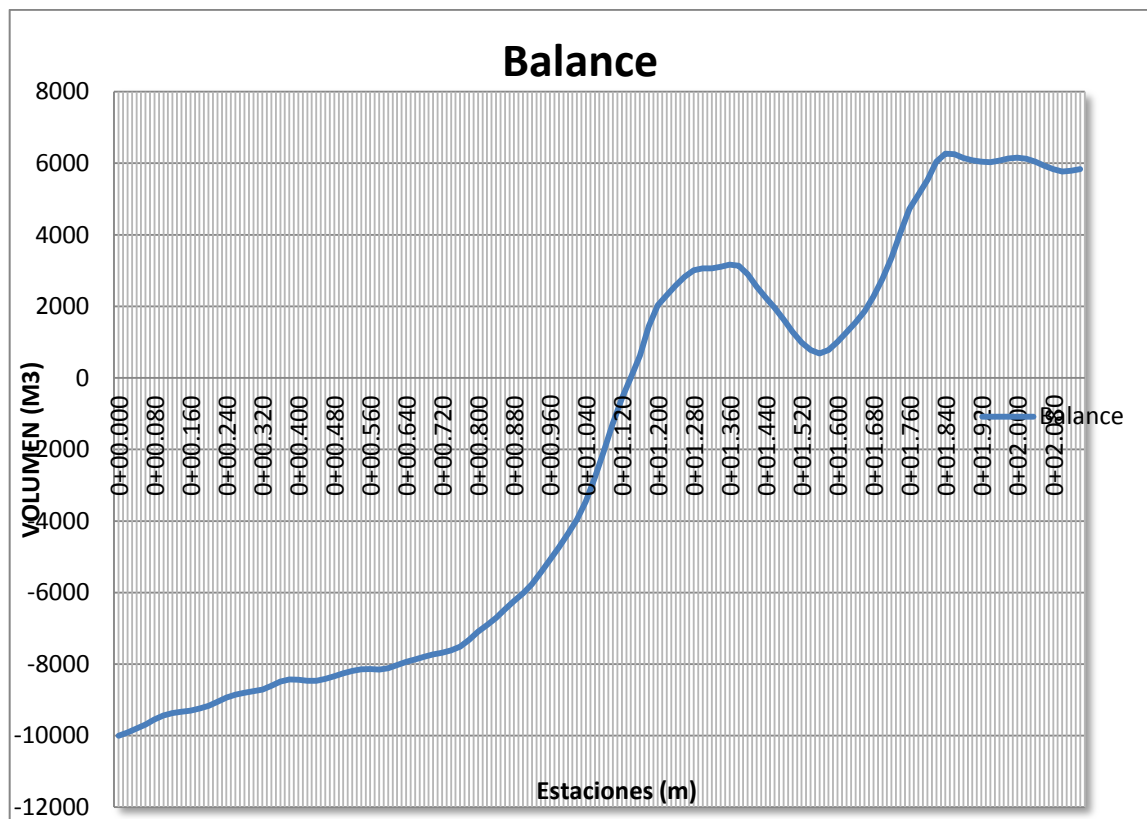
1+360,00	0,11	3,40	3,46	1,70	20,00	69,26	34,00	264,96	13399,86	3170,16
1+380,00	6,82	0,00	12,01	0,00	20,00	240,10	0,00	505,06	13399,86	3134,90
1+400,00	17,19	0,00	16,92	0,00	20,00	338,40	0,00	843,46	13399,86	2894,80
1+420,00	16,65	0,00	15,28	0,00	20,00	305,50	0,00	1148,96	13399,86	2556,40
1+440,00	13,90	0,00	14,67	0,00	20,00	293,30	0,00	1442,26	13399,86	2250,90
1+460,00	15,43	0,00	16,20	0,00	20,00	324,00	0,00	1766,26	13399,86	1957,60
1+480,00	16,97	0,00	17,25	0,00	20,00	344,90	0,00	2111,16	13399,86	1633,60
1+500,00	17,52	0,00	15,01	0,00	20,00	300,20	0,00	2411,36	13399,86	1288,70
1+520,00	12,50	0,00	10,50	0,00	20,00	210,00	0,00	2621,36	13399,86	988,50
1+540,00	8,50	0,00	4,86	0,00	20,00	97,20	0,00	2718,56	13399,86	778,50
1+560,00	1,22	0,00	0,61	5,46	20,00	12,20	109,20	2730,76	13509,06	681,30
1+580,00	0,00	10,92	0,00	11,61	20,00	0,00	232,10	2730,76	13741,16	778,30
1+600,00	0,00	12,29	0,00	13,19	20,00	0,00	263,80	2730,76	14004,96	1010,40
1+620,00	0,00	14,09	0,00	13,90	20,00	0,00	277,90	2730,76	14282,86	1274,20
1+640,00	0,00	13,70	0,00	15,43	20,00	0,00	308,50	2730,76	14591,36	1552,10
1+660,00	0,00	17,15	0,00	20,39	20,00	0,00	407,70	2730,76	14999,06	1860,60
1+680,00	0,00	23,62	0,00	25,00	20,00	0,00	499,90	2730,76	15498,96	2268,30
1+700,00	0,00	26,37	0,00	29,69	20,00	0,00	593,70	2730,76	16092,66	2768,20
1+720,00	0,00	33,00	0,00	34,63	20,00	0,00	692,50	2730,76	16785,16	3361,90
1+740,00	0,00	36,25	0,00	33,45	20,00	0,00	668,90	2730,76	17454,06	4054,40
1+760,00	0,00	30,64	0,00	20,11	20,00	0,00	402,10	2730,76	17856,16	4723,30
1+780,00	0,00	9,57	0,00	20,58	20,00	0,00	411,60	2730,76	18267,76	5125,40
1+800,00	0,00	31,59	0,00	25,38	20,00	0,00	507,50	2730,76	18775,26	5537,00
1+820,00	0,00	19,16	0,00	11,23	20,00	0,00	224,50	2730,76	18999,76	6044,50
1+840,00	0,00	3,29	2,45	1,65	20,00	49,00	32,90	2779,76	19032,66	6269,00
1+860,00	4,90	0,00	5,26	0,00	20,00	105,10	0,00	2884,86	19032,66	6252,90
1+880,00	5,61	0,00	3,22	0,00	20,00	64,40	0,00	2949,26	19032,66	6147,80
1+900,00	0,83	0,00	2,34	0,40	20,00	46,80	8,00	2996,06	19040,66	6083,40
1+920,00	3,85	0,80	2,10	1,45	20,00	41,90	29,00	3037,96	19069,66	6044,60
1+940,00	0,34	2,10	0,32	2,55	20,00	6,40	51,00	3044,36	19120,66	6031,70
1+960,00	0,30	3,00	0,21	3,05	20,00	4,28	61,00	3048,64	19181,66	6076,30
1+980,00	0,13	3,10	0,36	1,65	20,00	7,28	33,00	3055,92	19214,66	6133,02
2+000,00	0,60	0,20	1,80	0,10	20,00	35,90	2,00	3091,82	19216,66	6158,74
2+020,00	2,99	0,00	4,17	0,00	20,00	83,30	0,00	3175,12	19216,66	6124,84
2+040,00	5,34	0,00	5,36	0,00	20,00	107,10	0,00	3282,22	19216,66	6041,54
2+060,00	5,37	0,00	5,06	0,00	20,00	101,20	0,00	3383,42	19216,66	5934,44

Continuación de la tabla VII.

2+080,00	4,75	0,00	3,32	0,00	20,00	66,30	0,00	3449,72	19216,66	5833,24
2+100,00	1,88	0,00	0,94	2,34	20,00	18,80	46,70	3468,52	19263,36	5766,94
2+120,00	0,00	4,67	0,25	2,39	20,00	5,00	47,70	3473,52	19311,06	5794,84
2+140,00	0,50	0,10								5837,54

Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Gráfico de balance



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Excel 2010.

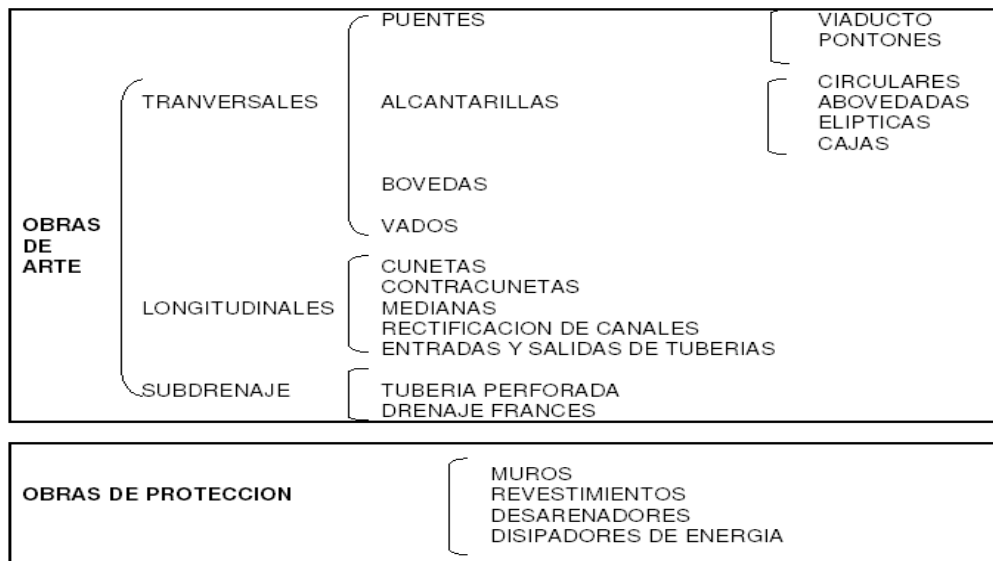
2.6. Estudios hidrológicos (método racional) para el diseño de drenajes

Las obras de drenaje son elementos que eliminan la inaccesibilidad de un camino, provocada por el agua o la humedad, su función principal es:

- Dar salida al agua que se acumula en la carretera.
- Reducir o eliminar la cantidad de agua que se dirija hacia la carretera.
- Evitar que el agua provoque daños a la carretera.

De la construcción de las obras de drenaje, dependerá en gran parte la vida útil, facilidad de acceso y la vida útil del proyecto, el estudio del drenaje, no solo debe realizarse para cruces de ríos o riachuelos, si no que para cualquier obra de drenaje por pequeña que sea, ya que regula la vida de la carretera.

Figura 13. Tipos de drenaje en carretera



Fuente: PÉREZ, Augusto. *Metodología de actividades para el diseño de carretera*. p. 96.

2.6.1. Ubicación de drenajes

La ubicación de los drenajes longitudinales como transversales se hizo de acuerdo a las condiciones de la carretera. En pendientes fuertes las cunetas serán protegidas contra la erosión, provocadas por la velocidad del agua.

2.6.2. Localización de drenajes

Consiste en realizar un recorrido del tramo en estudio, determinado la siguiente información; tipo y sentido de la corriente, los cuales son:

- Pendiente medida con un clinómetro
- Condiciones de lecho, como:
 - Ancho
 - Angosto
 - Arenoso
 - Rocoso
 - Piedras sueltas y su tamaño
- Condiciones de aguas altas
- Vegetación en la cuenca
- Esviaje
- Perímetro, área y forma del lecho
- Probables canalizaciones de entrada y salida
- Determinación de tramos de subdrenaje
- Puntos de erosión

2.6.3. Cálculo de áreas de descarga por el Método Racional

En el método racional, se asume que el caudal máximo a 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, debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que necesita la gota de agua que se precipitó en el punto más lejano, para llegar hasta el punto considerado (tiempo de concentración), el método racional se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q = \left(\frac{CIA}{360} \right)$$

Dónde:

Q = caudal de diseño en metros cúbicos por segundo

A = área drenada de la cuenca en hectáreas

I = intensidad de lluvia en milímetros por hora

C = coeficiente de escorrentía

Para la intensidad de lluvia, se consulta en el Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) para la región en estudio, la intensidad está dada por la ecuación:

$$I = \left(\frac{a}{t+b} \right)$$

Dónde:

I = intensidad de lluvia en milímetros por hora

a y b = datos proporcionados por el INSIVUMEH

t = tiempo de concentración en minutos y está dado por la ecuación:

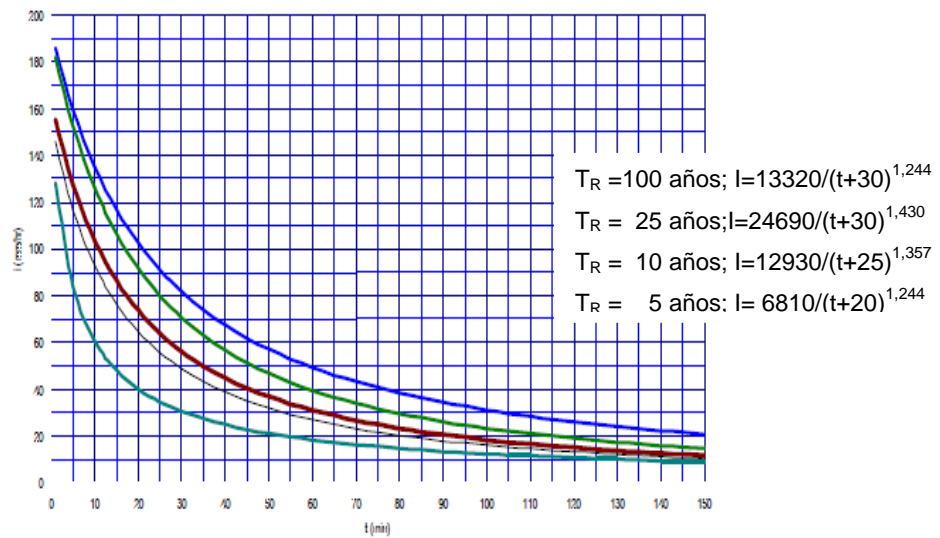
$$t = 0.886 * \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385} * 60$$

Dónde:

L = Longitud del cauce principal en kilómetros

H = Diferencia de elevaciones entre los puntos extremos del cauce (m)

Figura 14. **Curvas de intensidad**



Fuente: INSIVUMEH. Estación Asunción Mita, Jutiapa.

Para determinar el coeficiente “C”, se identifica el terreno y sus condiciones; si es cultivo, suelo desnudo, bosque; con las curvas de nivel se

establece la pendiente del terreno y la forma del mismo, pudiendo ser: plano, ondulado o montañoso; los valores de C son los siguientes:

Tabla VIII. **Coefficiente de escorrentía para una carretera**

Coeficiente	Condiciones de Terreno
1,0	Terrenos montañosos con suelos de roca y con pendientes pronunciadas.
0,65	Terrenos quebrados con pendientes moderadas.
0,50	Cuencas irregulares muy largas.
0,33	Terrenos agrícolas ondulados, en los que el largo de la cuenca es 3 ó 4 veces el ancho.
0,20	Terrenos llanos, sensiblemente horizontales no afectados por inundaciones fuertes.

Fuente: PÉREZ, Augusto. *Metodología de actividades para el diseño de carretera*. p. 96.

El caudal se determina por la fórmula de Manning:

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

$$A = \pi \Phi^2 / 4; \text{ Tubería circular}; \quad R = \Phi/4; \text{ Tubería circular}$$

Dónde:

V = velocidad m/s; R = radio hidráulico
 S = pendiente Q = caudal m³/s
 A = a tubería circular m²

Ø = m;
 n = coeficiente de rugosidad
 n = 0,013; Ø > 24" T Concreto; n = 0,017; Ø < 24" T Concreto

$$S = \frac{\text{Cota mayor} - \text{cota menor}}{\text{distancia}} * 100; \quad S = \frac{1380,00 - 1366,00}{237,99} * 100 = 5,88\%$$

- A continuación se da un ejemplo de cálculo de drenaje transversal, para el proyecto en estudio con los datos siguientes:

$$\begin{array}{lll}
 A=6.26\text{Hec} & S= 5,88\% & N=0,013 \\
 L =0.24 \text{ km} & a = 1365 & C=0,65 \\
 H=14.00 \text{ m} & b = 11 & \text{Ø}= 30''
 \end{array}$$

- Tiempo de concentración

$$t = 0,886 \left(\frac{(0,24)^3}{14,00} \right)^{0,385} * 60 = 3.70 \text{ min}$$

- Intensidad de lluvia con un período de retorno de 25 años

$$I = \frac{24\,690}{(3,70 + 30)^{1,244}} = 310,57 \text{ mm/hr}$$

- Caudal

$$Q = \frac{0,65 * 310,57 * 6.26}{360} = 3,51 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Diámetro de descarga

$$\Phi = \left(\frac{Q * n * 4^{5/3}}{S * \Pi} \right) \quad \Phi = \left(\frac{3,51 * 0,013 * 4^{5/3}}{0,0588^{1/2} * \Pi} \right)^{3/8} = 0,8276\text{m} = 32,58''$$

- Área de descarga

$$A_1 = \frac{\Pi * 0,8276^2}{4} = 0,54 \text{ m}^2$$

- Área propuesta: $\varnothing = 36''$

$$A_2 = \left(36'' * \frac{2,54 \text{ cm}}{1''} * \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \right)^2 * \frac{\Pi}{4} = 0,66 \text{ m}^2$$

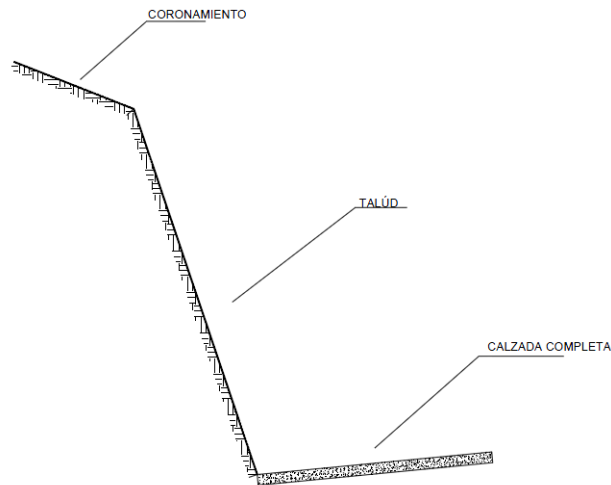
- Número de tubos

$$\text{No. de Tubos} = \frac{A_1}{A_2} = \frac{0,54}{0,66} = 0,82 \cong 1 \text{ unidad}$$

- A continuación se da un ejemplo de cálculo de drenaje longitudinal tipo bordillo cuneta, para el proyecto en estudio con los datos proporcionados por la estación. El diseño de la cuneta se basó en el siguiente criterio:

Debe tener la capacidad suficiente para evacuar las aguas provenientes del escurrimiento superficial del corte con una altura máxima de 8 metros, más 3 metros desde el coronamiento del corte hasta el contrafoso, además de una calzada completa, es decir:

Figura 15. **Cálculo de drenaje longitudinal**



Fuente: elaboración propia, con AutoCAD 2010.

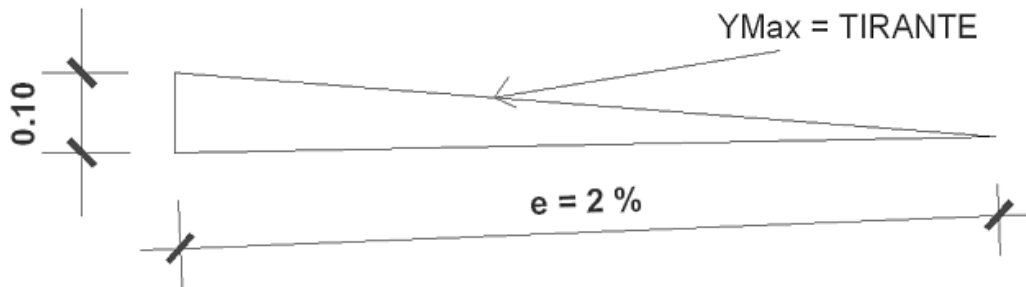
5,50 m (pistas) + 9 m (corte inclinado) + 3 m = 17,50 m

Área: $12,61 \cdot 17,50 = 220,68 \text{ m}^2 = 0,022 \text{ Ha}$

La intensidad de diseño es de 310,57 milímetros sobre hora; valor que corresponde a un tiempo de concentración de 3,70 minutos y 25 años de período de retorno, se utilizara un coeficiente de escorrentía $c = 0,65$; el coeficiente de rugosidad de Manning $n = 0,015$; el caudal de la cuneta es:

$$Q = \frac{CIA}{360} = \frac{0,65 \cdot 310,57 \cdot 0,022}{360} = 0,0124 \text{ m}^3/\text{s}$$

Figura 16. Capacidad máxima de cuneta



Fuente: elaboración propia, con AutoCAD 2010.

- Cálculo de la capacidad máxima de la cuneta

$$\text{Radio Hidráulico} = A / P; \quad RH = 0,075/2,85 = 0,026 \text{ m}$$

$$A = 0,055 + (L/2); \quad A = 0,055 * (2.75/2) = 0,075 \text{ m}^2$$

$$P = 0,055 + L; \quad P = 0,055 + 2.75 = 2,85 \text{ m}$$

$$1) A = (3/2) * Y_{\text{Max}}; \quad 2) Q = V * A; \quad 3) V = \frac{R^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

Sustituyendo ecuación 1 y 3 en 2; se despeja Y_{Max}

$$Y_{\text{Max}} = \frac{2 * Q * n}{3 * R^{2/3} * S^{1/2}}; \quad Y_{\text{Max}} = \frac{2 * 0.0124 * 0.015}{3 * 0.026^{2/3} * 0.16^{1/2}} = 3,53 \times 10^{-3} \text{ m}$$

2.7. Estudio de suelos

En todo proyecto 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.

2.7.1. Ensayos de laboratorio

A continuación se muestran los distintos tipos de ensayos que pueden aplicarse a los suelos.

2.7.1.1. Límites de Atterberg

Son 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. Los análisis de identificación preliminar de suelos finos: dilatancia, resistencia en seco, tenacidad y sedimentación, para el diseño del tramo de Sabana Redonda y San Rafaelito, el ensayo de límites se describe como arena limosa color café, de material no plástico, según Norma AASHTO T-89 y T-90.

2.7.1.2. 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 y lavado previo, según la norma de clasificación AASHTO T – 27.

2.7.1.3. Ensayo de 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.

2.7.1.4. Ensayo de compactación para el contenido óptimo de humedad (proctor)

El ensayo permite conocer las características de compactación de un suelo: humedad óptima y densidad máxima, existen dos tipos de análisis; proctor estándar y 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 AASHTOT – 180.

2.7.1.5. Ensayo del valor relativo de soporte del suelo CBR

El valor relativo de soporte de un suelo (CBR) es un índice de su resistencia al esfuerzo cortante con condiciones determinadas de compactación y humedad, se expresa como el tanto por ciento de la carga necesaria que soportará el suelo y es una forma de clasificar la capacidad de un suelo para ser utilizado como subrasante o material de base o sub base en construcción de carreteras.

El CBR es el factor que determinará el diseño de espesores de capas de pavimentos, el valor final de CBR se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos, principalmente con fines de utilización de bases y subrasante, bajo pavimentos de carreteras

Tabla IX. **Relación de comportamiento de suelos**

No. de CBR	Clasificación General	Usos
0 – 3	Muy pobre	Subrasante
3 – 7	Pobre a regular	Subrasante
7 – 20	Regular	Subbase
20 – 50	Bueno	Subbase, base
50 ó más	Excelente	Base

Fuente: elaboración propia.

El procedimiento para el CBR deberá realizarse como lo indica la Norma AASHTO T – 193, los resultados obtenidos se presentan a continuación.

2.8. Elementos estructurales del 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: subbase, base y carpeta de rodadura, de materiales adecuadamente seleccionados.

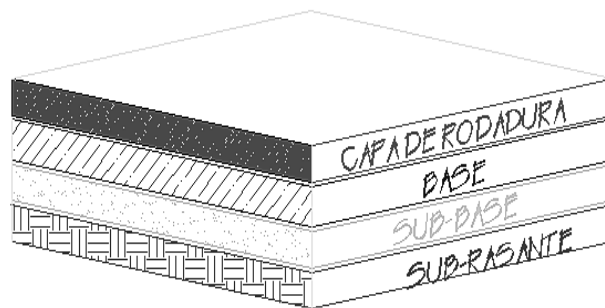
2.8.1. Pavimento

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, 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 17. **Elementos estructurales del pavimento**



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Paint.

2.8.2. Selección de tipo de pavimento

Existen dos clases de pavimento, el rígido y el flexible, siendo la principal diferencia entre los dos es, la forma en que reparten la carga. Los pavimentos rígidos de hormigón tienen un módulo de elasticidad grande y distribuyen cargas sobre un área grande.

La principal consideración de diseño es la resistencia estructural del hormigón a variaciones en la subrasante ya que tienen poca influencia sobre la capacidad estructural del pavimento, los pavimentos flexibles consisten en una serie de capas, y la distribución de cargas viene determinada. Los principios básicos de diseño son comunes para ambos tipos: seguro, económico, duradero, perfil liso.

2.8.3. Método y procedimiento de diseño para pavimento rígido

Las variables en el diseño de un pavimento constituyen la base del mismo y es importante conocer las consideraciones más importantes que tienen que ver con cada una de ellas y realizar diseños confiables y óptimos.

El procedimiento de diseño es suponer un espesor de pavimento, con el espesor supuesto se calculan los ejes equivalentes y posteriormente evaluar todos los factores adicionales de diseño, si cumple el equilibrio en la ecuación, el espesor supuesto es el resultado del problema, en caso de no haber equilibrio en la ecuación se seguirán haciendo tanteos.

Figura 18. Ecuación general para espesor de pavimentos

$$\left(Z_r \times S_o + 7.35 \times \log_{10} (D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.5-1-5} \right]}{1 + (1.624 \times 10^7)} + \right.$$

$$\left. \frac{(4.22 - 0.32 \times pt) \times \log_{10} \left[\frac{S_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.83 \times J \times \left[\frac{D^{0.75} - 18.42}{(E_c / k)^{0.25}} \right]} \right]}{(D + 1)^{8.46}} \right) \times \text{Coeficiente de drenaje}$$

Desviación Estándar normal → Z_r
 Error Estándar combinado → S_o
 Espesor → D
 Diferencia de serviciabilidad → ΔPSI
 Log (E18) → \log_{10}
 Serviciabilidad Final → pt
 Módulo de ruptura → S_c
 Coeficiente de transferencia de carga → J
 Módulo de Elasticidad → E_c
 Módulo de Resolón → k
 Coeficiente de drenaje

Fuente: Norma AASHTO T – 193 para el diseño de carreteras.

La convergencia del método es muy rápida, las variables de diseño de pavimentos rígidos es: espesor, serviciabilidad, tráfico, transferencia de carga, propiedades del concreto, resistencia de la subrasante, drenaje, confiabilidad.

En el diseño de pavimentos rígidos existen dos maneras de calcular una de ellas es la que usa el método AASHTO T-193, la otra forma de calcular es a través de métodos mecánicos como el de la Asociación del Cemento Pórtland (PCA). La PCA ha desarrollado dos métodos, para determinar el espesor de las diferentes capas de un pavimento que resista las cargas que ocasiona el tránsito del cual se menciona:

- El método de capacidad: es el procedimiento de diseño aplicado cuando hay posibilidades de obtener datos de distribución de cargas de tránsito.
- El método simplificado de diseño: es el procedimiento aplicado cuando no es posible obtener datos de carga por eje.

La PCA sugiere un diseño basado en experiencias generales de comportamientos del pavimento, hechos a escala natural, sujetos a ensayos controlados de tráfico, la acción de juntas y hombros de concreto. Para este diseño se utilizó el dimensionamiento del método simplificado para el espesor del pavimento rígido, los pasos a realizar en el cálculo del espesor son:

- Estimar el tránsito promedio diario de camiones (TPDC) en ambas direcciones, no incluyendo camiones de dos ejes y cuatro llantas.
- Determinar la categoría de carga por eje según tablas de diseño.
- Determinar el espesor de la losa requerida, por medio de las tablas correspondientes.

2.8.4. 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, la cual se clasifica en los rangos.

Tabla X. **Calidad de la subrasante**

No. de CBR	Clasificación general
0 – 3	Muy mala
3 – 5	Mala
5 – 20	Regular a buena
20 – 30	Excelente

Fuente: elaboración propia.

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, es sustituirlos, la subrasante debe compactarse a 95 por ciento como mínimo de su compactación, con respecto a la densidad máxima obtenida en laboratorio, se debe de limpiar el terreno y retirar todo el material.

2.8.5. Base

Es la capa, que transmite las cargas provenientes de la capa de rodadura, hacia las capas inferiores, está formada por materiales granulares, como piedra triturada, grava o suelos estabilizados, 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.

2.8.6. Superficie de rodadura

Es la capa que se coloca sobre la base, formada por una o dos losas de concreto hidráulico y que soportan las cargas del tránsito, se consideran otros elementos no estructurales, para la protección de capas de superficie; así como las capas internas.

2.8.7. 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 la pendiente por peralte.

Tabla XI. **Pendiente transversal según el tipo de superficie**

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

Fuente: elaboración propia.

La pendiente a utilizar es por bombeo; ya que esta se da en la corona y en las tangentes del alineamiento horizontal, con el objetivo de facilitar el escurrimiento superficial del agua.

2.8.8. Juntas

En el diseño de juntas está comprendida la determinación de espaciamiento longitudinal y transversal, la 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.

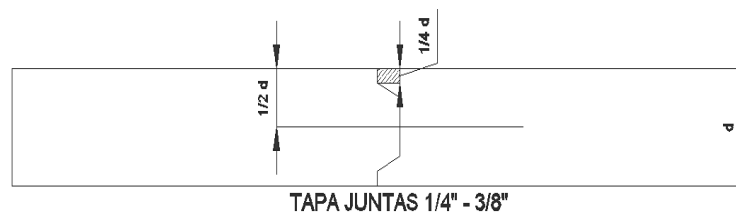
Según la forma en que se diseñan las juntas estas podrán transmitir la carga del tráfico de una losa hacia la siguiente, las juntas más comunes en un pavimento rígido son: longitudinales, transversales, de expansión, de construcción.

Para el proyecto la capa de rodadura llevará junta transversal a cada tres metros y longitudinal al centro de la calle, estas juntas deberán ser llenadas con un material adecuado como el sello elastomérico para evitar la filtración del agua a la subrasante.

2.8.8.1. Juntas longitudinales

Estas tienen diversas funciones, entre ellas las siguientes: dividen los carriles y controlan el agrietamiento y es la que junta que determina el ancho del carril.

Figura 19. Junta longitudinal macho hembra con barra de sujeción

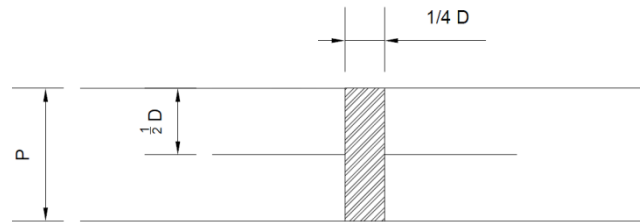


Fuente: elaboración propia, con AutoCAD 2010.

2.8.8.2. Juntas de expansión

Conocida también como junta de aislamiento y son las que permiten el movimiento sin dañar las estructuras adyacentes.

Figura 20. **Junta de expansión con o sin barra de transferencia**

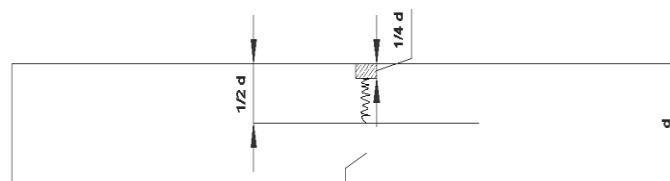


Fuente: elaboración propia, con AutoCAD 2010.

2.8.8.3. Juntas transversales

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.

Figura 21. **Junta transversal con o sin barra de sujeción**



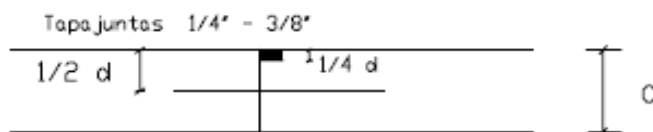
Fuente: elaboración propia, con AutoCAD 2010.

2.8.8.4. 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.

Figura 22. **Junta de construcción con o sin barra de transferencia**



Fuente: elaboración propia, con AutoCAD 2010.

2.8.8.5. Material sellado y método de aplicación

El material que se utilizará para el sellado de las juntas será el Sika® Roadsil 1C-SL Sellador de silicona autonivelante de bajo módulo para juntas en pavimentos de hormigón. Es una silicona de bajo módulo de elasticidad que ofrece las características de performance y durabilidad de una silicona convencional, pero con la facilidad de aplicación de un material autonivelante.

Es provisto como un sistema listo para usar de un solo componente, que cura por contacto con la humedad, otorgando un sistema de sellado flexible y duradero. Puede ser usado en todas las aplicaciones en juntas típicas de hormigón sobre pavimentos de carreteras, autopistas, calles urbanas y aeropuertos, en todo tipo de climas. El producto es compatible con pavimentos del asfalto y es aplicado fácilmente a juntas de hormigón usando sistemas o unidades de aplicación disponibles de fabricantes, generalmente bombas de impulsión diseñadas para esta aplicación. Las características de autonivelación aseguran que el humedecimiento requerido de la junta para el desarrollo de una

adecuada adherencia ocurre durante la aplicación, sin requerimiento de herramientas especiales. Posee ventajas tales como:

- Excelente resistencia a las acciones climáticas
- Excelente elongación final.
- Permanece flexible a temperaturas de hasta 46° bajo cero.
- Resistente al *jet-blast*
- Adhiere fuertemente a juntas de hormigón sin el uso del primer
- Resiste derrames intermitentes de aceites y combustibles
- Es indiferente al agua, detergentes, álcalis diluidos, y aguas salinas.

Diseño de juntas: los mejores resultados se obtienen cuando la junta es diseñada correctamente en la etapa de proyecto. El movimiento de dilatación máximo permanente no debe exceder en 100 % de expansión / - 50 % de contracción. La relación entre el ancho y la profundidad (Factor de Junta ideal) es 2:1 en el caso de juntas de dilatación. En ningún caso la profundidad de la junta deberá superar la 1/2 pulgada (1,25 cm). Para juntas aserradas, podemos trabajar con un ancho de 6 mm y una profundidad también de 6 mm, es decir un factor de junta = 1: 1.

Para ajustar la profundidad, el espacio libre debajo del sellador debe rellenarse con un material flexible, no absorbente, imputrescible y limpio (Sika® Rod, consultar la Hoja Técnica del producto); no usar rellenos asfálticos o aceitosos. Colocación de Sika® Roadsil 1C - SL: Por su consistencia autonivelante, la colocación del Sika® Roadsil 1C - SL es fácil y rápida, pudiendo realizarse en forma manual o mecánica, vertiéndolo en una sola dirección y permitiendo que fluya hasta el nivel requerido. Es importante evitar que se superponga una capa sobre otra para que no quede aire ocluido.

2.9. Desarrollo del proyecto

Las losas de concreto para un pavimento rígido deben llenar los requisitos de resistencia, durabilidad, trabajabilidad, impermeabilidad, densidad y calidad uniforme.

2.9.1. Diseño de losa para pavimento rígido

En el diseño se debe 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.

2.9.2. Cálculo del espesor del pavimento

Previo a la determinación del espesor de la losa, es necesario conocer los esfuerzos necesarios de la subrasante y de la subbase, el espesor del pavimento se determina de los siguientes factores de diseño:

- Resistencia a la flexión del concreto (Módulo de Ruptura)
- Resistencia de la subrasante, o combinación de subrasante y subbase K
- Período de diseño de 20 años
- Las frecuencias y cargas por eje del vehículo que soportará el pavimento

2.9.3. 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).

El TPD debe ser en ambas direcciones de la carretera y 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, así como la carga por eje de los camiones, esta puede ser expresada como un porcentaje.

El tránsito servirá para dos propósitos principales, catalogar la vía según la tabla XIV y localizar el número de vehículos y tipo, para el diseño de este pavimento no se cuenta con datos de tráfico vehicular, por lo que se utiliza el método simplificado propuesto por la PCA para pavimento rígido.

Para este caso el recuento sobrestimado de vehículos que pasarán sobre este pavimento según tabla XIV es de categoría 1, definida como calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio), con un rango de TPD de 80 a 200 vehículos y un 1 % a 3 % de TPDC.

2.9.4. Bordillo

Es recomendable el uso de bordillo 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 hasta en una pulgada.

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 sección 10 x 30 centímetros en ambos lados de la vía.

2.9.5. 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 en 15 por ciento de la resistencia del concreto ante un esfuerzo de compresión, f'_c de 4 000 PSI a los 28 días de curado, por lo que el valor estimado del módulo de ruptura es de 600 PSI ($0,15 * 4\ 000\ \text{PSI} = 600\ \text{psi}$).

2.9.6. Módulo de reacción K de la subrasante

El módulo de reacción de la subrasante es la propiedad de apoyo que ofrece la subrasante al tráfico, en la tabla XII se determina por la PCA siguiendo las Normas ASTM; dicha tabla fue obtenida para base no tratada, para diferentes espesores de base, teniendo limitaciones de ensayo en campo.

Tabla XII. **Tipo de suelos de subrasante y valores aproximados de k**

TIPOS DE SUELO	SOPORTE	RANGO DE VALORES DE K Lbs/plg ³
Suelos de grano fino, en el cual el tamaño de partículas de limo y arcilla predomina.	Bajo	75 – 120
Arenas y mezclas de arena con grava, con una cantidad considerada de limo y arcilla.	Medio	130 – 170
Arenas y mezclas de arena con grava, relativamente libre de finos.	Alto	180 - 220
Subbase tratadas con cemento.	Muy alto	250 - 400

Fuente: elaboración propia.

El valor K que se utiliza usualmente por correlación de una prueba más simple como es la clasificación del tipo de suelo según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SCU) y el Sistema de Administración de Caminos Públicos (PRA).

Si se emplea la clasificación SCU, PRA o el número CBR, debe utilizarse el diagrama mostrado en la tabla XIII para determinar el módulo de reacción de la subrasante, y con este valor del módulo de reacción determinar el carácter del soporte de la subrasante y subbase.

Tabla XIII. Interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y los valores de soporte

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)																
2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	40	60	80	100
SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA A.S.T.M.																
GP GW																
GM																
GG																
GW																
SK																
SP																
SG																
OH																
ML																
CH																
CL																
OL																
MH																
CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA A.A.S.H.O.																
A-1-a																
A-1-b																
A-2-4 A-2-5																
A-2-6 A-2-7																
A-3																
A-4																
A-5																
A-6																
A-7-5 A-7-6																
CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LA ADMINISTRACIÓN FEDERAL DE AVIACIÓN																
E-1																
E-2																
E-3																
E-4																
E-5																
E-6																
E-7																
E-8																
E-9																
E-10																
E-11																
E-12																
VALOR DE RESISTENCIA - R																
5 10 20 30 40 50 60 70																
MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE - K LBS/PULG. ³																
100 150 200 250 300 400 600 700																
VALOR DE SOPORTE LBS/PULG. ²																
10 20 30 40 50 60																
RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)																
2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	40	60	80	100

Fuente: CHACÓN V, Henry Ernesto. *Diseño de pavimento rígido*. p. 32.

Debido a que el valor soporte que tiene del suelo es muy alto, según la tabla XIII, según el CBR: 74.5 el valor de K = 650 psi; lo cual quiere decir que no hay necesidad de utilizar una capa base para este caso, debido a la calidad del suelo.

Sin embargo, la Dirección General de Caminos establece un mínimo en el espesor total compactado de la base de 10 centímetros, según la sección 304, inciso 4, para efectos de diseño se utilizará una capa base de selecto de 10 centímetros.

Si se emplea la clasificación SCU, PRA o el número CBR, debe utilizarse el diagrama mostrado en la tabla XII para determinar el tipo de soporte de la subrasante, y con este valor del módulo de reacción determinar el carácter del soporte sub rasante, sub base. Con un valor de 75,4 por ciento se localiza en la tabla XIII de CBR, el valor aproximado del módulo de la sub rasante k, es de 650 libras por pulgada cúbica

- Cálculo del espesor de losa según tabla XV

MR = 600 psi

- Concreto sin hombro o bordillo

Soporte de la base = Alto

- Cantidad de vehículos que transitan, según tabla XIV

TPD = 200 – 800; TPDC = 1 % – 3 %

Tabla XIV. **Categoría de carga por eje**

	DESCRIPCION	TRAFICO			MAXIMA CARGA POR EJE	
		TPD	TPDC		EJE SENCILLO	EJE TANDEM
			%	Por día		
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio)	200a800	1a3	Arribade 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (altas), carreteras primarias y calles arteriales (bajo)	700a5000	5a18	de 40 a1000	26	44
3	Calles arteriales y carreteras primarias (medio), supercarreteras interestatales urbanas y rurales (bajo a medio)	3000 a12000 2 carriles 3000 a5000 4 carriles o más.	8a30	de 500a 5000	30	52
4	Calles arteriales, carreteras primarias, supercarreteras (altas) Interestatales urbanas y rurales (medio a alto)	3000 a20000 2 carriles 3000 a15000 4 carriles o más.	8a30	De1500a 8000	43	60

Fuente: elaboración propia.

Nota: las descripciones de alto, medio y bajo, se refieren al peso relativo de las cargas por eje para el tipo de calle o carretera.

El TPDC de 8 – 24, el valor que se acerca a la cantidad máxima promedio es 24 en el lado izquierdo de la tabla XV debido a que es “sin hombros o bordillo” y se obtiene un espesor de losa de 6,5 pulgadas igual a $16,51 = 16,5$ centímetros.

Tabla XV. **TPDC permisible de carga por eje de categoría dos, pavimentos con juntas dovela**

	Concreto sin hombros o bordillo					Concreto con hombros o bordillo				
	Espesor de losa	Soporte Subrasante – Subbase				Espesor de losa	Soporte Subrasante – Subbase			
	Pulg.	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto	Pulg.	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
MR = 650 PSI	5,50				5	5,00	9	3	9	42
	6,00				59	5,50	42	120	450	
	6,50	9	4	12	400	6,00	96	380	970	3400
	7,00	80	320	840	3100	6,50	710	2600		
	7,50	490	1900		7,00	4200				
	8,00	2500								
MR = 650 PSI	6,00		8	24	11	5,00	1	8	1	8
	6,50				110	5,50			23	98
	7,00	15	70	190	750	6,00	19	84	220	810
	7,50	110	440	1100		6,50	160	620	1500	5200
	8,00	590	2300			7,00	1000	3600		
	8,50	2700								
MR = 550 PSI	6,50			4	19	5,50			3	17
	7,00		11	34	150	6,00	3	14	41	160
	7,50	19	84	230	890	6,50	29	120	320	1100
	8,00	120	470	1200		7,00	210	770	1900	
	8,50	560	2200			7,50	1100	4000		
	9,00	2400								

Fuente: elaboración propia.

Nota: el análisis de fatiga controla el diseño.

2.9.7. Diseño de la mezcla de concreto

Para el diseño de la mezcla del pavimento fue utilizado el método del ACI, la teoría de la relación agua cemento establece que para una combinación dada de materiales, la resistencia del concreto a cierta edad depende de la relación del peso del agua de la mezcla al peso del cemento.

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 ver tablas XVI a la XX, para el proyecto se requiere un concreto con una resistencia a la compresión de f'_c de 281 kilogramos por centímetro cuadrado (4 000 libras por pulgada cuadrada) a los 28 días de curado ver tabla XIX, dicho concreto no incluirá aire en la mezcla.

Tabla XVI. **Resistencia promedio a la compresión cuando no se dispone de información para establecer una desviación estándar**

Resistencia a la compresión Especificada $f'c$ (psi)	Resistencia Promedio a la compresión Requerida $f'c$ (psi)
Menor de 3000	$F'c + 1000$
3000 – 5000	$F'c + 1200$
Mayor de 5000	$F'c + 1400$

Fuente: elaboración propia.

El valor de sobre diseño se estimará en la resistencia a la compresión $f'c$ incrementada en 1 200 libras por pulgada cuadrada, según tabla XVI; este valor es de resistencia promedio a la compresión requerida $f'cr = 5 200$ libras por pulgada cuadrada. El revenimiento para pavimentos es de 7,50 centímetros como máximo tabla XVII, el tamaño máximo del agregado puede estimarse en 1 ½" pero se usará un agregado grueso más pequeño, con un tamaño nominal de 2,54 centímetros o 1 pulgada para un revenimiento de 7,50 centímetros y tamaño máximo de agregado de 1 pulgada.

Tabla XVII. **Revenimientos para varios tipos de construcción**

Tipo de construcción	Revenimiento (cm)	
Muros de cimentación y zapatas reforzadas	12,50	5,00
Zapatas simples, compuestas y muros de subestructura	10,00	2,50
Vigas, losas y muros reforzados	15,00	7,50
Columnas para edificios	15,00	7,50
Pavimentos	7,50	5,00
Concreto maciza	7,50	2,50

Fuente: elaboración propia.

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

Revenimiento o Asentamiento (cm)	3/8 "	1/2"	3/4"	1"	1 1/2 "
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: elaboración propia.

La cantidad de agua por volumen de concreto es 195 litros por metro cúbico, ver tabla XVIII, el porcentaje de arena sobre agregado grueso para este caso es de 42 por ciento, la relación agua cemento para una resistencia de 4 000 libras por pulgada cuadrada, es 0,48 según la tabla XIX, esta razón se eligió para mantener la economía y trabajabilidad del concreto. 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 XIX. **Relación entre la resistencia a la compresión del concreto y la relación agua cemento**

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

Fuente: elaboración propia.

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

Tamaño máximo agregado grueso	% de arena sobre agregado total
3/8"	48
1/2"	46
3/4"	44
1"	42
1 1/2 "	40

Fuente: elaboración propia.

- Calculando la cantidad de cemento

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

- Calculando la cantidad de agregado

$$W_{\text{AGREGADO}} = W_{\text{TOTAL}} - \text{Peso (AGUA + CEMENTO)}$$

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

- Cantidad de arena

$$\text{Arena} = 42\% \times 1\,798,75 \text{ kg/m}^3 = 755,48 \text{ kg/m}^3$$

- Cantidad de piedrín

$$\text{Piedrín} = 1\,798,75 - 755,48 = 1\,043,27 \text{ kg/m}$$

- La proporción será

Cemento:	Arena:	Piedrín:
406,25	755,48	1043,27
406,25	406,25	406,25
1	1,86	2,57

- Peso específicos de los materiales para el diseño de mezcla

$$\gamma_A = 1400 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_P = 1600 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Cemento} = 42,50 \text{ kg}$$

- Cuantificación de materiales para 1 m^3 de concreto de 4 000 psi

$$\text{Cemento: } 406,25 / 42,5 = 9,56 \text{ sacos}$$

$$\text{Arena: } 755,48 / 1400 = 0,54 \text{ m}^3$$

$$\text{Piedrín: } 1043,27 / 1600 = 0,65 \text{ m}^3$$

- Proporción volumétrica para el diseño de la mezcla

$$\text{Cemento: } 1 \text{ saco} = 1 \text{ pie}^3 = 0,02831685 \text{ m}^3$$

$$\text{Arena: } (1,86 * 42,5) / 1400 = 0,05646 \text{ m}^3$$

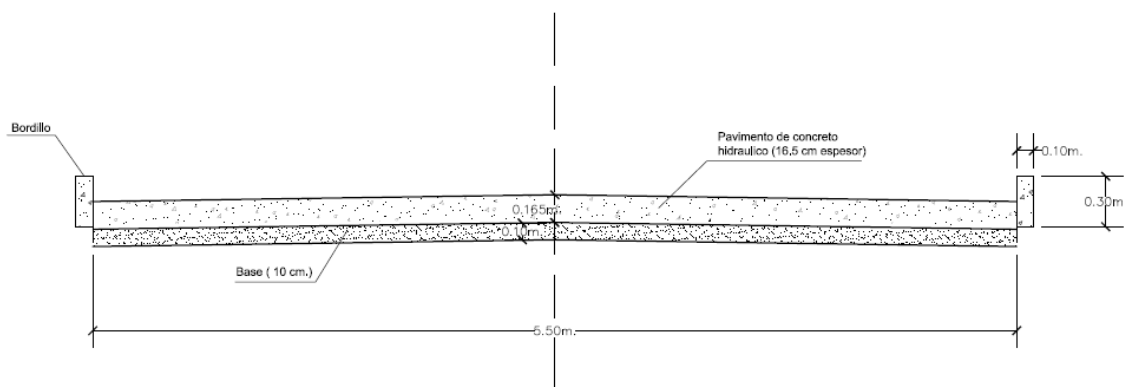
$$\text{Piedrín: } (2,57 * 42,5) / 1600 = 0,06827 \text{ m}^3$$

Cemento:	Arena:	Piedrín:
0,02831685	0,05646	0,06827
0,02831685	0,02831685	0,02831685
1	1,99	2,41

La proporción está dada en volumen y una bolsa de cemento tiene un volumen de un pie cúbico = 0,02831685 m³, entonces por cada bolsa de cemento se utilizará 1,99 pies cúbicos = 0,056 m³ de arena y 2,41 pies cúbicos = 0,068 m³ de piedrín.

Deberá de realizarse en la obra cajones de madera para medir los agregados, para la arena se utilizara un cajón de 37,50 cm x 37,50 cm x 37,50 cm y para el piedrín 41,65 cm x 41,65 cm x 41,65 cm es muy difícil trabajar con fracciones, pero se debe tener una estricta supervisión profesional, para asegurar la calidad de la mezcla y la resistencia.

Figura 23. **Sección típica del pavimento rígido**



Fuente: elaboración propia, con AutoCAD 2010.

2.10. 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.

Se indica a continuación algunas especificaciones técnicas que se deberá tomar en cuenta para la ejecución del proyecto:

- Antes de colocar la capa de material selecto, deberá removerse toda piedra mayor de 15 centímetros de diámetro así como todo vegetal que esté dentro del área de trabajo.
- Se colocará una capa de material selecto de 10 centímetros de espesor ya compactada, este material deberá compactarse con vibro compactador.
- Para la capa de rodadura y bordillo de concreto se utilizará una proporción de 1:2:3 en volumen (cemento, arena y pedrín), teniendo una estricta supervisión de un profesional.
- El concreto tendrá una resistencia mínima a la compresión de 4 000 libras sobre pulgada cuadrada a los 28 días de curado.
- Los agregados, arena y pedrín, deberán estar libres de materia orgánica, arcilla o cualquier material que pueda reducir la resistencia o durabilidad del concreto.

- La capa de rodadura llevará junta transversal a cada 3,50 metros y longitudinal al centro de la calle. Las juntas se llenarán con sello elastómero para evitar la filtración de agua.
- Deberá aplicarse antisol a la fundición para garantizar un mejor fraguado del concreto.
- Todo cambio que se haga en el proyecto deberá ser aprobado por los supervisores que estén a cargo del proyecto.

2.11. Presupuesto

A continuación se muestran detalles del presupuesto para ejecutar el proyecto.

2.11.1. Cantidades de trabajo

En la siguiente tabla se especifican las cantidades de trabajo en que se incurrirá para la elaboración del proyecto.

Tabla XXI. **Cantidades de trabajo para el proyecto: Diseño del tramo de la ruta nacional 3n de la aldea Sabana Redonda hacia la aldea San Rafaelito. longitud: 2 140 kms**

RENGLÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1 TOPOGRAFIA			
1,1	Replanteo Topografico	km	2,14
2 TERRACERIA			
2,1	Planos Finales	U	15,00
2,2	Trabajos por Administración	G	1,00
2,3	Limpia, Chapeo y Destronque	HA	6,42
2,4	Excavación No Clasificada	M3	3.473,52
2,5	Excavación No Clasificada de Desperdicio	M3	15.837,54
2,6	Excavación Estructural para Cimentación de Cajas y Cabezales para Alcantarillas	M3	102,00
2,7	Excavación Estructural para Alcantarillas	M3	162,00
2,8	Relleno Estructural para alcantarillas.	M3	129,17
3 DRENAJE MENOR			
3,1	Alcantarillas de concreto de 30" de diametro	ML	54,00
3,2	Alcantarilla de concreto de 36" de diametro	ML	6,00
4 RENGLONES VARIOS			
4,1	Cajas y Cabezales de Concreto para Alcantarillas	M3	17,31
4,2	Bordillos de Concreto de 10.00x30.00 cm	ML	4.280,00
5 PAVIMENTO			
5,1	Reacondicionamiento de la sub-rasante	M2	11.770,00
5,2	Capa de Base de 15 cms. de Espesor	M3	682,00
5,3	Pavimento de concreto hidráulico de 16,5 cm de espesor	M2	11.770,00
6 SEÑALIZACION			
6,1	Monumentos de Kilometraje. Suministro y Colocac	U	4,00
6,2	Pintura Termoplástica Línea Central	KM	2,00
6,3	Pintura Termoplástica Línea No Central	KM	4,00
6,4	Señales de Identificación del proyecto.	U	2,00

Fuente: elaboración propia.

2.11.2. Presupuesto

En la siguiente tabla se especifican los costos en que se incurrirá para la elaboración del proyecto.

Tabla XXII. Cuadro de cantidades estimadas y costos estimados

					PRECIO /KM	Q 2.264.566,22
						Q 4.846.171,71
No.	DESCRIPCIÓN	U.	CANTIDA D	PRECIO UNITARIO		COSTO TOTAL ESTIMADO
1 TOPOGRAFIA						Q 16.050,00
1,1	Replanteo Topografico	G	2,14	Q 7.500,00		Q 16.050,00
2 TERRACERIA						Q 1.003.118,24
2,1	Planos Finales	U	16,00	Q 605,69		Q 9.691,05
2,2	Trabajos por Administración	G	1,00	Q 20.000,00		Q 20.000,00
2,3	Limpia, Chapeo y Destronque	HA	6,42	Q 15.419,55		Q 98.993,48
2,4	Excavación No Clasificada	M3	3.473,52	Q 76,54		Q 265.865,36
2,5	Excavación No Clasificada de Desperdicio	M3	15.837,54	Q 36,79		Q 582.606,08
2,6	Excavación Estructural para Cimentación de Cajas y Cabezales para Alcantarillas	M3	46,00	Q 104,52		Q 4.807,92
2,7	Excavación Estructural para Alcantarillas	M3	162,00	Q 30,92		Q 5.008,26
2,8	Relleno Estructural para alcantarillas.	M3	129,17	Q 125,00		Q 16.146,09
3 DRENAJE MENOR						Q 29.014,42
3,1	Alcantarillas de concreto de 30" de diametro	ML	54,00	Q 473,42		Q 25.564,42
3,2	Alcantarilla de concreto de 36" de diametro	ML	6,00	Q 575,00		Q 3.450,00
4 RENGLONES VARIOS						Q 613.171,94
4,1	Cajas y Cabezales de Concreto para Alcantarillas	M3	4,00	Q 1.505,19		Q 6.020,76
4,2	Bordillos de Concreto de 0.10 x 0.30 mts.	ML	4.280,00	Q 141,86		Q 607.151,18
5 PAVIMENTO						Q 3.005.374,59
5,1	Reacondicionamiento de la sub-rasante	M2	11.770,00	Q 21,86		Q 257.244,54
5,2	Capa de Base de 10 cms. de Espesor	M3	682,00	Q 250,00		Q 170.500,05
5,3	Pavimento de concreto hidráulico de 16,5 cm de espesor	M2	11.770,00	Q 219,00		Q 2.577.630,00
6 SEÑALIZACION						Q 179.442,52
6,1	Monumentos de Kilometraje. Suministro y Colocación	U	4,00	Q 1.145,00		Q 4.579,99
6,2	Pintura Termoplástica Línea Central	KM	2,00	Q 17.709,00		Q 35.417,99
6,3	Pintura Termoplástica Línea No Central	KM	4,00	Q 17.709,00		Q 70.835,99
6,4	Señales de Identificación del proyecto.	U	2,00	Q 34.304,28		Q 68.608,55
					COSTO TOTAL	Q 4.846.171,71

Fuente: elaboración propia.

2.12. Cronograma de ejecución físico y financiero

En la siguiente tabla se muestra el cronograma de ejecución físico y financiero.

Tabla XXIII. Cronograma

LONGITUD: 2.140 KMS.

PROGRAMA DE EJECUCION E INVERSION

No.	DESCRIPCIÓN	U.	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL ESTIMADO	TIEMPO POR MESES										
						1ERO	2DO	3ER	4TO	5TO	6TO	7MO	8VO	9NO	10MO	
1 TOPOGRAFIA						Q 15.000,00										
1.1	Replanteo Topografico	G	1,00	Q 15.000,00	Q 15.000,00	0,167	0,166	0,166	0,166	0,166	0,166					
1 TERRACERIA						Q1.249.707,16										
1.1	Planos Finales	U	15,00	Q 1.752,00	Q 26.279,97											15
						26.279,97										
1.2	Trabajos por Administración	G	1,00	Q250.000,00	Q 250.000,00	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	
						30.000,00 27.500,00 27.500,00 27.500,00 27.500,00 27.500,00 27.500,00 27.500,00 27.500,00 27.500,00										
1.3	Limpia, Chapeo y Destronque	HA	6,42	Q 15.419,55	Q 98.993,48	0,25	0,25	0,25	0,25							
						24.748,37 24.748,37 24.748,37 24.748,37										
1.4	Excavación No Clasificada	M3	3.473,52	Q 76,54	Q 265.865,36		0,25	0,25	0,25	0,25						
						66.466,34 66.466,34 66.466,34 66.466,34										
1.5	Excavación No Clasificada de desperdicio	M3	15.837,54	Q 36,79	Q 582.606,08			0,25	0,25	0,25	0,25					
						145.651,52 145.651,52 145.651,52 145.651,52										
1.6	Excavación Estructural para Cimentación de Cajas y Cabezales para Alcantarillas	M3	46,00	Q 104,52	Q 4.807,92			0,5								
						2.403,96 2.403,96										
1.7	Excavación Estructural para Alcantarillas	M3	162,00	Q 30,92	Q 5.008,26			0,5								
						2.504,13 2.504,13										
1.8	Relleno Estructural para alcantarillas.	M3	129,17	Q 125,00	Q 16.146,09			0,5								
						8.073,04 8.073,04										
2 DRENAJE MENOR						Q 14.819,95										
2.1	Alcantarillas de concreto de 30" de diametro	ML	12,00	Q 1.235,00	Q 14.819,95			0,5				0,5				
						7.409,98 7.409,98										
3 RENGLONES VARIOS						Q 613.171,94										
3.1	Cajas y Cabezales de Concreto para Alcantarillas	M3	4,00	Q 1.505,19	Q 6.020,76				0,5			0,5				
						3.010,38 3.010,38										
3.3	Bordillos de Concreto de 0.10 x 0.30 mts.	ML	4.280,00	Q 141,86	Q 607.151,18							0,25	0,25	0,25	0,25	
						151.787,80 151.787,80 151.787,80 151.787,80										
4 PAVIMENTO						Q3.005.374,59										
4.1	Reacondicionamiento de la sub-rasante	M2	11.770,00	Q 21,86	Q 257.244,54			0,15	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17			
						38.586,68 43.731,57 43.731,57 43.731,57 43.731,57 43.731,57										
4.2	Capa de Base de 15 cms. de Espesor	M3	682,00	Q 250,00	Q 170.500,05				0,15	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	
						25.575,01 28.985,01 28.985,01 28.985,01 28.985,01 28.985,01										
4.3	Pavimento de concreto hidraulico de 16,5 cm de espesor	M2	11.770,00	Q 219,00	Q2.577.630,00							0,25	0,25	0,25	0,25	
						644.407,50 644.407,50 644.407,50 644.407,50										

Continuación de la tabla XXIII.

5 SEÑALIZACIÓN		Q 179.442,52																				
5,1	Monumentos de Kilometraje, Suministro y Colocación	U	4,00	Q 1.145,00	Q 4.579,99																1	
																						4.579,99
5,2	Pintura Termoplástica Línea Central	KM	2,00	Q 17.709,00	Q 35.417,99																1	
																						35.417,99
5,3	Pintura Termoplástica Línea No Central	KM	4,00	Q 17.709,00	Q 70.835,99																1	
																						70835,98809
5,4	Señales de Identificación del proyecto.	U	2,00	Q 34.304,28	Q 68.608,55																1	
					68.608,55																	
COSTO TOTAL ESTIMADO					Q5.077.516,16	125.861,92	121.204,71	325.834,02	339.173,19	314.824,44	268.749,21	899.422,26	896.411,88	852.680,30	933.309,23							

Fuente: elaboración propia.

2.13. Estudio de Impacto Ambiental inicial

En la siguiente tabla se muestra el listado de control para el estudio de impacto ambiental.

Tabla XXIV. Listado de control sobre el Estudio de Impacto Ambiental inicial

COMPONENTES	SI	NO
¿FORMAS DEL TERRENO QUE PRODUCIRÁ EL PROYECTO?		
¿Pendientes o terraplenes inestables?		X
¿Una amplia destrucción del desplazamiento del suelo?		X
¿Un impacto sobre terrenos agrarios?		X
¿Cambios en las formas del terreno, orillas, cauces de ríos?		X
¿Destrucción, ocupación o modificación de rasgos físicos?		X
¿AIRE/CLIMATOLOGÍA QUE PRODUCIRÁ EL PROYECTO?		
¿Emisiones de contaminantes aéreos que provoquen deterioro de la calidad del aire ambiental?		X
¿Olores desagradables?		X

Continuación de la tabla XXIV.

¿Alteración de movimientos del aire, humedad o temperatura?		X
¿Emisiones de contaminantes aéreos peligrosos?		X
¿AGUA QUE PRODUCIRÁ EL PROYECTO?		
¿Vertidos a un sistema público de aguas?		X
¿Cambios en las corrientes o movimientos de agua dulce?		X
¿Cambios en los índices de absorción, pautas de drenaje o cantidad de agua de escorrentía?		X
¿Alteraciones en el curso o en los caudales de avenidas?		X
¿Represas, control o modificaciones de algún cuerpo?		X
¿Vertidos en aguas superficiales o alteraciones de la calidad del agua considerando, temperatura, turbidez?		X
¿Alteraciones de la dirección o volumen del flujo de aguas subterráneas?		X
¿Alteraciones de la calidad del agua subterráneas?		X
¿Contaminación de las reservas públicas de agua?		X
¿Infracción de cursos de agua?		X
¿Instalándose en un área inundable fluvial o litoral?		X
¿Riesgo de exposición de personas al agua tales como las inundaciones?		X
¿RESIDUOS SÓLIDOS QUE PRODUCIRÁ EL PROYECTO?		
¿Residuos sólidos o basuras en volumen significativo?		X
¿RUIDO QUE PRODUCIRÁ EL PROYECTO?		X
¿Aumento de los niveles sonoros previos?		X
¿Mayor exposición de la gente a ruidos elevados?		X
¿VIDA VEGETAL QUE PRODUCIRÁ EL PROYECTO?		

Continuación de la tabla XXIV.

¿Cambios en la diversidad o productividad o en el número de alguna especie de planta (árboles, arbustos, cultivos, micro flora)?		X
¿Reducción del número de individuos o afectara el hábitat de alguna especie vegetal considerada única?		X
¿Introducción de especies nuevas dentro de la zona o creara una barrera para el carrera para el normal desarrollo pleno de las especies existentes?		X
¿Reducción o daño en la extensión de algún cultivo agrícola?		X
¿VIDA ANIMAL QUE PRODUCIRÁ EL PROYECTO?		
¿Reducirá el hábitat o número de individuos de alguna especie animal considerada como única?		X
¿Introducirá nuevas especies animales en el área o creara una barrera a las migraciones de los animales terrestres?		X
¿Dañara los actuales hábitats naturales y de peces?		X
¿Provocará la emigración generando problemas de interacción entre los humanos y los animales?		X
RECURSOS NATURALES ¿EL PROYECTO?		
¿Aumentará la intensidad del uso de algún recurso natural?		X
¿Destruirá sustancialmente algún recurso no reutilizable?		X
¿Se situará en un área designada considerada como reserva natural?		X
ENERGÍA ¿EL PROYECTO?	Si	No
¿Utilizará cantidades considerables de combustible o de energía?		X
¿Aumentará considerablemente la demanda de las fuentes actuales de energía?		X

Continuación de la tabla XXIV.

¿TRANSPORTE Y FLUJO DE TRÁFICO QUE PRODUCIRÁ EL PROYECTO?		
¿Un movimiento adicional de vehículos?		X
¿Efectos sobre las instalaciones de aparcamientos o necesitara nuevos aparcamientos?		X
¿Un impacto considerable sobre los sistemas actuales de transporte?		X
¿Alteraciones sobre las pautas actuales de circulación y movimientos de gente y/o bienes?		X
¿Un aumento de los riesgos del tráfico para vehículos motorizados, bicicletas o peatones?		X
¿La construcción de nuevas calles?		X
INFRAESTRUCTURA ¿EL PROYECTO PRODUCIRÁ DEMANDA DE?		
¿Energía y gas natural?		X
¿Sistemas de comunicación?		X
¿Agua?		X
¿Saneamiento o fosas sépticas?		X
¿Red de aguas blancas o pluviales?		X
¿RIESGOS QUE PRODUCIRÁ EN LA POBLACIÓN EL PROYECTO?		
¿Alterará la ubicación o distribución humana en el área?		X
RIESGOS DE ACCIDENTES. ¿EL PROYECTO?		
¿Implicará el riesgo de explosión o escapes de sustancias potencialmente peligrosas incluyendo, pero no solo, petróleo, pesticidas, productores químicos, radiación u otras sustancias toxicas en el caso de un accidente o una situación desagradable?		X

Continuación de la tabla XXIV.

¿RIESGOS EN LA SALUD HUMANA QUE PRODUCIRÁ EL PROYECTO?		
¿Crearé algún riesgo real o potencial para la salud?		X
¿Expondrá a la gente a riesgos potenciales para la salud?		X
¿RIESGOS EN LA ECONOMÍA QUE PRODUCIRÁ EL PROYECTO?		
¿Tendrá algún efecto adverso sobre las condiciones económicas locales, turismo, sueldo, empleo?		X
¿REACCIÓN SOCIAL QUE SE PRODUCIRÁ ES ESTE PROYECTO?		
¿Conflictivo en potencia?		X
¿Una contradicción respecto a los planes u objetivos que se han adoptado a nivel local?		X
¿ESTÉTICA QUE PRODUCIRÁ EL PROYECTO?		
¿Cambiaré una vista escénica o un panorama abierto al público?		X
¿Crearé una ubicación estéticamente ofensiva abierta a la vista del público?		X
¿Cambiaré significativamente la escala visual o el carácter del entorno próximo?		X
RIESGOS EN LA ARQUEOLOGÍA, CULTURA, HISTORIA		
¿Alteraré sitios, construcciones, objetos o edificios de interés arqueológico, cultural o histórico?		X

Fuente: Dirección Municipal de Planificación de Barberena, Santa Rosa.

Tabla XXV. **Medidas de mitigación para los proyectos a realizarse en aldea Sabana Redonda, Santa Rosa**

COMPONENTE	IMPACTO	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
Emisiones a la atmósfera	Emisión de material particulado y polvo	<ul style="list-style-type: none"> • Humedecer periódicamente las vías de acceso a la obra. • Transportar el material de excavación cubierto y por las rutas establecidas con anticipación
Ruidos y/o vibraciones	Incremento en los niveles de ruido	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar trabajos de excavación e instalación de tuberías en horarios diurnos. • Mantener los vehículos en las mejores condiciones mecánicas.
Recursos hídricos	Alteración y utilización de agua superficial o subterránea	<ul style="list-style-type: none"> • No utilizar el agua para otros fines. • No afectar los derechos constituidos de terceros.
	Contaminación de cursos de agua o causes por sedimentos y residuos líquidos o sólidos	<ul style="list-style-type: none"> • No almacenar temporalmente material de excavación en causes o lechos de río o sectores que desemboquen en ellos. • No disponer efluentes en causes o cursos de agua que sirven para abastecimiento. • Remover inmediatamente los derrames accidentales de combustible con materiales adecuados.
Suelo	Cambios en la estructura del suelo (propiedades físico-químicas)	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar los trabajos de mantenimiento de equipo y maquinaria, si se requiere, sobre un polietileno que cubra el área de trabajo. • Remover inmediatamente el suelo, en caso de derrames accidentales de combustible y restaurar el área afectada con materiales y procedimientos sencillos.

Continuación de la tabla XXV.

Vegetación y Fauna	Remoción y afectación de la cobertura vegetal	<ul style="list-style-type: none"> • Separar la capa de material orgánico de la del material inerte. • Disponer adecuadamente el material orgánico para su posible reutilización. • Evitar el paso de maquinaria sobre suelo con cobertura vegetal fuera del área de la obra. • Restaurar las zonas afectadas con especies establecidas en el lugar
Paisaje	Impacto visual	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperar y restaurar el espacio público afectado, una vez finalizada la obra, retirando todos los materiales y residuos provenientes de las actividades constructivas.
Vegetación y Fauna	Remoción y afectación de la cobertura vegetal	<ul style="list-style-type: none"> • Separar la capa de material orgánico de la del material inerte. • Disponer adecuadamente el material orgánico para su posible reutilización. • Evitar el paso de maquinaria sobre suelo con cobertura vegetal fuera del área de la obra. • Restaurar las zonas afectadas con especies establecidas en el lugar
Paisaje	Impacto visual	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperar y restaurar el espacio público afectado, una vez finalizada la obra, retirando todos los materiales y residuos provenientes de las actividades constructivas.

Continuación de la tabla XXV.

Población	Alteración de las costumbres y cultura de las comunidades cercanas	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar la interferencia entre el tráfico peatonal y/o vehicular y los frentes de trabajo. • Mantener una adecuada señalización en el área de la obra en etapa de ejecución y operación. • Disponer de rutas alternativas en fechas de importancia para la población de trabajo
Población	Incremento en los niveles de accidentabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Transportar el material de excavación sin superar la capacidad del vehículo de carga. • Mantener una adecuada señalización en el área de la obra en etapa de ejecución y operación. • Instalar cercos perimetrales en los frentes de trabajo.
Patrimonio cultural	Daño al patrimonio cultural	<ul style="list-style-type: none"> • Suspender la obra, delimitar el área e informar a quien corresponda para una correcta evaluación, en la eventualidad de encontrar hallazgos arqueológicos. • Una vez realizadas estas actividades se puede continuar con el trabajo.

Fuente: Dirección Municipal de Planificación de San Rafael Las Flores, Santa Rosa.

3. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SABANA REDONDA

3.1. Descripción del proyecto

Consiste en el diseño de un alcantarillado sanitario para la aldea de Sabana Redonda, municipio de San Rafael las Flores.

3.2. Diseño del proyecto

El diseño del alcantarillado sanitario de la aldea Sabana Redonda se basa a las especificaciones técnicas del Instituto de Fomento Municipal (INFOM), para un período de diseño de 30 años.

3.2.1. Altimetría

Estudio a través del cual se representan las alturas de los puntos observados, referidos a un banco de marca o sobre el nivel del mar, con lo que se definen las pendientes del terreno, necesarias en el diseño.

3.2.2. Planimetría

Estudio por el cual se representa la superficie terrestre en un plano horizontal, con la utilización de aparatos y métodos de cálculo adecuados, con el fin de obtener las rutas adecuadas de desfogue y ubicación de los pozos de visita.

3.2.3. Período de diseño

Al momento de elaborar cualquier proyecto de alcantarillado, hay que tomar la decisión acerca del tiempo que la construcción servirá a la comunidad, antes de que debe abandonarse o ampliarse por resultar ya inadecuada. Es necesario, por lo tanto, estimar la población futura, así como las áreas probables de anexión a la comunidad que requieran de alcantarillado y su tipo probable de desarrollo.

Este período se denomina período de diseño o período de vida, que en el caso de alcantarillados suele ser de 30 a 40 años, a partir de la fecha de construcción. El período de tiempo se adoptará tomando como parámetros: los recursos económicos con que cuenta la Municipalidad de San Rafael las Flores, la vida útil de los materiales, normas del Instituto de Fomento Municipal (INFOM), para este proyecto el periodo de diseño será de 30 años.

3.2.4. Estudio de población

Para el período de diseño también se calcula la población. Existen varias formas de calcular la población futura para un sistema de alcantarillado sanitario en este caso se usará el siguiente método:

3.2.4.1. Método Geométrico

La estimación futura de la población se realizó a través del método geométrico; para ello se aplicó una tasa del 1,143 por ciento anual, dato proporcionado por la Municipalidad de San Rafael las Flores, Santa Rosa.

$$P_F = P_0(1+r)^n$$

Dónde:

P_F = población futura;

P_O = población inicial = 721 habitantes

r = tasa de crecimiento = 3,4%;

n = período de diseño = 30 años

$P_F = 721(1 + 0,01143)^{30} = 1966$ habitantes

3.2.5. Determinación de caudal de aguas servidas

En sistemas de alcantarillados, la población que tributaría caudales al sistema, se calcula con los métodos de estimación de población futura. Basándose en cuotas por domicilio, comercios entre otros.

3.2.5.1. Dotación

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

La dotación está en función de la categoría de la población que será servida, y varía de 50 a 300 litros por habitante al día.

- Municipalidades de tercera a cuarta categoría: 50 litros por habitante al día.
- Municipalidades de segunda categoría: 90 litros por habitante al día.

- Municipalidades de primera categoría: 250 – 300 litros por habitante al día.

Para el diseño del este proyecto, se tomó una dotación de 100 litros/habitante/día.

3.2.6. Factor de retorno al sistema

Este factor se determina bajo el criterio del uso del agua de la población, en ningún caso retorna el 100 por ciento al alcantarillado, debido a que hay actividades donde el agua se infiltra al suelo o se evapora.

Factor de retorno a utilizar = 0,80

3.2.7. Caudal domiciliar

Lo constituye el agua que ha sido utilizada para actividades como la limpieza de alimentos, el aseo personal y es conducida a la red de alcantarillado, este tipo de caudal se relaciona directamente con la dotación de agua potable, el caudal domiciliar se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{DOM} = \frac{\text{Dotación} * \text{No. Habitantes} * \text{Factor de retorno}}{86\,400}$$

$$Q_{DOM} = \frac{100 * 1966 * 0.80}{86,400} = 1.82 \text{ L/s}$$

3.2.8. Caudal conexiones ilícitas

Este se da porque las viviendas no cuentan con un sistema de alcantarillado pluvial, por lo que algunos pobladores conectan las aguas pluviales al sistema de alcantarillado sanitario.

Existen varios métodos para la estimación de este caudal, siendo estos: el método racional y las normas del INFOM, debido a la poca información que cuenta la región se optó por utilizar el 25 por ciento del caudal domiciliar, como lo especifica la Norma del INFOM, dadas las características de la población.

$$Q_{CI}=25\%*Q_{DOM}$$
$$Q = 0.25 * 1.82 = 0.46 \text{ L/S}$$

3.2.9. Caudal de infiltración

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

Puede calcularse de dos formas: en litros diarios por hectárea o litros diarios por kilómetros de tubería, se incluye la longitud de la tubería de las conexiones domiciliarias asumiendo un valor de 6 metros por cada casa, la dotación de filtración varía entre 12 000 y 18 000 lts/km/día.

$$Q_{dom.} = \frac{18000*(L+ (Po*6))}{1000*86400}$$

Dónde:

18 000= factor de infiltración

L= longitud del tramo (m)

Q dom= caudal domiciliar (lts/seg)

Po= población inicial

$$Q_{DOM} = 18\,000 * \frac{(2\,010 + (721 * 6))}{1\,000 * 86\,400} = 1,32 \text{ L/s}$$

3.2.10. Factor de caudal medio

Se obtiene de la relación entre el caudal medio, y el número de habitantes futuros incluidos en el sistema, el caudal medio es la sumatoria de todos los caudales incluidos en el diseño. Este factor debe estar dentro de 0,002 a 0,005 según INFOM, de lo contrario debe aproximarse al más cercano.

$$fqm = \frac{Q_{MED}}{\text{No. de Habitantes}}$$

$$fqm = \frac{4,6}{1966} = 0,0024$$

3.2.11. Caudal medio

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

$$Q_{MED} = Q_{DOM} + Q_{CI} + Q_{COM} + Q_{INF}$$

$$Q = 1,32 + 0,46 + 1,82 = 3,6 \text{ L/s}$$

3.2.12. Factor de Harmond

Incrementa el caudal debido a la posibilidad que en determinado momento una gran cantidad de usuarios utilicen el sistema, lo cual congestionaría el flujo del agua. También es denominado factor instantáneo. Es adimensional y se obtiene de la siguiente ecuación.

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

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{1966}{1\ 000}}}{4 + \sqrt{\frac{1966}{1\ 000}}} = 3.59$$

3.2.13. Caudal de diseño

Se obtiene de multiplicar el factor de Harmond con el factor de caudal medio y el número de habitantes, expresado mediante la siguiente ecuación.

$$Q_{DIS} = FH * f_{qm} * Hab$$

$$Q = 0.0024 * 3.6 * 1966 = 16.98 \text{ L/s}$$

3.2.14. Diseño de sección y pendientes

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

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

3.2.15. Ecuación de Manning para flujo en canales

Para encontrar valores que determinen la velocidad y caudal que se conducen en un canal, desde hace años se han propuesto fórmulas experimentales, en las cuales se involucran los factores que más afectan el flujo de las aguas en el conducto.

Se encontraron fórmulas según las cuales existía un coeficiente C, el cual era tomado como una constante, pero se comprobó que es una variable que dependía de la rugosidad del material usado, de la velocidad y del radio medio hidráulico, y por lo tanto, no se definía con exactitud la ley de la fricción de los fluidos. La ecuación de Manning se define de la siguiente manera.

$$V = \left[\frac{0,034 * D^{2/3} * S^{1/2}}{n} \right]$$

Dónde:

V = velocidad = metros por segundo

D = diámetro de tubería = pulgadas

S = pendiente del terreno

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

3.2.15.1. Relaciones hidráulicas

Relación q/Q : relación que determina qué porcentaje del caudal pasa con respecto al máximo posible, q diseño $< Q$ sección llena

Relación v/V relación entre la velocidad del flujo a sección parcial y la velocidad del flujo a sección llena. Para hallar este valor se utilizan las tablas de relaciones hidráulicas, según el valor de q/Q . Una vez encontrada la relación de velocidades se puede determinar la velocidad parcial dentro de la tubería.

Relación d/D : relación entre la altura del flujo dentro de la tubería (tirante) y el diámetro de la tubería, se determina a través de las tablas de relaciones hidráulicas, según el valor de q/Q , la relación d/D debe estar comprendida dentro de $0,10 \leq d/D \leq 0,75$

3.2.16. Parámetros de diseño hidráulico

Manejando parámetros de rugosidad para diferentes materiales y diámetros de tubería ya estipulados por instituciones que regula la construcción de alcantarillados sanitarios.

3.2.16.1. Coeficiente de rugosidad

La fabricación de tuberías para la construcción de sistemas de alcantarillado sanitario, es realizada por empresas que han teniendo que realizar pruebas para determinar un factor y establecer cuán lisa o rugosa es la superficie interna de la tubería entre los cuales se puede mencionar:

Tabla XXVI. Factores de rugosidad

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

Fuente: MOTT, Robert. *Mecánica de fluidos*. p. 358.

3.2.16.2. Sección llena y parcialmente llena

El principio fundamental de un sistema de alcantarillado sanitario, es que funcionan como canales abiertos y nunca marchan a sección llena, el caudal de diseño jamás será mayor que el caudal a sección llena. El caudal que transportará el tubo a sección llena, se obtiene con la siguiente ecuación:

$$Q=V*A; \quad A=(\pi/4)*D^2$$

Dónde:

Q = caudal en metros cúbicos/segundos

V = velocidad en metros/segundos

A = área de tubería metros cuadrado

3.2.17. Diámetros mínimos

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

Para 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.

3.2.18. Velocidad máxima y mínima

Las normas generales para diseño de alcantarillados del Instituto de Fomento Municipal, establecen el rango de velocidades permisibles siguientes, para diseño de drenaje sanitario.

Tubería de pvc:

- Velocidad máxima con el caudal de diseño = 2,50 m/s
- Velocidad mínima con el caudal de diseño = 0,60 m/s
- Velocidad máxima según el fabricante = 0,40 m/s hasta 3 m/s

3.2.19. Profundidad de tuberías

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

Tabla XXVII. Profundidad mínima de tubería

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

Fuente: elaboración propia.

3.2.19.1. Ancho de zanja

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

Tabla XXVIII. **Anchos de zanja, según profundidad del colector**

Ancho de zanja			
Diámetro en Pulgadas	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	1	1,10
24	1,10	1,10	1,35

Fuente: Instituto de Fomento Municipal.

3.2.19.2. 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 metros cúbicos.

$$\text{Vol} = \left[\left(\frac{H1 \cdot H2}{2} \right) \cdot d \cdot z \right]$$

Dónde:

Vol= volumen de excavación (m³)

H1 = profundidad del primer pozo (m)

H2 = profundidad del segundo pozo (m)

d = distancia entre pozo

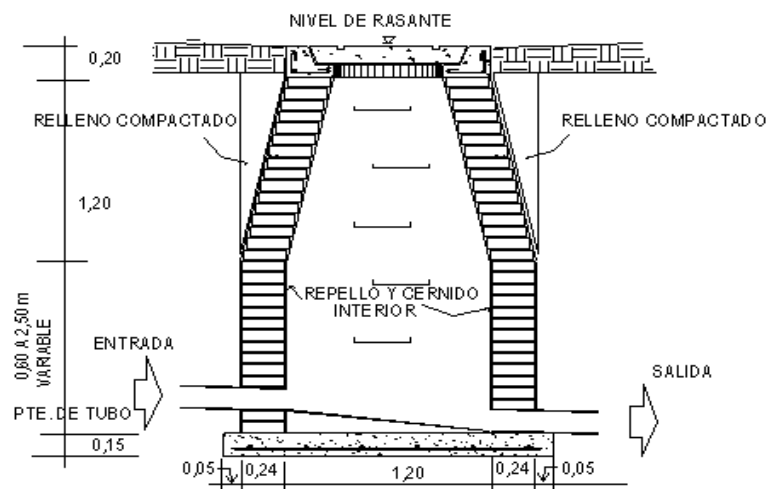
3.2.20. Pozo de visita

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

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

- Los pozos tienen en su parte superior un marco y una tapa de hierro fundida o de concreto, con una abertura de 0,50 a 0,60 metros. El marco descansa sobre las paredes que se ensanchan con este diámetro hasta llegar a la alcantarilla, su profundidad es variable y sus paredes suelen ser construidas de ladrillo, de barro cocido, cuando son pequeños; y de hormigón cuando son muy grande, el fondo de los pozos de visita se hace regularmente de hormigón, dándole a la cara superior una ligera pendiente hacia el canal abierto o a los canales que forman la continuación de los tubos de la alcantarilla.

Figura 24. **Pozo de visita**



Fuente: LÓPEZ ENRÍQUEZ, GerberIvan. *Diseño de alcantarillado sanitario*. p 21.

3.2.20.1. **Ubicación de pozos de visita**

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

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

3.2.20.2. 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.

$$\text{HPV} = \text{Cota}_{\text{del terreno al inicio}} - \text{Cota Invert}_{\text{de salida del tramo}} - 0,15 \text{ de base}$$

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

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

$$\phi_A = \phi_B$$

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

- 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.

$$\phi_A > \phi_B$$

$$\text{Cota Invert}_{\text{de salida}} = \text{Cota Invert}_{\text{de entrada}}$$

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

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

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

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

- Cuando en un pozo de visita la tubería de salida es de diferente diámetro a las que ingresen en él, la Cota Invert de salida deberá cumplir con las especificaciones anteriores y se tomará el valor menor, presentando diferentes casos. Ingresa más de una tubería de igual diámetro y sale una de diferente diámetro: la Cota Invert de salida será la diferencia de los diámetros para cada una y se toma el valor menor.

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

$$\text{Cota Invert}_{\text{de salida}} = \text{Cota Invert}_{\text{de entrada A}} - \phi_C - \phi_A * 0,00254$$

$$\text{Cota Invert}_{\text{de salida}} = \text{Cota Invert}_{\text{de entrada B}} - \phi_C - \phi_B * 0,00254$$

- Cuando ingresa más de una tubería de diferente diámetro y sale una de diámetro distinto: la Cota Invert de salida será la diferencia de los diámetros para cada una y se tomará el valor menor.

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

$$\text{Cota Invert de salida} = \text{Cota Invert de entrada A} - \phi_C - \phi_A * 0,00254$$

$$\text{Cota Invert de salida} = \text{Cota Invert de entrada B} - \phi_C - \phi_B * 0,00254$$

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

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

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

$$\text{Cota Invert de salida} = \text{Cota Invert de entrada A} - ((\phi_C - \phi_A) * 0,0254)$$

- Cuando solo una tubería de las que sale es de seguimiento, las demás que salga del pozo de visita deberá 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.

3.2.21. Cotas Invert

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

- La Cota Invert de salida se coloca, como mínimo, tres centímetros por debajo de la Invert de entrada.
- Cuando el diámetro de la tubería que entra al pozo es mayor que el diámetro de la tubería de salida, la Invert de salida estará colocada por debajo, una dimensión igual al diámetro de la tubería de entrada.

Ejemplo de un tramo:

Se diseñará el tramo comprendido entre el pozo de visita P_{V-1} y P_{V-2}

- Pendiente del terreno

$$S\% = \frac{(CT_{INICIAL} - CT_{FINAL})}{DH} * 100; \quad S\% = \frac{(1.343,76 - 1.344,17)}{69,68} * 100 = -0,59 \%$$

- No. de viviendas actuales

Locales = 5 viviendas

Acumuladas = 0 + 5 = 5 viviendas

- No. de habitantes a servir

Actual: $P_O = (6 \text{ Habitantes/vivienda}) * (5 \text{ viviendas}) = 30 \text{ habitantes}$

Futuro: $P_F = 30(1+0,01143)^{30} = 42 \text{ habitantes}$

- Factor de Harmond

$$\text{Actual: } \frac{18 + \sqrt{30/1000}}{4 + \sqrt{30/1000}} = 4,35; \quad \text{Futuro: } \frac{18 + \sqrt{42/1000}}{4 + \sqrt{42/1000}} = 4,33$$

- Caudal de diseño

Actual: $Q_{DIS} = (4,35) (0,0024) (30) = 0,31 \text{ l/s} \rightarrow \text{minimo } 0,40 \text{ l/s}$

Futuro: $Q_{DIS} = (4,33) (0,0024) (42) = 0,44 \text{ l/s}$

- Caudal a sección llena

$$\varnothing = 6''; S\% = 1,60\%$$

- Velocidad

$$V = \left[\frac{0,034 * 6^{2/3} * (2,50/100)^{1/2}}{0,010} \right] = 1,78 \text{ m/s}$$

- Área

$$A = \frac{\pi}{4} D^2 \quad A = \frac{\pi}{4} (0,1524)^2 = 0,01824$$

- Caudal

$$Q = V * A; \quad Q = (0,01824) (1,78) (1\ 000) = 32,47 \text{ l/s}$$

- Chequeo

Actual:

$$Q_{DIS} < Q$$

$$Q_{DIS} / Q = 0,4 / 32,47 = 0,012319$$

$$v/V = 0,3424; \quad v = (0,3424) (1,78 \text{ m/s}) = 0,61 \text{ m/s, cumple}$$

$$d/D = 0,078$$

Futuro:

$$Q_{DIS} < Q$$

$$Q_{DIS} / Q = 0,61 / 32,47 = 0,01879$$

$$v/V = 0,3883; \quad v = (0,3883) (1,78 \text{ m/s}) = 0,69 \text{ m/s, cumple}$$

$$d/D = 0,0960$$

- Cotas Invert

$$PV - 1: \quad CIS = CT - h_m$$

$$CIS = 1343,76 \text{ m} - 1,40 = 1\ 342,36 \text{ m}$$

$$PV - 2: \quad CIE = CIS - \left(\frac{DH * S\%}{100} \right)$$

$$CIE = 1342,36 - \left(\frac{69,68 * 2,50\%}{100} \right) = 1340,628 \text{ m}$$

- Alturas de pozos

$$\text{PV} - 1: h_1 = \text{CT} - \text{CIS}: \quad h_1 = 1343,76 - 1342,36 = 1,40 \text{ m}$$

$$\text{PV} - 2: h_2 = \text{CT} - \text{CIE}: \quad h_2 = 1344,17 - 1340,628 = 3,54$$

CONCLUSIONES

1. El período de vida efectivo de un proyecto carretero depende en gran parte por el manejo de los recursos hídricos en las cuencas que interfiere directamente el tramo, por lo cual a la hora de realizar el diseño del tramo carretero que conduce de la aldea Sabana Redonda a San Rafaelito se hizo el análisis correspondiente y la conducción adecuada a la escorrentía superficial.
2. Un proyecto social es de beneficio para la población, haciendo un estudio socioeconómico en este caso se utilizará la TIR (Tasa Interna de Retorno) dando un resultado del 12 por ciento se obtuvo que no es factible, pero los proyectos de esta índole no tienen un fin económico sino un fin social de beneficio para la población, inducen el desarrollo y una mejor calidad de vida.
3. Todo proyecto nace como una necesidad social, y para que un proyecto sea exitoso tiene que sanear las necesidades por las cuales fue dado, el proyecto de alcantarillado sanitario brindará una solución técnica al problema de saneamiento ambiental, eliminando focos de contaminación, malos olores y enfermedades gastrointestinales, causados por las aguas residuales que corren a flor de tierra en muchos de los casos.
4. Para que la ejecución del proyecto sea cien por ciento efectivo apegado al diseño al momento de realizar los planos deben de llevar todas las especificaciones técnicas, para que no dar cabida a interpretaciones erróneas o asumir por parte de la supervisión.

5. Con el objetivo de tener una idea con mayor claridad del presupuesto del proyecto del tramo carretero que conduce de la aldea Sabana Redonda hacia la aldea San Rafaelito se puede decir que la longitud total del proyecto es de 2,14 km, con un costo aproximado de Q 7 917 169,56, por lo cual se puede decir que el costo por km del proyecto es de Q 3 699 611,94.

6. Para tener una mejor idea y comprensión del presupuesto del proyecto del alcantarillado sanitario para la aldea de Sabana Redonda se puede decir que la longitud total del proyecto es de 1,935 km, con un costo aproximado de Q 1 137 405,07 por lo cual se puede decir que el costo por km del proyecto es de Q 587 617 957.

RECOMENDACIONES

1. Mantener una pipa de agua para riego todos los días durante la construcción de la carretera, para evitar el polvo y conservar humedades óptimas para la conformación del material de capas de bases de la carretera.
2. El mercado actual de los materiales de construcción es muy fluctuante por lo que se recomienda que si la construcción de los proyectos no se realizan a corto plazo se deberán actualizar los precios de los materiales para que no exista variación en los fondos estimados que se necesiten para la ejecución de los proyectos.
3. Contar con el equipo de protección personal adecuado para todo aquel que labore en el proyecto, siguiendo las normas internacionales de seguridad industrial, como es el caso de cascos, guantes, gafas de protección, auditivos, mascarillas, chalecos con reflectivos y botas con punta de acero.
4. Al momento de la fundición si se realiza con concreto premezclado verificar la temperatura (entre 15 °C a 25 °C), la consistencia (*slump*), el tiempo de viaje del cemento, esto con el objetivo de garantizar las propiedades físicas, químicas y mecánicas, del concreto al no variar su resistencia.

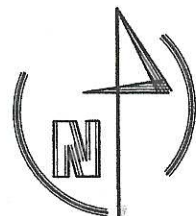
5. Antes de colocar la capa de material selecto, deberá removerse toda piedra mayor de 15 centímetros de diámetro así como todo vegetal que esté dentro del área de trabajo.
6. Los agregados, arena y pedrín, deberán estar libres de materia orgánica, arcilla o cualquier material que pueda reducir la resistencia o durabilidad del concreto.
7. Todo cambio que se haga en el proyecto deberá ser aprobado por los supervisores que estén a cargo del proyecto, debido a que si no están de acuerdo la parte constructora y supervisora, y toda la responsabilidad recaerá en la parte constructora.
8. Al momento de la colocación de la tubería de concreto verificar que la base donde se apoyará este con la pendiente uniforme sin presentar ningún cambio brusco, donde pueda generar concentración de esfuerzos y fracturando la tubería y con ello presentando fuga de líquidos que a la larga hará que falle el alcantarillado.

BIBLIOGRAFÍA

1. AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. *Desing procedures for new pavements: curso de diseño de pavimentos método AASHTO – 93*. Argentina: Universidad Nacional de San Juan Argentina: AASHTO 2000. 139 p.
2. CHACÓN VALDEZ, Henry Ernesto. *Diseño de pavimento rígido de la calzada principal de acceso al municipio de El Progreso y ampliación del sistema de agua potable de la aldea El Ovejero del municipio de El Progreso*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 1995. 125 p.
3. GUERRA VILLEDA, Wilder Ronaldo. *Sistema de alcantarillado sanitario para el municipio de San José y puente vehicular del caserío el corozal, municipio de San José, Petén*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 1998. 99 p.
4. LECLAIR, Raúl. *Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales: Convenio USAID: No. 596 – 0181.20*. Costa Rica: USAID, 2010. 560 p.

5. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental*. Acuerdo Gubernativo No. 23–2003. Guatemala: MARN, 2003. 90 p.

ANEXOS



San Rafael las Flores

FOSA SEPTICA

Aldea Sabana Redonda

RAMAL PRINCIPAL

Hacia el municipio de Casillas

RAMAL No. 3

RAMAL No. 2

PLANTA GENERAL

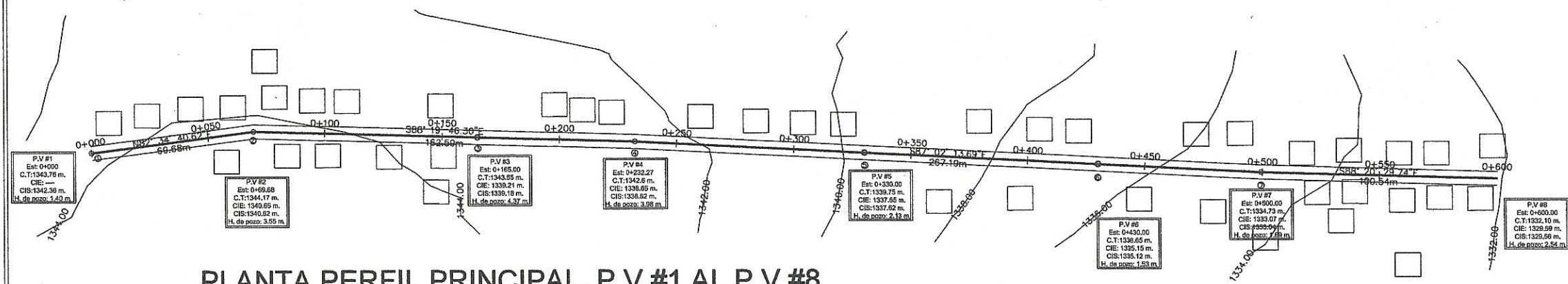
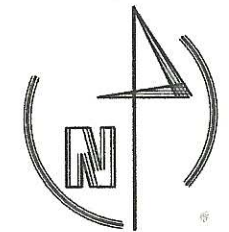
ESCALA 1:1200

Hacia Aldea Sabana Redonda



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

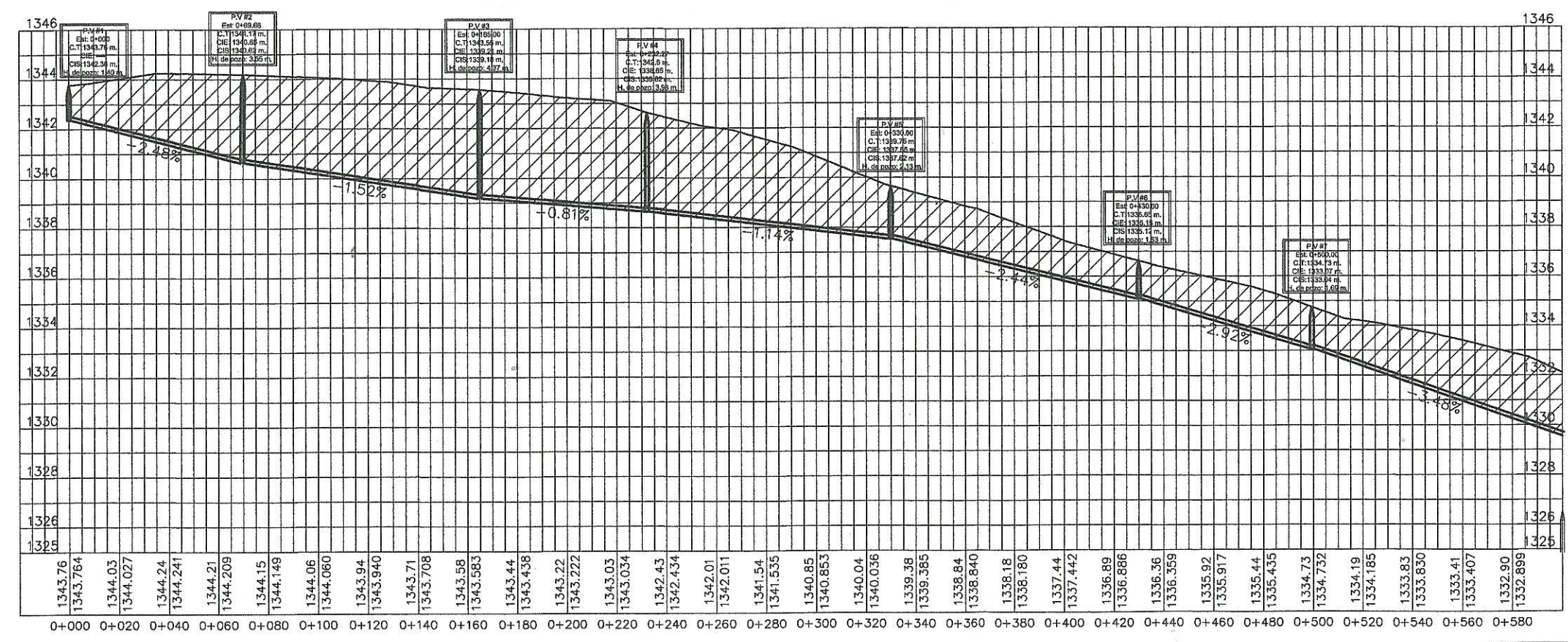
PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA ALCANTARILLADO PARA ALDEA SABANA REDONDA, SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA		ESCALA: INDICADA
CONTENIDO: PLANTA-PERFIL: RAMAL PRINCIPAL		FECHA: Septiembre 2013
DISEÑO: Eduardo Luis Ramos Lemus 200918019	DIBUJO: Eduardo Luis Ramos Lemus 200918019	HOJA: 1 / 7
Eduardo Luis Ramos Lemus ESTUDIANTE DE EPS		Ing. Manuel Arrivillaga Ochaeta



PLANTA PERFIL PRINCIPAL, P.V #1 AL P.V #8

ESCALA 1:1000

SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
—	TUBERIA PVC
○	POZO DE VISITA
—	CARRETERA CA-01 ORIENTE
PV	POZO DE VISITA
→	DIRECCION DEL FLUJO
□	CASA
□	ESCUELA
⬠	IGLESIA CATOLICA
⬠	PLANTA TRATAMIENTO AGUA RESIDUAL
⬠	POZO DE VISITA PERFIL
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
H	ALTURA DEL POZO DE VISITA
CT	COTA O ALTURA DEL TERRENO
DH	DISTANCIA HORIZONTAL
PVC	TUBERIA CLORURO DE POLIVINIL
S	PENDIENTE DE LA TUBERIA



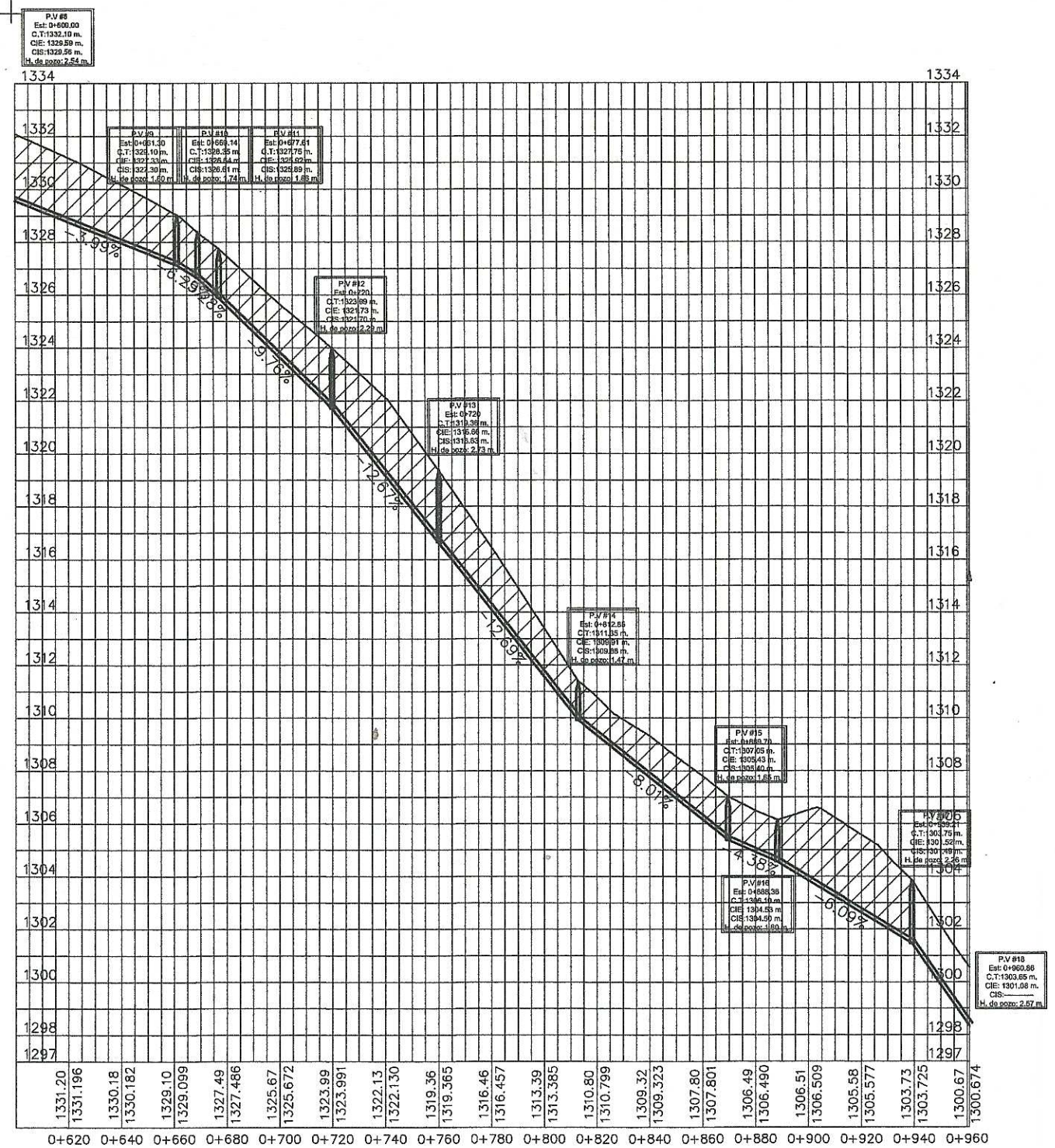
PERFIL RAMAL PRINCIPAL, P.V #1 AL P.V #8

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:100

PLANTA PERFIL, RAMAL PRINCIPAL

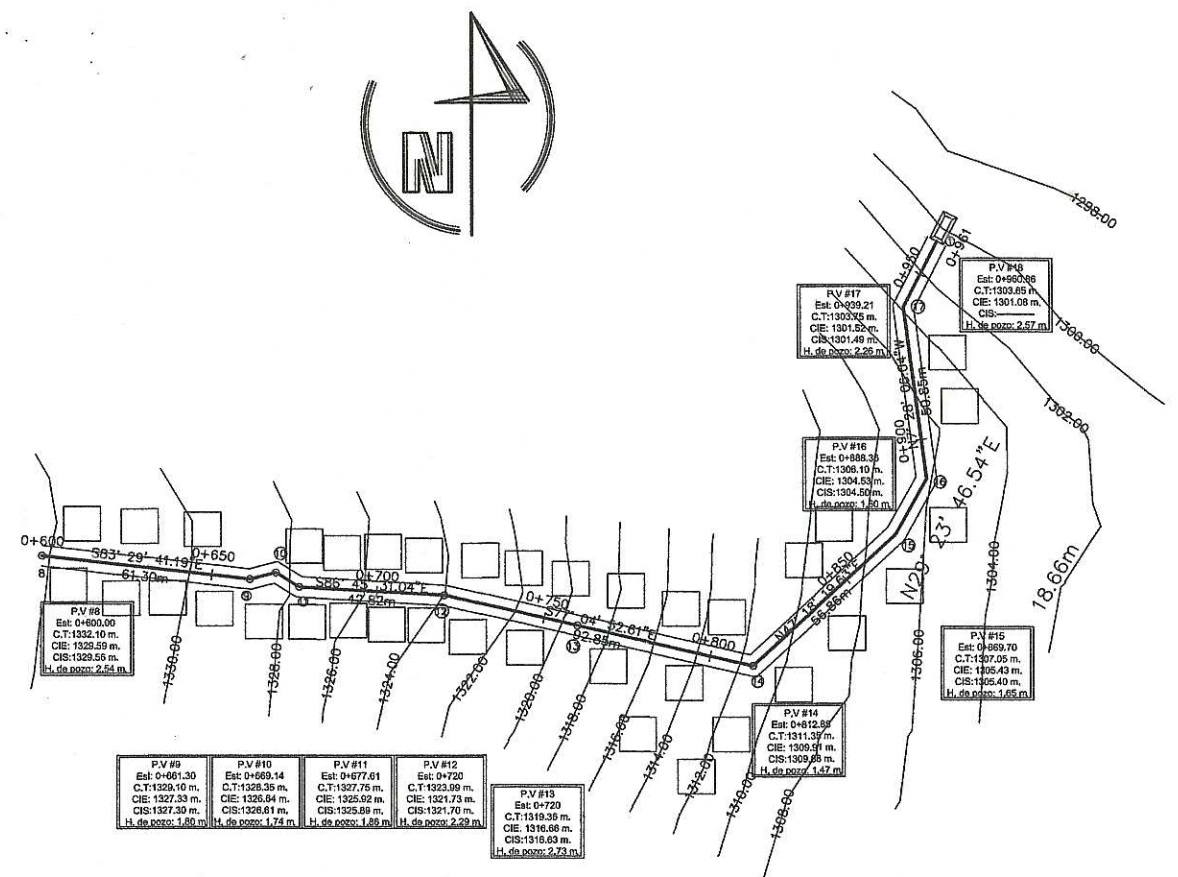
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA ALCANTARILLADO PARA ALDEA SABANA REDODA, SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA	
CONTENIDO: PLANTA—PERFIL: RAMAL PRINCIPAL	ESCALA: INDICADA
DISEÑO: Eduardo Luis Ramos Lemus 20081819	FECHA: Septiembre 2013
DISEÑO: Eduardo Luis Ramos Lemus 20081819	HOJA: 2
MANUEL ARRIVILAGA OCHAETA	



PERFIL RAMAL PRINCIPAL, P.V #8 AL P.V #18

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:100



PLANTA PERFIL PRINCIPAL, P.V #8 AL P.V #18

ESCALA 1:1000

PLANTA PERFIL, RAMAL PRINCIPAL

SIMBOLOGÍA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
—	TUBERIA PVC
○	POZO DE VISITA
—	CARRRETERA CA-01 ORIENTE
—	POZO DE VISITA
→	DIRECCION DEL FLUJO
□	CASA
□	ESCUELA
◇	IGLESIA CATOLICA
□	PLANTA TRATAMIENTO AGUA RESIDUAL
—	POZO DE VISITA PERFIL
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
H	ALTURA DEL POZO DE VISITA
CT	COTA O ALTURA DEL TERRENO
DH	DISTANCIA HORIZONTAL
PVC	TUBERIA CLORURO DE POLIVINIL
S	PENDIENTE DE LA TUBERIA

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

PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA ALCANTARILLADO PARA, ALDEA SABANA REDODA, SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA

CONTENIDO: PLANTA—PERFIL: RAMAL PRINCIPAL

ESCALA: INDICADA

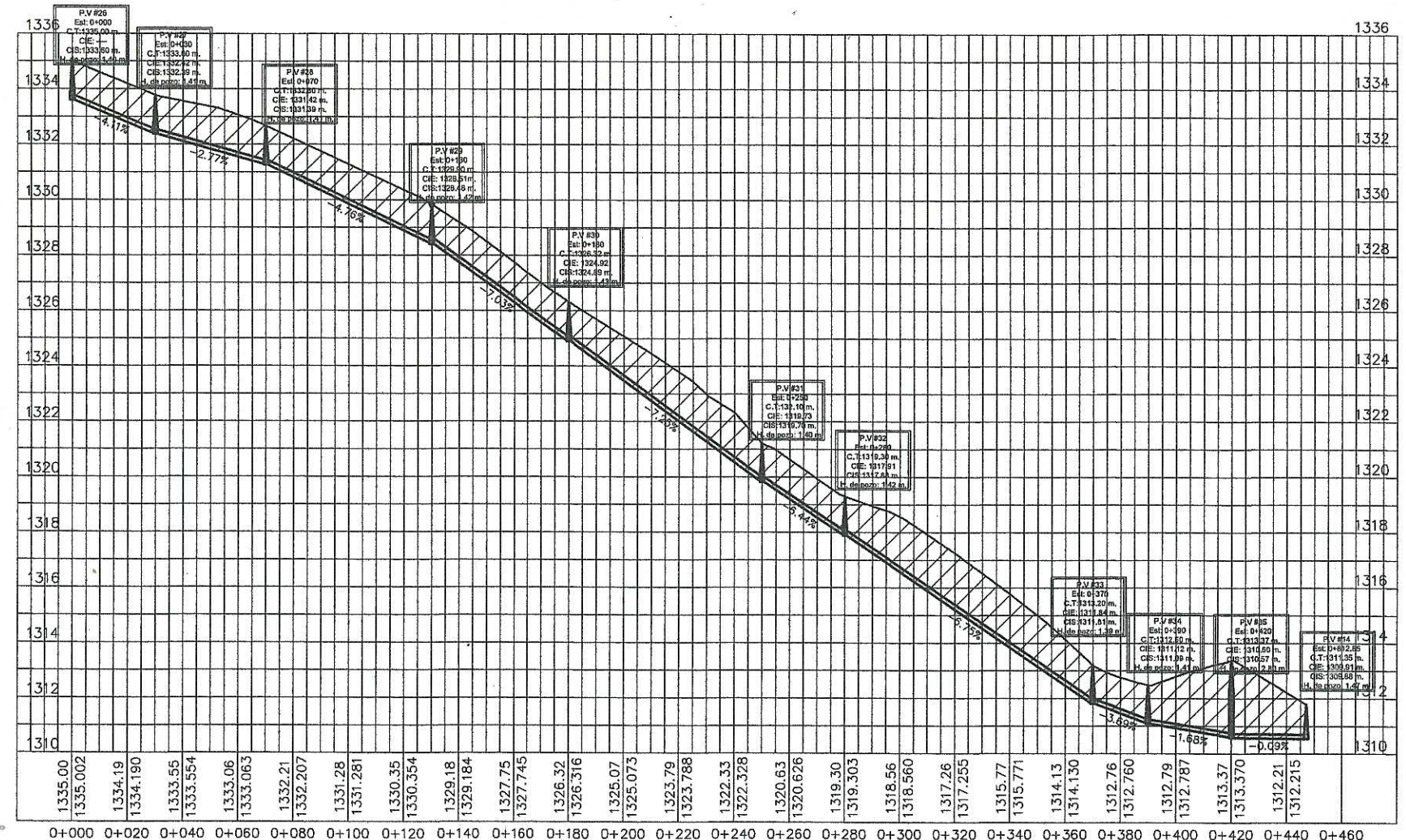
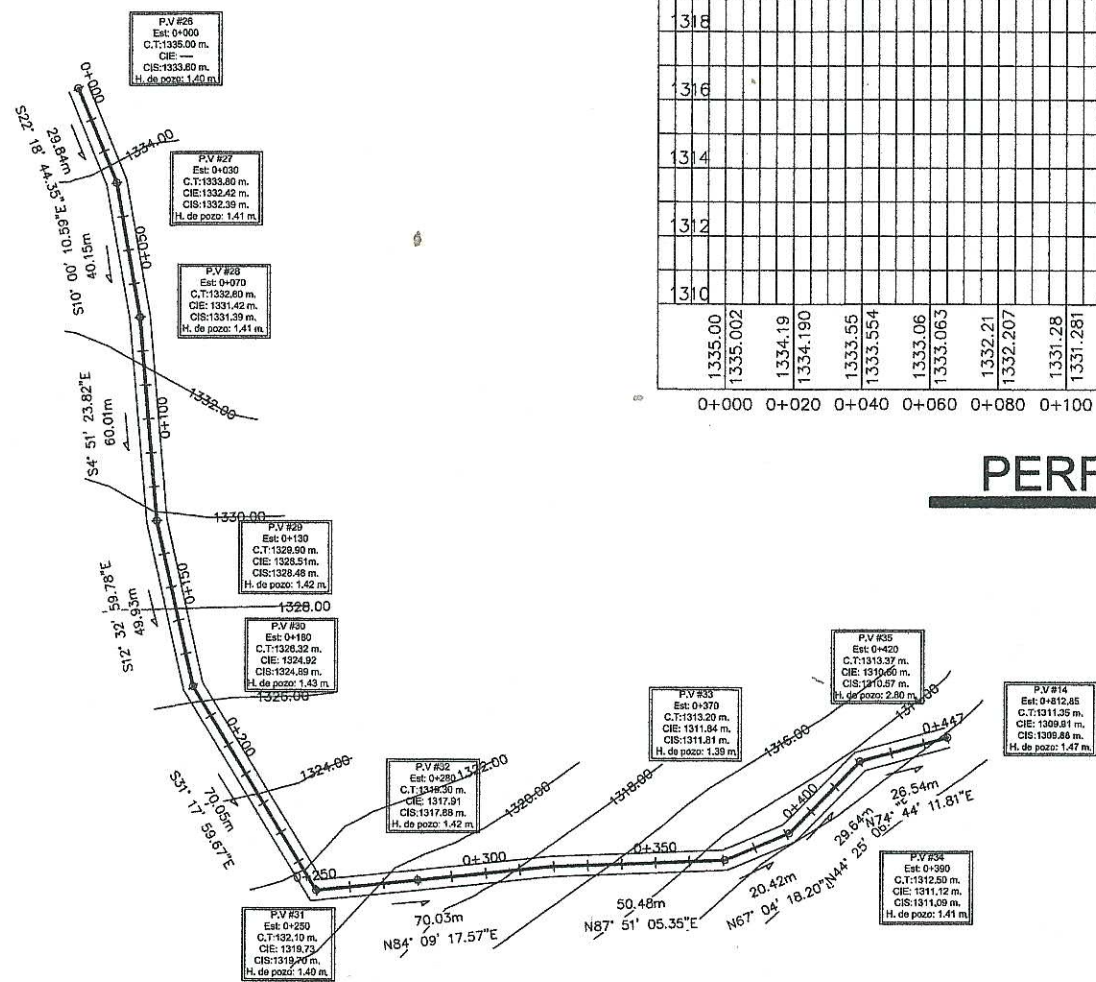
FECHA: Septiembre 2013

HOJA: 3 / 7

EDUARDO LUIS RAMOS LEMUS
ESTUDIANTE DE EPS

ING. MANUEL ARRILLAGA OCHAETA

SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
—	TUBERÍA PVC
○	POZO DE VISITA
—	CARRETERA CA-01 ORIENTE
PV	POZO DE VISITA
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO
□	CASA
□	ESCUELA
◇	IGLESIA CATOLICA
□	PLANTA TRATAMIENTO AGUA RESIDUAL
—	POZO DE VISITA PERFIL
CE	COTA INVERT DE ENTRADA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
H	ALTURA DEL POZO DE VISITA
CT	COTA O ALTURA DEL TERRENO
DH	DISTANCIA HORIZONTAL
PVC	TUBERÍA CLORURO DE POLIVINIL
S	PENDIENTE DE LA TUBERÍA




PERFIL RAMAL #2, P.V #26 AL P.V #35

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:100

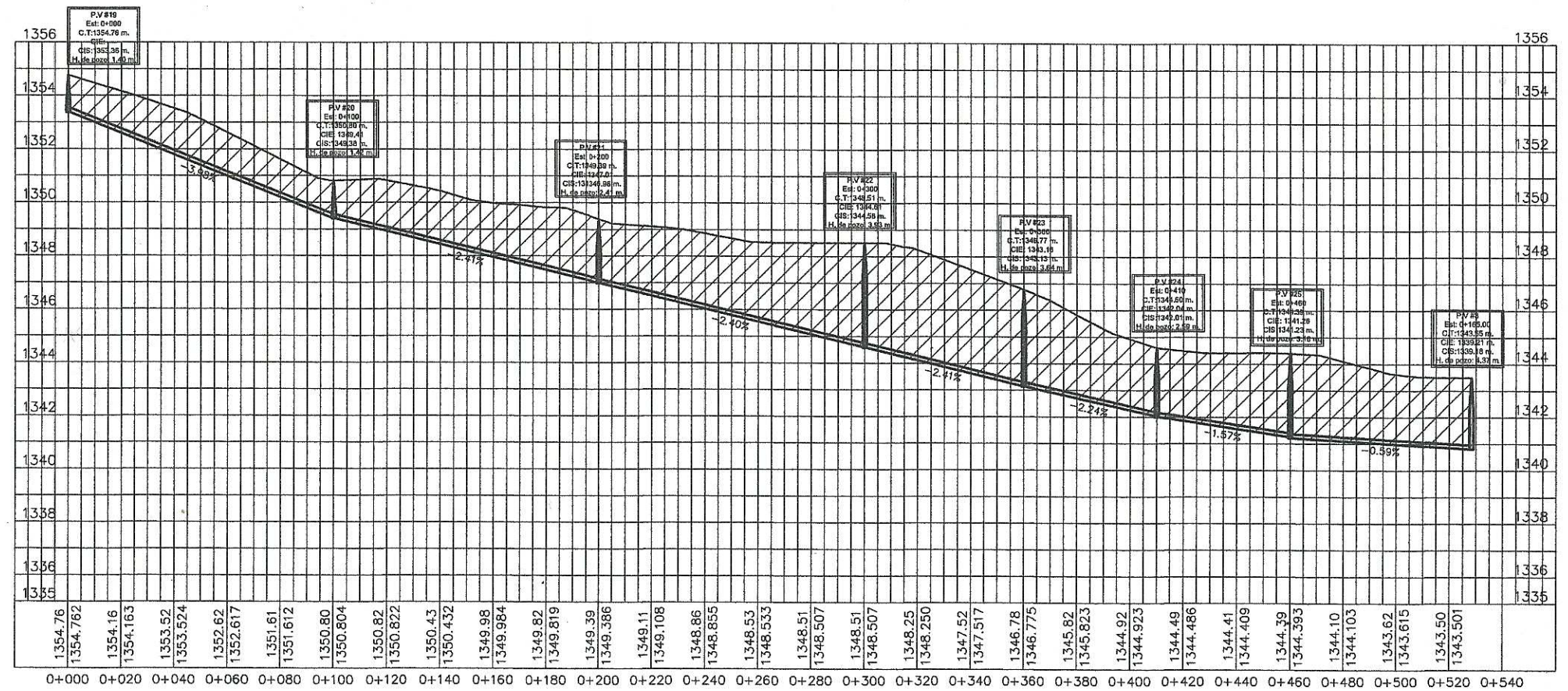
PLANTA PERFIL, RAMAL #2

PLANTA RAMAL #2, P.V #26 AL P.V #35

ESCALA 1:1000

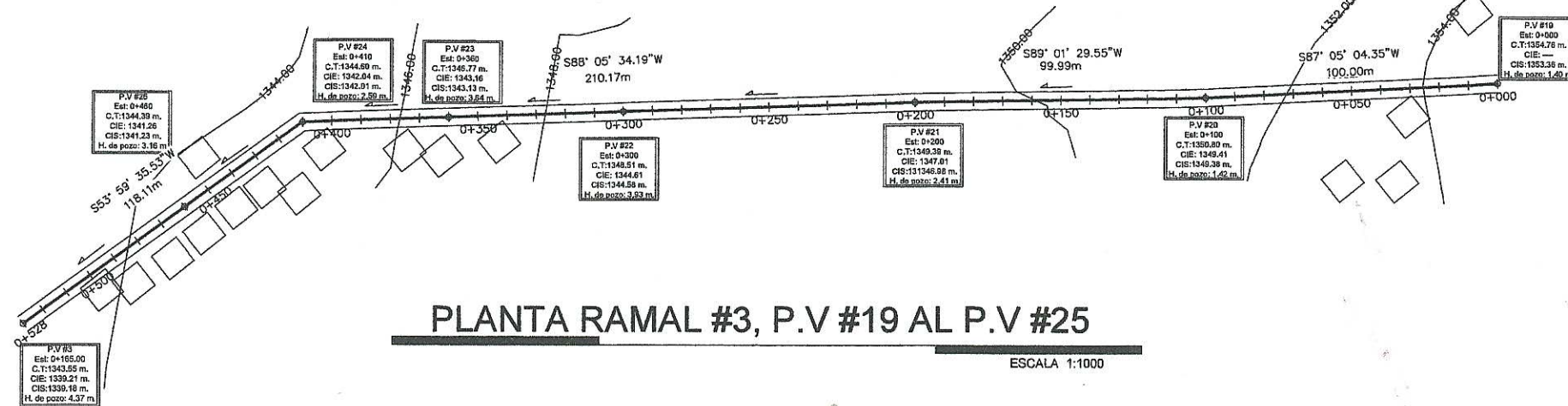
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
PROYECTO:	DISEÑO DE SISTEMA ALCANTARILLADO PARA, ALDEA SABANA REDODA, SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA	
CONTENIDO:	PLANTA—PERFIL: RAMAL PRINCIPAL	ESCALA: INDICADA
DISEÑO:	Eduardo Luis Ramos Lemus 200816819	FECHA: Septiembre 2013
		HOJA: 4 / 7
EDUARDO LUIS RAMOS LEMUS ESTUDIANTE DE EPS		ING. MANUEL ARRIVALLAGA SCHAETA

SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
—	TUBERIA PVC
○	POZO DE VISITA
—	CARRETERA CA-01 ORIENTE
PV	POZO DE VISITA
→	DIRECCION DEL FLUJO
□	CASA
□	ESCUELA
◇	IGLESIA CATOLICA
□	PLANTA TRATAMIENTO AGUA RESIDUAL
—	POZO DE VISITA PERFIL
CIE	COTA INVERT DE ENTRADA
CIS	COTA INVERT DE SALIDA
H	ALTURA DEL POZO DE VISITA
CT	COTA O ALTURA DEL TERRENO
DH	DISTANCIA HORIZONTAL
PVC	TUBERIA CLORURO DE POLIVINIL
S	PENDIENTE DE LA TUBERIA



PERFIL RAMAL #3, P.V #19 AL P.V #25

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:100



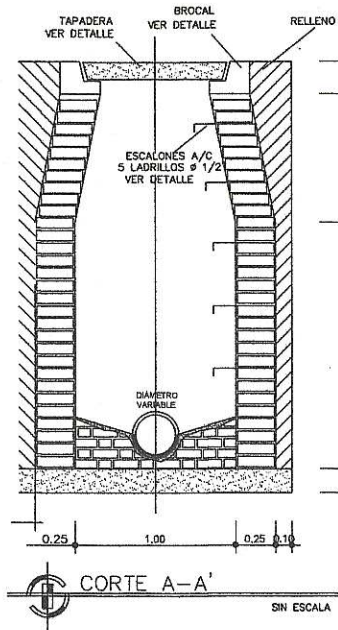
PLANTA RAMAL #3, P.V #19 AL P.V #25

ESCALA 1:1000

PLANTA PERFIL, RAMAL #3

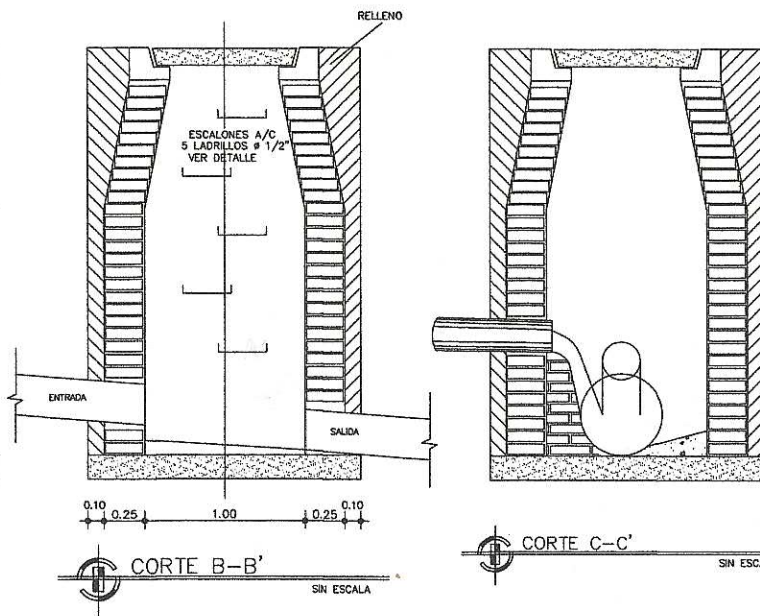
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA ALCANTARILLADO PARA ALDEA SABANA REDODA, SAN RAFAEL-LAS FLORES, SANTA ROSA	
CONTENIDO: PLANTA-PERFIL: RAMAL PRINCIPAL	ESCALA: INDICADA
DISEÑO: Eduardo Luis Ramos Lemus 200818819	FECHA: Septiembre 2013
	
EDUARDO LUIS RAMOS LEMUS ESTUDIANTE DE EPS	
ING. MANUEL ABRIGADO OCHOA	
5 / 7	

POZO DE VISITA TÍPICO



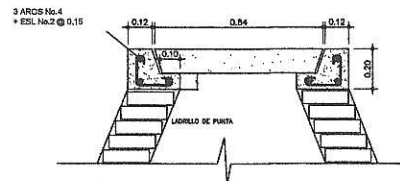
CORTE A-A'
SIN ESCALA

POZO DE VISITA DE 2 ENTRADAS

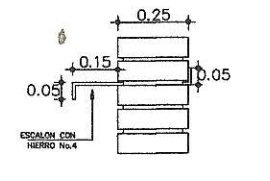


CORTE B-B'
SIN ESCALA

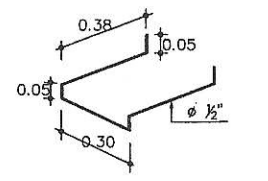
CORTE C-C'
SIN ESCALA



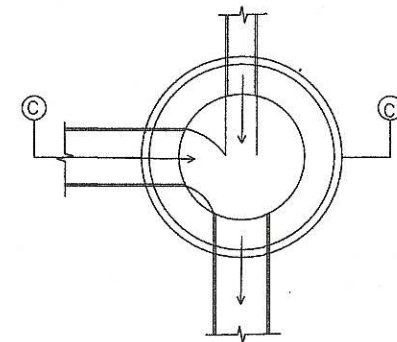
DETALLE DE BROCAL
SIN ESCALA



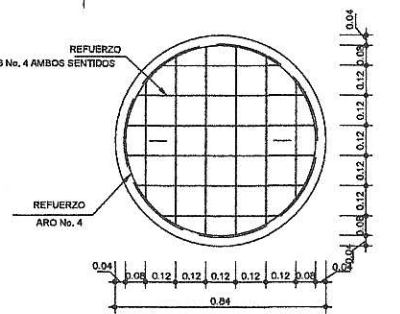
DETALLE DE ESCALON ELEVACION
SIN ESCALA



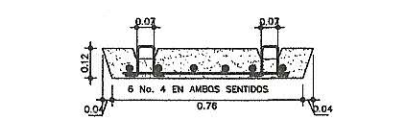
DETALLE DE ESCALON ISOMETRICO
SIN ESCALA



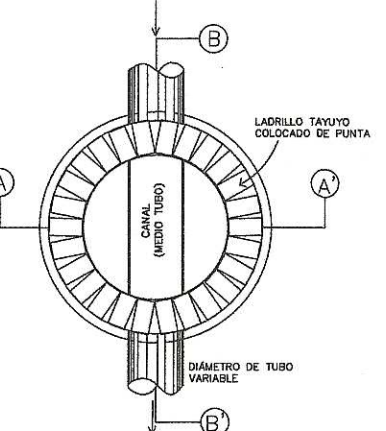
POZO DE VISITA 2 ENTRADAS
SIN ESCALA



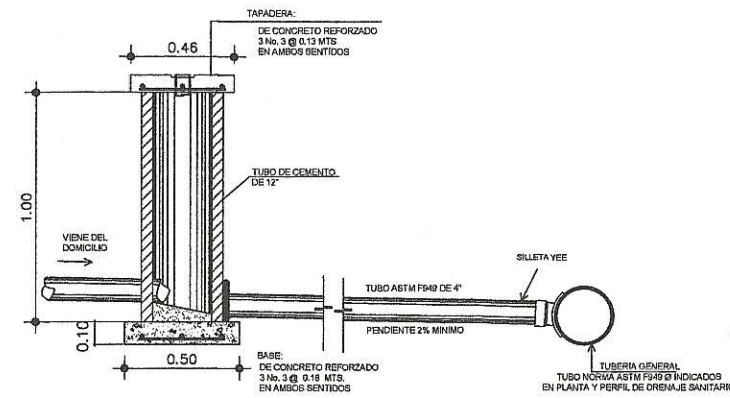
REFUERZO ARO No. 4



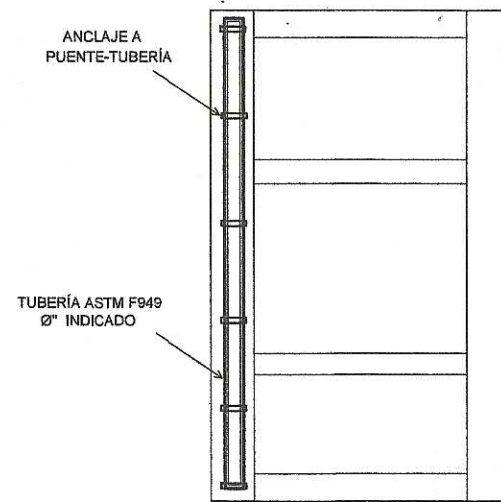
TAPADERA DE POZO
PLANTA Y SECCIÓN SIN ESCALA



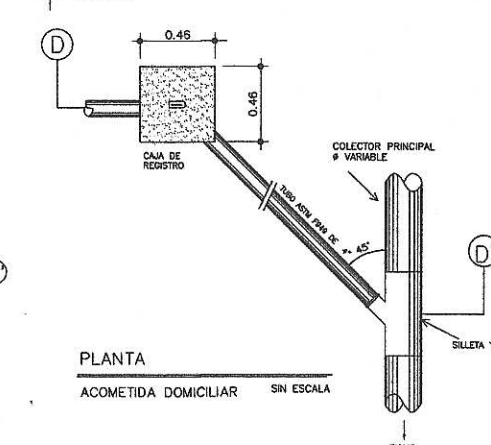
POZO DE VISITA
PLANTA SIN ESCALA



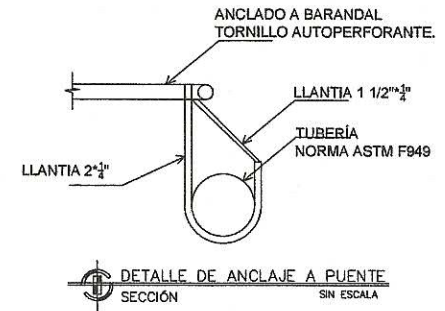
ACOMETIDA DOMICILIAR
CORTE D-D' SIN ESCALA



DETALLE DE ANCLAJE A PUENTE DE TUBERÍA
PLANTA SIN ESCALA



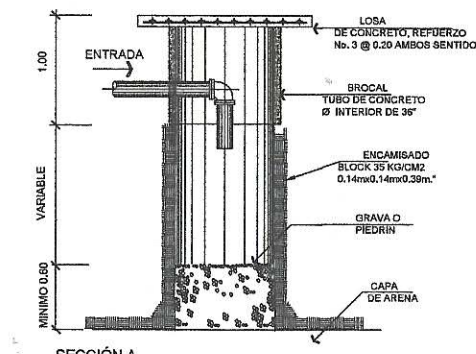
PLANTA
ACOMETIDA DOMICILIAR SIN ESCALA



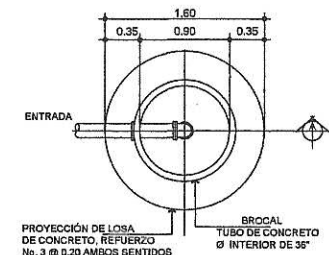
DETALLE DE ANCLAJE A PUENTE
SECCIÓN SIN ESCALA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

- CONCRETO:**
- El concreto debe tener una resistencia a la compresión de 210 kg/cm² (3000 psi).
 - El agregado grueso deberá tener un mínimo de D=1/2" y un máximo de 1 1/2"
 - El recubrimiento mínimo para la base será de 7.5cm y de 3 a 5 cm para la tapadera.
- ACERO:**
- El acero debe tener un fy=2810kg/cm².
- AGUA:**
- Relación agua/cemento máxima permisible 29.3 l/saco cemento
- MAMPOSTERÍA:**
- El ladrillo a usar en pozos de visita sera de barro cocido tipo tayuyo de 6.5 x 11x 23 cm
 - La mampostería será conforme a la norma ASTM C-62.
 - El ladrillo tayuyo tendrá una resistencia a la compresión mínima de 84 kg/cm².
- MORTERO:**
- El agua a utilizar debe ser limpia y libre de cualquier sustancia dañina.
 - El cemento a utilizar debe ser Portland tipo 1, ASTM C-150.
 - Se utilizará arena de río seca, ASTM C-144C.
- TUBERÍA:**
- Toda la tubería deberá cumplir con la norma ASTM F949.
 - No debe utilizarse tubería de diámetro menor a lo especificado en planos.
 - Toda la tubería se colocara alineada y con la pendiente especificada en planos.
- CANDELA:**
- La caja de registro debe ser un tubo de concreto de diámetro de 12" con su respectiva base y tapadera.
 - La profundidad mínima debe ser de 0.90m.
 - La tubería para conexiones domiciliars debe ser tubería ADS de diámetro 4" para alcantarillado sanitario segun norma ASTM F 949.
- NOTAS:**
- Las tapaderas y brocales deberán curarse según las especificaciones del ACI 318, antes de su colocación.
 - Los pozos deberán identificarse de acuerdo al plano de red general.



SECCIÓN A



PLANTA DE POZO DE ABSORCIÓN
SIN ESCALA

SECCIÓN POZO DE ABSORCIÓN
SIN ESCALA

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

PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA ALCANTARILLADO PARA, ALDEA SABANA REDODA, SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA

CONTENIDO: PLANTA-PERFIL: RAMAL PRINCIPAL

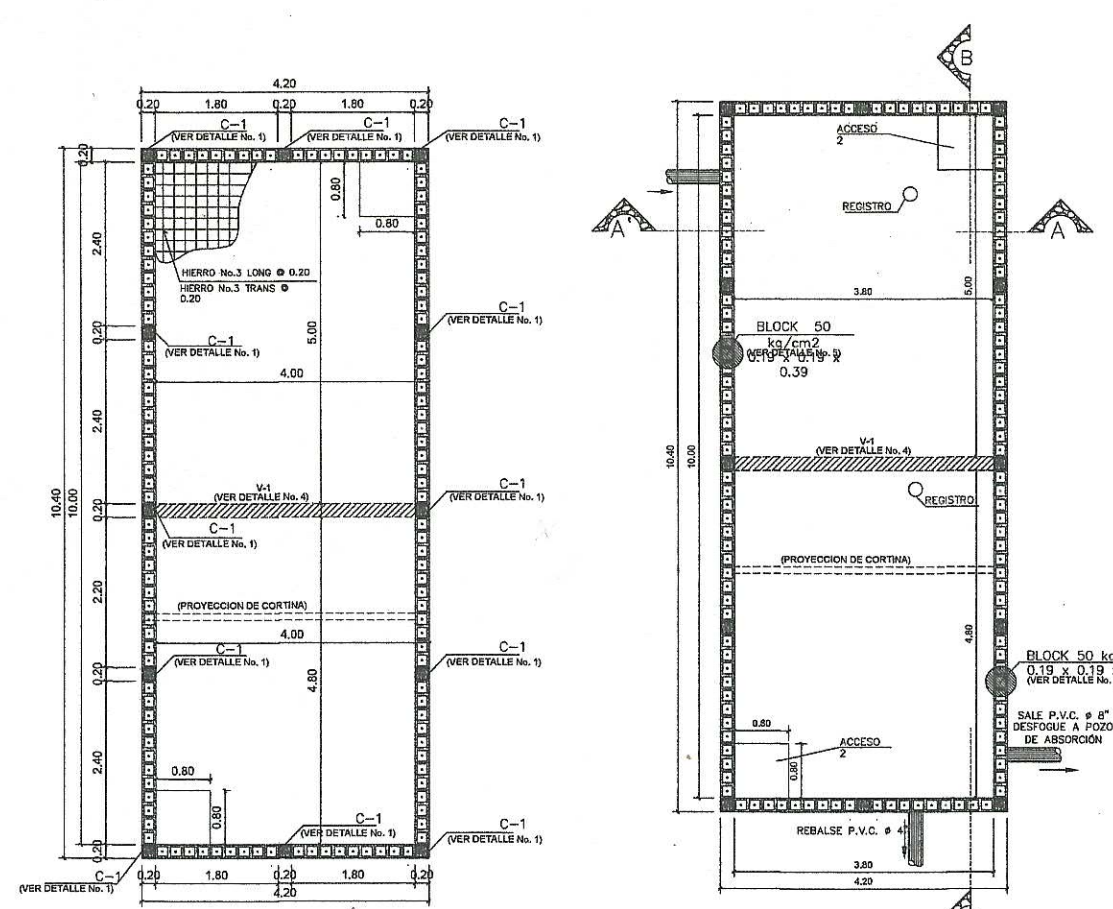
ESCALA: INDICADA

FECHA: Septiembre 2013

HOJA: 6

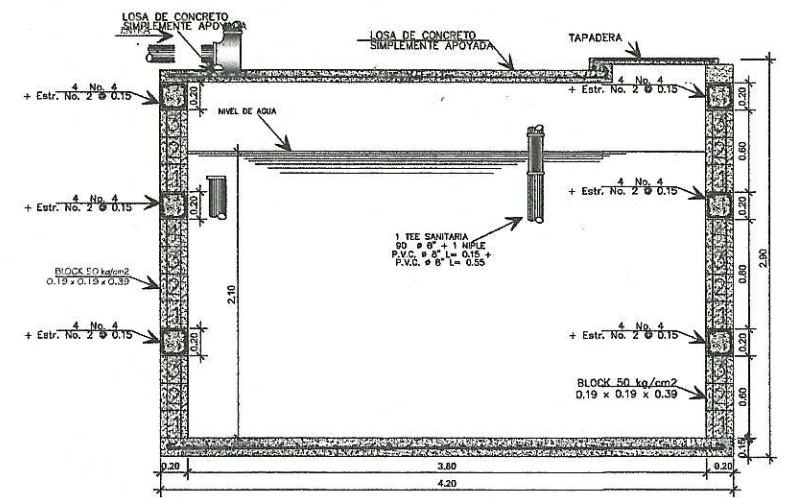
ING. MANUEL ARRULLA OCHETZ

EDUARDO LUIS RAMOS LEMUS ESTUDIANTE DE EPS

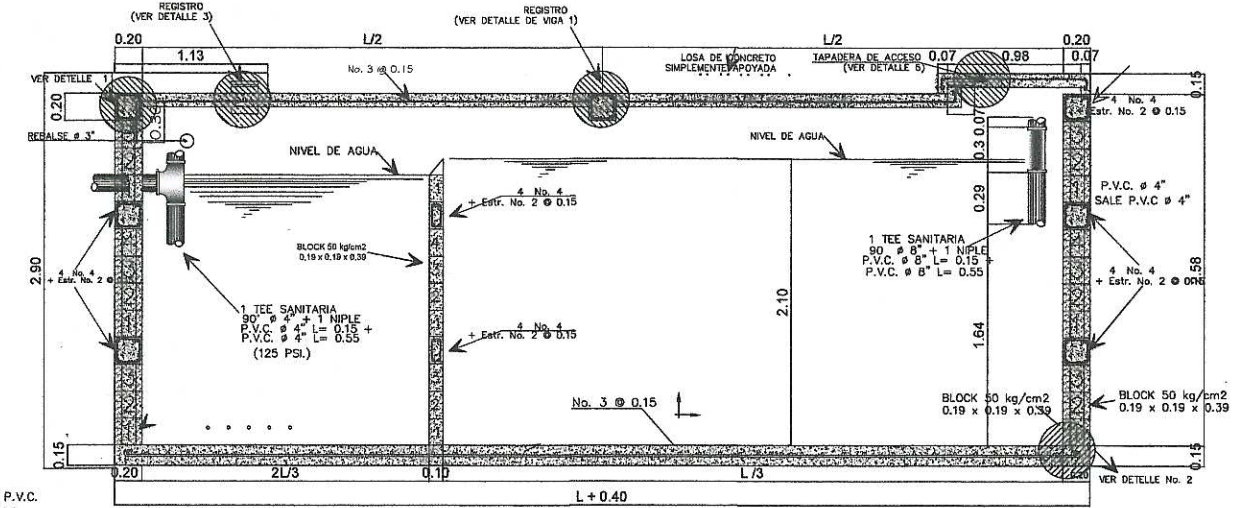


PLANTA FOSA SÉPTICA
FOSA SÉPTICA CON CAPACIDAD DE 80M³ SIN ESCALA

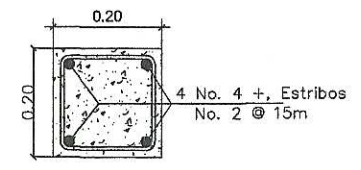
DETALLE DE FOSA SÉPTICA
FOSA SÉPTICA CON CAPACIDAD DE 80M³ SIN ESCALA



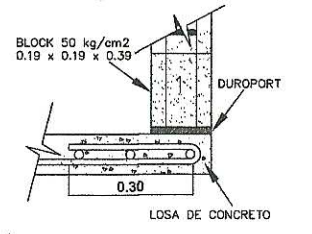
CORTE A-A'
FOSA SÉPTICA CON CAPACIDAD DE 80M³ SIN ESCALA



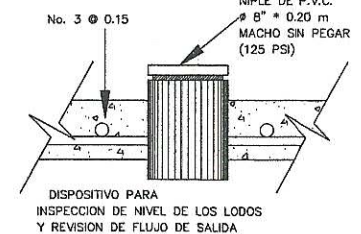
CORTE B-B'
FOSA SÉPTICA CON CAPACIDAD DE 80M³ SIN ESCALA



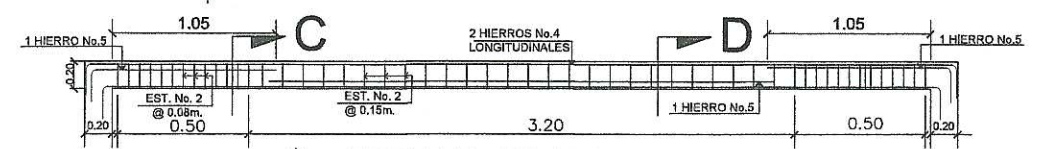
DETALLE DE COLUMNA C-1
DETALLE No. 1 SIN ESCALA



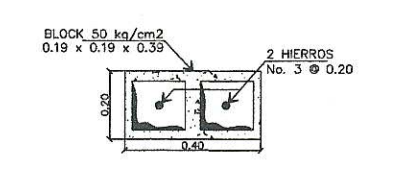
DETALLE 2
DETALLE No. 2 SIN ESCALA



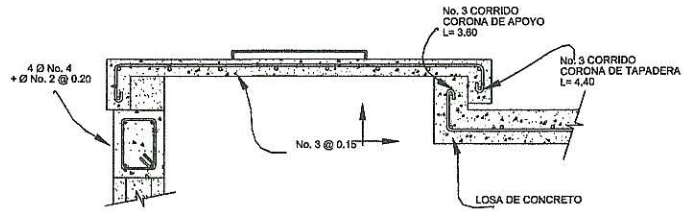
DETALLE DE REGISTRO
DETALLE No. 3 SIN ESCALA



DETALLE DE VIGA V-1
DETALLE No. 4 SIN ESCALA



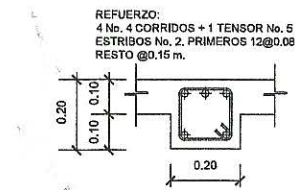
DETALLE DE BLOCK
DETALLE No. 5 SIN ESCALA



DETALLE DE TAPADERA
DETALLE No. 6 SIN ESCALA



CORTE C
DETALLE DE VIGA SIN ESCALA



CORTE D
DETALLE DE VIGA SIN ESCALA

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

- Concreto: La resistencia mínima del concreto utilizado sera de 210kg/cm² el concreto sera en la proporción (1:2:2) 0.8 sacos de cemento; 0.53 m³ de arena de río; 0.78 m³ de pedrín de 3/8", por cada m³ de concreto.
 - El agregado grueso debera tener un mínimo de D=1/2" y un máximo de 1 1/2"
 - El recubrimiento mínimo para la base será de 7.5cm y de 3 a 5 cm para la tapadera.
 - Acero: El acero utilizado tendra una resistencia de grado 40 (2810 Kg/cm²) y se debera verificar que las varillas contengan el grado, el diametro indicado en planos.
 - Block: Todas las paredes de mamposteria se utilizara block pomez de 0.14mx0.19mx0.39m con una resistencia a la compresion de 50Kg/cm².
 - Las barras superiores se deben empalmar en el centro de la luz libre de la viga
 - Las barras de acero inferior se deben empalmar cerca de los extremos de la viga y dentro de 1/3 de la luz libre.
 - Los empalmes en columnas se deben realizar dentro del 1/3 central de la luz libre de la columna.
 - Se debe realizar los empalmes en forma escalonada, en diferente altura dentro del tercio central de la luz libre de la columna.
- Ganchos de estribos:
- El gancho de un estribo cerrado de confinamiento, tendra una longitud no menor de 7.5cm y se proyecta hacia el interior del estribo.
 - Se debe de colocar el doble de los estribos en forma alterna, en diferente barra longitudinal.
- NOTAS:
- Las tapaderas y brocales deberan curarse segun las especificaciones del ACI 316, antes de su colocación.

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

PROYECTO: DISEÑO DE SISTEMA ALCANTARILLADO PARA, ALDEA SABANA REDODA, SAN RAFAEL LAS FLORES, SANTA ROSA

CONTENIDO: PLANTA-PERFIL: RAMAL PRINCIPAL

ESCALA: INDICADA

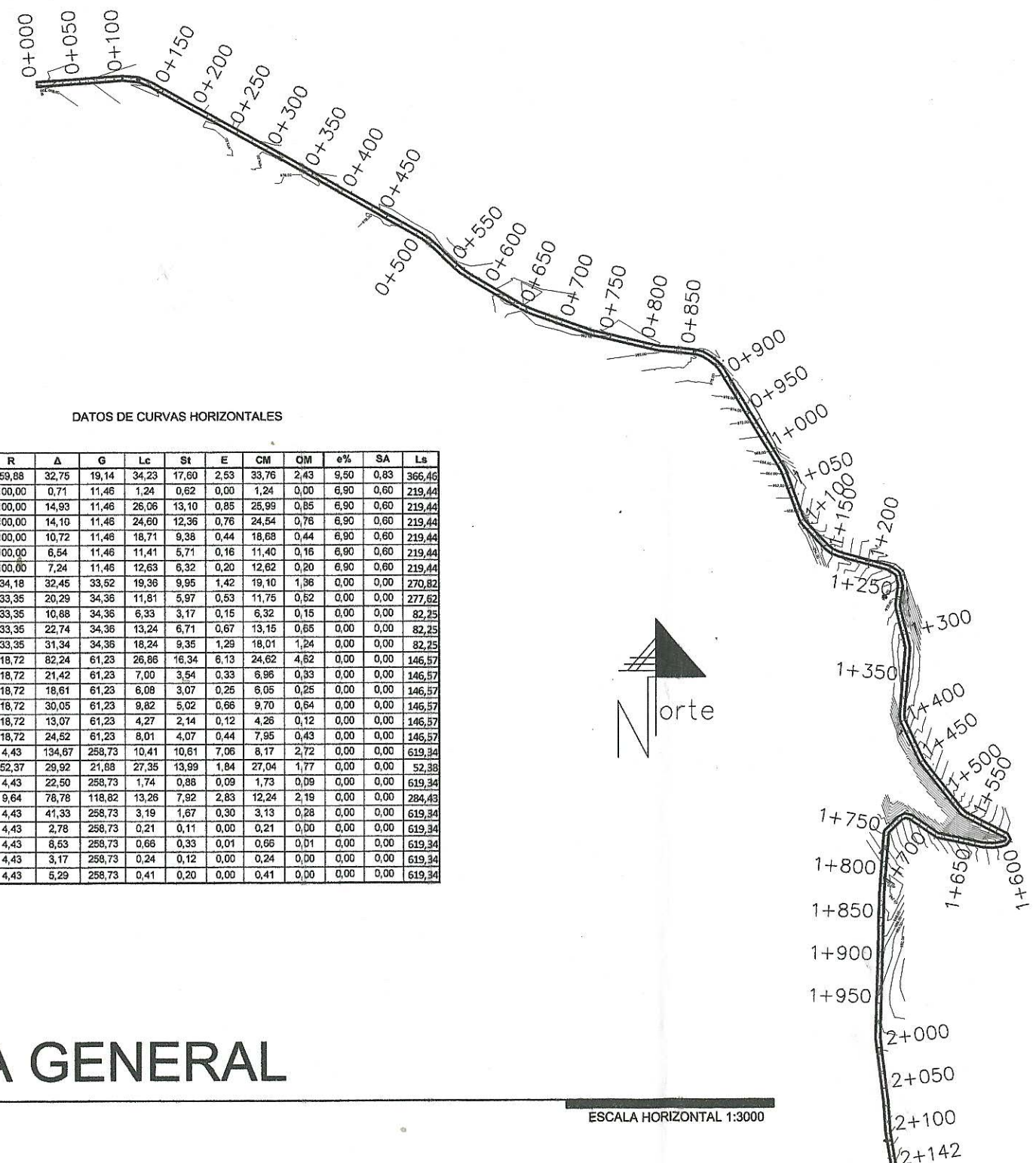
FECHA: Septiembre 2013

DISEÑO: Eduardo Luis Ramos Lemus 200818519

REVISOR: Eduardo Luis Ramos Lemus 200818519

EDUARDO LUIS RAMOS LEMUS ESTUDIANTE DE EPS

ING. MANUEL ARRIBLAGA OCHETA



SIMBOLOGÍA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
PI	PUNTO DE INTERSECCIÓN
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
R	RADIO
LC	LONGITUD DE CURVA
Δ	DELTA
ICV	INICIO DE CURVA VERTICAL
PIV	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
FCV	FIN DE CURVA VERTICAL
K	CONSTANTE QUE DEPENDE DE LA VELOCIDAD DEL DISEÑO
LCV	LONGITUD DE CURVA VERTICAL

DATOS DE CURVAS HORIZONTALES

No.	Estación	R	Δ	G	Lc	St	E	CM	OM	e%	SA	Ls
1	0+100.13	59,88	32,75	19,14	34,23	17,60	2,53	33,76	2,43	9,50	0,83	366,46
2	0+302.19	100,00	0,71	11,46	1,24	0,62	0,00	1,24	0,00	6,90	0,60	219,44
3	0+492.96	100,00	14,93	11,46	26,06	13,10	0,85	25,99	0,85	6,90	0,60	219,44
4	0+546.50	100,00	14,10	11,46	24,60	12,36	0,76	24,54	0,76	6,90	0,60	219,44
5	0+636.73	100,00	10,72	11,46	18,71	9,38	0,44	18,68	0,44	6,90	0,60	219,44
6	0+720.35	100,00	6,54	11,46	11,41	5,71	0,16	11,40	0,16	6,90	0,60	219,44
7	0+799.95	100,00	7,24	11,46	12,63	6,32	0,20	12,62	0,20	6,90	0,60	219,44
8	0+850.97	34,18	32,45	33,52	19,36	9,95	1,42	19,10	1,36	0,00	0,00	270,82
9	0+879.29	33,35	20,29	34,36	11,81	5,97	0,53	11,75	0,52	0,00	0,00	277,62
10	1+024.12	33,35	10,88	34,36	6,33	3,17	0,15	6,32	0,15	0,00	0,00	82,25
11	1+084.36	33,35	22,74	34,36	13,24	6,71	0,67	13,15	0,65	0,00	0,00	82,25
12	1+131.51	33,35	31,34	34,36	18,24	9,35	1,29	18,01	1,24	0,00	0,00	82,25
13	1+209.53	18,72	82,24	61,23	26,86	16,34	6,13	24,62	4,62	0,00	0,00	146,57
14	1+257.37	18,72	21,42	61,23	7,00	3,54	0,33	6,96	0,33	0,00	0,00	146,57
15	1+307.58	18,72	18,61	61,23	6,08	3,07	0,25	6,05	0,25	0,00	0,00	146,57
16	1+388.81	18,72	30,05	61,23	9,82	5,02	0,66	9,70	0,64	0,00	0,00	146,57
17	1+446.87	18,72	13,07	61,23	4,27	2,14	0,12	4,26	0,12	0,00	0,00	146,57
18	1+522.20	18,72	24,52	61,23	8,01	4,07	0,44	7,95	0,43	0,00	0,00	146,57
19	1+583.36	4,43	134,67	258,73	10,41	10,61	7,06	8,17	2,72	0,00	0,00	619,34
20	1+595.68	52,37	29,92	21,68	27,35	13,99	1,84	27,04	1,77	0,00	0,00	52,38
21	1+674.30	4,43	22,50	258,73	1,74	0,88	0,09	1,73	0,09	0,00	0,00	619,34
22	1+712.94	9,64	78,78	118,82	13,26	7,92	2,83	12,24	2,19	0,00	0,00	284,43
23	1+747.25	4,43	41,33	258,73	3,19	1,67	0,30	3,13	0,28	0,00	0,00	619,34
24	1+821.11	4,43	2,78	258,73	0,21	0,11	0,00	0,21	0,00	0,00	0,00	619,34
25	1+990.21	4,43	8,63	258,73	0,66	0,33	0,01	0,66	0,01	0,00	0,00	619,34
26	2+065.77	4,43	3,17	258,73	0,24	0,12	0,00	0,24	0,00	0,00	0,00	619,34
27	2+099.80	4,43	5,29	258,73	0,41	0,20	0,00	0,41	0,00	0,00	0,00	619,34

PLANTA GENERAL

ESCALA HORIZONTAL 1:3000

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

PROYECTO: DISEÑO DE CARRETERA QUE CONDUCE DE LA ALDEA SABANA REDONDA A LA ALDEA SAN RAFAELITO

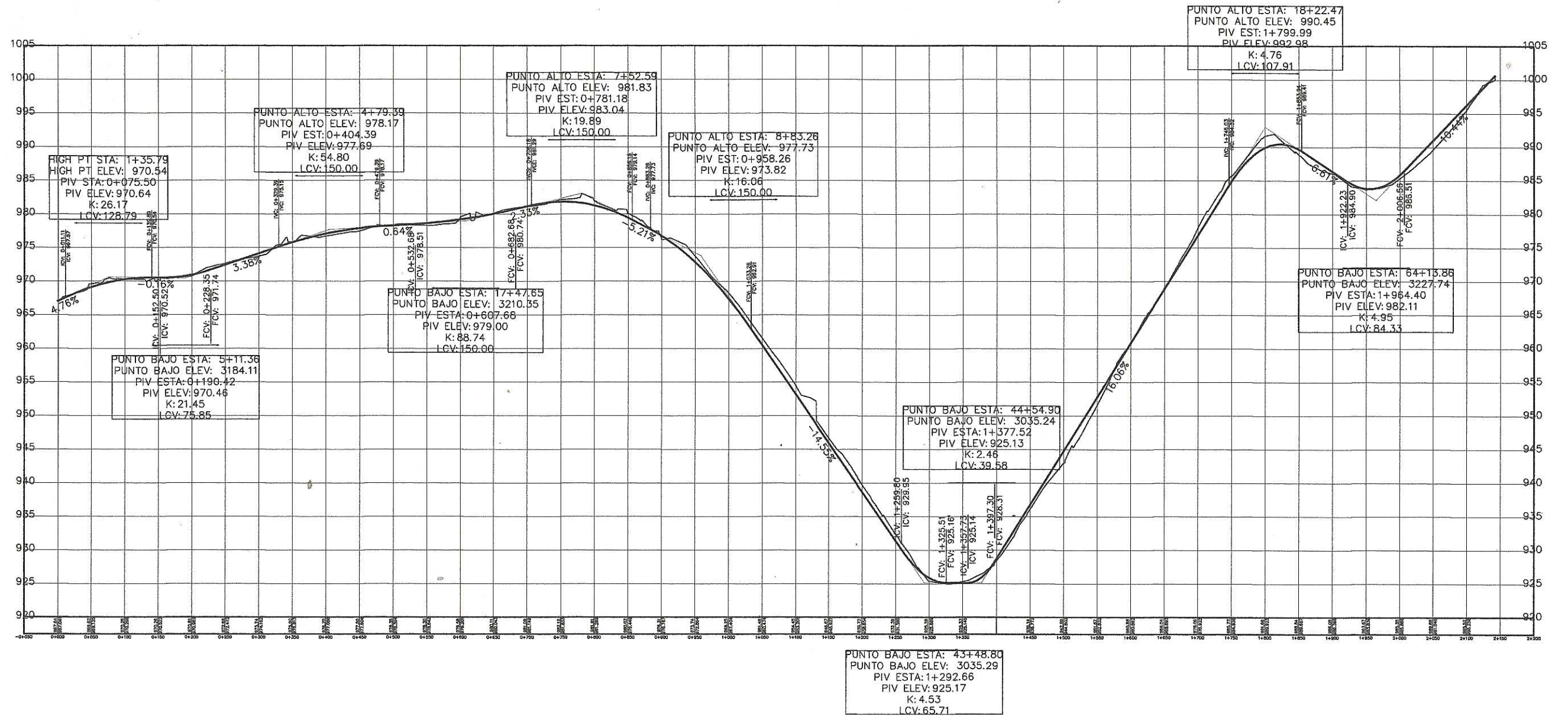
CONVENIO: PERFIL GENERAL ESCALA: INDICADA

DISEÑO: Eduardo Luis Ramos Lemus FECHA: Septiembre 2013

EDUARDO LUIS RAMOS LEMUS ESTUDIANTE DE EPS NO. MANUEL ARRIVILLAGA OCHOA

1


9



PERFIL GENERAL

ESCALA HORIZONTAL 1:3000
ESCALA VERTICAL 1:300

SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
PI	PUNTO DE INTERSECCION
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
R	RADIO
LC	LONGITUD DE CURVA
Δ	DELTA
ICV	INICIO DE CURVA VERTICAL
PIV	PUNTO DE INTERSECCION VERTICAL
FCV	FIN DE CURVA VERTICAL
K	CONSTANTE QUE DEPENDE DE LA VELOCIDAD DEL DISEÑO
LCV	LONGITUD DE CURVA VERTICAL



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

PROYECTO: DISEÑO DE CARRETERA QUE CONDUCE DE LA ALDEA SABANA REDONDA A LA ALDEA SAN RAFAELITO

CONTENIDO: **PERFIL GENERAL** ESCALA: INDICADA

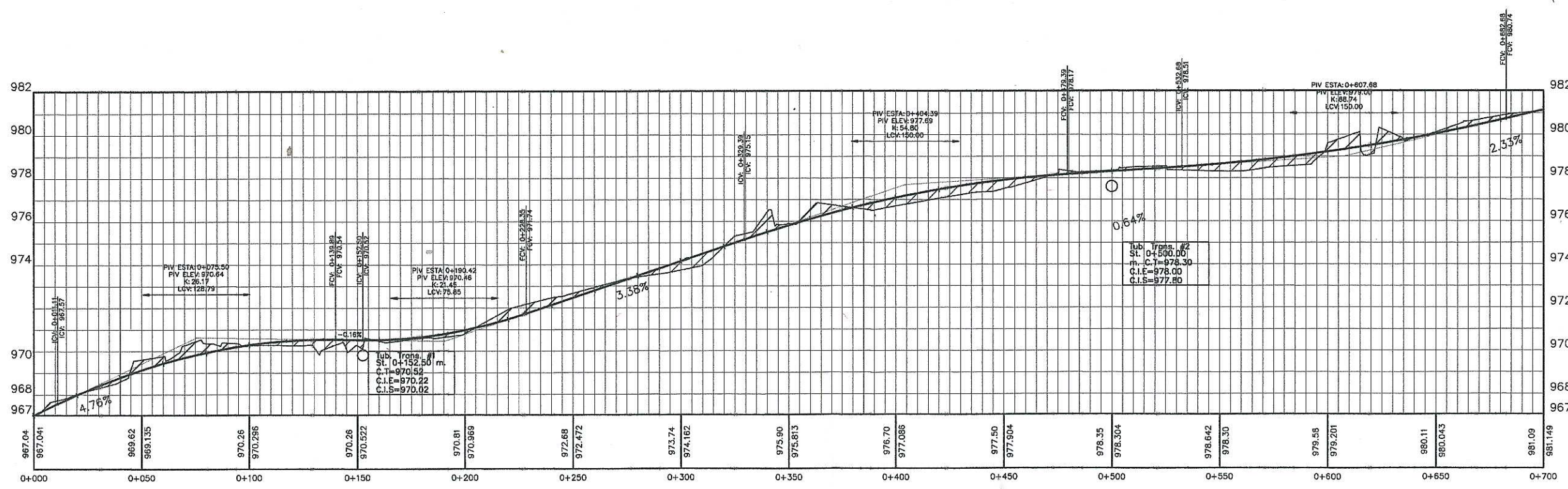
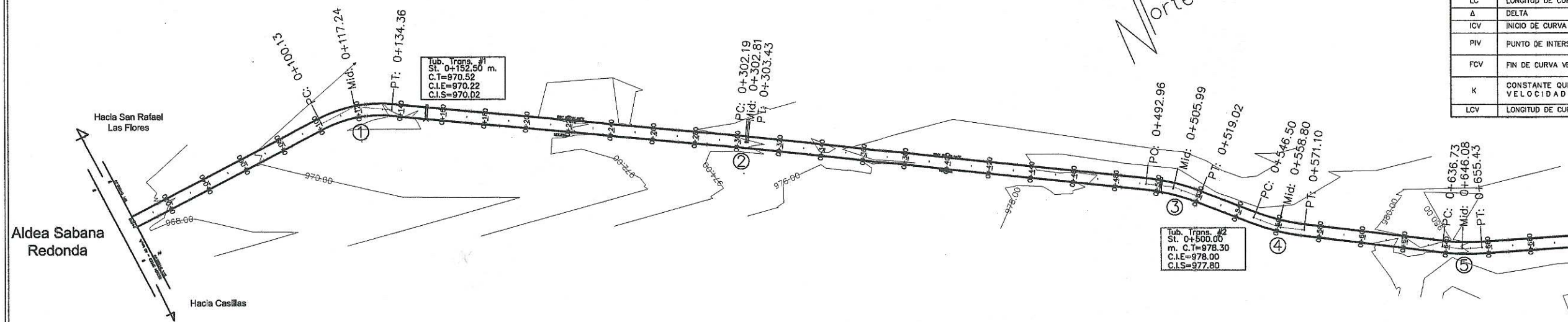
DISER: Eduardo Luis Ramos Lemus 20081819 DISEÑO: Eduardo Luis Ramos Lemus 20081819

FECHA: 2011

HOJA: 2

EDUARDO LUIS RAMOS LEMUS ESTUDIANTE DE EPS ING. MANUEL ARRIVALLAGA OCHAETA

SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
PI	PUNTO DE INTERSECCIÓN
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
R	RADIO
LC	LONGITUD DE CURVA
Δ	DELTA
ICV	INICIO DE CURVA VERTICAL
PIV	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
FCV	FIN DE CURVA VERTICAL
K	CONSTANTE QUE DEPENDE DE LA VELOCIDAD DEL DISEÑO
LCV	LONGITUD DE CURVA VERTICAL



PLANTA - PERFIL

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:100

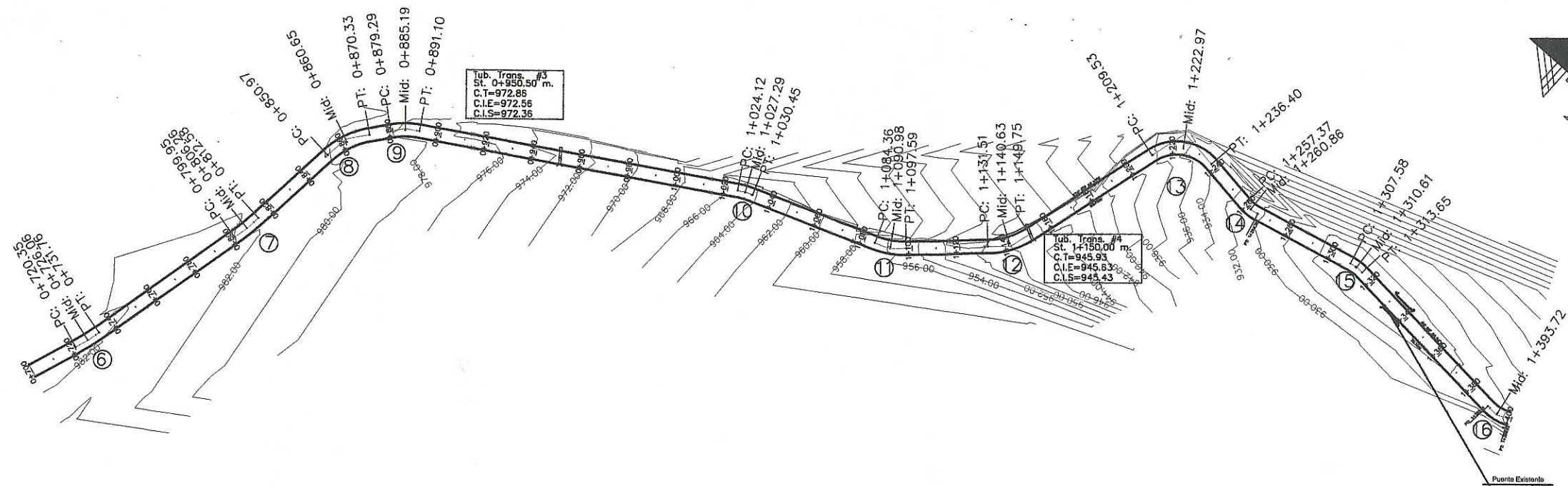
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE CARRETERA QUE CONDUCE DE LA ALDEA SABANA REDONDA A LA ALDEA SAN RAFAELITO

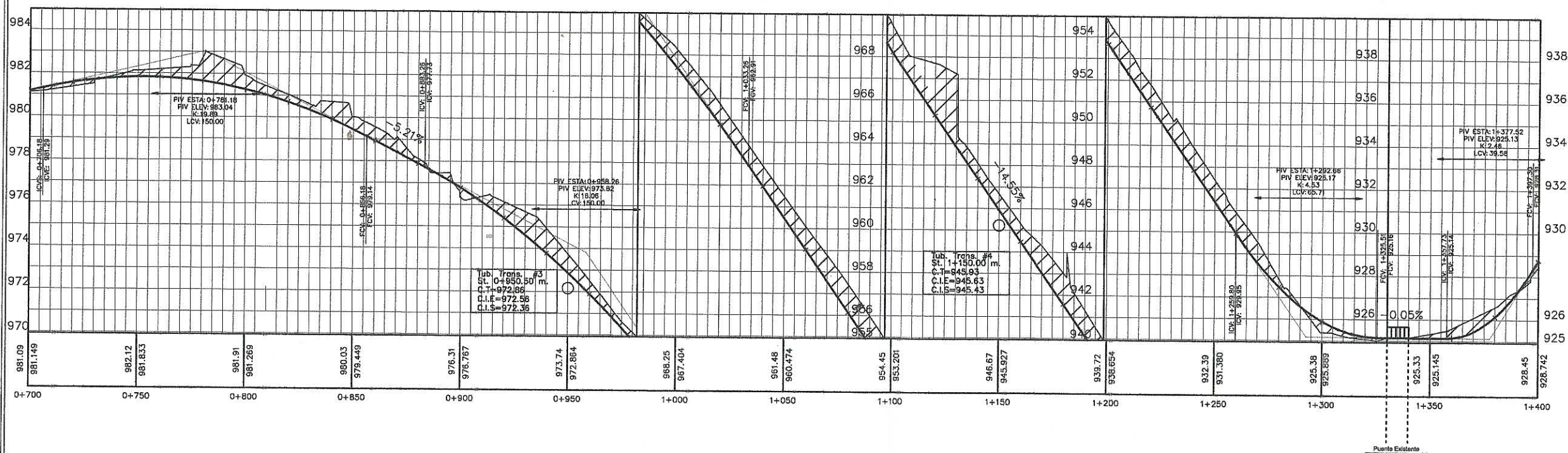
CONTENIDO: PLANTA-PERFIL ESCALA: INDICADA

DISEÑO: Eduardo Luis Ramos Lemus FECHA: Septiembre 2013

HOJA: 3/9



SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
PI	PUNTO DE INTERSECCIÓN
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
R	RADIO
LC	LONGITUD DE CURVA
Δ	DELTA
ICV	INICIO DE CURVA VERTICAL
PIV	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
FCV	FIN DE CURVA VERTICAL
K	CONSTANTE QUE DEPENDE DE LA VELOCIDAD DEL DISEÑO
LCV	LONGITUD DE CURVA VERTICAL



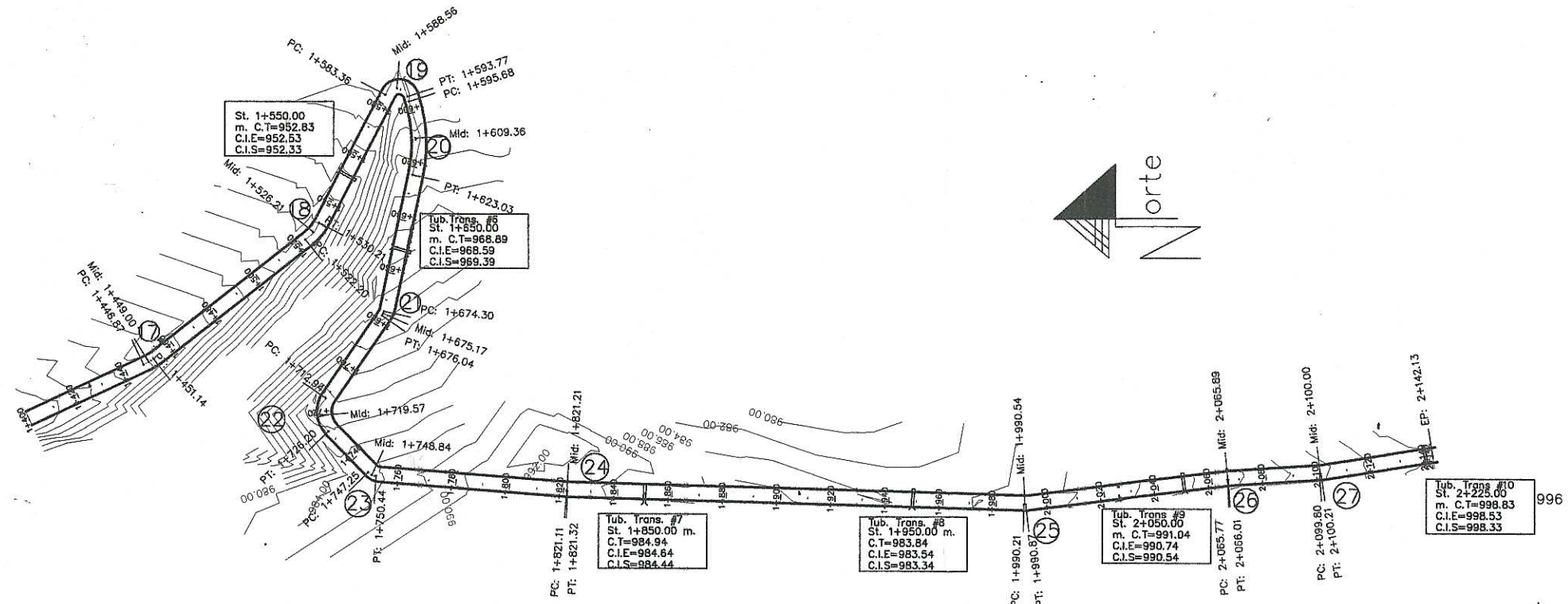
PLANTA - PERFIL

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:100

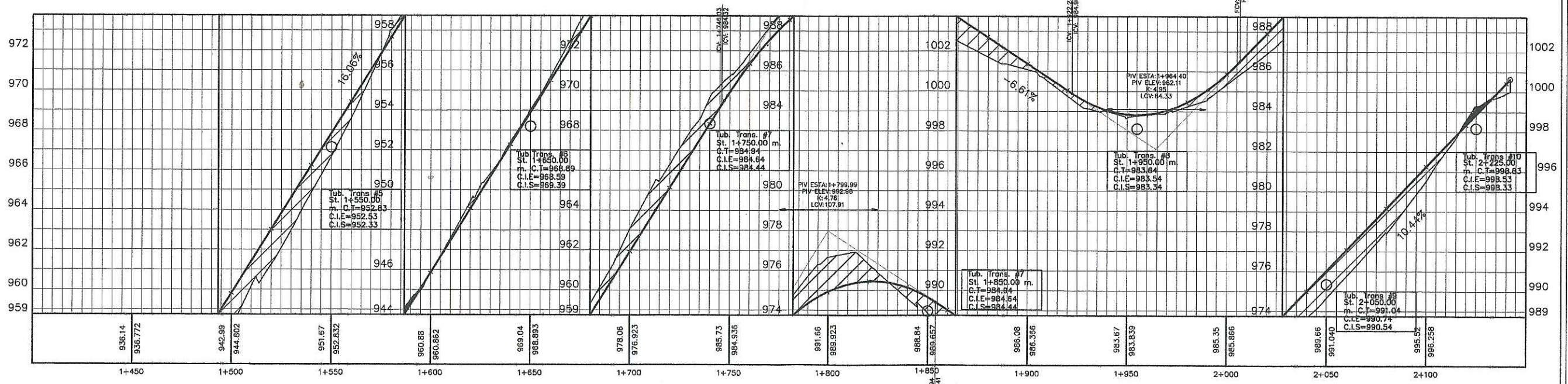
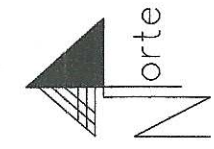


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE CARRETERA QUE CONDUCE DE LA ALDEA SABANA REDONDA A LA ALDEA SAN RAFAELITO			
CONTENIDO: PLANTA-PERFIL		ESCALA: INDICADA	
DISEÑO: Eduardo Luis Ramos Lemus 200818019	DIBUJO: Eduardo Luis Ramos Lemus 200818019	FECHA: Septiembre 2013	HOJA: 4
EDUARDO LUIS RAMOS LEMUS ESTUDIANTE DE EPS		 ING. MANUEL ARZAVILLAGA SCHAETA	



SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
PI	PUNTO DE INTERSECCIÓN
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
R	RADIO
LC	LONGITUD DE CURVA
Δ	DELTA
ICV	INICIO DE CURVA VERTICAL
PIV	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
FCV	FIN DE CURVA VERTICAL
K	CONSTANTE QUE DEPENDE DE LA VELOCIDAD DEL DISEÑO
LCV	LONGITUD DE CURVA VERTICAL



PLANTA - PERFIL

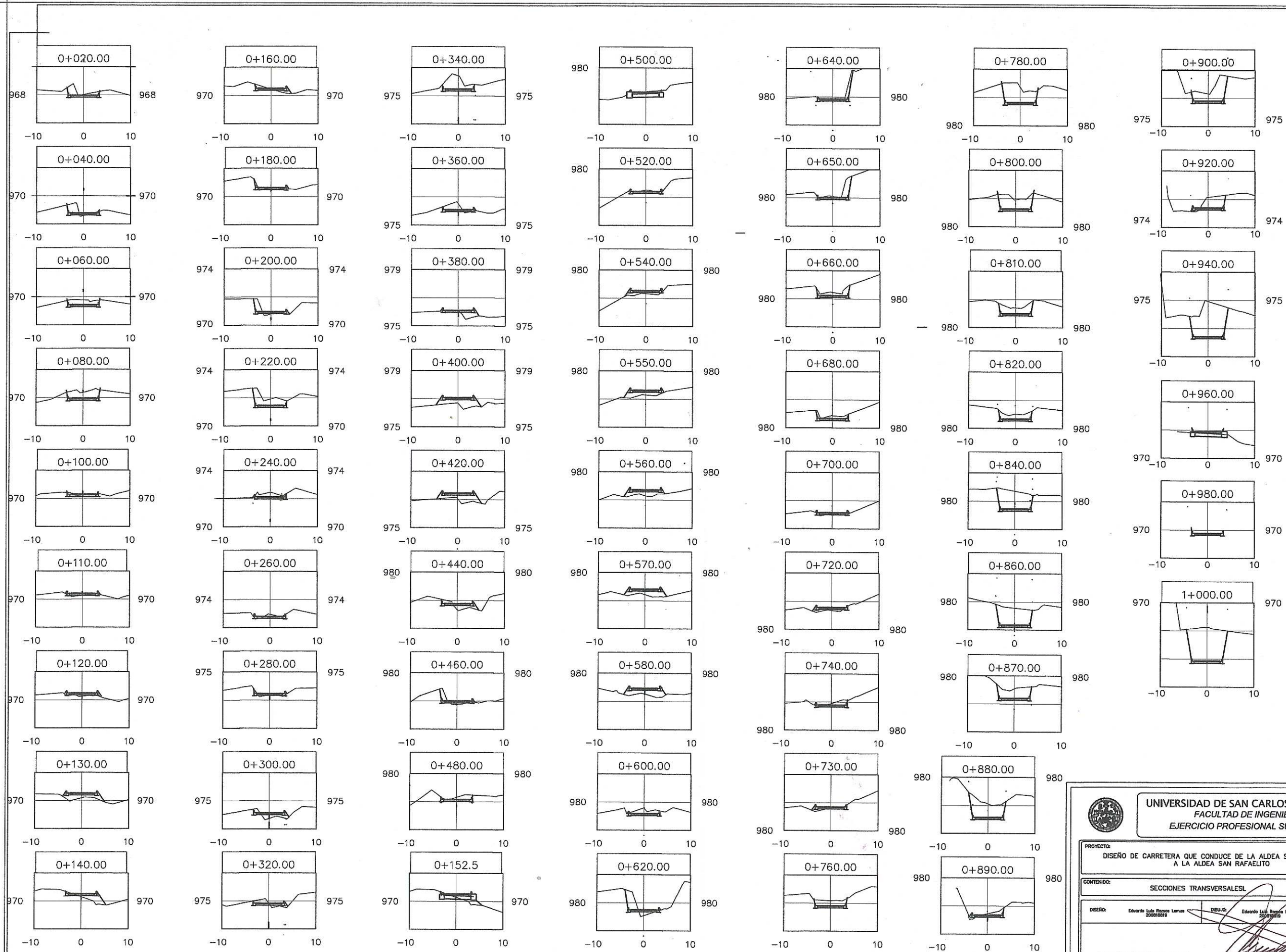
ESCALA HORIZONTAL
1:1000
ESCALA VERTICAL 1:100


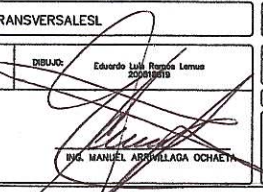
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

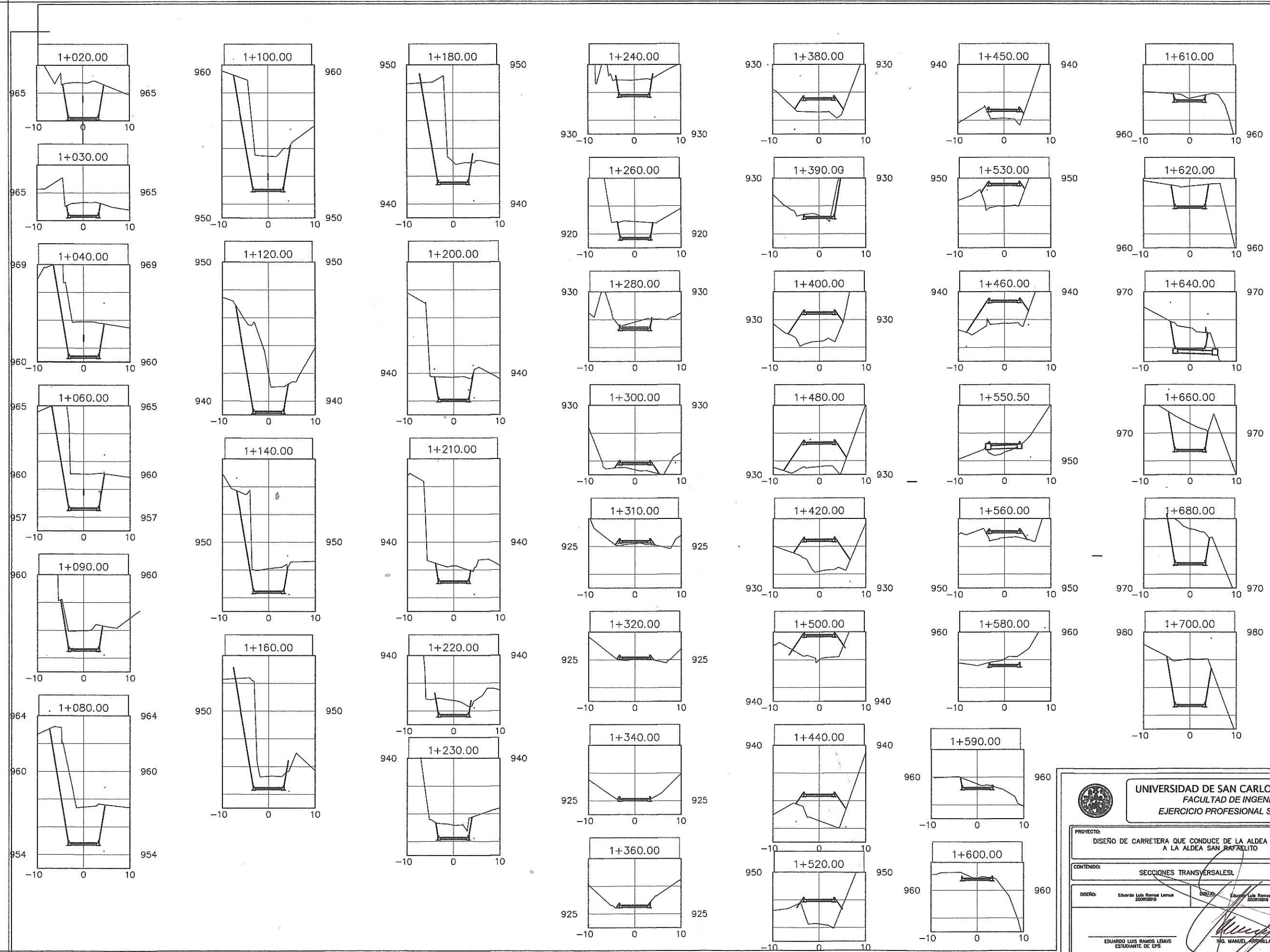
PROYECTO: DISEÑO DE CARRETERA QUE CONDUCE DE LA ALDEA SABANA REDONDA A LA ALDEA SAN RAFAELITO

CONTENIDO: PLANTA-PERFIL	ESCALA: INDICADA
DISEÑO: Eduardo Luis Ramos Lemus	FECHA: Septiembre 2013
DOCU: Eduardo Luis Ramos Lemus	HORA: 5
ESTUDIANTE DE EPS	5

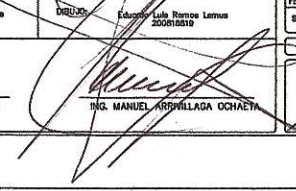
MANUEL ARROYILLANA OCHOAETA

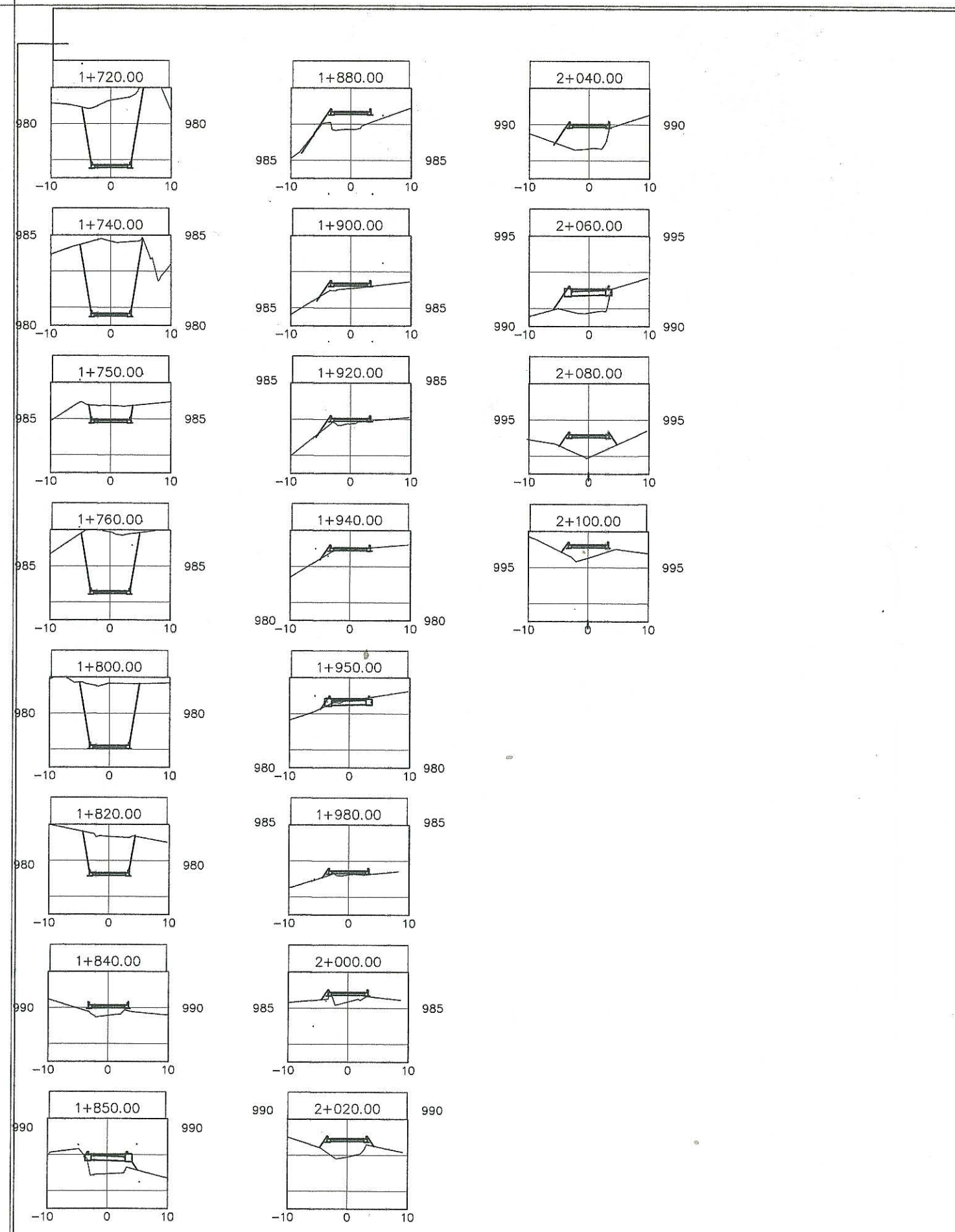


 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: DISEÑO DE CARRETERA QUE CONDUCE DE LA ALDEA SABANA REDONDA A LA ALDEA SAN RAFAELITO	
CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES	ESCALA: SIN ESCALA
DISEÑO: Eduardo Luis Ramos Lemus 200810018	DIBUJO: Eduardo Luis Ramos Lemus 200810018
FECHA: Septiembre 2013	HOJA: 6/9
EDUARDO LUIS RAMOS LEMUS ESTUDIANTE DE EPS	 MANUEL ARMILAGA OCHOA



 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: DISEÑO DE CARRETERA QUE CONDUCE DE LA ALDEA SABANA REDONDA A LA ALDEA SAN RAFAELITO	
CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES	ESCALA: SIN ESCALA
DISEÑO: Eduardo Luis Ramos Lemus <small>20081819</small>	FECHA: Septiembre 2013
ESTUDIANTE DE EPS	HOJA: 7/9


 ING. MANUEL ARZUILLAGA OCHOA



MOVIMIENTO DE TIERRAS

Estacion	area relleno	area corte	Prom relleno	Prom corte	D	Vol. Relleno	Vol. corte	Vol. Acum. de relleno	Vol. Acum. de corte
0+000.00	0.00	3.30	0.00	4.54	20.00	0.00	90.72	0.00	90.72
0+400.00	0.00	5.77	0.00	5.48	20.00	0.00	109.52	0.00	200.24
0+800.00	0.00	5.18	0.00	5.70	20.00	0.00	114.01	0.00	314.25
0+850.00	0.00	5.22	0.00	7.02	20.00	0.00	139.99	0.00	454.24
0+900.00	0.00	7.78	0.00	5.60	20.00	0.00	111.98	0.00	566.22
0+920.00	0.00	3.42	0.08	3.36	20.00	1.50	67.20	1.50	633.42
0+920.00	0.15	3.30	0.54	2.46	20.00	10.72	49.13	12.22	682.55
0+940.00	0.02	1.61	0.56	2.16	20.00	11.27	43.13	23.49	725.68
0+960.00	0.21	2.70	0.13	3.10	20.00	2.62	62.00	26.11	787.68
0+980.00	0.06	3.50	0.07	3.76	20.00	1.49	75.21	27.60	862.89
0+990.00	0.09	4.02	0.05	5.54	20.00	0.92	112.84	28.52	975.73
0+990.00	0.00	7.26	0.02	5.95	20.00	0.36	119.09	28.88	1094.75
0+990.00	0.04	4.64	0.03	3.98	20.00	0.56	79.60	29.44	1174.35
0+990.00	0.02	3.32	0.03	2.90	20.00	0.58	57.90	30.02	1232.26
0+990.00	0.04	2.47	0.17	2.11	20.00	3.38	42.10	33.40	1274.35
0+990.00	0.30	1.74	0.23	2.53	20.00	4.50	50.60	37.90	1314.95
0+990.00	0.15	3.32	0.08	5.35	20.00	1.50	107.00	39.40	1431.95
0+990.00	0.00	7.38	0.02	5.98	20.00	0.48	119.64	39.88	1551.60
0+990.00	0.05	4.58	0.32	3.38	20.00	6.48	63.51	46.36	1615.13
0+990.00	0.60	1.77	1.34	0.88	20.00	22.71	17.65	69.07	1684.82
0+990.00	1.67	0.00	1.57	0.00	20.00	31.37	0.00	100.44	1684.82
0+990.00	1.47	0.00	0.87	0.88	20.00	17.36	19.65	117.80	1652.47
0+990.00	0.27	1.97	0.16	2.68	20.00	3.15	53.65	120.95	1706.12
0+990.00	0.05	3.40	0.02	3.88	20.00	0.45	77.67	121.40	1783.79
0+990.00	0.00	4.37	0.00	3.86	20.00	0.00	79.17	121.40	1862.95
0+990.00	0.00	3.55	0.02	3.44	20.00	0.30	68.70	121.70	1931.65
0+990.00	0.03	3.32	0.17	2.36	20.00	3.30	47.22	125.00	1978.85
0+990.00	0.30	1.40	0.39	0.71	20.00	7.73	14.10	132.73	1992.95
0+990.00	0.47	0.01	0.81	0.06	20.00	16.13	1.10	148.86	1994.05
0+990.00	1.14	0.10	0.37	2.40	20.00	11.40	48.00	160.26	2042.06
0+990.00	0.00	4.70	0.00	4.65	20.00	0.00	93.00	160.26	2135.06
0+990.00	0.00	4.69	0.00	4.31	20.00	0.00	85.20	160.26	2220.26
0+990.00	0.00	4.03	0.00	3.63	20.00	0.00	75.60	160.26	2305.86
0+990.00	0.00	3.94	0.00	3.69	20.00	0.00	73.70	160.26	2379.56
0+990.00	0.00	4.33	0.02	3.45	20.00	0.45	68.50	160.71	2448.06
0+990.00	0.05	2.56	0.10	2.33	20.00	1.95	46.60	162.66	2484.05
0+990.00	0.15	2.10	0.09	3.21	20.00	1.70	64.10	164.36	2548.16
0+990.00	0.02	4.31	0.01	5.35	20.00	0.20	107.00	164.56	2655.16
0+990.00	0.00	5.39	0.00	5.28	20.00	0.00	105.20	164.56	2760.36
0+990.00	0.00	12.36	0.00	11.54	20.00	0.00	230.80	164.56	2991.16
0+990.00	0.00	10.92	0.00	9.34	20.00	0.00	186.70	164.56	3177.86
0+990.00	0.00	7.75	0.00	9.59	20.00	0.00	159.70	164.56	3337.56
0+990.00	0.00	12.22	0.00	12.17	20.00	0.00	243.30	164.56	3580.86
0+990.00	0.00	12.11	0.00	11.61	20.00	0.00	232.10	164.56	3812.96
0+990.00	0.00	11.10	0.00	10.67	20.00	0.00	213.30	164.56	4143.56
0+990.00	0.00	10.29	0.00	12.71	20.00	0.00	254.10	164.56	4397.66
0+990.00	0.00	15.38	0.00	16.76	20.00	0.00	315.20	164.56	4712.86
0+990.00	0.00	18.34	0.00	17.68	20.00	0.00	351.60	164.56	5064.46
0+990.00	0.00	17.02	0.00	17.03	20.00	0.00	340.60	164.56	5425.06
0+990.00	0.00	17.04	0.00	19.00	20.00	0.00	380.00	164.56	5805.06
1+000.00	0.00	20.96	0.00	20.29	20.00	0.00	405.80	164.56	6210.86
1+000.00	0.00	19.62	0.00	24.96	20.00	0.00	399.10	164.56	6711.96
1+000.00	0.00	30.29	0.00	33.29	20.00	0.00	605.70	164.56	7317.66
1+000.00	0.00	36.28	0.00	37.57	20.00	0.00	731.40	164.56	8049.06
1+000.00	0.00	38.86	0.00	37.76	20.00	0.00	775.20	164.56	8824.26
1+000.00	0.00	35.66	0.00	35.34	20.00	0.00	706.70	164.56	9530.96
1+000.00	0.00	34.01	0.00	29.19	20.00	0.00	583.70	164.56	10124.66
1+000.00	0.00	24.36	0.00	30.87	20.00	0.00	417.30	164.56	10741.96
1+000.00	0.00	37.37	0.00	40.70	20.00	0.00	744.00	164.56	11485.96
1+000.00	0.00	44.03	0.00	29.60	20.00	0.00	892.00	164.56	12377.96
1+000.00	0.00	15.17	0.00	14.25	20.00	0.00	305.00	164.56	12682.96
1+000.00	0.00	13.33	0.00	13.34	20.00	0.00	266.80	164.56	12949.76
1+000.00	0.00	13.35	0.00	12.38	20.00	0.00	267.50	164.56	13217.26
1+000.00	0.00	11.40	0.00	8.88	20.00	0.00	227.60	164.56	13444.86
1+000.00	0.00	6.39	0.55	3.18	20.00	11.04	63.60	175.60	13518.46
1+000.00	1.30	0.00	0.71	0.64	20.00	14.24	12.70	189.84	13531.16
1+000.00	0.32	1.27	0.20	2.34	20.00	4.00	46.70	193.84	13577.86
1+000.00	0.08	3.40	0.08	3.40	20.00	1.66	88.00	205.70	13589.46
1+000.00	0.11	3.40	3.46	1.72	20.00	69.20	254.56	260.26	13599.86
1+000.00	6.82	0.00	12.01	0.00	20.00	243.10	0.00	505.06	13399.86
1+000.00	17.19	0.00	16.92	0.00	20.00	338.40	0.00	843.46	13399.86
1+000.00	16.65	0.00	15.28	0.00	20.00	305.50	0.00	1148.96	13399.86
1+000.00	13.90	0.00	14.67	0.00	20.00	279.30	0.00	1442.26	13399.86
1+000.00	15.43	0.00	16.20	0.00	20.00	324.00	0.00	1766.26	13399.86
1+000.00	16.97	0.00	17.25	0.00	20.00	344.90	0.00	2111.16	13399.86
1+000.00	17.52	0.00	15.01	0.00	20.00	300.30	0.00	2411.36	13399.86
1+000.00	12.50	0.00	10.50	0.00	20.00	210.00	0.00	2621.36	13399.86
1+000.00	8.50	0.00	4.86	0.00	20.00	97.20	0.00	2718.56	13399.86
1+000.00	1.22	0.00	0.61	5.46	20.00	12.20	109.20	2730.76	13309.06
1+000.00	0.00	10.92	0.00	11.61	20.00	0.00	232.10	2730.76	13741.16
1+000.00	0.00	12.29	0.00	13.19	20.00	0.00	263.80	2730.76	14004.96
1+000.00	0.00	14.09	0.00	13.94	20.00	0.00	277.90	2730.76	14282.86
1+000.00	0.00	13.70	0.00	15.49	20.00	0.00	269.50	2730.76	14552.36
1+000.00	0.00	17.15	0.00	20.39	20.00	0.00	407.70	2730.76	14960.06
1+000.00	0.00	23.62	0.00	25.00	20.00	0.00	498.90	2730.76	15458.96
1+000.00	0.00	26.37	0.00	29.69	20.00	0.00	593.70	2730.76	16052.66
1+000.00	0.00	33.00	0.00	34.63	20.00	0.00	692.50	2730.76	16745.16
1+000.00	0.00	36.26	0.00	33.45	20.00	0.00	688.90	2730.76	17434.06
1+000.00	0.00	30.64	0.00	23.11	20.00	0.00	492.10	2730.76	17926.16
1+000.00	0.00	8.57	0.00	23.68	20.00	0.00	411.40	2730.76	18337.56
1+000.00	0.00	31.59	0.00	23.38	20.00	0.00	597.50	2730.76	18935.06
1+000.00	0.00	19.16	0.00	11.23	20.00	0.00	224.50	2730.76	18999.76
1+000.00	0.00	3.29	2.45	1.65	20.00	49.00	32.90	2779.76	19032.66
1+000.00	4.90	0.00	5.26	0.00	20.00	105.10	0.00	2884.86	19032.66
1+000.00	5.61	0.00	3.22	0.00	20.00	64.40	0.00	2949.26	19032.66
1+000.00	0.83	0.00	2.34	0.40	20.00	46.80	8.00	2996.06	19040.66
1+000.00	3.55	0.80	1.25	1.45	20.00	41.90	29.50	3037.56	19070.16
1+000.00	0.34	2.10	0.32	2.55	20.00	6.40	51.00	3088.56	19121.66
1+000.00	0.30	3.00	0.21	3.05	20.00	4.28	61.00	3048.64	19181.66
1+000.00	0.11	3.10	0.36	1.65	20.00	7.38	33.00	3085.92	19214.66
2+000.00	0.60	0.20	1.80	0.10	20.00	35.90	2.00	3091.82	19216.66
2+000.00	2.99	0.00	4.17	0.00	20.00	83.30	0.00	3175.12	19216.66
2+000.00	3.34	0.00	5.36	0.00	20.00	107.10	0.00	3282.22	19216.66
2+000.00	5.57	0.00	5.06	0.00	20.00	101.20	0.00	3383.42	19216.66
2+000.00	4.75	0.00	3.32	0.00	20.00	66.30	0.00	3449.72	19216.66
2+000.00	1.88	0.00	0.94	2.34	20.00	18.80	46.70	3468.52	19263.36
2+000.00	0.00	4.67	0.25	2.39	20.00	5.00	47.70	3473.52	19311.06
2+000.00	0.50	0.10							

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

PROYECTO: DISEÑO DE CARRETERA QUE CONDUCE DE LA ALDEA SABANA REDONDA A LA ALDEA SAN RAFAELITO

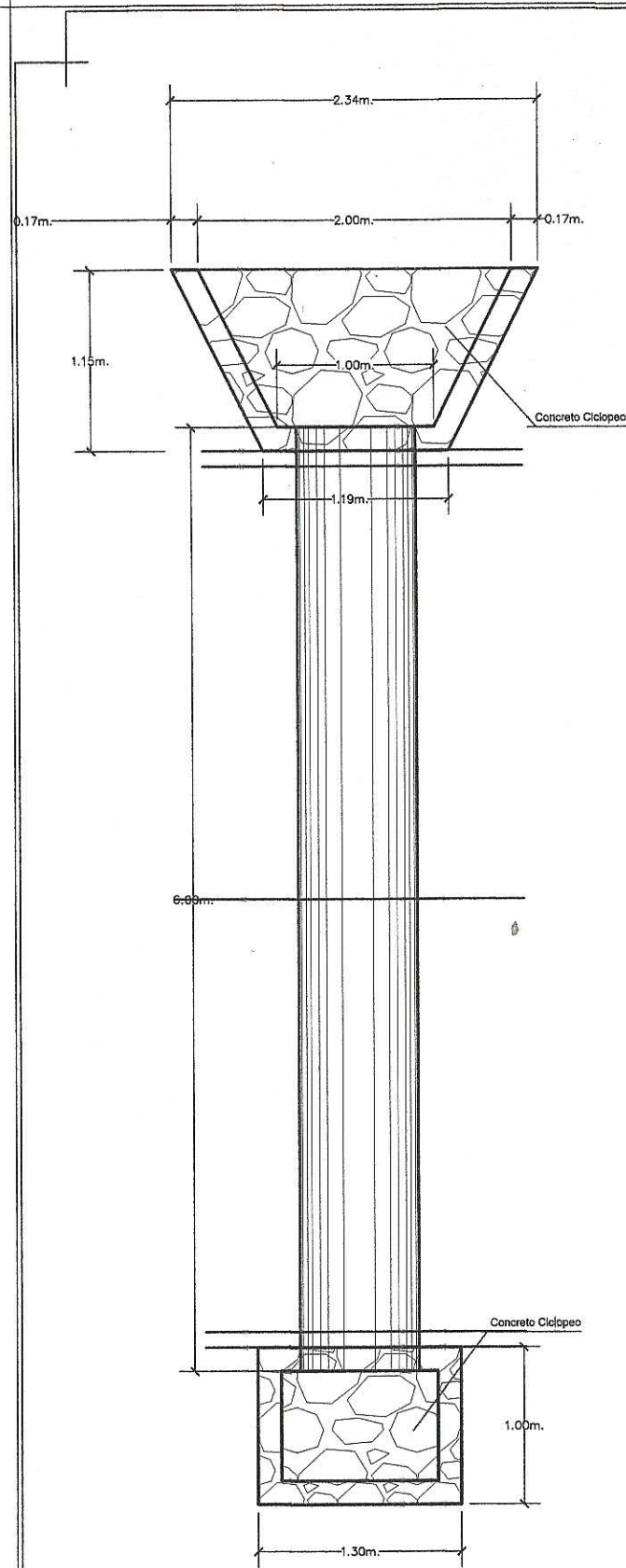
CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES

DESIGN: Eduardo Luis Ramos Lemus 20090619 DISEÑA: Eduardo Luis Ramos Lemus 20090619

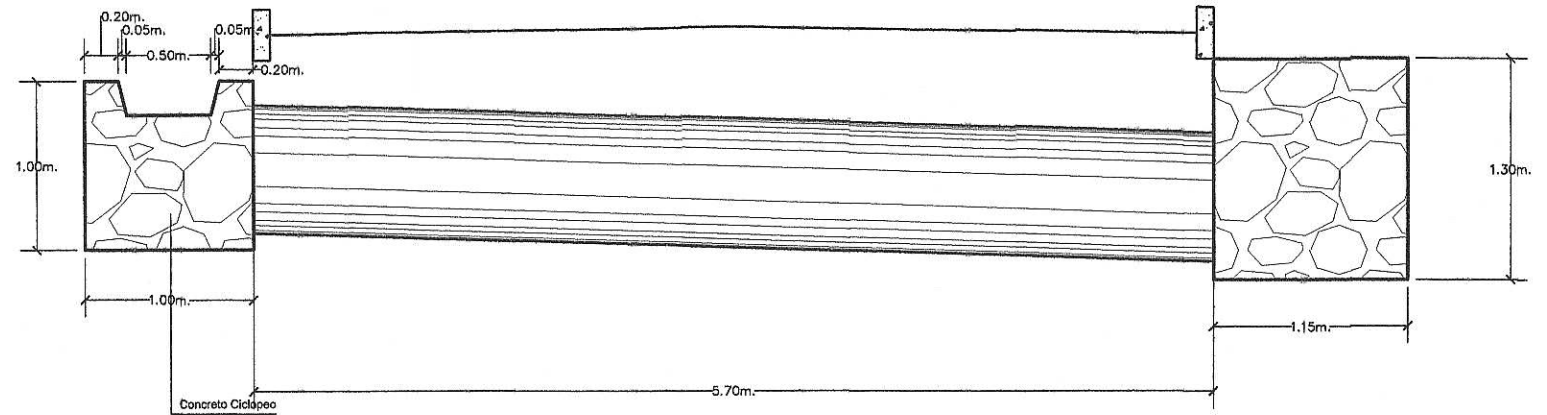
FECHA: Septiembre 2013

HOJA: 8/9

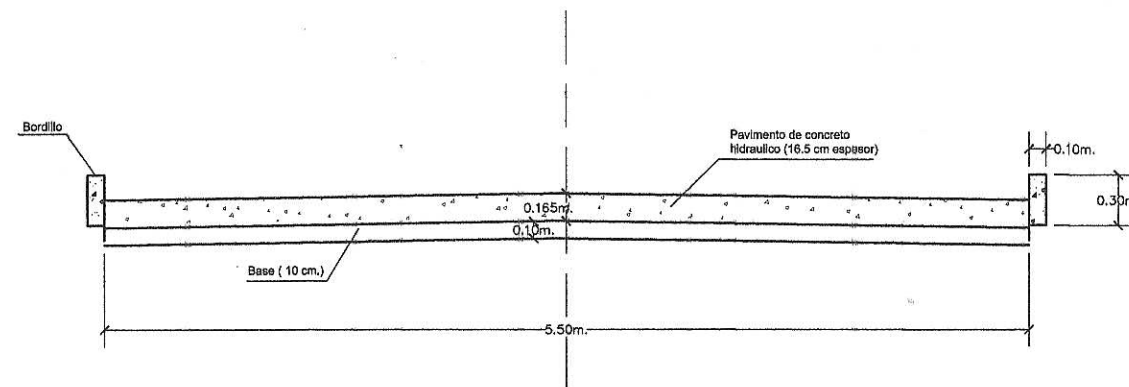
Eduardo Luis Ramos Lemus
ESTUDIANTE DE EPS



Planta General



Perfil General



Sección Tipical

DETALLE DE SECCION TIPICA, CAJAS Y CABEZALES
SIN ESCALA

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: DISEÑO DE CARRETERA QUE CONDUCE DE LA ALDEA SABANA REDONDA A LA ALDEA SAN RAFAELITO	
CONTENIDO: DETALLES DE CAJAS, CABEZALES Y SECCION TIPICA	ESCALA: SIN ESCALA
DISEÑO: Eduardo Luis Ramos Lemus <small>200818018</small>	DIBUJO: Eduardo Luis Ramos Lemus <small>200818018</small>
FECHA: Septiembre 2013	
HOJA: 9	
ESTUDIANTE DE EPS: EDUARDO LUIS RAMOS LEMUS	
ING. MANUEL ARBIZUAGA OCHAETA	