



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

**DISEÑO DE TRAMO CARRETERO TIQUISATE-ALDEA PINULA Y DISEÑO DE LA  
AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SAN  
JUAN LA NORIA, TIQUISATE, ESCUINTLA**

**Rolando Aroldo López Leiva**

Asesorado por el Ing. Ángel Roberto Sic García

Guatemala, mayo de 2012



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE TRAMO CARRETERO TIQUISATE-ALDEA PINULA Y DISEÑO DE LA  
AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SAN  
JUAN LA NORIA, TIQUISATE, ESCUINTLA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**ROLANDO AROLDO LÓPEZ LEIVA**

ASESORADO POR EL ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, MAYO DE 2012

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	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
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. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Ángel Roberto Sic García
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 DE TRAMO CARRETERO TIQUISATE-ALDEA PINULA Y DISEÑO DE LA  
AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SAN  
JUAN LA NORIA, TIQUISATE, ESCUINTLA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,  
con fecha julio de 2009.

Rolando Aroldo López Leiva



Guatemala, 23 de enero de 2012  
Ref:EPS.DOC.93.01.12

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano  
Directora Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña,

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Rolando Aroldo López Leiva** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **199416558**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"DISEÑO DE TRAMO CARRETERO TIQUISATE - ALDEA PINULA Y DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SAN JUAN LA NORIA, TIQUISATE ESCUINTLA"**.

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. Ángel Roberto Sic García  
Asesor-Supervisor de EPS  
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo  
ARSG/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,  
1 de febrero de 2012

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE TRAMO CARRETERO TIQUISATE-ALDEA PINULA Y DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SAN JUAN LA NORIA, TIQUISATE, ESCUINTLA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Rolando Aroldo López Leiva, quien contó con la asesoría del Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

/bbdeb.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,  
5 de marzo de 2012

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE TRAMO CARRETERO TIQUISATE-ALDEA PINULA Y DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SAN JUAN LA NORIA, TIQUISATE, ESCUINTLA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Rolando Aroldo López Leiva, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

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.



Guatemala, 09 de marzo de 2012  
Ref.EPS.D.285.03.12

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco,

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DE TRAMO CARRETERO TIQUISATE -ALDEA PINULA Y DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SAN JUAN LA NORIA, TIQUISATE ESCUINTLA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Rolando Aroldo López Leiva**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Ángel Roberto Sic García.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Ascor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora 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 a.i. Unidad de EPS

SJRS/ra



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Ángel Roberto Sic García y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano, al trabajo de graduación del estudiante Rolando Aroldo López Leiva, titulado **DISEÑO DE TRAMO CARRETERO TIQUISATE – ALDEA PINULA Y DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCATARILLADO SANITARIO PAR LA ALDEA SAN JUAN LA NORIA TIQUISATE ESCUINTLA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director de Escuela Ingeniería Civil



Guatemala, mayo de 2012

/bbdeb.



Ref. DTG.213.2012

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE TRAMO CARRETERO TIQUISATE - ALDEA PINULA Y DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SAN JUAN LA NORIA, TIQUISATE, ESCUINTLA**, presentado por el estudiante universitario **Rolando Aroldo López Leiva**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Reginos  
Decano



Guatemala, mayo de 2012

/cc

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Dios todopoderoso**

Fuente de sabiduría eterna, gracias por iluminar mi camino y permitir terminar con éxito mi carrera.

**El Ing. Ángel Roberto Sic García**

Por el asesoramiento brindado para la ejecución del presente trabajo.

**La Municipalidad de Tiquisate,  
Escuintla**

Por el apoyo brindado en el período de duración del Ejercicio Profesional Supervisado y el contacto con las comunidades.

**La Universidad de San Carlos de  
Guatemala y su Facultad de  
Ingeniería**

Por los conocimientos adquiridos.

**A mis amigos y compañeros de  
estudio**

Por su apoyo y amistad.



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Para su honra y gloria.
<b>Mis padres</b>	Bartolo López Ivara, Juana María Leiva. Con respeto y amor.
<b>Mis hermanos</b>	Thelma, Elva, Miriam, Walfre, Aracely, Patricia y Natividad. Con amor fraternal.
<b>Mi familia</b>	Anllelique, Oscar y Claudia, con gran amor.
<b>Mis familiares, amigos y Compañeros de trabajo</b>	Por el gran apoyo brindado en todo momento, agradecimiento especial.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XI
GLOSARIO.....	XV
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS .....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE TIQUISATE, ESCUINTLA.....	1
1.1. Generalidades.....	2
1.1.1. Ubicación y localización.....	2
1.1.2. Límites y colindancias.....	3
1.1.3. Topografía.....	3
1.1.4. Clima.....	3
1.1.5. Servicios.....	4
1.2. Aspectos sociales.....	6
1.2.1. Demografía.....	6
1.2.2. Religión.....	7
1.2.3. Educación.....	7
1.3. Diagnóstico de necesidades en infraestructura y servicios básicos.....	8
1.3.1. Descripción de las necesidades.....	8
1.3.2. Priorización de las necesidades.....	8
1.4. Monografía de la aldea Pinula, Tiquisate, Escuintla.....	9
1.4.1. Generalidades.....	9

1.4.1.1.	Ubicación y localización.....	9
1.4.1.2.	Límites y colindancias.....	10
1.4.1.3.	Topografía.....	10
1.4.1.4.	Clima.....	10
1.4.1.5.	Servicios.....	10
1.4.2.	Aspectos sociales.....	11
1.4.2.1.	Demografía.....	11
1.4.2.2.	Religión.....	11
1.4.2.3.	Educación.....	11
1.4.3.	Diagnóstico de necesidades en infraestructura.....	12
1.4.3.1.	Descripción de las necesidades.....	12
1.4.3.2.	Priorización de las necesidades.....	12
1.5.	Monografía de la aldea San Juan La Noria, Tiquisate, Escuintla.....	12
1.5.1.	Generalidades.....	13
1.5.1.1.	Ubicación y localización.....	13
1.5.1.2.	Límites y colindancias.....	13
1.5.1.3.	Topografía.....	13
1.5.1.4.	Clima.....	14
1.5.1.5.	Servicios.....	14
1.5.2.	Aspectos sociales.....	14
1.5.2.1.	Demografía.....	14
1.5.2.2.	Religión.....	15
1.5.2.3.	Educación.....	15
1.5.3.	Diagnóstico de necesidades en infraestructura.....	15
1.5.3.1.	Descripción de las necesidades.....	15
1.5.3.2.	Priorización de las necesidades.....	15

2.	DISEÑO TRAMO CARRETERO TIQUISATE-ALDEA PINULA.....	17
2.1.	Descripción del proyecto.....	17
2.2.	Especificaciones para el diseño.....	17
2.3.	Estudio preliminar de campo.....	20
2.3.1.	Levantamiento topográfico.....	20
2.3.1.1.	Planimetría.....	21
2.3.1.2.	Altimetría.....	21
2.3.1.3.	Secciones transversales.....	21
2.4.	Cálculo topográfico preliminar.....	21
2.4.1.	Criterios de diseño.....	21
2.4.2.	Cálculo planimétrico.....	22
2.4.2.1.	Línea preliminar.....	22
2.4.3.	Cálculo altimétrico.....	22
2.4.4.	Cálculo de secciones transversales.....	23
2.4.5.	Cálculo de curvas de nivel.....	23
2.5.	Diseño de localización.....	23
2.5.1.	Diseño de línea de localización.....	23
2.5.1.1.	Cálculo de rumbos y azimut.....	24
2.5.1.2.	Cálculo de distancia de línea de trazo.....	24
2.5.1.3.	La intersección del PI.....	24
2.5.2.	Cálculos de elementos de curvas horizontales.....	25
2.5.2.1.	Grado de curvatura (G).....	26
2.5.2.2.	Longitud de curva (Lc).....	26
2.5.2.3.	Subtangente (St).....	26
2.5.2.4.	Cuerda máxima (Cm).....	27
2.5.2.5.	External (E).....	27
2.5.2.6.	Ordenada media(OM).....	27
2.6.	Movimiento de tierras.....	29
2.6.1.	Cálculo de peralte y sobre ancho.....	30

2.6.2.	Determinación de corrimiento.....	34
2.6.3.	Cálculo de subrasante.....	35
2.6.4.	Determinación de curvas verticales.....	36
2.6.5.	Cálculo de áreas de secciones transversales.....	38
2.6.6.	Cálculo de volumen de movimiento de tierras.....	40
2.6.7.	Cálculo de balance.....	41
2.7.	Estudio hidrológico para un tramo carretero.....	42
2.7.1.	Escorrentías.....	43
2.7.2.	Precipitación.....	44
2.7.3.	Coeficiente de escorrentía.....	44
2.7.4.	Cálculo de área de descarga.....	45
2.8.	Estudio de suelos.....	49
2.8.1.	Ensayo de granulometría.....	49
2.8.2.	Ensayo proctor modificado.....	51
2.8.3.	Ensayo de razón de suelos compactados “CBR”.....	52
2.8.4.	Ensayo límites de Atterberg.....	54
2.9.	Diseño de pavimento flexible.....	55
2.9.1.	Número estructural requerido.....	59
2.9.2.	Número estructural aportado.....	63
2.9.3.	Determinación de los coeficientes de capa.....	63
2.9.3.1.	Capa de sub base.....	63
2.9.3.2.	Capa de base triturada.....	64
2.9.3.3.	Capa de concreto asfáltico.....	65
2.9.4.	Cálculo de número estructural aportado.....	66
2.10.	Presupuesto.....	68
2.10.1.	Cuantificación de materiales y mano de obra.....	68
2.10.2.	Integración de precios unitarios.....	69
2.10.3.	Cronograma de ejecución e inversión.....	70
2.11.	Evaluación de impacto ambiental.....	72

2.11.1.	Consideraciones ambientales sobre monitoreo....	72
2.11.2.	Proceso de monitoreo ambiental.....	72
2.11.2.1.	Movimiento de tierras.....	73
2.11.2.2.	Efectos de contaminación en aire y ruido.....	73
2.11.2.3.	Efectos y contaminación del agua....	73
2.11.2.4.	Vibraciones.....	74
2.11.2.5.	Seguridad vial.....	74
3.	DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SAN JUAN LA NORIA, TIQUISATE, ESCUINTLA.....	75
3.1.	Descripción del proyecto.....	75
3.2.	Levantamiento topográfico.....	75
3.2.1.	Planimetría.....	76
3.2.2.	Altimetría.....	76
3.3.	Descripción del sistema a utilizar.....	77
3.4.	Partes de un alcantarillado.....	77
3.4.1.	Colector.....	77
3.4.2.	Pozos de visita.....	77
3.4.3.	Conexiones domiciliarias.....	78
3.5.	Período de diseño.....	78
3.6.	Población futura.....	78
3.6.1.	Método de crecimiento aritmético.....	79
3.6.2.	Método de crecimiento geométrico.....	79
3.6.3.	Método de crecimiento exponencial.....	80
3.7.	Determinación del caudal sanitario.....	81
3.7.1.	Población tributaria.....	81
3.7.2.	Dotación.....	82

3.7.3.	Factor de retorno al sistema.....	82
3.7.4.	Caudal medio (Q med.).....	82
3.7.4.1.	Caudal domiciliar Qd.....	83
3.7.4.2.	Caudal industrial.....	84
3.7.4.3.	Caudal comercial.....	84
3.7.4.4.	Caudal por conexiones ilícitas.....	84
3.7.4.5.	Caudal por infiltración.....	87
3.7.5.	Cálculo de caudal medio.....	87
3.7.6.	Factor de caudal medio.....	88
3.7.7.	Factor de Harmond.....	88
3.7.8.	Caudal de diseño.....	89
3.8.	Fundamentos hidráulicos.....	90
3.8.1.	Ecuación de Manning .....	90
3.8.2.	Relaciones hidráulicas.....	92
3.9.	Parámetros de diseño hidráulico.....	96
3.9.1.	Coefficiente de rugosidad.....	96
3.9.2.	Sección llena y parcialmente llena.....	97
3.9.3.	Velocidad máxima y mínima.....	97
3.9.4.	Pendientes.....	98
3.9.5.	Diámetro del colector.....	98
3.9.6.	Profundidad del colector.....	99
3.9.6.1.	Profundidad mínima del colector.....	99
3.9.6.2.	Ancho de zanja.....	100
3.9.6.3.	Volumen de excavación.....	101
3.9.6.4.	Cotas invert.....	101
3.10.	Ubicación de pozos de visita.....	103
3.11.	Profundidad pozos de visita.....	104
3.12.	Características de las conexiones domiciliarias.....	104
3.12.1.	Cajas o candelas.....	105

3.12.2.	Tubería secundaria.....	105
3.13.	Diseño hidráulico.....	106
3.14.	Desfogue.....	110
3.15.	Evaluación socioeconómica.....	110
3.15.1.	Valor presente neto (VPN).....	111
3.15.2.	Tasa interna de retorno (TIR).....	113
3.16.	Evaluación de impacto ambiental .....	115
3.17.	Presupuesto.....	120
3.17.1.	Cuantificación de materiales y mano de obra.....	120
3.17.2.	Integración de precios unitarios.....	121
3.17.3.	Cronograma de ejecución e inversión.....	121
CONCLUSIONES.....		123
RECOMENDACIONES.....		125
BIBLIOGRAFÍA.....		127
APÉNDICE.....		129
ANEXOS.....		157



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Mapa del departamento de Escuintla.....	2
2.	Componentes de curva horizontal.....	28
3.	Esquema tridimensional de la transición del peralte.....	32
4.	Sección transversal típica.....	39
5.	Representación geométrica de movimiento de tierras.....	40
6.	Distancia de paso.....	41
7.	Sección de cuneta.....	48
8.	Representación gráfica de ensayo granulométrico.....	50
9.	Representación gráfica de ensayo Procter modificado.....	52
10.	Representación gráfica de ensayo CBR.....	53
11.	Pavimento asfáltico, sección típica "E".....	67

### TABLAS

I.	Gavaritos de ancho de rodadura.....	18
II.	Velocidades de proyecto recomendables.....	19
III.	Conversiones de azimut a rumbo y rumbo a azimut.....	25
IV.	Pendientes relativos de los bordes de calzada.....	32
V.	Cálculo de peralte y sobreancho.....	34
VI.	Valores de "K" según velocidad de diseño.....	37
VII.	Relaciones para dibujo de taludes.....	39
VIII.	Cálculo de balance.....	42
IX.	Coefficientes para distintos tipos de terreno.....	45

X.	Conteos vehiculares en aldea Pinula.....	58
XI.	Integración de precios unitarios.....	70
XII.	Cronograma de actividades de ejecución.....	71
XIII.	Cronograma de actividades de inversión.....	71
XIV.	Relaciones hidráulicas para sección circular.....	94
XV.	Detalle de material y respectivo coeficiente de rugosidad (n).....	96
XVI.	Profundidades mínimas de tubería PVC.....	99
XVII.	Ancho y profundidad de zanjas en función de diámetro de tubería..	100
XVIII.	Integración de precios unitarios.....	121
XIX.	Cronograma de actividades de ejecución.....	122
XX.	Cronograma de actividades de inversión.....	122

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>A</b>	Área
<b>AZ</b>	Azimut
<b>Q</b>	Caudal
<b>Qd</b>	Caudal domiciliar
<b>Qm</b>	Caudal medio
<b>cm<sup>2</sup></b>	Centímetros cuadrados
<b>cm<sup>3</sup></b>	Centímetros cúbicos
<b>C</b>	Coeficiente de escorrentía
<b>CII</b>	Cota Invert inicial
<b>CIF</b>	Cota Invert final
<b>A°</b>	Delta de la curva horizontal
<b>DH</b>	Distancia horizontal
<b>ELV</b>	Elevación
<b>Est i</b>	Estación a calcular
<b>EXC</b>	Excavación
<b>Fcm</b>	Factor de caudal medio
<b>FH</b>	Factor de Harmond
<b>FR</b>	Factor de retorno
<b>I</b>	Intensidad de lluvia
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>KPH</b>	Kilómetros por hora
<b>LL</b>	Límite líquido
<b>LP</b>	Límite plástico

<b>I</b>	Litro
<b>l/s</b>	Litro por segundo
<b>l/hab/día</b>	Litros por habitante por día
<b>Ls</b>	Longitud de espiral
<b>m</b>	Metro
<b>m<sup>2</sup></b>	Metros cuadrados
<b>m<sup>3</sup></b>	Metros cúbicos
<b>m<sup>3</sup>/s</b>	Metros cúbicos por segundo
<b>mm/h</b>	Milímetros por hora
<b>NTI</b>	Número de tránsito inicial
<b>NTD</b>	Número de tránsito diario
<b>O M</b>	Ordenada media
<b>S%</b>	Pendiente en porcentaje
<b>e máx</b>	Peralte máximo
<b>P</b>	Período de diseño
<b>Pf</b>	Población futura
<b>Pac</b>	Población actual
<b>PV</b>	Pozo de visita
<b>PU</b>	Precio unitario
<b>PPF</b>	Profundidad pozo final
<b>PPI</b>	Profundidad pozo inicial
<b>ST</b>	Punto de espiral a tangente
<b>CS</b>	Punto de cambio de círculo a espiral
<b>PIV</b>	Punto de intersección vertical
<b>P C</b>	Punto en donde comienza la curva circular simple
<b>P T</b>	Punto en donde termina la curva circular simple
<b>q/Q</b>	Relación de caudales
<b>d/D</b>	Relación de diámetros
<b>v/V</b>	Relación de velocidades

<b>R</b>	Rumbo
<b>Sa máx</b>	Sobre ancho máximo
<b>Tang</b>	Tangente
<b>r</b>	Tasa de crecimiento
<b>TIR</b>	Tasa interna de retorno
<b>TPDA</b>	Tránsito promedio diario anual
<b>VPN</b>	Valor presente neto



## GLOSARIO

<b>AASHTO</b>	American Association of State Highway and Transportation Officials, o sea Asociación Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transportes.
<b>Acera</b>	Capa de rodadura donde circulan los peatones.
<b>Alcantarillas</b>	Son los conductos que se construyen por debajo de la subrasante de una carretera u otras obras viales, con el objetivo de evacuar las aguas superficiales.
<b>Aletón o ala</b>	Muro lateral colocado en la entrada y salida de los puentes, diseñado y construido para sostener y proteger los taludes.
<b>Candela</b>	Receptáculo el cual su función es recibir las aguas negras provenientes del interior de una vivienda y que conduce al sistema de drenaje.
<b>Caudal</b>	Volumen de agua que pasa por unidad de tiempo.
<b>Conducción</b>	Infraestructura utilizada para conducir el agua de un lugar determinado a otro deseado.

<b>Cabezales para alcantarillas</b>	Son estructuras de concreto ciclópeo, concreto estructural, mampostería de piedra, mampostería de ladrillo o bloque, colocadas en los extremos de las alcantarillas, entrada y salida, para estabilizar la tubería y sostener el terraplén.
<b>Caudal comercial</b>	Volumen de aguas negras que se desechan en los comercios.
<b>Caudal doméstico</b>	Es el caudal de aguas negras que se desechan en las viviendas.
<b>Caudal industrial</b>	Volumen de aguas negras que se desechan en la industria.
<b>CBR</b>	Ensayo de razón soporte California.
<b>CSU</b>	Clasificación sistema unificado.
<b>Cunetas</b>	Zanjas a los lados de un camino para recibir y conducir las aguas de lluvia, también, son constituidas al pie de un talud o en la corona del mismo.
<b>Derecho de vía</b>	Es el área que el estado reserva, para ser usada en la construcción de carreteras, anexos y futuras ampliaciones.
<b>Descarga</b>	Lugar donde se vierten las aguas negras provenientes de un colector, las que pueden o no estar crudas o tratadas.
<b>DGC</b>	Dirección General de Caminos.

<b>Factor de caudal medio</b>	Relación entre las sumas de caudales y los habitantes a servir.
<b>Factor de Harmond</b>	Factor de seguridad para las horas pico, está en relación con la población.
<b>Factor de retorno</b>	Porcentaje de agua potable que después de utilizada va al sistema de drenaje.
<b>Grado máximo de curvatura</b>	De acuerdo con el tipo de carretera, se fija un grado máximo de curva a usar, el cual llene las condiciones de seguridad para el tránsito a la velocidad de diseño.
<b>Hidrología</b>	Es la ciencia que estudia el ciclo del agua y la evolución de ella en la superficie de la tierra bajo sus tres estados.
<b>INFOM</b>	Instituto de Fomento Municipal.
<b>Limpia, chapeo y destronque</b>	Son las operaciones previas a la iniciación de los trabajos de terracería y otros, con el objeto de eliminar toda clase de vegetación existente.
<b>Mampostería</b>	Son los elementos construidos a base de piedra, ladrillo, blocks, etc, simplemente acomodado con mortero.
<b>Mortero</b>	Es la mezcla de aglomerantes, arena y agua, que sirven para unir las piedras, ladrillos, etc.
<b>Obra falsa</b>	Parte de la formaleta que sostiene los moldes en su lugar.

**PVC** Son las siglas en inglés de Poli Vinil Chloride, adoptadas internacionalmente para denominar productos fabricados con cloruro de polivinilo.

**Talud** Son los planos inclinados de la terracería, los cuales delimitan volúmenes de corte o terraplén, según el caso.

## RESUMEN

El municipio de Tiquisate está ubicado al noroeste del departamento de Escuintla. De acuerdo con la investigación realizada en el municipio, se realizó un diagnóstico de las necesidades existentes de las cuales se procedió a clasificar las de mayor prioridad.

Entre estas están la planificación y diseño del tramo carretero que comunica la cabecera municipal con la aldea Pinula y la ampliación del sistema de alcantarillado sanitario en la aldea San Juan La Noria.

En cuanto al desarrollo del diseño y planificación del tramo carretero, se establecieron criterios y procedimientos cumpliendo con las especificaciones de la Dirección General de Caminos para una carretera tipo "E" con diseño de pavimento flexible.

Para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario se tomaron diversas consideraciones siendo las más importantes el período de diseño, población de diseño, dotación, caudal sanitario, velocidades mínimas y máximas, ecuación de Manning y otras.

El informe presenta la solución, diseño, planificación y cuantificación de materiales y mano de obra para cada uno de los proyectos antes mencionados, de esta forma la Universidad de San Carlos de Guatemala logra proyectar su labor social hacia el pueblo de Guatemala.

.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Contribuir en parte a la solución de los problemas de infraestructura básicos y la falta de sistemas de conducción de aguas negras para así reducir las condiciones de insalubridad y mejorar la calidad de vida de las comunidades.

### **Específicos**

1. Desarrollar investigaciones de tipo monográfica y realizar un diagnóstico de servicios básicos e infraestructura de la cabecera municipal de Tiquisate y sus aldeas.
2. Realizar el diseño y la planificación del tramo carretero que comunica la cabecera municipal de Tiquisate con la aldea Pinula y la ampliación del sistema de drenaje sanitario en la aldea San Juan La Noria.
3. Proporcionar a la municipalidad la información que requiera para la ejecución de dichos proyectos.



## INTRODUCCIÓN

Para que las comunidades tengan un mejor desarrollo económico, político y social es necesario que cuenten con beneficios derivados de la ejecución de proyectos en el área de servicios básicos, específicamente suministro y evacuación de agua, vías de comunicación, etc.

Por tal razón la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, a través de la Unidad de Ejercicio Profesional Supervisado, promueve el crecimiento de las comunidades en el interior de la república.

El presente informe es resultado del Ejercicio Profesional Supervisado realizado en el municipio de Tiquisate, departamento de Escuintla el cual consiste en el diseño del tramo carretero que comunica la cabecera municipal con la aldea Pinula y la ampliación del drenaje sanitario de la aldea San Juan La Noria.

Con la elaboración de los diseños mencionados, se proporciona a la municipalidad de Tiquisate los medios para que se de solución a los problemas que aquejan a las poblaciones afectadas.

En este trabajo, se presenta todo el proceso desarrollado para la elaboración de los proyectos descritos, desde investigación preliminar, trabajos topográficos, normas, especificaciones, cálculo y diseño, elaboración de planos y presupuesto, así como observaciones para minimizar el impacto ambiental que puede tener en su entorno.



## **1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE TIQUISATE, ESCUINTLA**

La palabra Tiquisate se deriva de las voces: Tiquis y Tiquislaj que significan a la orilla de los cipreses o cipresales, y es un vocablo de origen Nahuatl. Anteriormente el municipio de Tiquisate abarcaba el territorio de Nueva Concepción, y la cabecera municipal se encontraba en la aldea Santa Ana Mixtán, la que ya existía por 1600 y reestablecida en 1910, fue reducida a aldea al quitársele la categoría de cabecera.

Tiquisate era una aldea del municipio de Santa Ana Mixtán, pero con la llegada de la compañía Agrícola de Guatemala, esta región fue cambiando y el 5 de marzo de 1947, el presidente de la República Dr. Juan José Arévalo decretó la creación del municipio de Tiquisate y su cabecera municipal Pueblo Nuevo; quedando Santa Ana Mixtán con categoría de aldea.

El 15 de febrero de 1974 el presidente de la república Coronel Carlos Manuel Arana Osorio, desmembró el parcelamiento de Nueva Concepción convirtiéndolo en un nuevo municipio de Escuintla; por lo que el municipio de Tiquisate quedó con una extensión aproximada de 417 kilómetros cuadrados, siendo 892 kilómetros cuadrados el área original.

El 10 de agosto de 1976 el presidente de la República Kjell Laugerud García, elevó a categoría de Villa la cabecera municipal de Tiquisate.

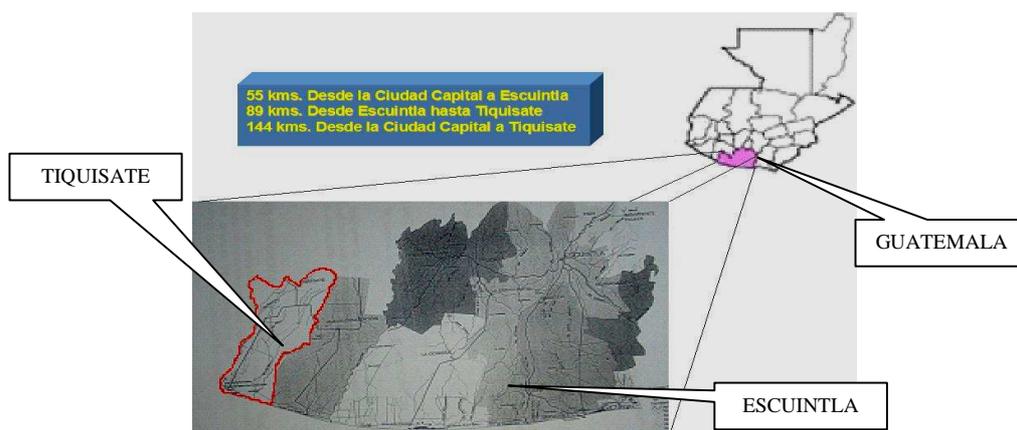
## 1.1. Generalidades

Es de gran importancia conocer aspectos generales de la población donde se desarrolla cada uno de los proyectos para poder enfocarse en las necesidades principales.

### 1.1.1. Ubicación y localización

El municipio de Tiquisate, se encuentra ubicado en el paralelo 14, entre las latitudes  $14^{\circ}00'$  y  $14^{\circ}22'$  norte, longitudes  $91^{\circ}30'$  y  $91^{\circ}16'$  oeste. Dista de la ciudad capital 79,2 kilómetros en línea recta. Su cabecera municipal es la Villa de Pueblo Nuevo Tiquisate, que se encuentra ubicada a 147 kilómetros, por carretera de la ciudad capital de la república de Guatemala, en dirección suroeste, y a 90 kilómetros de la cabecera departamental de Escuintla en la misma dirección, exactamente a  $14^{\circ}17'$  latitud norte y  $91^{\circ}22'$  de longitud oeste, a una altura sobre el nivel del mar de 68 metros.

Figura 1. Mapa del departamento de Escuintla



Fuente: Oficina Planificación, Municipalidad de Tiquisate.

### **1.1.2. Límites y colindancias**

Tiquisate colinda al este con el municipio de Nueva Concepción, siendo su límite el río Madre Vieja. Al sur con el Océano Pacífico. Al oeste con el municipio de Santo Domingo, Suchitepéquez, siendo su límite el río Nahualate. Al norte con el municipio de Río Bravo, siendo su límite aldea La Sierra. Al noroeste con los municipios de San José El Ídolo y Chicacao, ambos del departamento de Suchitepéquez, sirviendo de límite el Río Nahualate.

Por pertenecer al departamento de Escuintla se encuentra dentro de la región central, la cual se conforma por los departamentos de Escuintla, Chimaltenango y Sacatepéquez.

### **1.1.3. Topografía**

En el territorio de Tiquisate no existen irregularidades bien pronunciadas, ya que se caracteriza por ser de un tipo de llanura aluvial que sirve a los ríos Icán, Nahualatieja, así como de restos de superficies planas originadas por sedimentos pluviales. Aunque sí existen pequeñas elevaciones de tierra consideradas cerros, por ser de una magnitud menor que un monte o una montaña, en los lugares como Las Parcelas Municipales, Finca Laurel, Finca Ixtepéque y Finca Concepción La Noria. También hay algunas pequeñas depresiones llamadas El Juilín, El Jute y La Mora.

### **1.1.4. Clima**

Tomando en cuenta datos registrados en la estación meteorológica denominada Tiquisate que se encuentra ubicada en latitud 14°17'10" norte y longitud 91°22'21" oeste y a una altura sobre nivel del mar de 70 metros, el

promedio de temperaturas máximas y mínimas oscilan entre los 17 grados centígrados a los 31 grados centígrados, en la cabecera municipal y entre los 23 grados centígrados a los 35 grados centígrados en regiones más bajas y cercanas al mar. La temperatura media anual que se registra en la cabecera municipal de Tiquisate es de 27,5 grados centígrados.

La temporada cálida dura desde mediados de febrero hasta septiembre. El período más caluroso del año es desde marzo hasta la segunda semana de mayo. La temporada fresca dura desde mediados de noviembre hasta inicios de febrero. El período más frío del año son los meses de diciembre y enero cuando la temperatura puede llegar a descender hasta los 12 grados centígrados, debido a los frentes fríos que alcanzan la ciudad caracterizándose principalmente por vientos ligeros y lluvias que pueden hacer descender la temperatura considerablemente.

En enero de 2010 la temperatura bajó a cifras récord, pues en el área de la cabecera municipal alcanzaron los 10 grados centígrados y en las aldeas aledañas los 12 grados centígrados.

#### **1.1.5. Servicios**

Servicio de salud: existe en el municipio el Hospital Nacional de Tiquisate “Ramiro de León Carpio”, presta los servicios de cirugía, ginecología, medicina, pediatría, emergencias, consulta externa, servicio dental, farmacia estatal, laboratorio y rayos.

Sus áreas de influencia cubren los municipios de Tiquisate y Nueva Concepción en el departamento de Escuintla, Río Bravo, Patulul, Santa

Bárbara, San Juan Bautista, Pochuta, Nahualate y Santo Domingo, todos del departamento de Suchitepéquez.

El centro de Salud de Tiquisate, presta los servicios de consulta externa, atención a programas prioritarios de salud, tuberculosis, control prenatal, control pediátrico, profilaxis sexual y vacunación.

El hospital del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, presta a sus afiliados los servicios de cirugía, ginecología, medicina, pediatría, emergencias, consulta externa, servicio dental, farmacia, laboratorio, rayos X y cuenta con un programa de sobrevivencia.

Existe también el servicio de rescate y primeros auxilios que presta la 15a. Compañía de Bomberos Voluntarios de Guatemala, así como el servicio de ambulancia de la municipalidad, ambas instituciones con cobertura urbana y rural.

Transporte: en Tiquisate existe transporte extraurbano que se organiza en tres rutas: la ruta norte que va de Tiquisate a la ciudad capital, la ruta oeste u occidental que cubre el recorrido de Tiquisate a la ciudad de Quetzaltenango y la ruta sur que cubre el recorrido de Tiquisate a Playa El Semillero y Tiquisate a Santa Ana Mixtán en el municipio de Nueva Concepción, Escuintla. La terminal de buses se encuentra al costado sur del mercado municipal de donde parten los autobuses cada treinta minutos cubriendo las rutas ya mencionadas, a partir de las 4:00 horas hasta las 18:00 horas.

Telecomunicaciones: se realizan por medio de los servicios telefónicos que presta la agencia local de Telgua S.A. y otras empresas de telecomunicación móvil, tanto vía satélite como por antena.

También existe la comunicación por medio de los servicios de la agencia local de El Correo S.A. Cabe mencionar que el municipio es cubierto por una red de televisión por cable, servicio prestado por Corporación Tiquicable SA que permite el flujo de información a nivel nacional e internacional, vía satélite, por más de 50 canales, incluyendo dos canales locales, el canal 12 de carácter evangélico y el canal 10 de carácter comercial.

Las radiocomunicaciones de amplitud y frecuencia modulada, son cubiertas por dos radios, Radio Cultural de programación evangélica y Radio Interfase de carácter comercial. También existe una radio de circuito cerrado Radio La Voz del Comercio, que cubre el sector del mercado municipal.

## **1.2. Aspectos sociales**

En la actualidad la sociedad del municipio de Tiquisate desempeña diferentes actividades religiosas y educativas ya que cuenta con varias iglesias y centros educativos que han ido aumentando de acuerdo a su crecimiento demográfico.

### **1.2.1. Demografía**

Tomando en cuenta datos demográficos según el XI Censo de Población y VI de Habitación de 2002, realizados por el -INE.- (Instituto Nacional de Estadística) en el municipio de Tiquisate, contabilizó una población aproximada proyectada para el 2005 (últimos datos obtenidos), la cual establece que cuenta con 54 983 habitantes, el 55,34 por ciento conforma la población adulta y el 44,66 por ciento es la población que comprende jóvenes y niños.

Tomando en cuenta lo anterior se establece que para el municipio de Tiquisate, la tasa de crecimiento corresponde a 3,98 por ciento anual.

### **1.2.2. Religión**

La sociedad de Tiquisate se organiza según su ideología en los siguientes grupos religiosos: Iglesia Católica, Iglesias y Células Evangélicas, Iglesia de los Santos de los Últimos Días, Iglesia del Reino de los Testigos de Jehová, Iglesia Adventista del 7mo. Día y Centro Espiritual de Piusi. En general la población en su mayoría se inclina hacia la religión católica.

### **1.2.3. Educación**

La educación formal del municipio de Tiquisate está constituida de la siguiente forma:

Nivel primario:

Escuela Oficial Mixta "Tecún Umán No. 1"

Escuela Oficial Mixta "Tecún Umán No. 2"

Escuela Oficial para niñas "Jacinto C. Javier"

Escuela Oficial Nocturna "Taller de adultos"

Colegio Católico Particular Mixto "Guatemala"

Colegio Particular Mixto "El Prado"

Colegio Particular Mixto "Bartolomé de las Casas"

Liceo Cristiano "Shalem"

Existen 10 escuelas primarias privadas en las fincas bananeras.

Nivel medio:

Escuela Nacional de Ciencias Comerciales.

Instituto Nacional de Educación Básica con Orientación Comercial, adscrito a Escuela Nacional de Ciencias Comerciales.

Instituto Nacional de Educación Básica “Leonidas Mencos Ávila”

Liceo Tecnológico Moderno de Tiquisate.

Colegio Bartolomé de las Casas.

Liceo Cristiano “Shalem”

Nivel universitario:

En las instalaciones del Liceo Cristiano Shalem funciona la extensión universitaria de la Universidad Galileo.

### **1.3. Diagnóstico de necesidades en infraestructura y servicios básicos**

Como resultado del aumento de la población se hace necesario hacer un análisis profundo para determinar que tipo de proyectos necesitan priorizarse para satisfacer las necesidades de los pobladores.

#### **1.3.1. Descripción de las necesidades**

De acuerdo con la investigación realizada con personas representantes de diferentes sectores y de realizar una evaluación de las condiciones en las que se encuentran muchas comunidades, se pudo constatar que existen en el municipio de Tiquisate necesidades de servicios básicos de infraestructura tales como mejoramiento de caminos, mejoramiento de sistemas de evacuación de aguas servidas, centros de servicios de salud, etc.

#### **1.3.2. Priorización de las necesidades**

Tomando en cuenta que la cabecera municipal cuenta con servicios básicos para sus pobladores y que es en las aldeas donde existen mayores

necesidades se tomó la decisión de priorizar proyectos que ayuden a que los pobladores de las aldeas San Juan La Noria y Pinula tengan una mejor calidad de vida por lo cual se realizó el diseño del tramo carretero que conduce hacia la aldea Pinula y el diseño de la ampliación del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea San Juan La Noria.

#### **1.4. Monografía de la aldea Pinula, Tiquisate, Escuintla**

Para desarrollar cualquier tipo de proyectos se hace necesario conocer aspectos importantes que ayuden al diagnóstico de las necesidades para poder enfocarse en satisfacer las mismas.

##### **1.4.1. Generalidades**

En cuanto a la aldea Pinula del municipio de Tiquisate se pueden mencionar datos que fueron investigados como ubicación, clima y servicios que ayudaron a la realización del proyecto.

##### **1.4.1.1. Ubicación y localización**

La aldea Pinula se encuentra ubicada a una distancia de seis kilómetros al sur oriente de la cabecera municipal de Tiquisate, su acceso principal lo constituye la carretera en estudio.

#### **1.4.1.2. Límites y colindancias**

La aldea Pinula colinda al este con el municipio de Nueva Concepción, siendo su límite el río Madre Vieja. Al sur con la aldea Champas Pinula. Al oeste con la cabecera municipal de Tiquisate. Al norte con la aldea Almolonga.

#### **1.4.1.3. Topografía**

En el territorio de Tiquisate no existen irregularidades bien pronunciadas, y la aldea Pinula se encuentra ubicada entre extensas planicies en las que alcanza una altura de aproximadamente 68 metros sobre nivel del mar.

#### **1.4.1.4. Clima**

En la aldea Pinula se mantiene clima cálido como en la cabecera municipal ya que están a la misma altura sobre nivel del mar. Sus temperaturas oscilan entre los 17 grados centígrados a los 31 grados centígrados.

#### **1.4.1.5. Servicios**

En cuanto a servicios de salud, la aldea Pinula cuenta con un puesto de salud que presta servicios de consulta externa, atención de emergencias y vacunación. Existen también otro tipo de servicios como transporte y señal de telefonía móvil.

## **1.4.2. Aspectos sociales**

Como parte de la investigación realizada en el municipio de Tiquisate y específicamente en la aldea Pinula, se tomaron en cuenta aspectos importantes que tienen influencia para la determinación de parámetros de diseño.

### **1.4.2.1. Demografía**

La aldea Pinula presenta un crecimiento demográfico promedio en relación al del municipio en general y tomando en cuenta datos demográficos según el XI Censo de Población y VI de Habitación de 2002, realizados por el -INE- (Instituto Nacional de Estadística) en el municipio de Tiquisate, la tasa de crecimiento corresponde a 3,98 por ciento anual.

### **1.4.2.2. Religión**

La religión que predomina entre los habitantes de la aldea Pinula, según investigación realizada es la católica seguida de personas que pertenecen a iglesias evangélicas.

### **1.4.2.3. Educación**

La educación formal de la aldea Pinula está constituida únicamente por establecimientos de nivel primario, lo que hace que las personas tengan que trasladarse a la cabecera municipal para continuar sus estudios.

### **1.4.3. Diagnóstico de necesidades en infraestructura**

Para conocer las necesidades de los pobladores de la aldea Pinula, se realizó un diagnóstico a través de visitas al lugar y encuestas, que ayudaron a determinar el proyecto que traería mayor beneficio para las personas.

#### **1.4.3.1. Descripción de las necesidades**

Por medio de entrevistas realizadas a representantes de las comunidades y de realizar una evaluación personal de las condiciones actuales en las que se encuentran, se pudo constatar que las necesidades de servicios de infraestructura son muchos, evaluando los que son mas importantes y factibles de realizar.

#### **1.4.3.2. Priorización de las necesidades**

Debido a la inmensa cantidad de agua caída en un período bastante corto de tiempo, se ha provocado el deterioro de las vías de acceso a diferentes comunidades y específicamente a la carretera que conduce de la cabecera municipal a la aldea Pinula por lo que se hace necesario el mejoramiento de la misma.

### **1.5. Monografía de la aldea San Juan La Noria, Tiquisate, Escuintla**

Es importante hacer una descripción monográfica del lugar donde se desarrollan los proyectos, en este caso se realizaron investigaciones para poder obtener información de la aldea San Juan La Noria con ayuda de autoridades locales.

### **1.5.1. Generalidades**

Con información obtenida de la dirección municipal de planificación de Tiquisate y autoridades locales se hace una descripción de servicios y datos importantes como clima, topografía y condiciones de la aldea San Juan La Noria.

#### **1.5.1.1. Ubicación y localización**

La aldea San Juan La Noria se encuentra ubicada a una distancia de quince kilómetros al sur de la cabecera municipal de Tiquisate, tomando la ruta asfaltada que conduce a las playas de El Semillero.

#### **1.5.1.2. Límites y colindancias**

La aldea San Juan La Noria colinda al este con el municipio de Nueva Concepción, siendo su límite el río Madre Vieja. Al sur con la aldea Ticanlú. Al oeste con fincas bananeras. Al norte con la aldea Champas Pinula.

#### **1.5.1.3. Topografía**

La aldea San Juan La Noria se encuentra situada en un sector en donde existe una topografía bastante plana y alcanza una altura de aproximadamente 55 metros sobre nivel del mar.

#### **1.5.1.4. Clima**

En relación al clima que se registra en la cabecera municipal, en la aldea San Juan La Noria prevalece por su altura un clima mas cálido. Sus temperaturas oscilan entre los 23 grados centígrados a los 35 grados centígrados.

#### **1.5.1.5. Servicios**

La aldea San Juan La Noria cuenta con un puesto de salud que presta servicios de consulta externa, atención de emergencias y vacunación. Existen también otro tipo de servicios como transporte y señal de telefonía móvil.

### **1.5.2. Aspectos sociales**

Para que un proyecto se materialice es necesario disponer de información específica del lugar y en este caso se tomó en cuenta aspectos sociales importantes que ayudarán al diagnóstico de necesidades.

#### **1.5.2.1. Demografía**

Según el XI Censo de Población y VI de Habitación de 2002, realizados por el -INE- (Instituto Nacional de Estadística) en el municipio de Tiquisate, la tasa de crecimiento corresponde a 3,98 por ciento anual, la cual también corresponde a la aldea San Juan La Noria.

### **1.5.2.2. Religión**

Existe en la actualidad en la aldea San Juan La Noria una iglesia católica y varias iglesias evangélicas, pero en un porcentaje alto las personas profesan la religión católica.

### **1.5.2.3. Educación**

En la aldea San Juan La Noria únicamente existe educación a nivel primario contando con establecimientos que prestan ese servicio.

## **1.5.3. Diagnóstico de necesidades en infraestructura**

Con el fin de llevar a cabo un análisis orientado a responder las necesidades reales de los pobladores de la aldea, se realiza un diagnóstico con ayuda de personas de la localidad.

### **1.5.3.1. Descripción de las necesidades**

Haciendo un diagnóstico general en todas las comunidades del municipio de Tiquisate, se pudo comprobar que aún existen muchas necesidades que no dejan continuar adecuadamente con el desarrollo del mismo. Por lo que se concluye que los habitantes de la aldea San Juan La Noria presentan entre otras las necesidades de servicios básicos de infraestructura.

### **1.5.3.2. Priorización de las necesidades**

Debido a la falta de un buen sistema de transporte de aguas servidas en la actualidad, los niños de edad escolar y preescolar, sufren un serio problema de

enfermedades tanto infecciosas, digestivas y respiratorias. Por lo que se tomó la decisión de priorizar la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario que ayude a minimizar las enfermedades provocadas por la falta del mismo y así cubrir parte de las necesidades básicas de la población de la aldea San Juan La Noria.

## **2. DISEÑO TRAMO CARRETERO TIQUISATE – ALDEA PINULA**

### **2.1. Descripción del proyecto**

La elaboración de este proyecto contempla el desarrollo completo para el trazo y construcción del tramo carretero de carpeta a base de pavimento flexible que comunica a la cabecera municipal de Tiquisate con la Aldea Pinula. Dicho proyecto tiene una longitud total de 5 075,72 metros lineales, con un ancho de calzada de 5,50 metros que corresponde a una carretera Tipo E con hombros de 0,75 metros y con un bombeo de 3 por ciento de pendiente el cual encausará la escorrentía hacia las respectivas cunetas.

### **2.2. Especificaciones para el diseño**

Evaluación vehicular: se entiende por volumen de tránsito cierta cantidad de vehículos de motor que transitan por un camino en determinado tiempo y en el mismo sentido. Las unidades comúnmente utilizadas son: vehículos por día o vehículos por hora. Se llama tránsito promedio diario (TPD) a los promedios de los volúmenes de tránsito que circulan durante 24 horas en un cierto período. La capacidad de una carretera se mide generalmente en vehículos por hora y por carril, o bien en vehículos por hora por ambos carriles, como en este caso que el camino es de dos carriles.

Ancho de rodadura: el ancho de rodadura está en función del tipo de carretera, llamada también ancho de calzada, adyacente a ambos lados de la calzada existe un área llamada hombro que tiene como propósito proteger contra la

humedad y posibles erosiones a la calzada así como proporcionar seguridad al usuario al tener a su disposición un ancho adicional fuera de la calzada para eludir accidentes.

Tabla I. **Gavarito de anchos de rodadura**

<b>TIPO DE CARRETERA</b>	<b>ANCHO DE RODADURA (m)</b>	<b>ANCHO DE HOMBRO</b>
A	2 CARRILES DE 7,20	De 2 m a 3 m
B	7,20	De 1 m a 2 m
C	6,50	De 0,7 m a 1,5 m
D	6,00	0,7 m
E	5,50	0,75 m
F	5,50	0,75 m

Fuente: Enrique Cuellar. Ingeniería de carreteras. Tomo I. p. 77 a 79.

Velocidad de diseño: se define la velocidad como la relación entre el espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo. Como la velocidad que desarrolla un vehículo queda afectada por sus propias características, la de la vía, por el volumen de tránsito y por las condiciones atmosféricas imperantes, significa que la velocidad a la que se mueve un vehículo varía constantemente, causa que obliga a trabajar con valores medios de velocidad. La velocidad de diseño es la que ha sido escogida para gobernar y correlacionar las características y el proyecto geométrico de un camino en su aspecto operacional.

Tabla II. **Velocidades de proyecto recomendables**

<b>VELOCIDADES DE PROYECTO RECOMENDABLES</b>			
<b>TIPO DE CARRETERA</b>	<b>Regiones Llanas</b>	<b>Regiones Onduladas</b>	<b>Regiones Montañosas</b>
Tipo A	100 km/h	80 km/h	60 km/h
Tipo B	80 km/h	60 km/h	40 km/h
Tipo C	80 km/h	60 km/h	40 km/h
Tipo D	80 Km/h	60 Km/h	40 Km/h
Tipo E	50 Km/h	40 Km/h	30 Km/h
Tipo F	40 Km/h	30 Km/h	20 Km/h

Fuente: Paiz Morales, Eleazar Gerardo. Criterios y procedimientos para la selección y construcción de pavimentos flexibles en carreteras. p. 23.

Pendientes: para el diseño de subrasante es necesario tomar en cuenta los porcentajes mínimos o máximos de pendientes. En el establecimiento de pendientes, la situación ideal es aquella en que el corte es balanceado contra el terraplén sin mucho préstamo ni exceso de desperdicio.

Cambios de pendientes de más a menos deben de hacerse en los cortes, y cambios de menos a más en terraplenes, esto dará como resultado un buen diseño y evitará la apariencia de construir colinas y producir depresiones contrarias al contorno general del terreno.

La pendiente máxima promedio debe ser cuidadosamente establecida, ya que influye en el alineamiento horizontal y en las características de operación, siendo esta de 9 por ciento por ser carretera Tipo E. La pendiente mínima es la menor pendiente que se fija para permitir la funcionalidad de un drenaje. En los tramos en relleno la pendiente puede ser nula, debido que para drenar la carretera, basta con la pendiente transversal de la misma. En los tramos en corte se recomienda una pendiente longitudinal mínima de 0,5 por ciento para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas.

### **2.3. Estudio preliminar de campo**

Es la recopilación de información de campo, para poder realizar el diseño en gabinete. En este proceso se determina la selección preliminar de ruta y el levantamiento topográfico.

#### **2.3.1. Levantamiento topográfico**

Antes de iniciar propiamente los estudios topográficos se requiere de un reconocimiento preliminar para recolectar datos de gran utilidad en el proyecto como localización de zonas bajas inundables, niveles de agua en crecientes, puentes, etc. Una vez hecho esto se procederá a hacer un reconocimiento directo del camino para determinar sus características topográficas utilizando equipo especial para ello.

Con los datos recabados, resaltando los más importantes se establecerá una ruta tentativa para el proyecto.

### **2.3.1.1. Planimetría**

Representación de la posición horizontal de una superficie en un plano. Para el levantamiento planimétrico, se utilizó el método de conservación de azimut, método más utilizado para la medición en poligonales abiertas.

### **2.3.1.2. Altimetría**

Representación y medición de las elevaciones. En este proyecto se utilizó el método de nivelación diferencial. La unión de trabajos de planimetría y altimetría proyecta en un plano toda la información requerida del terreno.

### **2.3.1.3. Secciones transversales**

Mediciones obtenidas conjuntamente con el levantamiento altimétrico obtenidas perpendicularmente en ambos lados del centro de la carretera, para poder generar la gráfica de curvas de nivel del tramo carretero y sus secciones.

## **2.4. Cálculo topográfico preliminar**

Consiste en procesar la información obtenida en campo al momento de hacer el levantamiento topográfico, por medio de cálculos y con la ayuda de programas y hojas de cálculo.

### **2.4.1. Criterios de diseño**

Tráfico promedio diario	De 100 a 500 vehículos
Carretera	Tipo "E"

Topografía de terreno	Ondulado
Velocidad de diseño	40 KPH
Ancho de calzada	5,50 Metros
Radio mínimo	47 Metros
Pendiente máxima	09 por ciento

### **2.4.2. Cálculo planimétrico**

El levantamiento topográfico planimétrico se realizó con una poligonal abierta, utilizando el método de conservación de azimut, luego se procede al cálculo de coordenadas totales de cada punto, para poder realizar la representación plana del proyecto.

#### **2.4.2.1. Línea preliminar**

Poligonal de apoyo que su trazo requiere esté lo más apegada posible a los puntos establecidos. Es una poligonal abierta a partir de un vértice o punto de inicio hasta llegar al vértice siguiente nivelándola (secciones transversales) generalmente a cada 20 metros. Cuando el terreno es muy uniforme puede hacerse a cada 40 metros siempre que se tomen en cuenta estaciones intermedias importantes.

### **2.4.3. Cálculo altimétrico**

Luego de realizar la nivelación con nivel de precisión y utilizando el método de nivelación diferencial se procede al cálculo de cotas y a dibujar el perfil del terreno. Conviene fijar en campo las cotas intermedias al centímetro y las de los bancos de nivel o puntos de liga o de cambio, al milímetro, así mismo conviene

dejar bancos de nivel fuera del eje de la línea a cada 500 metros en terrenos sensiblemente planos y a 100 metros en montañosos.

#### **2.4.4. Cálculo de secciones transversales**

El cálculo se realizó utilizando el mismo método usado para el cálculo altimétrico, con la diferencia que para éste se tomaron en cuenta puntos a cada lado del eje con su respectiva distancia, los cuales darán forma a las secciones del terreno.

#### **2.4.5. Cálculo de curvas de nivel**

Realizados los cálculos de altimetría y secciones transversales y con datos de cada uno de los puntos tomados se procedió al cálculo de curvas de nivel por medio del programa Topo-cal (programa de dibujo topográfico) el cual requiere coordenadas totales de cada punto y su elevación, datos obtenidos previamente en el cálculo topográfico.

### **2.5. Diseño de localización**

Consiste en diseñar la línea final o línea de localización, la cual será la definitiva para el proyecto. Se realiza con la información obtenida en campo por medio del levantamiento topográfico.

#### **2.5.1. Diseño línea de localización**

El proyecto definitivo del trazo se establece sobre el dibujo del trazo preliminar, por medio de tangentes unidas entre sí a través de sus puntos de intersección que se utilizarán para ligar las tangentes por medio de curvas

horizontales. El nuevo alineamiento deberá contener datos como rumbo, azimut, distancias e intersecciones.

#### **2.5.1.1. Cálculo de rumbos y azimut**

Para calcular el rumbo de cada línea se necesita un rumbo de salida determinado, los cuales se calcularán con el delta entre cada dos líneas de la preliminar y se restará o sumará según su dirección, tomando en cuenta los azimuts calculados. (Ver tabla III).

#### **2.5.1.2. Cálculo de la distancia de la línea de trazo**

Distancia que se calcula al restar los estacionamientos de cada PI por medio de las coordenadas totales de puntos que unen dos líneas en direcciones diferentes que conforman la curva horizontal.

#### **2.5.1.3. La intersección del PI**

Para determinar la intersección de los PI se deben calcular las coordenadas de cada uno, teniendo calculadas la distancia y el rumbo como anteriormente se explicó.

Tabla III. Conversiones de azimut a rumbo y rumbo a azimut

CUADRANTE CONVERSIÓN	I N E R	II S E R	III S W R	IV N W R
AZIMUT (AZ) A RUMBO (R)	$AZ = R$	$180^\circ - AZ$	$AZ - 180^\circ$	$360^\circ - AZ$
DEFLEXION A RUMBO	$D = +$ $I = --$	$D = --$ $I = +$	$D = +$ $I = --$	$D = --$ $I = +$
RUMBO (R) A AZIMUT (AZ)	$R = AZ$	$180^\circ - R$	$R + 180^\circ$	$360^\circ - R$
SUMA DE RUMBOS	$N = +$ $S = --$ $E = +$ $W = --$	$N = --$ $S = +$ $E = +$ $W = --$	$N = --$ $S = +$ $E = --$ $W = +$	$N = +$ $S = --$ $E = --$ $W = +$

Fuente: Ing. Byrón Rene Paiz Morales. Tesis Guía de cálculo para carreteras. Usac. 1980. p. 10.

### 2.5.2. Cálculo de elementos de curvas horizontales

La unión entre una y otra tangente requiere el empleo de curvas horizontales simples para lo cual es necesario estudiar el procedimiento para su realización, éstas se calculan y se proyectan según las especificaciones del camino y requerimientos de la topografía apoyados en las siguientes fórmulas:

### 2.5.2.1. Grado de curva (G)

Es el ángulo central que subtiende un arco de circunferencia de 20 metros de longitud, de esta definición se obtiene la siguiente fórmula que va relacionada con el radio.

$$G = \frac{1145,9156}{R}$$

Donde:

R = Radio

### 2.5.2.2. Longitud de curva (Lc)

La longitud de curva es la longitud de arco comprendida entre el principio de curva y el principio de tangente, cuyo ángulo central es la deflexión  $A^\circ$  y está representada por la siguiente fórmula:

$$Lc = \frac{A^\circ * 20}{G}$$

Donde:

$A^\circ$  = Ángulo de deflexión entre tangentes

### 2.5.2.3. Subtangente (St)

Es la distancia medida entre el punto de intersección de la prolongación de tangentes y el principio de curvas o el principio de tangente, está relacionada con el radio de la curva.

$$St = R * \tan(A^\circ / 2)$$

#### **2.5.2.4. Cuerda máxima (Cm)**

Es la distancia medida en línea recta, desde el principio de curva al principio de tangente, está relacionada con el radio de curva y el ángulo de deflexión entre tangentes.

$$Cm = 2 * R * \text{Sen}(A^\circ / 2)$$

#### **2.5.2.5. External (E)**

Es la distancia medida desde el punto de intersección de la prolongación de tangentes, hasta el punto medio de la curva y está representada por la siguiente fórmula:

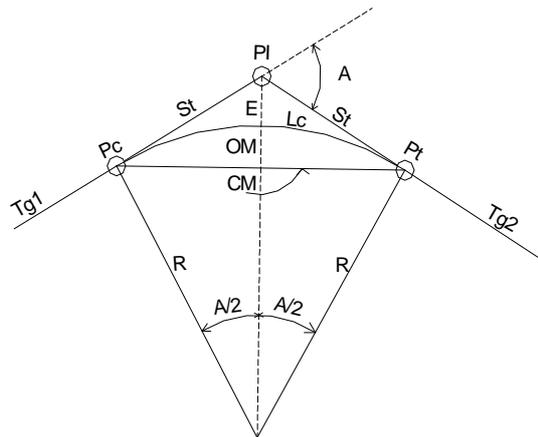
$$E = R * \frac{[1 - \text{Cos}(A^\circ / 2)]}{\text{Cos}(A^\circ / 2)}$$

#### **2.5.2.6. Ordenada media (OM)**

Es la distancia radial entre el punto medio de la cuerda principal y el punto medio de la curva, su cálculo relaciona el radio de la curva y el ángulo de deflexión entre tangentes.

$$OM = R * [1 - \text{Cos}(A^\circ / 2)]$$

Figura 2. Componentes de curva horizontal



Fuente: elaboración propia.

Donde:

- Pc = Punto donde inicia la curva circular simple
- Pt = Punto donde termina la curva circular simple
- PI = Punto de intersección de la prolongación de tangentes
- St = Subtangente
- Cm = Cuerda máxima
- R = Radio de la curva
- Tg1 = Tangente de entrada a la curva
- Tg2 = Tangente de salida a la curva
- Lc = Longitud de curva circular
- A = Ángulo de deflexión de la tangente
- E = External
- OM = Ordenada media

Ejemplo de cálculo de una curva (curva No. 1):

Datos:

$$A^\circ = 2,034^\circ$$

$$R = 572,96$$

$$G = \frac{1145,9156}{R} \quad G = \frac{1145,9156}{572,96} \quad G = 2,00^\circ$$

$$Lc = \frac{A^\circ * 20}{G} \quad Lc = \frac{2,034^\circ * 20}{2,00^\circ} \quad Lc = 20,34m$$

$$St = R * \tan(A^\circ / 2) \quad St = 572,96 * \tan(2,034^\circ / 2) \quad St = 10,171$$

$$Cm = 2 * R * \text{Sen}(A^\circ / 2) \quad Cm = 2 * 572,96 * \text{Sen}(2,034^\circ / 2) \quad Cm = 20,339m$$

$$E = R * \frac{[1 - \text{Cos}(A^\circ / 2)]}{\text{Cos}(A^\circ / 2)} \quad E = R * \frac{[1 - \text{Cos}(2,034^\circ / 2)]}{\text{Cos}(2,034^\circ / 2)} \quad E = 0,0902m$$

$$OM = R * [1 - \text{Cos}(A^\circ / 2)] \quad OM = 572,96 * [1 - \text{Cos}(2,034^\circ / 2)]$$

$$OM = 0,090m$$

## 2.6. Movimiento de tierras

Es una de las actividades más importantes en la construcción de carreteras, debido a su incidencia en el costo de la misma. Por lo tanto, el

movimiento de tierras deberá ser lo más económico dentro de los requerimientos que el tipo de camino fije.

### **2.6.1. Cálculo de peralte y sobre ancho**

El peralte es la sobre elevación que se le da a la sección transversal en la curva, para contrarrestar la fuerza centrífuga que se produce al trasladarse en un movimiento circular. Para el cálculo del peralte se necesitan las especificaciones de diseño geométrico, donde se verán los anchos máximos que dependen del tipo de carretera, velocidad de diseño y grado de curvatura. Para este caso se tomaron datos de tablas establecidas por la DGC para carretera tipo E con velocidad de diseño 40 KPH.

El peralte será repartido proporcionalmente en la longitud de la curva empezando en el PC menos la media longitud de la espiral y terminará en el PT más la media longitud de espiral. Para calcularlo se necesita tomar en cuenta las siguientes fórmulas:

$$\begin{array}{ll} \text{ELS} = \text{PC} - \text{Ls}/2 & \text{ELS} = \text{PT} + \text{Ls}/2 \\ \text{TLS} = \text{PC} + \text{Ls}/2 & \text{TLS} = \text{PT} - \text{Ls}/2 \end{array}$$

Donde:

ELS = Empieza longitud de espiral

TLS = Termina longitud de espiral

Ls = Longitud de espiral

La distancia (d) entre la estación del peralte a encontrar (Esti) y la estación donde empieza la longitud de espiral está dada por:

$$d = \text{Esti} - \text{ELS}$$

La distancia (d) entre la estación del peralte a encontrar (Esti) y la estación donde termina la longitud de espiral está dada por:

$$d = \text{TLS} - \text{Esti}$$

Para el cálculo del peralte:

$$e = D * \frac{e_{\text{máx}}}{L_s}$$

Donde:

e = Peralte

e<sub>máx</sub> = Peralte máximo

La distancia de bombeo o longitud de aplanamiento es la longitud necesaria para que el carril exterior pierda su bombeo o se aplane, es decir que, la mitad exterior del pavimento deberá girarse en una sección de bombeo en un punto sobre la tangente, situado a cierta distancia de ELS, hasta obtener una sección plana. Para calcular la distancia de bombeo Db, usamos la siguiente fórmula:

$$D_b = \frac{a * b}{m}$$

Donde:

a = Ancho de carril

b = Bombeo normal en recta

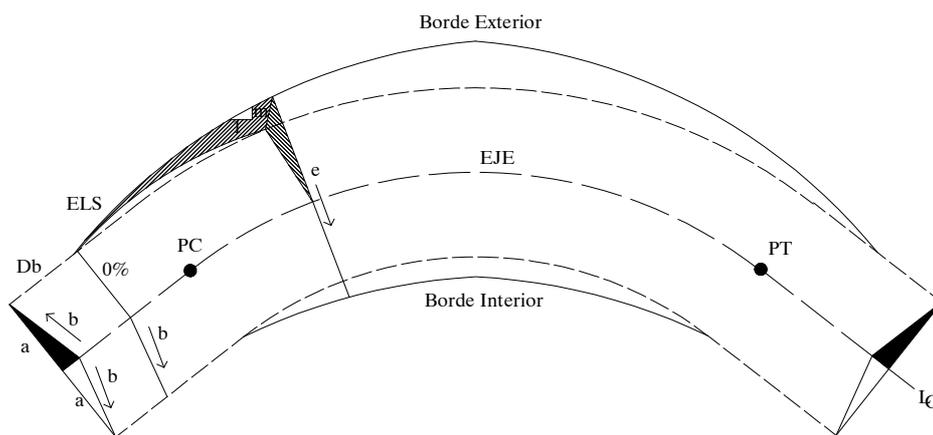
m = Pendiente relativa de los bordes

Tabla IV. Pendientes relativas de los bordes de la calzada

Velocidad de Diseño	Pendiente relativa de los bordes (m)
30	1,28
40	0,96
50	0,77
60	0,64
70	0,55
80	0,50
90	0,48
100	0,45
110	0,42
120	0,40
130	0,40
140	0,40
150	0,40

Fuente: Ing. Johnny Estuardo Gaitán Lutín. Tesis Diseño y replanteo geométrico de carreteras. Usac. 2 007.p.51.

Figura 3. Esquema tridimensional de la transición del peralte



Fuente: elaboración propia.

El sobreebancho es el ancho adicional proporcionado en las curvas, debido a que al circular en ellas, los vehículos ocupan mayor espacio. Para el cálculo del sobreebancho se necesitan las especificaciones de diseño geométrico, donde se determinan los anchos máximos los que dependen del tipo de carretera, velocidad de diseño y grado de curvatura.

El sobreebancho será repartido, proporcionalmente en la longitud de la curva, empezará a partir del PC menos la media longitud de la espiral y terminará en el PT más la media longitud de espiral exactamente como en el cálculo del peralte.

La distancia (d) entre la estación del sobreebancho a encontrar (Esti) y la estación donde empieza la longitud de espiral está dada por:

$$d = \text{Esti} - \text{ELS}$$

La distancia (d) entre la estación del sobreebancho a encontrar (Esti) y la estación donde termina la longitud de espiral está dada por:

$$d = \text{TLS} - \text{Esti}$$

$$S_a = D * \frac{S_{a\text{máx}}}{L_s}$$

Donde:

$S_a =$  Sobre ancho

$S_{a\text{máx}} =$  Sobre ancho máximo

Cuando los valores calculados sean mayores que los especificados se tomarán los valores máximos para el peralte y sobre ancho.

Tabla V. **Cálculo de peralte y sobreancho**

ESTACIÓN		Vel. K.P.H.	e %	Sa (m)
0+	045,504	40	1,371	0,000
<b>CS</b>	<b>0+ 050,504</b>	"	0,000	0,000
PC	0+ 060,674	"	1,500	0,299
0+	070,844	"	3,000	0,559
PT	0+ 081,014	"	1,500	0,299
<b>ST</b>	<b>0+ 091,184</b>	"	0,000	0,000
0+	096,184	"	1,371	0,000

Fuente: elaboración propia.

### 2.6.2. Determinación de corrimiento

El corrimiento es el desplazamiento radial, que es necesario darle hacia adentro de la curva circular para darle cabida a la espiral. Para el corrimiento de cada estación en las curvas existen gráficas con los grados de curva según las velocidades de diseño, por lo tanto solo se leen los corrimientos según la distancia a la que esté la estación deseada del PC o el PT.

Las gráficas de corrimientos solo son una solución gráfica de la ecuación que resuelve la definición de Euler. Al analizar la ecuación se verá que dicho corrimiento permanece constante después de media longitud de espiral.

$$\text{Corr.Y} = \frac{L^3 * G}{6896,5517 * LS}$$

$$\text{Corr.X} = \frac{L}{100} \left[ 100 - 0,3046 \left( \frac{L^2 * G}{LS * 40} \right)^2 10^2 + 0,4296 \left( \frac{L^2 * G}{LS * 40} \right)^4 10^{-7} \right]$$

Donde:

L = Est.i – Est. Donde principia la Ls

G = Grado de curva

LS = Longitud de espiral

Corrimiento del principio de la LS al PC y del PT al final de la LS

$$\text{Corr.C} = \sqrt{Y^2 + X^2}$$

### 2.6.3. Cálculo de subrasante

La subrasante es una sucesión de líneas rectas que son las pendientes unidas mediante curvas verticales, intentando compensar los cortes con los terraplenes. Para determinar las pendientes se tiene que fijar anticipadamente una cota a un punto de intersección determinado, teniendo muy en cuenta las especificaciones para evitar el exceso de deflexiones verticales que demeritan la seguridad y confiabilidad del camino o el exagerado uso de tangentes que resultaría antieconómico.

Para el cálculo se tomó como base las especificaciones para una carretera tipo E con una pendiente mínima de 0,5 por ciento y una pendiente máxima de 9 por ciento. Para el cálculo de puntos cualquiera de la subrasante y de intersección vertical (PIV) se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{ELV2} = \frac{[(\text{EST2} - \text{EST1}) * P]}{100} + \text{ELV1}$$

Donde:

ELV= Elevación

EST= Estación

P = Pendiente

#### **2.6.4. Determinación de curvas verticales**

Una curva vertical es un arco de parábola de eje vertical que une dos tangentes del alineamiento vertical, la curva vertical puede ser en columpio o en cresta, la curva vertical en columpio es una curva vertical cuya concavidad queda hacia arriba y la curva vertical en cresta es aquella cuya concavidad queda hacia abajo.

Las curvas se determinan con base en la velocidad de diseño y tomando en cuenta los valores proporcionados por la tabla VI.

Con los datos de la tabla se puede calcular la longitud mínima de curva vertical.

$$LCV = K \times \bar{A}$$

Donde:

K = Es el valor que depende de la curva y velocidad

$\bar{A}$  = Diferencia algebraica de pendientes

$\bar{A}$  = (Pendiente de salida (P S) – Pendiente de entrada (P E))

Tabla VI. Valores de "K", según velocidad de diseño

Vel. de diseño KPH	Valor de "K" según tipo de curva	
	CÓNCAVA 	CONVEXA 
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

Fuente: Ing. Byrón Rene Paiz Morales. Tesis Guía de cálculo para carreteras. Usac. 1980. p. 62.

Ejemplo: calcular la longitud de curva vertical para 40 KPH tipo de curva cóncava,  $K = 6$ ,  $P E = -0,899 \%$  y  $P S = 1,517 \%$

$$LCV = 6 \times (-0,899 - (1,517))$$

$$LCV = -14,496 \text{ m}$$

Cuando el valor calculado de LCV es menor que el mínimo se utilizará el mínimo. Debido a la facilidad de su cálculo y a su gran adaptabilidad a las condiciones necesarias de operación existen valores tabulados de longitudes

mínimas de curvas expresadas en gráficas ya establecidas por la Dirección General de Caminos en el departamento técnico de ingeniería (ver anexos).

Calculada la longitud de curva vertical, teniendo establecido el punto de intersección de las tangentes verticales (PIV), se suma o resta la mitad de la longitud de curva vertical para encontrar el punto de comienzo de la curva vertical (PCV) y el punto de terminación de la curva vertical (PTV), en este rango se calculan las correcciones para dar forma a la curva vertical. Con las siguientes fórmulas:

$$OM = \frac{PS - PE}{800} * LCV \quad K = \frac{OM}{[LCV/2]^2} \quad Yc = K * D^2$$

Donde:

K = Valor constante calculado

D = (EstPI – Esti) – (LCV/2) esta distancia siempre será positiva

Yc = Corrección para un punto cualquiera.

### **2.6.5. Cálculo de áreas de secciones transversales**

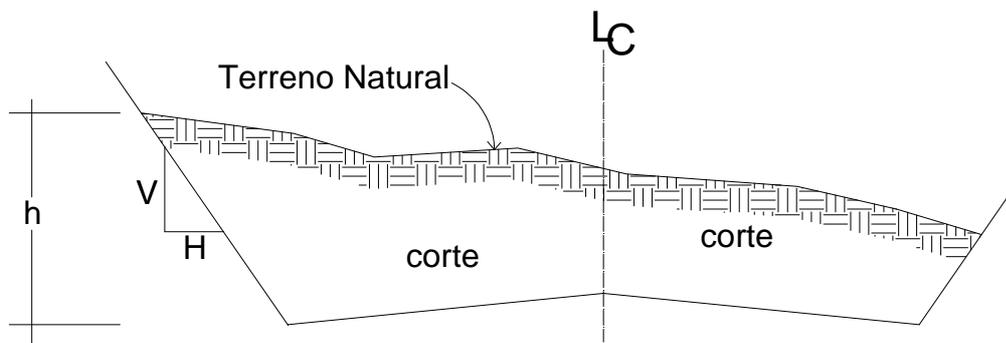
Las áreas de corte y terraplén se calculan tomando en cuenta la subrasante calculada, este procedimiento se hace más sencillo si se dibuja el perfil y la subrasante en el programa de auto-cad, de donde se calculará con solo aplicar correctamente los comandos para el cálculo de área. Las secciones típicas se consideran en tangente y en curva, la sección en tangente llevará un bombeo de 3 por ciento y la sección en curva tiene un peralte que indicará la inclinación de la sección.

Tabla VII. Relaciones para dibujo de taludes

CORTE		RELLENO	
ALTURA (h)	Horizontal (H) – Vertical (V)	ALTURA (h)	Horizontal (H) –Vertical (V)
0 – 3	1 – 1	0 – 3	2 – 1
3 – 7	1 – 2	> 3	3 – 2
> 7	1-3		

Fuente: Ing. Augusto Pérez. Tesis Metodología de actividades para el diseño de carreteras. p. 62.

Figura 4. Sección transversal típica

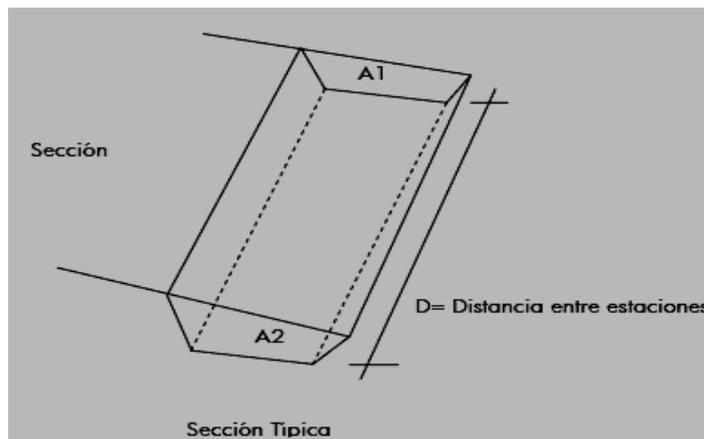


Fuente: elaboración propia.

### 2.6.6. Cálculo de volumen de movimiento de tierras

Con el área calculada de cada una de las secciones se integran los volúmenes por el método del promedio de de áreas extremas sumando dos áreas de sección continuas promediándolas y multiplicándolas por la mitad de la distancia entre ambas.

Figura 5. **Representación geométrica para el cálculo de movimiento de tierras**



Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo de volumen utilizamos la siguiente fórmula:

$$V = \frac{[A1 + A2]}{2} * D$$

Donde:

V = Volumen de tierra

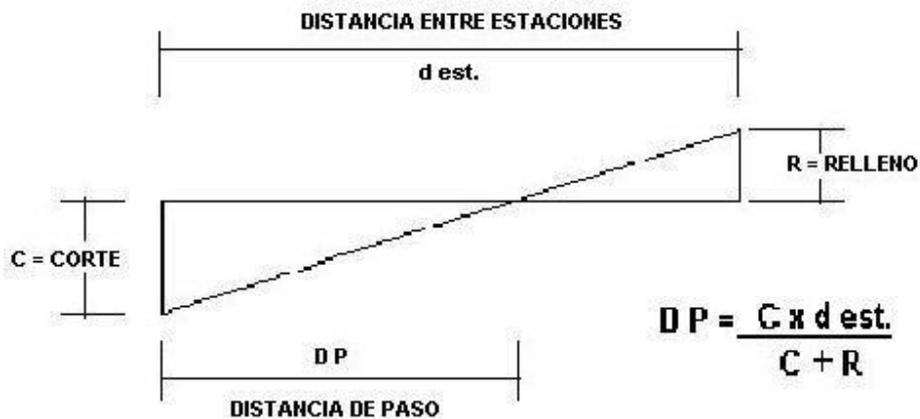
A1 = Área de sección uno

A2 = Área de sección dos

D = Distancia entre estaciones

Cuando en una sección transversal existe área de corte y en la próxima área de relleno o a la inversa, es necesario, antes de calcular los volúmenes, determinar las distancias de paso. La distancia de paso es la comprendida entre la primera sección transversal y el punto donde, teóricamente, el área cambia de corte a relleno o viceversa.

Figura 6. **Distancia de paso**



Fuente: elaboración propia.

### 2.6.7. Cálculo de balance

Calculados los volúmenes se procede al cálculo de los valores de balance, éstos servirán para formar la llamada curva de Bruckner, que combinada con el diseño de la línea de balance, permitirá calcular las cantidades finales de movimiento de tierras. El balance debe tener una cota de inicio, se acostumbra usar un valor inicial de 100 000 metros cúbicos para evitar valores negativos. Al valor inicial o al de la sección transversal anterior se le suma al volumen de corte afectado por el coeficiente de variabilidad volumétrica de contracción y a esto, se le resta el volumen de relleno de la sección considerada.

$$B_i = B_a + C - \frac{R}{1 - \text{Coef.}}$$

Donde:

$B_i$  = Balance en cualquier estación

$B_a$  = Balance anterior

$C$  = Corte

$R$  = Relleno

Coef. = Coeficiente de contracción

Tabla VIII. **Cálculo de balance**

ESTACIÓN	AREAS		DISTANCIA		DISTANCIA	VOLUMENES		Coef.	BALANCE m <sup>3</sup>
	Relleno	Corte	DE PASO			Relleno	Corte		
	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	R	C		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>		
0+ 0,000		0,832			0,000	0,00	0,00	0,15	100 000,00
0+ 20,000		0,875			20,000	0,000	17,070	0,15	100 017,07
0+ 40,000	0,136	0,448	2,69	17,31	20,000	0,183	11,450	0,15	100 028,31
0+ 60,670	0,403	0,364			20,670	5,571	8,392	0,15	100 030,14
0+ 70,840	0,464	0,356			10,170	4,409	3,661	0,15	100 028,62
0+ 81,040	0,660	0,251			10,200	5,732	3,096	0,15	100 024,97
0+ 90,970	0,363	0,428			9,930	5,079	3,371	0,15	100 022,37
0+ 110,970		1,258	4,48	15,52	20,000	0,813	13,084	0,15	100 034,49
0+ 130,970		1,532			20,000	0,000	27,900	0,15	100 062,39
0+ 153,950		1,924			22,980	0,000	39,709	0,15	100 102,10
0+ 173,950		1,772			20,000	0,000	36,960	0,15	100 139,06
0+ 193,950		2,039			20,000	0,000	38,110	0,15	100 177,17
0+ 213,950		2,684			20,000	0,000	47,230	0,15	100 224,40

Fuente: elaboración propia.

## 2.7. Estudio hidrológico para un tramo carretero

El estudio hidrológico sirve para determinar el tipo de estructura necesario para drenar un punto determinado de la carretera.

Por medio del estudio hidrológico se determinan, las obras de arte de una carretera como: puentes, alcantarillas, bóvedas, cunetas, etc.

En toda planificación y diseño de drenajes, debemos de estimar el volumen de agua que deberá ser drenada. Éste volumen de agua recibe el nombre de descarga de diseño, y su determinación debe hacerse con la mayor precisión posible, para hacer un diseño económico.

Por su fácil aplicación, y su uso tan extendido se usará para el presente estudio el método racional.

### **2.7.1. Escorrentías**

Precipitación residual que queda después de restar las pérdidas por intercepción y evapotranspiración. Aparece en los canales, naturales o artificiales, con flujos permanentes o intermitentes, superficial o freático.

El flujo superficial se mueve por el suelo hasta que llega a un canal, por donde continua como flujo en canal o río. Después de unirse al caudal del canal, se combina con los otros componentes del escurrimiento en el cauce para formar el escurrimiento total.

El flujo sub superficial, llamado también interflujo, escurrimiento subsuperficial, flujo subsuperficial por tormenta y filtración por tormenta, se infiltra solo hasta las capas superiores del suelo sin unirse al cuerpo freático principal. Como tiene movimiento lateral, puede avanzar debajo de la tierra hasta que llega a un canal o retorna a la superficie y continúa como flujo sobre la tierra.

En la práctica, las divisiones del escurrimiento utilizadas son en escurrimiento directo o flujo base. La base para esta clasificación es el tiempo más bien que la trayectoria para el movimiento del agua. El escurrimiento directo sale de la cuenca durante una tormenta o poco después de ella, mientras que el flujo base de la tormenta quizás no salga de la cuenca durante meses o incluso años.

### **2.7.2. Precipitación**

Este consiste en proyectar la alcantarilla para dar paso a una cantidad de agua determinada por el escurrimiento probable del agua de lluvia. Las fórmulas para el cálculo del gasto en este procedimiento requieren el conocimiento de la precipitación pluvial, del área a drenar, de su topografía y de la clase de suelo de dicha área.

La parte de la precipitación que contribuye directamente por entero a escurrimiento superficial se llama precipitación o lluvia en exceso. Por tanto, la lluvia en exceso solo es flujo de superficie.

Los dos grupos mayores de factores que afectan el escurrimiento son las características climatológicas y las características de la cuenca hidrológica. Estos factores son una indicación de la complejidad para determinar el escurrimiento con exactitud.

### **2.7.3. Coeficiente de escorrentía**

El coeficiente de escorrentía indica el porcentaje del agua total llovida que debe ser tomada en consideración para el diseño, puesto que no toda el agua

drena por medio de la alcantarilla; esto es debido a los procesos naturales de evaporación, infiltración y retención en el suelo.

El valor del coeficiente de escorrentía va a depender del tipo de terreno que se encuentre y caracterice la superficie a drenar o de la cuenca. Se proponen varios coeficientes para distintos tipos de terreno:

Tabla IX. **Coefficientes para distintos tipos de terreno**

<b>COEFICIENTE "C"</b>	<b>TIPO DE TERRENO</b>
1,00	Montañosos y escarpados
0,80	Con mucho lomerío
0,60	Con lomeríos
0,50	Muy ondulados
0,40	Pocos ondulados
0,30	Casi planos
0,20	Planos

Fuente: Ing. Rodolfo González. Anuario colegio de ingenieros 1987. p. 148.

#### **2.7.4. Cálculo de área de descarga**

En toda planificación y diseño de drenajes, debemos de estimar el volumen de agua que deberá ser drenada. Este volumen de agua recibe el nombre de descarga de diseño, y su determinación debe hacerse con la mayor precisión posible, para hacer un diseño económico.

Se han utilizado numerosos métodos para el cálculo de descarga de diseño. Todos ellos están basados en uno de los siguientes criterios:

- Registro de corrientes individuales y la observación de estructuras existentes.
- Uso de fórmulas empíricas o semiempíricas, para determinar la máxima descarga.
- Uso de fórmulas, empíricas o semiempíricas para determinar directamente el área de desagüe requerida.

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

Este método relaciona la escorrentía con la intensidad de lluvia mediante la siguiente fórmula:

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

Donde:

Q = Escorrentía o caudal máximo (m<sup>3</sup> / s)

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad de lluvia promedio (mm / h)

A = Área que se va a drenar (hectáreas)

Para determinar la intensidad de lluvia se utilizó la siguiente fórmula:

$$I = \frac{a}{t+b}$$

Los valores para a y b son constantes proporcionados por la estación meteorológica de la localidad, para este caso se tomó un tiempo de concentración (t) igual a 18 minutos.

$$I = \frac{13455,20}{18+104,14} = 110 \text{ mm/h}$$

El área tributaria en consideración fue determinada por medio del cálculo de área realizado del estacionamiento 0+713,45 al 2+562,50, se tomó en cuenta únicamente un ancho promedio de 8,40 metros que corresponde a la carretera ya que por las condiciones del terreno no existe área adicional que pueda tomarse para el cálculo.

$$A = \frac{8,40}{2} * 1849,05 = 7766,01 \text{ m}^2 = 0,78 \text{ Ha}$$

Para el cálculo de cuneta triangular tenemos las siguientes condiciones:

$$I = 110 \text{ mm/h}$$

$$A = 0,78 \text{ Ha}$$

$$C = 0,30$$

Pendiente longitudinal 3 por ciento (S = 0,03)

Taludes relación 1/2 y 1/1

Lleno al 70 por ciento

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{360} \quad Q = \frac{0,30 \cdot 110 \cdot 0,78}{360}$$

$$Q = 0,072 \text{ m}^3/\text{s}$$

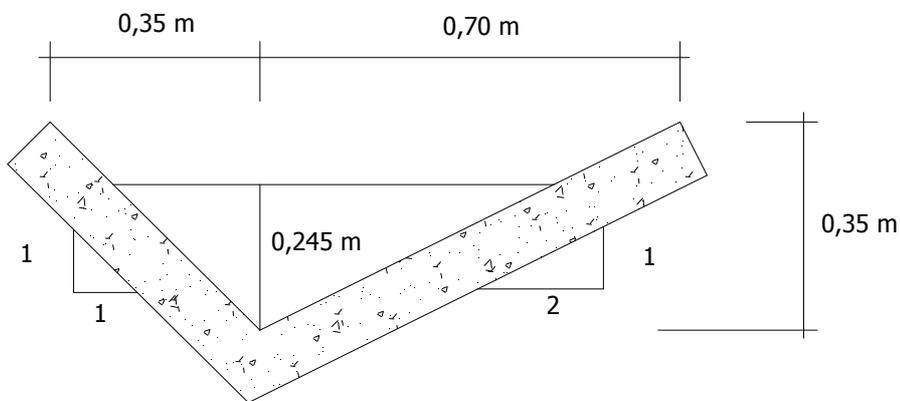
Determinación del radio hidráulico:

$$R = \frac{A}{P}$$

Donde:

A = Área    P = Perímetro mojado

Figura 7.    **Sección de cuneta**



Fuente: elaboración propia.

$$R = \frac{A}{P} \quad R = \frac{0,090}{1,6293} \quad R = 0,0552 \text{ m}$$

Usando la fórmula de *Manning*

$$Q = \frac{1}{n} A * R^{2/3} * S^{1/2} \quad \text{donde: } n = 0,015$$

$$Q = \frac{1}{0,015} * 0,090 * (0,055)^{2/3} * (0,03)^{1/2}$$

$$Q = \frac{1}{0,015} * 0,090 * 0,145 * 0,173$$

$$Q = 0,151 \text{ m}^3/\text{s}$$

Con este resultado se concluye que el área de la cuneta propuesta es suficiente para transportar el caudal de diseño.

## **2.8. Estudio de suelos**

Este estudio sirve para conocer las propiedades físico – mecánicas de los suelos, las cuales serán la base principal para el diseño y construcción del proyecto.

### **2.8.1. Ensayo de la granulometría**

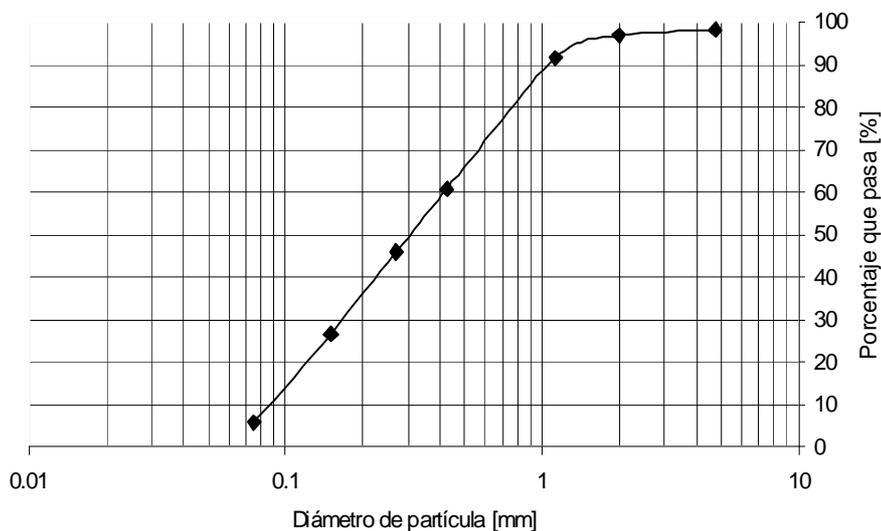
El análisis granulométrico consiste en determinar la proporción relativa en peso de los diferentes tamaños de granos presentes en una muestra de suelo. En la práctica, se trabaja con rangos de tamaños.

El análisis granulométrico permitió obtener la cantidad de suelo que pasa en una serie de mallas o tamices normalizados. La información obtenida del

análisis granulométrico se presenta en forma de curva, graficando los diámetros de partículas en función del porcentaje que pasa (en peso) o también llamado porcentaje más fino.

A partir de la curva de distribución granulométrica, se pueden obtener diámetros característicos tales como el D10, D85, D60. El diámetro D se refiere al tamaño del grano o diámetro aparente de una partícula de suelo y el sub-índice denota el porcentaje de material más fino. Por ejemplo D10 = 0,15 milímetros significa que el 10 por ciento de los granos de la muestra son menores en diámetro que 0,15 milímetros. El diámetro D10 es también llamado tamaño efectivo de un suelo. El sistema internacional USCS (*Unified Soil Classification System*) nos permite clasificar el suelo de acuerdo a los parámetros determinados en el análisis granulométrico.

Figura 8. **Representación gráfica de ensayo granulométrico**



Fuente: elaboración propia.

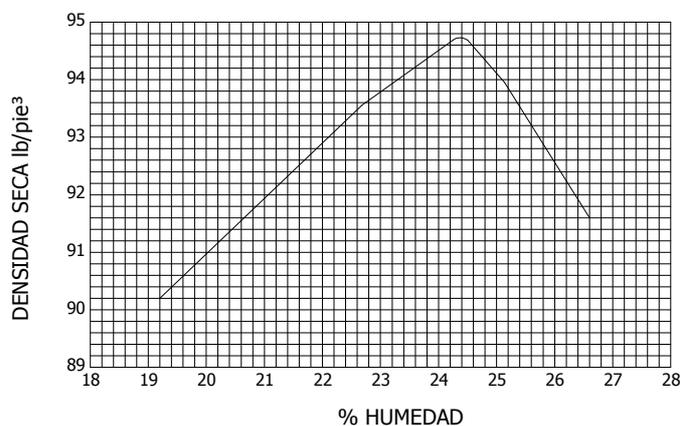
### **2.8.2. Ensayo del proctor modificado**

Actualmente existen muchos métodos para reproducir, al menos teóricamente, en laboratorio las condiciones dadas de compactación en terreno. Históricamente, el primer método, respecto a la técnica que se utiliza actualmente, es el debido RR Proctor y que es conocido como prueba Proctor estándar. El más empleado, actualmente, es denominado prueba Proctor modificado en el que se aplica mayor energía de compactación que el estándar siendo el que esta más de acuerdo con las solicitaciones que las modernas estructuras imponen al suelo.

Con este procedimiento de compactación, Proctor estudió la influencia que ejercía en el proceso el contenido inicial de agua de suelo. Observó que a contenidos de humedad crecientes, a partir de valores bajos, se obtenían más altos pesos específicos secos y, por lo tanto, mejores compactaciones del suelo, pero que esa tendencia no se mantenía indefinidamente, sino que al pasar la humedad de un cierto valor, los pesos específicos secos obtenidos disminuían, resultando peores compactaciones en la muestra. Es decir, que existe una humedad inicial denominada humedad óptima, que produce el máximo peso específico seco que puede lograrse con este procedimiento de compactación y, por consiguiente, la mejor compactación del suelo.

Los resultados de las pruebas de compactación se grafican en curvas que relacionan el peso unitario específico seco versus el contenido de agua.

Figura 9. **Representación gráfica ensayo proctor modificado**



Fuente: elaboración propia.

### 2.8.3. **Ensayo de razón de soporte de suelos compactados "CBR"**

El ensayo de CBR mide la resistencia al corte (esfuerzo cortante) de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, la ASTM denomina a este ensayo, simplemente como "Relación de soporte" y está normado con el número ASTM D 1883-73. Se aplica para evaluación de la calidad relativa de suelos de subrasante, algunos materiales de sub-bases y bases granulares, que contengan solamente una pequeña cantidad de material que pasa por el tamiz de 50 milímetros, y que es retenido en el tamiz de 20 milímetros. Se recomienda que la fracción no exceda del 20 por ciento.

Este ensayo puede realizarse tanto en laboratorio como en terreno, aunque este último no es muy practicado. Ensayo de CBR (Valor Soporte California): el número CBR se obtiene como la relación de la carga unitaria en kilogramos por centímetro cuadrado (libras por pulgadas cuadrada, (PSI)) necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón (con un

área de 19,4 centímetros cuadrados) dentro de la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado, en ecuación, esto se expresa:

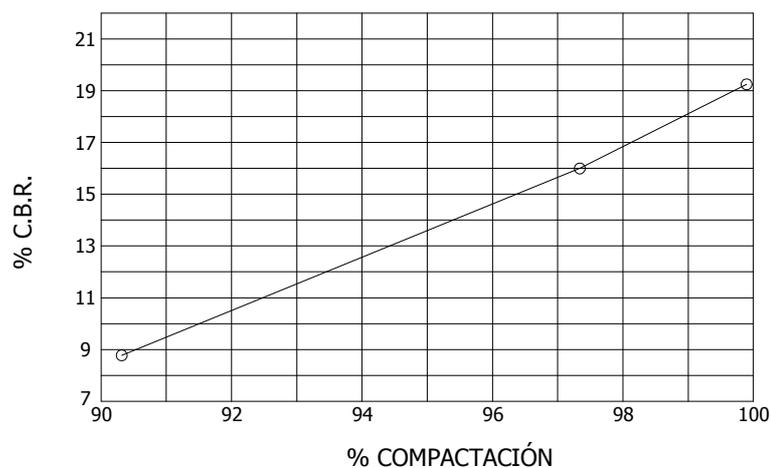
$$\text{CBR} = \frac{\text{CUE} * 100}{\text{CUP}}$$

Donde:

CUE= Carga unitaria de ensayo      CUP= Carga unitaria patrón

Los ensayos de CBR se hacen usualmente sobre muestras compactadas al contenido de humedad óptimo para el suelo, determinando el ensayo a utilizar en la compactación estándar. El ensayo de CBR se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente utilizados como bases y sub rasantes bajo el pavimento de carreteras y aéreo pistas.

Figura 10. **Representación gráfica ensayo CBR**



Fuente: elaboración propia.

#### 2.8.4. Ensayo de límites de Atteberg

Los límites de Atterberg son ensayos de laboratorio normalizados que permiten obtener los límites del rango de humedad dentro del cual el suelo se mantiene en estado plástico. Una descripción del suelo en sus condiciones naturales es absolutamente necesaria ya que la muestra de suelo al ser ensayada se encuentra con su estructura original destruida por la acción de remoldeo.

Contenido de humedad (w): Razón entre peso del agua y peso del suelo seco de una muestra. Se expresa en porcentaje:

$$w = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

Donde:

$W_w$  = Peso del agua

$W_s$  = Peso del suelo seco

Límite Líquido (LL): contenido de humedad del suelo en el límite entre el estado líquido y plástico.

Límite Plástico (LP): es el contenido de humedad del suelo en el límite entre los estados semi-sólido y plástico.

Índice de Plasticidad (IP): es la diferencia entre los límites líquido y plástico:

$$IP = LL - LP$$

Análisis de resultados: los resultados obtenidos, de los ensayos realizados a la muestra representativa, así como las gráficas, pueden observarse en los

anexos. De estos resultados dependen los espesores de las diferentes capas que conforman el pavimento.

Se cuenta entonces, en este caso, con un material con las siguientes características:

Clasificación: SCU: SM PRA: A-2-4

Descripción = Arena limosa con grava color café oscuro

Peso unitario seco máximo = 94,82 lb/pie<sup>3</sup>

Humedad óptima = 25,2 %

CBR = 20,3 %

LL = 0% SM

IP = 0% SM

### **2.1.9. Diseño de pavimento flexible**

El concepto del diseño de pavimentos flexibles es determinar primero el espesor de la estructura, basado tanto en el nivel de tránsito como en las propiedades de los materiales.

Para el diseño de espesores de pavimento flexible en este proyecto se tomó como guía la metodología propuesta por la AASHTO '93, la cual para definir el número estructural requerido se basa de una forma general en las cualidades físico mecánicas de los suelos de fundación del proyecto (subrasante) o sea que considera de una forma fundamental el valor soporte de los materiales de sub-rasante del proyecto obtenidos mediante el ensayo de CBR. Otro de los factores principales que considera la metodología AASHTO para definir el número estructural requerido es la cantidad de vehículos que

circularán durante el período de diseño asignado, los cuales son transformados en ejes equivalentes a 18 000 libras.

En el caso del número estructural aportado se considerará el coeficiente de cada una de las capas que compondrán a la estructura del pavimento, de acuerdo a las características mínimas aceptadas en el libro de especificaciones generales definiéndolos en los diferentes nomogramas presentados por AASHTO; así mismo el número estructural aportado estará directamente ligado a los espesores de capa y el factor de drenaje utilizado para cada una de ellas.

El número estructural requerido deberá de ser menor o igual al número estructural aportado para cumplir con las exigencias del proyecto. El período de diseño utilizado para el presente estudio es de 20 años, por lo que se tomó en cuenta los ejes equivalentes hasta el 2032, considerando que el proyecto entrará en servicio en el año 2012. Las variables a considerar en éste método son:

Variables en función del tiempo

Existen dos tipos que deben tomarse en cuenta y son:

- El período de diseño
- La vida útil del pavimento

El período de diseño es el tiempo total para el cual se diseña un pavimento en función de la proyección del tránsito y el tiempo que se considere apropiado para que las condiciones establecidas del entorno se comiencen a alterar desproporcionadamente.

La vida útil del pavimento, es aquel tiempo que transcurre entre la construcción del mismo y el tiempo transcurrido en el que alcanza el mínimo de serviciabilidad.

#### Evaluación vehicular

El método AASHTO utiliza en su formulación el número de repeticiones esperadas de carga en Ejes Equivalentes, es decir, que antes de tomar las fórmulas de diseño, debemos transformar los Ejes de Pesos Normales de los vehículos que circularán por el camino, en Ejes Sencillos Equivalentes de 18 000 libras (8,2 toneladas) también conocidos como ESAL's.

Es importante investigar adecuadamente la tasa de crecimiento apropiada para el caso en particular que se esté considerando, los valores comunes para tasa de crecimiento normal varía en un rango de 1 por ciento a 3 por ciento. En este caso se tomará una tasa de crecimiento de 3 por ciento para todos los tipos de vehículos, la cual es también utilizada por la Dirección General de Caminos para realizar sus proyecciones en sus rutas sin un historial de tránsito.

Para determinar la proyección de vehículos se cuenta la siguiente clasificación:

- Automóviles, paneles y jeeps
- Pick-ups
- Camiones medianos de 2 ejes
- Vehículos de tres ejes
- Microbuses
- Buses
- Vehículos de 4 ejes o más

Con los datos obtenidos de la proyección del tránsito, se calculó el número de ejes simples de carga equivalente (ESAL's) para un período de diseño del pavimento de 20 años (2012 - 2032), utilizando el método AASHTO 93.

ESAL TOTAL PARA 20 AÑOS: 376 582

Tabla X. **Conteos vehiculares en aldea Pinula**

Tiempo de Conteo: 12 horas

Para la conversión a 24 horas se tomará como factor 1,3

DIA/ 12 h/ 24 h	TPDA	CLASIFICACIÓN							VEHÍCULOS PESADOS	
		1	2	3	4	5	6	7	TOTAL	%
		1/12 h	18	48	8	1	6	4		
<b>1/24 h</b>	<b>109</b>	<b>23</b>	<b>62</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>15</b>	<b>14,06</b>

Fuente: elaboración propia.

Confiabilidad (R)

Este valor se refiere al grado de seguridad que el diseño de la estructura de un pavimento pueda dar al fin de su período de diseño en buenas condiciones. El cálculo se realizó para un nivel de confiabilidad del 85 por ciento que se encuentra dentro del rango utilizado para rutas rurales principales.

## Criterios para determinar la serviciabilidad

La serviciabilidad de una estructura de pavimento, es la capacidad que tiene éste de servir al tipo y volumen de tránsito para el cual fue diseñado.

El índice de serviciabilidad se califica entre 0 (malas condiciones) y 5 (perfecto). Para el diseño de pavimentos debe asumirse la serviciabilidad inicial y la serviciabilidad final; la inicial es función directa del diseño de la estructura de pavimento y de la calidad con que se construye la carretera; al final va en función de la categoría del camino y se adopta en base al criterio del diseñador.

### Serviciabilidad inicial

$P_o = 4,5$  para pavimento rígidos

$P_o = 4,2$  para pavimento flexibles

### Serviciabilidad final

$P_t = 2,5$  ó más para caminos principales

$P_t = 2,0$  ó más para caminos de tránsito menor

## **2.9.1. Número estructural requerido**

Para la determinación del número estructural requerido, se tomaron como base las cargas impuestas por el tránsito, el módulo de resiliencia obtenido del material de sub-rasante del proyecto, y las consideraciones propuestas por el modelo matemático sugeridas en AASHTO.

La metodología para el cálculo del número estructural requerido, es la propuesta en la guía para el diseño de estructuras de pavimento, AASHTO.

El procedimiento para el cálculo del número estructural requerido, se efectuó sobre la base del valor de CBR de diseño y la cantidad de ejes simples de carga equivalente de 18 000 libras estimadas para el período de diseño.

#### Factores de drenaje

Para determinar el factor de drenaje, se considera que el proyecto se desarrolla en áreas con pendientes moderadas, y dadas las características topográficas y climatológicas de la región, se optó por utilizar un factor de drenaje 0,90 para la capa de sub-base y 1,00 para la capa de base; el cual considera una cualidad de drenaje regular y con grados de exposición a la saturación de entre 5 y 25 por ciento, según datos de relación de drenaje – tiempo de saturación del pavimento de la guía para pavimentos flexibles de la AASHTO.

Las variables para determinarlo son las siguientes:

La cantidad de ejes equivalentes por carril, para el período de diseño.

La confiabilidad (R) puede ser definida como la probabilidad de que la estructura tenga un comportamiento real igual o mejor que el previsto durante la vida de diseño adoptada, según la guía para pavimentos flexibles de la AASHTO se pueden tomar los siguientes valores:

Vías rápidas	85 – 99,9
Arterias principales	80 – 99
Colectoras	80 – 95

El conjunto total de las desviaciones estándar. Se recomienda utilizar los valores comprendidos dentro de los intervalos siguientes:

Para pavimentos flexibles 0,40 – 0,50

En construcción nueva 0,35 – 0,40

En sobre-capas 0,50

El módulo de resiliencia es un parámetro para representar la capacidad de soporte de los materiales de fundación del pavimento y que está ligado invariablemente a un proceso de carga repetida. Para determinar el valor del módulo de resiliencia ( $M_r$ ) se tomaron las siguientes correlaciones:

Para  $CBR < \text{ó} = 7$   $M_r = 1\ 500\ CBR$

Para  $7 < CBR < \text{ó} = 20$   $M_r = 3\ 000\ CBR^{0,65}$

Para  $CBR > 20$   $M_r = 4\ 326\ CBR + 241$

El factor para el módulo de resiliencia de la sub-rasante para este proyecto fue de  $3\ 000\ CBR^{0,65}$ .

La pérdida de serviciabilidad.

A continuación se presenta el resumen de los parámetros de diseño y el número estructural requerido:

- Esal de diseño 376 582
- Confiabilidad 85,0%
- Desviación standard 0,45
- Serviciabilidad inicial 4,20
- Serviciabilidad final 2,5

- CBR diseño	8,8%
- Módulo de resiliencia	11 591
- Valor $Z_R$	-1,037

El valor de  $Z_R$  está tomado en base a datos de valores establecidos en la guía para diseño de pavimentos flexibles de la AASHTO de acuerdo a los valores de la confiabilidad R.

El valor tomado de  $Z_R$  para este caso es -1,037 correspondiente a una confiabilidad de 85 por ciento.

Basados en las consideraciones de diseño y utilizando el modelo matemático propuesto por AASHTO, se obtiene:

$$\log_{10}(\text{ESAL}) = Z_R S_o + 9,36 \log_{10}(\text{SN} + 1) - 20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta \text{PSI}}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40 + \frac{1049}{(\text{SN} + 1)^{5,19}}} + 2,321 \log_{10} M_R - 8,07$$

Donde:

ESAL = Número de cargas de ejes simples equivalentes

$S_o$  = Desviación estándar

$Z_R$  = Es el valor de Z correspondiente a la curva estandarizada para una confiabilidad R

$\Delta \text{PSI}$  = Pérdida de serviciabilidad

$M_r$  = Módulo de resiliencia de subrasante

SN = Número estructural

$$\log_{10}(376582) = -1,037 * 0,45 + 9,36 \log_{10}(SN + 1) - 20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{1,70}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40 + \frac{1049}{(SN + 1)^{5,19}}}$$

$$+ 2,321 \log_{10} 11591 - 8,07$$

Número estructural requerido SNREQ = 2,49

### **2.9.2. Número estructural aportado**

El número estructural aportado se puede decir que es la resistencia del conjunto de capas que conforman a la estructura del pavimento y debe ser equivalente o superior al número estructural requerido, con el objeto de compensar las cargas impuestas por los vehículos y la calidad del tipo de suelo de sub-rasante. El cálculo del número estructural aportado se hará de acuerdo al coeficiente de capa estimado, espesor de la misma y cualidad del drenaje por capa.

### **2.9.3. Determinación de los coeficientes de capa**

De acuerdo a la metodología para diseño de pavimentos flexibles de la AASHTO, es necesario analizar cada una de las capas que constituyen la estructura del pavimento de acuerdo al material a utilizar y estará determinada en base a especificaciones y gráficas.

#### **2.9.3.1. Capa de sub-base**

Para la determinación del coeficiente estructural de la capa de sub-base, se aplicó la fórmula propuesta por AASHTO, y se considerará que el material deberá cumplir cómo mínimo las características físico - mecánicas propuestas

en el libro de Especificaciones Generales para construcción de Carreteras y Puentes, proponiéndose la siguiente fórmula:

$$a_3 = 0,227 * (\log. 10 EsB) - 0,839$$

Donde:

$a_3$  = Coeficiente de capa de sub-base

EsB = Módulo de elasticidad de la capa

El módulo de elasticidad de la capa se tomará por los parámetros de laboratorio obtenidos de los ensayos efectuados. Sugiriendo las siguientes características: material granular, índice plástico menor a 6, CBR mínimo 35.

Basados en la figura 2,7 de la sección 11-21 de la Guía Interina de la AASHTO, los parámetros proporcionan un Módulo de Elasticidad aproximado a los 15 500 (en los anexos se adjunta la gráfica de coeficiente  $a_3$ ). De lo anterior y aplicando la fórmula se obtiene:

$$a_3 = 0,227 * (\log. 10 (4,2)) - 0,839$$

$$\text{Coeficiente de capa de sub-base} = a_3 = 0,11$$

### **2.9.3.2. Capa de base triturada**

Para la determinación del coeficiente estructural de la capa de base, se aplicó el mismo criterio utilizado para evaluar la sub-base, y su Módulo de Elasticidad se determinó de la siguiente forma:

Material de piedra triturada, de acuerdo con la sección 305 del libro de Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes edición

septiembre 2001. Sugiriendo las condiciones siguientes: base Tipo B, Índice de Plasticidad máximo de 3, CBR mínimo del 90 por ciento. Los parámetros proporcionan un Módulo de Elasticidad aproximado a los 30 000.

Material de piedra granular, de acuerdo a la sección 304 del Libro de Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes edición mayo 1975. Basados en la figura 2,6 de la sección 11-19 de la Guía Interina de la AASHTO (en anexos se adjunta gráfica de coeficiente a2). De lo anterior y aplicando la siguiente fórmula se obtiene:

$$a_2 = 0,249 * (\log. 10 EsB) - 0,977$$

$$a_2 = 0,249 * (\log. 10 (4,48)) - 0,977$$

$$\text{Coeficiente de capa de base} = a_2 = 0,14$$

### 2.9.3.3. Capa de concreto asfáltico

Basados en la figura 2.5, de la sección 11-18 de la guía Interina de la AASHTO, se obtiene un coeficiente de capa variable de acuerdo al Módulo de Elasticidad del Concreto Asfáltico (Módulo de Elasticidad entre 250,000 y 500,000). Para el cálculo del Módulo de Elasticidad se utilizará la siguiente fórmula:

$$EAC = 860 * (p/f) * 10^{0,035 (30-T)}$$

Donde:

EAC = Módulo de Elasticidad (MPa)

p = Estabilidad Marshall (KN)

f = Fluencia (mm)

T = Temperatura (el cálculo se hará con T = 25° C)

Nota: los valores utilizados para desarrollar la fórmula se encuentran dentro de los parámetros establecidos, de acuerdo a la sección 401 del Libro de Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes edición mayo 1 975. Basados en la figura 2,5 de la sección II-18 de la Guía Interina de la AASHTO, (en anexo se adjunta la grafica del coeficiente a1 en base al módulo elástico). De lo anterior:

Coeficiente de capa de concreto asfáltico =  $a_1 = 0,40$

Espesores propuestos

Opción de rodadura de concreto asfáltico y base granular.

Capa de rodadura de concreto asfáltico	5,0 cm
Capa de base granular	20,0 cm
Capa de sub-base	20,0 cm
Reacondicionamiento de sub-rasante	20,0 cm

#### **2.9.4. Cálculo del número estructural aportado**

Una vez obtenidos los coeficientes estructurales de cada una de las capas y los espesores propuestos, se aplicó la fórmula presentada por la Guía Interina de la AASHTO'93, en la cual el número estructural proporcionado por la estructura está basado a los tipos de material y espesores de cada una de las capas, siendo este:

$$SN = (a_1)*(D_1)*(C_d) \dots + (a_n)*(D_n)*(C_n)$$

Donde:

$a_1$  = Coeficiente de diseño capa de rodadura

$D_1$  = Espesor en pulgadas de la capa de rodadura. = 5 cm = 1,97"

- C1 = Coeficiente de drenaje capa rodadura
- a2 = Coeficiente de diseño capa de base granular
- D2 = Espesor en pulgadas de la capa de base granular. = 20 cm = 7,87"
- C2 = Coeficiente de drenaje capa de base granular
- a3 = Coeficiente de diseño capa de sub-base
- D3 = Espesor en pulgadas de la capa de sub-base. = 20 cm = 7,87"
- C3 = Coeficiente de drenaje capa de sub-base
- a4 = Coeficiente de diseño capa reacondicionamiento de sub-rasante
- D4 = Espesor en pulgadas de la capa reacondicionamiento de sub-rasante
- D4 = 20 cm = 7,87"
- C4 = Coeficiente de drenaje capa reacondicionamiento de sub-rasante

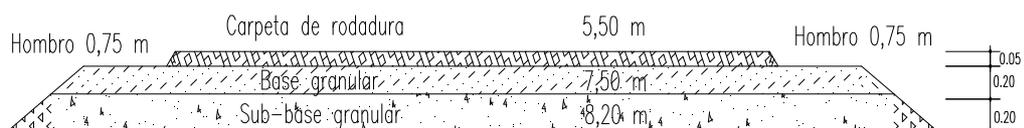
Al evaluar la ecuación con los espesores propuestos tenemos:

$$SN = (0,40) * (1,97") * (1,0) + (0,14) * (7,87") * (0,9) + (0,11) * (7,87") * (0,9)$$

$$SN \text{ (Aportado)} = 2,55$$

De lo anterior podemos concluir que el SN aportado es superior al SN requerido, por lo que el diseño cumple estructuralmente, lo cual nos indica que satisface los requerimientos establecidos por el tránsito y la calidad del tipo de suelo de fundación del proyecto.

**Figura 11. Pavimento asfáltico, sección típica "E"**



Fuente: elaboración propia.

## 2.10. Presupuesto

Para el cálculo del presupuesto se toman en cuenta; los materiales a utilizar, maquinaria y herramienta necesaria, mano de obra calificada y no calificada con sus respectivas prestaciones y los costos indirectos.

### 2.10.1. Cuantificación de materiales y mano de obra

Para las cantidades de trabajo estimadas se consideró la sección típica “E”, la cual posee dos carriles de 2,75 metros cada uno, lo que da un total de 5,50 metros de ancho de superficie de rodadura.

Longitud del proyecto: 5 075,72 kilómetros

Ancho de superficie de rodadura: 5,50 metros

Se presenta el cálculo de las capas del diseño de la sección típica “E”:

Colocación de la capa de Sub-base granular de 0,20 metros de espesor (C.c.Subbg.)

C.c.Subb.g. = longitud x espesor x ancho promedio (ver figura 11)

C.c.Subb.g. = 5 075,72 x 0,20 x 8,20

C.c.Subb.g. = 8 324,18/ m<sup>3</sup>

Colocación de capa de base granular de 0,20 metros de espesor (C.c.b.g.)

C.c.b.g. = longitud x espesor x ancho promedio (ver figura 11)

C.c.b.g. = 5 075,72 x 0,20 x 7,50

C.c.b.g. = 7 613,58 m<sup>3</sup>

Riego de imprimación (R.IM.) (sub-base + hombros)

R.IM. = longitud x ancho x aplicación

R.IM. = 5 075,72 m x 7,00 m x 0,3 gal/m<sup>2</sup> (según especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes sección 407,06 la cantidad debe estar comprendida entre 0,12 y 0,6 gal/m<sup>2</sup>)

R.IM. = 10 659,01 galones

Riego de liga (R.L.) (cantidad de aplicación entre 0,07 y 0,18 gal/m<sup>2</sup> según especificaciones para construcción de carreteras y puentes sección 408,06)

R.L. = longitud x ancho x aplicación

R.L. = 5 075,72 m x 5,60 m x 0,1 gal/m<sup>2</sup>

R.L. = 2 842,40 galones

Concreto asfáltico en caliente (Co.As.C.) tiene que ver con la carpeta

Co.As.C. = longitud x ancho x espesor x factor para ton de 2 000 lbs

Co.As.C. = 5 075,72 x 5,50 x 0,05 x 2,40 ton 2 000 lb/m<sup>3</sup>

Co.As.C. = 3 349,98 ton 2 000 lbs

### **2.10.2. Integración de precios unitarios**

El cálculo de precios unitarios es imprescindible para integrar el precio total de un proyecto, para presentar ofertas en cotizaciones y tener la oportunidad de ejecutar proyectos. Es importante mencionar que el éxito de una empresa depende en gran parte de esta integración.

Tabla XI. Integración de precios unitarios

CÓDIGO	REGLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	MONTO TOTAL
202,03	Limpia, chapeo y destronque	Ha	4,31	Q 41.751,59	Q 179 949,37
203.03 (a)	Excavación no clasificada	m <sup>3</sup>	9 089,38	Q 42,94	Q 390 252,81
203.03 (b)	Excavación no clasificada para préstamo	m <sup>3</sup>	7 937,01	Q 42,16	Q 334 643,84
208,01	Acarreo	m <sup>3</sup> /Km	7 931,01	Q 6,39	Q 50 651,38
608,04	Cuneta revestida de concreto	m <sup>2</sup>	8 121,15	Q 178,13	Q 1 446 592,70
602	Suministro y colocación de alcantarilla Ø 30"	ml	32,00	Q 959,00	Q 30 688,00
607	Cajas y cabezales	m <sup>3</sup>	31,62	Q 826,50	Q 26 133,93
301,01	Reacondicionamiento de la sub rasante	m <sup>2</sup>	41 620,9	Q 17,09	Q 711 200,79
303	Capa de sub base granular	m <sup>3</sup>	8 324,18	Q 162,79	Q 1 355 073,33
309	Capa de base triturada	m <sup>3</sup>	7 613,58	Q 269,57	Q 2 052 364,33
407	Riego de imprimación	gal	10 659,01	Q 28,91	Q 308 115,16
401	Concreto asfáltico	ton	3 349,98	Q 381,21	Q 1 277 035,85
408	Riego de liga	gal	2842,4	Q 26,95	Q 76.602,05
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>					<b>Q 8 239 303,53</b>

Fuente : elaboración propia.

### 2.10.3. Cronograma de ejecución e inversión

El cronograma de actividades es la representación de las mismas en el tiempo. Por lo regular, el programa de trabajo lo propone el contratista para su aprobación por parte del supervisor o por el ente contratante.

Tabla XII. **Cronograma de actividades de ejecución**

<b>CRONOGRAMA</b>																	
<b>REGLONES DE TRABAJO</b>		<b>MES 1</b>				<b>MES 2</b>				<b>MES 3</b>				<b>MES 4</b>			
		<b>SEMANAS</b>				<b>SEMANAS</b>				<b>SEMANAS</b>				<b>SEMANAS</b>			
<b>No</b>	<b>REGLON</b>	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Trabajos preliminares (202,03)	■	■	■	■												
2	Movimiento de tierras (203,03 – 208,01)			■	■												
3	Drenajes (608,04 – 602 – 607)				■	■	■	■	■								
4	Sub-base granular (301,01 – 303)							■	■	■	■	■	■				
5	Base triturada (309 – 407)											■	■	■	■	■	■
6	Carpeta asfáltica (401 – 408)																■

Fuente : elaboración propia.

Tabla XIII. **Cronograma de actividades de inversión**

<b>CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN FÍSICO – FINANCIERO PRESUPUESTO POR REGLONES</b>				<b>MES 1</b>				<b>MES 2</b>				<b>MES 3</b>				<b>MES 4</b>			
				<b>SEMANAS</b>				<b>SEMANAS</b>				<b>SEMANAS</b>				<b>SEMANAS</b>			
<b>No</b>	<b>REGLON</b>	<b>COSTO</b>	<b>%</b>	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Trabajos preliminares	195 840,06	2,16	■	■	■	■												
2	Movimiento de tierras	1 196 726,68	13,28			■	■												
3	Drenajes	1 603 463,80	17,72				■	■	■	■	■								
4	Sub-base granular	2 185 768,34	24,16							■	■	■	■	■	■				
5	Base triturada	2 419 373,00	26,74											■	■	■	■	■	■
6	Carpeta asfáltica	1 345 505,54	14,87																■
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO:</b>		<b>Q 8239 303,53</b>	<b>100,00</b>																
<b>INVERSION MENSUAL ESTIMADA (Q)</b>				<b>Q2 561 542,61</b>				<b>Q2 720 256,27</b>				<b>Q2 419 373,00</b>				<b>Q1 345 505,54</b>			
<b>INVERSION MENSUAL ESTIMADA ACUMULADA (Q)</b>				<b>Q2 561 542,61</b>				<b>Q5 281 798,88</b>				<b>Q7 701 171,88</b>				<b>Q8 239 303,53</b>			

Fuente: elaboración propia.

## **2.11. Evaluación de impacto ambiental**

Es una herramienta que permite llevar a cabo un seguimiento planificado y ordenado de las actividades ambientales por parte del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales –MARN-, el Departamento de Gestión Ambiental –DGA- de la Dirección General de Caminos.

### **2.11.1. Consideraciones ambientales sobre monitoreo**

En el monitoreo se implementa la prevención de impactos potenciales, como los siguientes:

- Calidad del agua e hidrológica
- Estabilidad de suelos y riesgos de erosión
- Vegetación y vida silvestre
- Impacto visual
- Explotación de bancos de materiales
- Aspectos ambientales vinculados al movimiento de equipos y materiales.

### **2.11.2. Proceso de monitoreo ambiental**

En un proyecto de carreteras, se pueden utilizar diversas medidas de mitigación y cualquier otro tipo de medidas encaminadas a contrarrestar o minimizar los impactos adversos propios del proyecto, dando prioridad a aquellos particularmente significativos.

### **2.11.2.1. Movimiento de tierras**

Se debe tomar en cuenta que al realizar la explotación de materiales estas no perjudiquen las condiciones naturales existentes. En donde se corte y formen taludes tratar de estabilizar el suelo con árboles, grama, etc.

### **2.11.2.2. Efectos y contaminación en el aire y ruido**

Por la utilización de combustibles fósiles como fuente de energía motriz, la circulación de vehículos produce un cambio físico químico a la biosfera, indicando que este impacto es de carácter temporal.

Las medidas de mitigación a tomar son que los trabajadores desarrollen su horario diurno, utilizar maquinaria en buen estado, generando lo mínimo de ruido y emisiones atmosféricas. Si el proyecto se llegara a realizar en época seca, se deberá mantener un riego constante en las áreas de trabajo.

### **2.11.2.3. Efectos y contaminación del agua**

Las fuentes de contaminación del agua que se deben evitar para la construcción de la carretera son:

- Residuos sólidos, hidrocarburos en transversales de la carretera, donde fluye el agua.
- Instalaciones a lo largo de la carretera con derrames de aguas residuales, grasas, etc.

Para mitigar estas fuentes contaminantes, se debe tener un control en el tratamiento de sólidos y tubería instalada.

#### **2.11.2.4. Vibraciones**

El rodaje de un vehículo genera vibraciones, que son transmitidas al aire y al suelo, se generan por las irregularidades del pavimento, o el mal estado del vehículo por el funcionamiento del motor, como medidas de mitigación se puede indicar que pavimentos asfálticos bien conservados, generan menores vibraciones.

#### **2.11.2.5. Seguridad vial**

Es un aspecto prioritario por razones humanitarias, salud pública y económica la inseguridad vial representa en general la principal causa de mortandad en los accidentes viales.

Para implementar mejoras en la seguridad vial de la carretera, se debe realizar una participación conjunta de organizaciones privadas y autoridades gubernamentales. En caso de los peatones se debe tomar en consideración, frecuencia de travesía y flujo del tráfico, composición y velocidad.

### **3. DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SAN JUAN LA NORIA, TIQUISAQTE, ESCUINTLA**

#### **3.1. Descripción del proyecto**

Actualmente la población de la aldea San Juan La Noria, municipio de Tiquisate no cuenta con un sistema completo de drenaje sanitario, solamente cuenta con el diseño de un porcentaje menor que no cubre las necesidades de la población, lo cual afecta grandemente ya que debido a esto se producen enfermedades de tipo gastrointestinal como también de tipo epidérmicas y alérgicas. Por lo anterior, surge el estudio y diseño del drenaje sanitario para dicha comunidad.

El proyecto comprende líneas centrales principales, así como ramales auxiliares para la evacuación de las aguas residuales, teniendo una longitud de 3 345 metros lineales de tubería PVC norma ASTM D 3034 de diámetro 6", con 199 conexiones domiciliarias con candelas de tubería de cemento de 16" y tubería de empotramiento PVC norma ASTM D 3034 de diámetro 4", contando con un sistema de 53 pozos de visita que van dirigidos hacia pozos existentes que conectan el sistema a la planta de tratamiento.

#### **3.2. Levantamiento topográfico**

En los levantamientos topográficos se debe tener en cuenta el área en estudio, que incluye la localización exacta de todas las calles y zonas, edificios, alineación municipal, ubicación de éstos, carreteras, cementerios, campos de

deporte, y todas aquellas estructuras naturales y artificiales que guarden relación con el problema que se va a resolver e influyan en los diseños. Tanto en los levantamientos topográficos, como en los correspondientes a las líneas de descarga, se deben tener en cuenta las quebradas, zanjas, cursos de agua, elevaciones, depresiones, etc.

El levantamiento topográfico se realizó para localizar la red dentro de las calles, pozos de visita, y en general, ubicar todos aquellos puntos de importancia, realizando para ello una topografía de primer orden.

### **3.2.1. Planimetría**

Es el conjunto de trabajos efectuados en el campo para tomar los datos geométricos necesarios basados en un norte magnético para su orientación y así proyectar una figura en un plano horizontal. Para el levantamiento planimétrico, se utilizó el método de conservación de Azimut.

### **3.2.2. Altimetría**

Son los trabajos necesarios para representar sobre el plano horizontal la tercera dimensión sobre el terreno, definiendo las diferencias de nivel existentes entre los puntos de un terreno o construcción; para ello es necesario medir distancias verticales, ya sea directa o indirectamente con base en un banco de marca o punto de referencia. En el caso del drenaje sanitario es necesario ver alturas de nivel de la línea central como las de las casas a servir, utilizando en este proyecto para el levantamiento topográfico el método de nivelación diferencial.

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

El diseño adecuado de los sistemas de evacuación de aguas de desecho, demandan de un buen conocimiento de los volúmenes y flujos implicados, así como su relación con la población y el tiempo.

El sistema se diseñará como sistema por gravedad, con los conductos funcionando como canales parcialmente llenos.

### **3.4. Partes de un alcantarillado**

Las obras accesorias o partes de un alcantarillado son aquellas que forman un sistema, el cual está destinado a conducir las aguas que desecha una población y cada obra forma parte importante para su buen funcionamiento.

#### **3.4.1. Colector**

Se le llama colector a la tubería que generalmente es de servicio público, que recibe y conduce las aguas indeseables de la población al lugar de descarga, para éste proyecto se utilizó tubería PVC norma ASTM D 3034.

#### **3.4.2. Pozos de visita**

Los pozos de visita son utilizados como medios de inspección y de limpieza del sistema. Según las normas generales para el diseño de redes de alcantarillado, se deben diseñar para localizarlos en puntos necesarios de los que más adelante se mencionará. Sus paredes serán construidas de ladrillo de barro cocido y su tapadera y fondo de hormigón.

### **3.4.3. Conexiones domiciliarias**

La conexión domiciliar es una tubería que lleva las aguas servidas, desde una vivienda o edificación hacia una alcantarilla común. La tubería entre la caja o candela y el colector debe tener un diámetro mínimo de 4 pulgadas en PVC y una pendiente no menor al 2 por ciento.

Las candelas serán construidas de tubo de cemento de 16" colocados en forma vertical impermeabilizados por dentro y con tapadera de inspección. El empotramiento de la tubería al colector principal será en la parte superior y será a base silletas.

### **3.5. Período de diseño**

Es el período para el cual se estima que el sistema funcionará adecuadamente, tomando en cuenta que transcurrido el tiempo debe ampliarse o abandonarse. El sistema de alcantarillado sanitario se diseña considerando como base un período de 20 años.

### **3.6. Población futura**

Para el cálculo de población futura existen varios modelos, entre los cuales podemos mencionar:

- Incremento aritmético
- Incremento geométrico

### 3.6.1. Método de crecimiento aritmético

Consiste en calcular el cambio numérico en el futuro, caracterizándose por incrementos constantes para períodos de tiempos iguales. En este método se auxilia de esta fórmula.

$$P_n = \frac{[P_1 - P_2] * [T_n - T_1] + P_1}{[T_1 - T_2]}$$

Donde:

- P<sub>n</sub>= Población futura en el año “n”
- P<sub>1</sub>= Población del último censo
- P<sub>2</sub>= Población del penúltimo censo
- T<sub>n</sub>= Año “n”
- T<sub>1</sub>= Año del último censo
- T<sub>2</sub>= Año del penúltimo censo

### 3.6.2. Método de crecimiento geométrico

Método que consiste en calcular el cambio promedio de la tasa de población para el área en estudio y así proyectar su tasa promedio hacia el futuro.

Este método se auxilia de la siguiente fórmula:

$$Y_p = Y_1 * (1+r)^{T_p - T_1}$$

Donde:

$Y_n$  = Población futura en el año “n”

$Y_1$  = Población del último censo

$T_n$  = Tiempo (años)

$T_1$  = Año del último censo

$T_2$  = Año del penúltimo censo

$r$  = Taza de crecimiento geométrico

$$r = \sqrt[T_1 - T_2]{\frac{Y_1}{Y_2}} - 1$$

### 3.6.3. Método de crecimiento exponencial

Método que tiene la ventaja porque las poblaciones en vías de desarrollo crecen a un ritmo geométrico exponencial, por lo tanto método que responde a las características de Guatemala y en este caso al área en análisis como lo es la aldea San Juan La Noria.

Este método se auxilia de la siguiente fórmula

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

Donde:

$P_f$  = Población futura

$P_o$  = Población inicial

$r$  = Taza de crecimiento

$n$  = Años de período a diseñar

Este es el método que se usará para el cálculo de población futura en el área del drenaje de la aldea San Juan La Noria.

### **3.7. Determinación del caudal sanitario**

El caudal sanitario será determinado según criterios y normas que se adapten al entorno, tomando en cuenta datos recabados en el momento de realizarse el levantamiento topográfico y como referencia Normas Generales para Diseño de alcantarillados INFOM – 2001, tomando como criterio para la densidad de vivienda de 6 habitantes por casa, y con una dotación de agua, dato según la municipalidad de Tiquisate, Escuintla de 150 litros por habitante por día, y un factor de retorno de 80 por ciento.

#### **3.7.1. Población tributaria**

Es la población futura, la cual se estimó tomando en cuenta la población actual y utilizando el método de incremento geométrico (utilizando datos obtenidos en los censos de población realizados por la Dirección General de Estadística), para un período de diseño de 20 años, siendo éstos los datos de población futura:

$$P_f = 2\ 606 \text{ habitantes}$$

$$P_0 = 1\ 194 \text{ habitantes}$$

$$r = 3,98 \% \text{ (tasa de crecimiento poblacional)}$$

$$n = 20 \text{ años}$$

### **3.7.2. 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 litros de agua que necesita un habitante en un día, para satisfacer sus demandas biológicas.

La dotación está en función de la categoría de la población que será servida y factores como clima, condiciones socioeconómicas, nivel de vida, costumbres, varía de 50 a 300 litros por habitante por día.

Para el diseño de este proyecto, se tomará una dotación de 150 litros por habitante por día; Con base en un estudio realizado en las diferentes aldeas jurisdiccionales de la municipalidad de Tiquisate, Escuintla.

### **3.7.3. Factor de retorno al sistema**

Este factor sirve para afectar el valor de caudal domiciliar, en virtud que no toda el agua de consumo humano va a ser utilizada para ciertas actividades específicas, ya que existe una porción que no será vertida al drenaje de aguas negras domiciliarias, como los jardines y lavado de vehículos. Para tal efecto, la dotación de agua potable es afectada por dicho factor. Para efectos del presente diseño, se tomará un valor de 0,80.

### **3.7.4. Caudal medio (Qmed)**

El caudal medio está formado por las aguas servidas producto de: caudal domiciliar (QDOM), comercial (QCOM), industrial (QIND), por infiltración (QINF) y conexiones ilícitas (QILÍCITAS).

$$Q_{med} = Q_{DOM} + Q_{COM} + Q_{IND} + Q_{INF} + Q_{CILICITAS}$$

No se tomará en cuenta para efectos de diseño el caudal comercial e industrial, ya que no existen edificaciones de esta categoría en el lugar.

El caudal sanitario se reduce a la siguiente expresión:

$$Q_{med} = Q_{DOM} + Q_{INF} + Q_{ILÍCITAS}$$

#### **3.7.4.1. Caudal domiciliar Qd**

Es el agua, que una vez usada por los humanos, es desechada y conducida hacia la red de alcantarillado; por lo tanto, depende del suministro de agua potable, menos una porción que no es vertida al alcantarillado (ej. el agua utilizada para riego de jardines). Para tal efecto, la dotación de agua potable es afectada por un factor que varía entre 0,7 y 0,8.

En este caso, el Qd se calculó así:

$$Q_d = \frac{(\text{Dot})(\text{FR})(\text{Hab})}{86400}$$

$$\text{Dot.} = 150 \text{ l/hab/día}$$

Donde:

Qd = Caudal domiciliar

Dot = Dotación

FR = Factor de retorno

Hab = Habitantes

$$Q_d = \text{Dot} * \text{FR} = 150 * 0,8 = 120 \text{ l / hab / día}$$

$$Q_d = \frac{(120)2606}{86400} = 3,62 \text{ l/s}$$

#### **3.7.4.2. Caudal industrial**

Es el volumen de aguas negras que se desechan de las actividades de la industria, al igual que el anterior está en función de la dotación de agua asignado para este fin.

Por no existir industrias en el área a cubrir en este proyecto, este caudal se considera nulo.

#### **3.7.4.3. Caudal comercial**

Se define como la cantidad de aguas negras que desecha el comercio, está en función de la dotación de agua asignado para este fin.

Para el proyecto de la aldea San Juan La Noria, este caudal es nulo, ya que los comercios son pequeños, y no cuentan con dotación especial, sino que usan la misma del domicilio que alberga el comercio.

#### **3.7.4.4. Caudal por conexiones ilícitas**

En el caso de sistemas de alcantarillado sanitario este caudal lo constituye el agua de lluvia que llega a las tuberías de drenaje como consecuencia de que algunos usuarios conectan sus bajadas de aguas pluviales al sistema. Este caudal es perjudicial para el sistema y debe evitarse para no causar daños y

posible destrucción del drenaje. Para su estimación se recomienda calcularlo como un porcentaje del total de conexiones, como una función del área de techos y patios, y de su permeabilidad, así como de la intensidad de lluvia.

El porcentaje de viviendas por conexiones ilícitas puede asumirse entre 0,50 a 2,50 por ciento, este caudal se puede obtener con el método racional auxiliándose de la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{C * I * A * (1000)\%}{360}$$

Donde:

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

C = Coeficiente de escorrentía, que depende de la superficie

I = Intensidad de lluvia promedio (mm/hora)

A = Área que es factible conectar ilícitamente en hectáreas

% = Porcentaje de población con conexiones ilícitas

Las variables utilizadas para el cálculo de conexiones ilícitas son:

a. Área tributaria

El área tributaria en cualquier punto en consideración, puede ser medida precisamente, ya que es el único elemento del método racional sujeto a determinación precisa. Los límites del área tributaria, en este caso, fueron determinados por medio del cálculo de área de techos y patios.

$$A = 130 \text{ m}^2/\text{Viv} = 0,013 \text{ Ha.}$$

b. Intensidad de lluvia

La intensidad de lluvia se puede determinar, a través de la siguiente fórmula:

$$I = \frac{a}{t+b}$$

Los valores para a y b, pueden ser obtenidos por la transformación logarítmica de la ecuación, usando los datos de lluvia de la estación meteorológica de la localidad.

$$I = 35 \text{ mm/h}$$

c. Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía (C) es la variable menos susceptible a determinación precisa en el método racional. Su uso en la fórmula establece una relación de arreglo para cualquier área drenada, considerando que el coeficiente indica la abstracción o pérdidas entre lluvia y escorrentía. Para efectos de este diseño se tomó un valor de C igual a 0,55 que es un promedio de valores de coeficiente determinados por el material sobre el cual cae y circula el agua para cada uno de los tramos que se va a diseñar.

Determinación del caudal por conexiones ilícitas:

$$Q = \frac{0,55 * 35 * 0,013 * 1\ 000 * 4}{360} = 2,78 \text{ l/s}$$

#### **3.7.4.5. Caudal por infiltración**

Es considerado como la cantidad de agua que se filtra o penetra a través de las paredes de la tubería, éste depende de: la permeabilidad de la tubería, la transmisibilidad del suelo, la longitud de la tubería y la profundidad a la que se coloca. Como depende de muchos factores externos, se calcula en función de la longitud de la tubería y del tiempo, generalmente se expresa en litros por kilómetro por día, su valor puede variar entre 12 000 y 18 000 litros por kilómetro por día. Según el INFOM para tuberías PVC debe calcularse el caudal de infiltración de acuerdo a los parámetros siguientes:

- Para tuberías sobre nivel freático  $QINF = 0,01 * \text{diámetro de tubería}$
- Para tuberías debajo del nivel freático  $QINF = 0,02 * \text{diámetro de tubería}$

Para este proyecto se utilizó el parámetro sobre nivel freático:

$$QINF = 0,01 * 6'' \quad QINF = 0,06 \text{ l/s}$$

#### **3.7.5. Cálculo de caudal medio**

Al realizar el cálculo de cada uno de los caudales anteriores, se procede a la obtención del valor del caudal medio, que está dado por la siguiente expresión:

$$Q_{med} = Q_{DOM} + Q_{INF} + Q_{CILICITAS}$$

$$Q_{med} = 6,46 \text{ l/s}$$

### 3.7.6. Factor de caudal medio

Una vez calculado el caudal medio, se distribuye entre el número de habitantes; se obtiene un factor de caudal medio (Fcm), el cual varía en un rango de 0,002 a 0,005; si el cálculo del factor está entre esos dos límites, se utiliza el calculado; si es inferior o superior, se utiliza el límite más cercano, según sea el caso.

$$\begin{aligned} F_{cm} &= Q_m / \text{No. de habitantes} \\ &= 6,46 / 2\,606 = 0,00248 \end{aligned}$$

$$0,002 < 0,00248 < 0,005 \quad (\text{se utilizó el calculado})$$

### 3.7.7. Factor de Harmond

Es un factor instantáneo, el cual representa la probabilidad de que múltiples artefactos sanitarios de las viviendas que esté en el recuento de un proyecto sanitario se estén usando simultáneamente. Este dato se auxilia de una fórmula, la cual está en función de población actual y futura. Se puede notar también que este factor no es constante para todo un diseño, ya que depende de la población de cada ramal por lo que cada ramal tendrá su propio factor.

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{p}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{p}{1000}}}$$

Donde:

P = número de habitantes a servir expresado en miles de habitantes

### 3.7.8. Caudal de diseño

Al caudal de diseño también se le llama caudal máximo. Para realizar la estimación de la cantidad de aguas negras que transportará el alcantarillado en los diferentes puntos donde ésta fluya, el caudal se calcula de la forma siguiente:

$$Qd = \text{No.Hab.} * FH * Fcm$$

Donde:

El número de habitantes debe de ser por tramo, tanto actual como futuro.

FH = Factor de Harmond, debe de ser actual y futuro

Fcm = Factor de caudal medio

Ejemplo de cálculo:

Para el tramo 0-1 (ver apéndice 1)

Longitud acumulada = 78,97 metros

Población de diseño: Pf = 79 habitantes

Caudal medio:

$$Fcm = 0,00248$$

$$Qm = Fcm * Pf$$

$$Q_m = 0,00248 * 79 = 0,196 \text{ l/s}$$

Caudal máximo o caudal de diseño:

$$Q_{\max} = \text{Factor de Harmond} * Q_m$$

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{p}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{p}{1000}}}$$

$$FH = \frac{18 + \sqrt{0,079}}{4 + \sqrt{0,079}} = 4,27$$

$$\Rightarrow \quad Q_{\max} = 4,27 * 0,196 \text{ l/s} \quad Q_{\max} = 0,836 \text{ l/s}$$

### **3.8. Fundamentos hidráulicos**

A través del análisis y de la investigación del funcionamiento de colectores de aguas residuales, se ha establecido que las condiciones del flujo y las pendientes hidráulicas en sistemas sanitarios que trabajan por gravedad, pueden ser determinadas mediante la ecuación de Manning, suponiendo que el flujo es permanente y uniforme.

#### **3.8.1. Fórmula de Manning**

El cálculo de la velocidad, diámetro y pendiente se determina aplicando la fórmula de Manning, transformada al sistema métrico, para secciones circulares:

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

Donde:

V = Velocidad del flujo a sección llena (m/s)

D = Diámetro de la sección circular (pulgadas)

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

n = Coeficiente de rugosidad de Manning o Kutter

Cada tramo se calcula con el caudal determinado para su punto más bajo

El caudal para la tubería, a sección llena, se calcula con la fórmula:

$$Q = A * V$$

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

Donde:

Q = caudal a sección llena (m<sup>3</sup> /s)

A = sección (m<sup>2</sup>)

V = velocidad a sección llena.

Toda alcantarilla circular puede trabajar a sección llena o a sección parcialmente llena; lo último es lo más común, ya que el caudal nunca es constante y esto hace variar la altura del flujo, la que a su vez hace variar el área transversal del líquido y la velocidad de éste.

Los cálculos en alcantarillados exigen muchas determinaciones de velocidades, caudales, diámetros y pendientes, por lo que se procedió a utilizar la tabla de relaciones hidráulicas, que es obtenida de la fórmula de Manning.

### **3.8.2. Relaciones hidráulicas**

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

Se deberá determinar los valores de la velocidad y caudal a sección llena, por medio de las ecuaciones ya establecidas; se procederá a obtener la relación de caudales ( $q/Q$ ), caudal de diseño entre caudal de sección llena; cuyo resultado se busca en la gráfica en el eje de las abscisas; desde allí se levanta una vertical hasta la curva de relaciones de caudales. El valor de la relación ( $d/D$ ) se obtiene en la intersección de la curva con la vertical, leyendo sobre el eje de las ordenadas. La profundidad del flujo (tirante) se obtiene multiplicando el valor por el diámetro de la tubería.

Para el valor de la relación ( $v/V$ ), velocidad parcial entre velocidad a sección llena, se debe ubicar el punto de intersección entre la vertical y la curva de relación de caudales que se estableció anteriormente. Entonces se traza una horizontal hasta llegar a interceptar la gráfica de velocidades. En este nuevo punto se traza una vertical hacia el eje de las abscisas y se toma la lectura de la relación de velocidades, la cual se multiplica por la velocidad a sección llena,

para obtener la velocidad a sección parcial. De igual manera, se calculan las otras características de la sección.

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

Se han de considerar las siguientes relaciones hidráulicas:

- $q < Q$

- La velocidad debe estar comprendida entre:

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

$0,60 \leq v$ . Para que existan fuerzas de atracción y arrastre de los sólidos

$V \leq 3,00$ . Para evitar deterioro de la tubería, debido a la fricción

- El tirante debe estar entre:

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

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

Tabla XIV. Relaciones hidráulicas para sección circular

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0,0050	0,00060	0,05	0,00003	0,0975	0,05011	0,393	0,01969
0,0075	0,00110	0,074	8,1E-05	0,1000	0,05204	0,401	0,02087
0,0100	0,00167	0,088	0,00015	0,1025	0,05396	0,408	0,02202
0,0125	0,00237	0,103	0,00024	0,1050	0,05584	0,414	0,02312
0,0150	0,00310	0,116	0,00036	0,1075	0,05783	0,42	0,02429
0,0175	0,00391	0,129	0,0005	0,1100	0,05986	0,426	0,0255
0,0200	0,00477	0,141	0,00067	0,1125	0,06186	0,432	0,02672
0,0225	0,00569	0,152	0,00087	0,1150	0,06388	0,439	0,02804
0,0250	0,00665	0,163	0,00108	0,1175	0,06591	0,444	0,02926
0,0275	0,00768	0,174	0,00134	0,1200	0,06797	0,45	0,03059
0,0300	0,00874	0,184	0,00161	0,1225	0,07005	0,456	0,03194
0,0325	0,00985	0,194	0,00191	0,1250	0,07214	0,463	0,0334
0,0350	0,01100	0,203	0,00223	0,1275	0,07426	0,468	0,03475
0,0375	0,01219	0,212	0,00258	0,1300	0,0764	0,473	0,03614
0,0400	0,01342	0,221	0,00297	0,1325	0,07855	0,479	0,03763
0,0425	0,01468	0,23	0,00338	0,1350	0,08071	0,484	0,03906
0,0450	0,01599	0,239	0,00382	0,1375	0,08289	0,49	0,04062
0,0475	0,01732	0,248	0,0043	0,1400	0,08509	0,495	0,04212
0,0500	0,01870	0,256	0,00479	0,1425	0,08732	0,501	0,04375
0,0525	0,02010	0,264	0,00531	0,1450	0,08954	0,507	0,0454
0,0550	0,02154	0,273	0,00588	0,1475	0,09129	0,511	0,04665
0,0575	0,02300	0,281	0,00646	0,1500	0,09406	0,517	0,04863
0,0600	0,02449	0,289	0,00708	0,1525	0,09638	0,522	0,05031
0,0625	0,02603	0,297	0,00773	0,1550	0,09864	0,528	0,05208
0,0650	0,02758	0,305	0,00841	0,1575	0,10095	0,533	0,05381
0,0675	0,02916	0,312	0,0091	0,1600	0,10328	0,538	0,05557
0,0700	0,03078	0,32	0,00985	0,1650	0,10796	0,548	0,05916
0,0725	0,03231	0,327	0,01057	0,1700	0,11356	0,56	0,06359
0,0750	0,03407	0,334	0,01138	0,1750	0,11754	0,568	0,06676
0,0775	0,03576	0,341	0,01219	0,1800	0,12241	0,577	0,07063
0,0800	0,03747	0,348	0,01304	0,1850	0,12733	0,587	0,07474
0,0825	0,03922	0,355	0,01392	0,1900	0,13229	0,596	0,07885
0,0850	0,04098	0,361	0,01479	0,1950	0,13725	0,605	0,08304
0,0875	0,04277	0,368	0,01574	0,2000	0,14238	0,615	0,08756
0,0900	0,04459	0,375	0,01672	0,2050	0,1475	0,624	0,09104
0,0925	0,04642	0,381	0,01792	0,2100	0,15266	0,633	0,09663
0,0950	0,04827	0,388	0,01873	0,2150	0,15786	0,644	0,10166

Continuación de la tabla XIV.

d/D	a/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0,2200	0,16312	0,651	0,10619	0,5900	0,61396	1,066	0,65488
0,2250	0,16840	0,659	0,11098	0,6000	0,62646	1,072	0,67157
0,2300	0,17356	0,669	0,11611	0,6100	0,63892	1,078	0,68876
0,2350	0,17913	0,676	0,12109	0,6200	0,65131	1,083	0,70537
0,2400	0,18455	0,684	0,12623	0,6300	0,66363	1,089	0,72269
0,2450	0,19000	0,692	0,13148	0,6400	0,67593	1,094	0,73947
0,2500	0,19552	0,702	0,13726	0,6500	0,68777	1,098	0,75551
0,2600	0,20660	0,716	0,14793	0,6600	0,70053	1,104	0,77339
0,2700	0,21784	0,730	0,15902	0,6700	0,71221	1,108	0,78913
0,2800	0,22921	0,747	0,17122	0,6800	0,72413	1,112	0,80523
0,2900	0,24070	0,761	0,18317	0,6900	0,73596	1,116	0,82133
0,3000	0,25232	0,776	0,1958	0,7000	0,74769	1,12	0,83741
0,3100	0,26403	0,790	0,20858	0,7100	0,75957	1,124	0,85376
0,3200	0,27587	0,804	0,2218	0,7200	0,77079	1,126	0,86791
0,3300	0,28783	0,817	0,23516	0,7300	0,78219	1,13	0,88384
0,3400	0,29978	0,830	0,24882	0,7400	0,7934	1,132	0,89734
0,3500	0,31230	0,843	0,26327	0,7500	0,8045	1,134	0,9123
0,3600	0,32411	0,856	0,27744	0,7600	0,81544	1,136	0,92634
0,3700	0,33637	0,868	0,29197	0,7700	0,82623	1,137	0,93942
0,3800	0,34828	0,879	0,30649	0,7800	0,83688	1,139	0,95321
0,3900	0,36108	0,891	0,32172	0,7900	0,85101	1,14	0,97015
0,4000	0,37354	0,902	0,33693	0,8000	0,8676	1,14	0,98906
0,4100	0,38604	0,913	0,35246	0,8100	0,87759	1,14	1,00045
0,4200	0,39858	0,921	0,36709	0,8200	0,87759	1,14	1,00045
0,4300	0,40890	0,934	0,38191	0,8300	0,88644	1,139	1,00966
0,4400	0,42379	0,943	0,39963	0,8400	0,89672	1,139	1,0214
0,4500	0,43645	0,955	0,41681	0,8500	0,90594	1,138	1,031
0,4600	0,44913	0,964	0,43296	0,8600	0,91491	1,136	1,0474
0,4700	0,46178	0,973	0,44931	0,8700	0,92361	1,134	1,0474
0,4800	0,47454	0,983	0,46647	0,8800	0,93202	1,131	1,0541
0,4900	0,48742	0,991	0,48303	0,8900	0,94014	1,128	1,0603
0,5000	0,50000	1,000	0,5000	0,9000	0,94796	1,124	1,0655
0,5100	0,51258	1,009	0,51719	0,9100	0,95541	1,12	1,0701
0,5200	0,52546	1,016	0,53387	0,9200	0,96252	1,116	1,0742
0,5300	0,53822	1,023	0,5506	0,9300	0,96922	1,109	1,0749
0,5400	0,55087	1,029	0,56685	0,9400	0,97554	1,101	1,0741
0,5500	0,56355	1,033	0,58215	0,9500	0,9813	1,094	1,0735
0,5600	0,57621	1,049	0,60444	0,9600	0,98658	1,086	1,0714
0,5700	0,58882	1,058	0,62297	0,9700	0,99126	1,075	1,0656
0,5800	0,60142	1,060	0,6375	0,9800	0,99522	1,062	1,0569

Fuente: López, Ricardo Alfredo. Acueductos y alcantarillados. p. 282.

### 3.9. Parámetros de diseño hidráulico

Al momento de elaborar cualquier proyecto de alcantarillado, se deben tomar en cuenta parámetros como tiempo en que la construcción servirá a la comunidad, cálculo de velocidad, diámetros y pendientes, para garantizar su buen funcionamiento.

#### 3.9.1. Coeficiente de rugosidad

El factor de rugosidad depende del tipo de material con que esté construido un canal, expresa qué tan lisa es la superficie del material por donde se desplaza el flujo, puede variar con el tiempo, en la siguiente tabla se presentan algunos valores para diferentes tipos de superficies.

Tabla XV. Detalle material y respectivo coeficiente de rugosidad (n)

Material	Coeficiente de rugosidad (n)
Superficie mortero cemento	0,011 - 0,030
Mampostería	0,017 - 0,030
Tubo concreto < 24"	0,011 - 0,016
Tubo concreto > 24"	0,013 - 0,018
Tubería asbesto-cemento	0,009 - 0,011
Tubería PVC	0.007 - 0.011

Fuente: Cabrera, Ricardo Antonio. Tesis apuntes de ingeniería sanitaria 2, p. 9.

Es recomendable utilizar el valor promedio entre el mínimo y el máximo, debido que la tubería no se comporta de la misma forma a lo largo de su vida útil.

Para el presente caso, se utiliza el valor de 0,010, recomendado por la Plastic Pipe Association y de la empresa TUBOVINIL, SA.

### **3.9.2. Sección llena y parcialmente llena**

El caudal que puede transportar el sistema de alcantarillado está determinado por el diámetro, pendiente y velocidad del flujo dentro de la tubería. Se supone que las alcantarillas funcionen como un canal abierto, es decir, el agua no es conducida a presión.

El tirante del flujo debe ser mayor del 10 por ciento del diámetro de la tubería, y menor del 75 por ciento de la misma, con lo que se asegura que funcione como canal abierto y arrastre los sedimentos, aunque al utilizar por norma los diámetros mínimos podría no cumplirse que el tirante sea mayor al 10 por ciento.

La relación que debe verificarse es la  $d/D$ , que estará en el intervalo de 0,10 a 0,75, donde  $d$  es el tirante del flujo y  $D$  el tirante a sección llena.

### **3.9.3. Velocidad máxima y mínima**

La velocidad del flujo esta determinada por la pendiente, el diámetro de la tubería y el tipo de tubería que se utiliza. La velocidad del flujo se determina por la fórmula de *Manning* y las relaciones hidráulicas  $v/V$ , donde  $v$  es la velocidad del flujo y  $V$  es la velocidad a sección llena,  $v$  por norma debe ser mayor de 0,60 m/s, para que no exista sedimentación, y menor o igual que 3,00 m/s, para que no exista erosión o desgaste.

No siempre es posible obtener esa velocidad, debido a que existen ramales que sirven a sólo unas cuantas casas y producen flujos bastante bajos, en tales casos, se proporcionará una pendiente que dé la velocidad mínima de 0,60 metros por segundo a la descarga máxima estimada, y una velocidad no menos de 0,40 metros por segundo en ramales iniciales.

Según normas de INFOM la velocidad máxima con el caudal de diseño será de 2,5 metros por segundo y la velocidad mínima será de 0,6 metros por segundo.

#### **3.9.4. Pendientes**

Se recomienda que la pendiente utilizada en el diseño sea la misma del terreno, para evitar sobre costo por excavación, siempre y cuando cumpla con las relaciones hidráulicas y las velocidades permisibles. Generalmente dentro de las viviendas se sugiere utilizar una pendiente mínima del 2 por ciento, lo que asegura un arrastre de las excretas. En las áreas donde la pendiente del terreno es muy poca, se recomienda, en la medida de lo posible, acumular la mayor cantidad de caudales, para que generen una mayor velocidad.

En el diseño, se toma como pendiente mínima un valor de 0,5 por ciento, para evitar asolvamiento en las tuberías.

#### **3.9.5. Diámetro del colector**

Según las normas del Instituto Nacional de Fomento Municipal (INFOM), se debe utilizar para sistemas de drenaje sanitario un diámetro mínimo de 8" cuando se utiliza tubería de cemento y de 6" cuando la tubería sea de PVC; para las conexiones domiciliarias el diámetro mínimo con tubería de cemento es

de 6" y de 4" para PVC; usando en este último caso un reductor de 4" x 3" como protección de obstrucciones. En la candela domiciliar se utiliza un diámetro mínimo de 12", en los conductos a presión de los sistemas de bombeo se utilizará el diámetro que sea adecuado para tener velocidades dentro de los límites aceptables, aunque se usen diámetros menores que los indicados.

### 3.9.6. Profundidad del colector

La determinación de la profundidad de la tubería, se hace mediante el cálculo de las cotas invert. En todo caso debe chequearse que la tubería tenga un recubrimiento adecuado, para no dañarse con el paso de vehículos y peatones, o que se quiebre por la caída o golpe de algún objeto pesado.

#### 3.9.6.1. Profundidad mínima del colector

El recubrimiento mínimo del coronamiento de la tubería con respecto a la superficie del terreno será de 1,00 metro más el espesor de la tubería más el diámetro de la tubería, esto para tráfico liviano y para tráfico pesado el recubrimiento mínimo del coronamiento de la tubería será de 1,20 metros. Salvo en climas extremadamente fríos y donde la penetración de las heladas es profunda, puede ser necesario disponer a la tubería a mayor profundidad.

Tabla XVI. **Profundidades mínimas de Tubería PVC**

Diámetro	6"	8"	10"	12"	16"	18"	21"	24"	30"	36"	42"
Tráfico normal	1,16	1,22	1,28	1,33	1,41	1,50	1,58	1,66	1,84	1,99	2,14
Tráfico pesado	1,36	1,42	1,48	1,53	1,61	1,70	1,78	1,86	2,04	2,19	2,34

Fuente: Orozco, Juan Adolfo Orozco. Diseño de drenaje sanitario aldea San Pedro Petz, Departamento de San Marcos, p. 29.

### 3.9.6.2. Ancho de zanja

El ancho de zanja depende del diámetro y de la profundidad del colector, en la siguiente tabla se muestran datos relacionados con el ancho de zanjas a utilizar para la instalación de tuberías.

Tabla XVII. **Ancho y profundidad de zanjas en función del diámetro de tubería**

ANCHO LIBRE DE ZANJAS SEGÚN SU PROFUNDIDAD Y EL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA A INSTALAR											
DIÁMETRO NOMINAL	Hasta	De 1,31 a 1,85	De 1,86 a 2,35	De 2,36 a 2,85	De 2,86 a 3,35	De 3,36 a 3,85	De 3,86 a 4,35	De 4,36 a 4,85	De 4,86 a 5,35	De 5,36 a 5,85	De 5,86 a 6,35
6	60	60	65	65	70	70	75	75	75	80	80
8	60	60	65	65	70	70	75	75	75	80	80
10		70	70	70	70	70	75	75	75	80	80
12		75	75	75	75	75	75	75	75	80	80
15		90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
18		110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
21		110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
24		135	135	135	135	135	135	135	135	135	135
30		155	155	155	155	155	155	155	155	155	155
36			175	175	175	175	175	175	175	175	175
42				190	190	190	190	190	190	190	190
48				210	210	210	210	210	210	210	210
60				245	245	245	245	245	245	245	245
72					280	280	280	280	280	280	280
84						320	320	320	320	320	320

Fuente: Cabrera Riepele, Ricardo Antonio. Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2 p. 37.

### 3.9.6.3. Volumen de excavación

Es el volumen de tierra que habrá que remover para la colocación adecuada de la tubería, se calcula con base en el volumen del prisma generado por la profundidad de dos pozos de visita, la distancia entre ellos y el ancho de la zanja, según la altura y el diámetro de la tubería. Este cálculo se puede obtener mediante la relación siguiente:

$$V = \frac{H1+H2}{2} * d * t$$

Donde:

V = Volumen de excavación (m)

H1 = Profundidad del primer pozo de visita (m)

H2 = Profundidad del segundo pozo de visita (m)

d = Distancia entre los 2 pozos de visita considerados (m)

t = Ancho de la zanja (m)

### 3.9.6.4. Cotas invert

Al diseñar el sistema de alcantarillado sanitario se deben considerar los siguientes aspectos que se refieren a la cotas invert de entrada y salida de las tuberías en los pozos de visita, así como a una serie de especificaciones que deben tomarse en consideración.

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

$$\text{ØA} = \text{ØB}$$

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

Cuando en un pozo de visita entra una tubería de un diámetro y salga otra de diferente diámetro, la cota invert de salida estará, como mínimo, debajo de la cota invert de entrada, igual a la diferencia de los diámetros de la cota invert de entrada y salida.

$$\varnothing A < \varnothing B$$

$$\text{Cota invert de salida} = \text{Cota invert de entrada} - (\varnothing B - \varnothing A) * 0,0254$$

Cuando en un pozo de visita la tubería de salida es del mismo diámetro que las que ingresan en él, la cota invert de salida mínima estará 3 centímetros debajo de la cota más baja que entre.

$$\varnothing A = \varnothing B = \varnothing C$$

$$\text{Cota invert de salida} = \text{Cota invert de entrada más baja} - 0,03$$

Cuando en un pozo de visita la tubería de salida es de diferente diámetro que las que ingresan en éste, la cota invert de salida deberá cumplir con las especificaciones anteriores y se tomará el valor menor.

Sólo una tubería de las que sale es de seguimiento; las demás que salgan del pozo de visita deberán ser iniciales. La cota invert de salida de la tubería inicial deberá estar, como mínimo, a la profundidad del tráfico liviano o pesado; y la cota invert de salida de la tubería de seguimiento deberá cumplir con las especificaciones anteriormente descritas.

### **3.10. Ubicación de pozos de visita**

Forman parte del sistema de alcantarillado; proporcionan acceso a éste, con el fin de realizar trabajos de inspección y limpieza. Están contruidos de concreto o mampostería.

Se colocarán pozos de visita en los siguientes puntos:

- En el inicio de cualquier ramal
- En intersecciones de dos o más tuberías
- Donde exista cambio de diámetro
- En distancias no mayores de 100 metros en diámetros hasta de 24"
- En distancias no mayores de 300 metros en diámetros superiores de 24"
- En las curvas, no más de 30 metros
- Alivio o cambio de pendiente

La forma como se construyen es de la siguiente manera:

- El ingreso es circular y tiene un diámetro entre 0,60 a 0,75 metros.
- La tapadera descansa sobre un brocal; ambos contruidos de concreto reforzado.
- Las paredes del pozo están impermeabilizadas por repello más un cernido liso.
- El fondo está formado de concreto, que deja la pendiente necesaria para que corra el agua; la dirección en que se dirigirá estará determinada por medio de canales, contruidos por tubería cortada transversalmente.
- Para realizar la inspección o limpieza de pozos profundos se deben dejar escalones, los cuales serán de hierro y estarán empotrados a las paredes del pozo.

### **3.11. Profundidad de pozos de visita**

La profundidad del pozo de visita al inicio del tramo está definida por la cota invert de salida previamente determinada.

$$H_{pv} = \text{Cota del terreno al inicio} - \text{Cota invert de salida del tramo} + 0,25$$

Debe considerarse que la cota invert mide la distancia del dato (abajo) al punto en cuestión (arriba), mientras que la profundidad del pozo mide la distancia de la superficie del terreno (arriba) a la superficie del fondo del pozo (abajo).

Así, una cota invert menor indica mayor profundidad y una cota invert mayor indica menor profundidad; en cambio, una profundidad de pozo menor es realmente una profundidad menor y una profundidad de pozo mayor es realmente una profundidad mayor.

### **3.12. Características de las conexiones domiciliarias**

Las conexiones de las casas y edificios, también denominadas acometidas domiciliarias, son tuberías de pequeños diámetros que van desde aquellos a la alcantarilla pública de la calle, regularmente se dejan previstos al hacer la alcantarilla y su conexión se realiza por fontaneros.

Ordinariamente al construir un sistema de alcantarillado, es costumbre establecer y dejar previsto una conexión en Y o en T en cada lote edificado o en cada lugar donde haya que conectar un desagüe doméstico. Las conexiones deben taparse e impermeabilizarse para evitar la entrada de aguas subterráneas y raíces.

En colectores pequeños es más conveniente una conexión en Y que proporciona una unión menos violenta de los escurrimientos de la que se conseguiría con una conexión en T. Sin embargo, la conexión en T es más fácil de instalar en condiciones difíciles y una conexión de este tipo bien instalada es preferible que una en Y mal establecida. Es conveniente que el empotramiento con el colector principal se haga en la parte superior para impedir que las aguas negras retornen por la conexión doméstica cuando el colector esté funcionando a toda su capacidad.

### **3.12.1. Cajas o candelas**

La conexión se realiza por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de concreto colocados verticalmente. El lado menor será de 45 centímetros y si fuese circular, tendrá un diámetro no menor de 12" y una altura mínima de 1,00 metros, en ambos casos debe ser impermeabilizada por dentro y tener una tapadera para realizar inspecciones. El fondo tiene que ser fundido de concreto, dejando la respectiva pendiente para que las aguas fluyan por la tubería secundaria y pueda llevarla al alcantarillado central.

### **3.12.2. Tubería secundaria**

La conexión de la candela domiciliar con la tubería central se hará por medio de la tubería secundaria, la cual tendrá un diámetro mínimo de 4" con tubería PVC y 6" con tubería de concreto, y deberá de tener una pendiente mínima del 2 por ciento. Al realizar el diseño de alcantarillado deben considerarse las alturas en las cuales se encuentran las casas con relación a la alcantarilla central, y con esto no profundizar demasiado la conexión domiciliar, aunque en algunos casos esta resulta imposible por la topografía del terreno,

debiendo considerar otras formas de realizar dicha conexión o considerar una conexión directa.

La utilización de sistemas que permitan un mejor funcionamiento del alcantarillado se empleará en situaciones en las cuales el diseñador lo considere conveniente, derivado de las características del sistema que se diseñe y las condiciones físicas donde se construirá.

### **3.13. Diseño hidráulico**

A continuación se presentan los siguientes cálculos hidráulicos del proyecto de ampliación del sistema de alcantarillado sanitario de la aldea San Juan La Noria, Tiquisate, tomando en cuenta los parámetros anteriores.

Cálculo de un tramo del proyecto. Ejemplo:

De P.V. 1 a P.V. 2

No. de casas (local) = 1

No. de casas (acumulado) = 7

Habitantes a servir (actual) = 42

Habitantes a servir (futuro) = 92

S = 1,25 % (pendiente de tubo propuesta)

Factor de *Harmond*

Actual:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{0,042}}{4 + \sqrt{0,042}} = 4,329$$

Futuro:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{0,092}}{4 + \sqrt{0,092}} = 4,253$$

Caudal de diseño

$$Qd = \text{No. Hab} * fcm * FH$$

Actual:

$$Fcm = 0,00248$$

$$Qd = 42 * 0,00248 * 4,329$$

$$Qd = 0,451 \text{ l/s}$$

Futuro:

$$Fcm = 0,00248$$

$$Qd = 92 * 0,00248 * 4,253$$

$$Qd = 0,970 \text{ l/s}$$

Velocidad a sección llena

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

$$V = \frac{0,03429}{0,010} * 6^{2/3} * 1,25^{1/2}$$

$$V = 1,265 \text{ m/s}$$

$$n = 0,010$$

Caudal a sección llena

$$Q = A * V$$

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{\pi * 6^2}{4} = 0,01824 \text{ m}^2$$

$$V = 1,265 \text{ m/s}$$

$$Q = 23,091 \text{ l/s}$$

Se cumple: caudal de diseño < caudal a sección llena ( 0,970 l/s < 23,091 l/s).

Velocidad actual

Por medio de la relación entre caudal de diseño actual y caudal a sección llena, obtenemos un valor; posteriormente, buscamos en la tabla de elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular, la columna q/Q, luego buscamos el valor obtenido, en esa fila obtendremos los valores de las relaciones v/V, d/D y a/A.

$$q/Q = 0,451/23,091$$

$$q/Q = 0,0195314$$

$$v/V = 0,393$$

como se tiene velocidad a sección llena, se procede a despejar velocidad actual:

$$v = V * 0,393$$

$$v = 1,265 * 0,393 = 0,497 = 0,50 \text{ m/s. (sí cumple con la velocidad mínima, 0,4 m/s)}$$

Velocidad futura (diseño)

$$q/Q = 0,970/23,091$$

$$q/Q = 0,042007$$

$$v/V = 0,495$$

como se tiene velocidad a sección llena, se procede a despejar velocidad actual:

$$v = V * 0,495$$

$$v = 1,265 * 0,495 = 0,626 = 0,63 \text{ m/s. (si cumple con la velocidad mínima, 0,4 m/s)}$$

Cotas Invert ( PV 1 a PV 2 )

$$CII = CTI - PPI$$

$$PPI = PPF \text{ anterior} + 0,03$$

$$PPI = 1,73 + 0,03 \text{ (ver cálculo hidráulico para PPF anterior)}$$

$$PPI = 1,76 \text{ m}$$

$$CII = 99,82 - 1,76$$

$$CII = 98,06 \text{ m}$$

$$CIF = CII - (\% \text{ tubo}/100) * DH$$

$$CIF = 98,06 - (1,25/100) * 68,96$$

$$CIF = 97,20 \text{ m}$$

$$PPF = CTF - CIF$$

$$PPF = 99,74 - 97,20$$

$$PPF = 2,54 \text{ m}$$

Excavación

Exc. = Ancho de zanja \* DH \*Promedio de PPI y PPF

Exc. = 0,55 \* 68,96 \* ( 1,76 + 2,54) / 2 )

Exc. = 81,58 m<sup>3</sup>

Donde:

CII = Cota invert inicial

CIF = Cota invert final

PPI = Profundidad de pozo inicial

PPF = Profundidad de pozo final

DH = Distancia horizontal (m)

### **3.14. Desfogue**

En cuanto al desfogue o descarga de la ampliación del alcantarillado, se establece que el mismo irá a dar a un colector principal ya existente, el cual tiene la suficiente capacidad para absorber el caudal y conducirlo a la planta de tratamiento existente (ver plano 2/8 en anexos).

### **3.15. Evaluación socioeconómica**

En este caso, por tratarse de un proyecto social en el que la población será beneficiada directamente, se hará un análisis desde el punto de vista social.

El proyecto estará comprendido como una inversión que hará el gobierno de Guatemala, en el cual no se recupera dicha inversión.

### 3.15.1. Valor presente neto (VPN)

Valor actual neto o valor presente neto son términos que proceden de la expresión inglesa *Net present value*. El acrónimo es NPV en inglés y VAN en español. Es un procedimiento que permite calcular el valor presente, (de ahí su nombre), de un determinado número de flujos futuros de caja futuros. El método, además, descuenta una determinada tasa o tipo de interés igual para todo el período considerado. La obtención del VAN constituye una herramienta fundamental para la evaluación y gerencia de proyectos, así como para la administración financiera.

El Valor Presente Neto puede desplegar tres posibles respuestas, las cuales son:

$$\text{VPN} < 0$$

$$\text{VPN} = 0$$

$$\text{VPN} > 0$$

Cuando el  $\text{VPN} < 0$ , y el resultado es un valor negativo muy grande alejado de cero, está advirtiéndole que el proyecto no es rentable.

Cuando  $\text{VPN} = 0$ , indica que exactamente se está generando el porcentaje de utilidad que se desea.

Y cuando el  $\text{VPN} > 0$ , está indicando que la opción es rentable y que inclusive podría incrementarse el porcentaje de utilidad. Las expresiones para el cálculo del valor presente son:

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

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

Donde:

P = Valor de pago único en el inicio de la operación o valor presente

F = Valor de pago único al final del período de operación o valor de pago futuro

A = Valor de pago uniforme en un período determinado o valor de pago constante o renta de ingreso

i = Tasa de interés de cobro por la operación o tasa de unidad por la inversión

n = Período que se pretende dure la operación

Para este proyecto la municipalidad absorberá el 50 por ciento del costo total y la comunidad pagará el otro 50 por ciento en un período de 5 años, en cuotas anuales de Q 729,96 por derecho de conexiones domiciliarias y Q 120,00 anuales por mantenimiento.

Cálculo de Valor presente neto para un interés del 10 por ciento anual en un período de 5 años.

Datos:

Costo total del proyecto = 1 452 621,52

A1 = 145 262,15

A2 = 23 880,00    n = 5 años

$$VPN = -1452621,52 + 23880,00 \left[ \frac{(1+0,10)^5 - 1}{0,10(1+0,10)^5} \right] - 23880,00 \left[ \frac{(1+0,10)^5 - 1}{0,10(1+0,10)^5} \right]$$

$$VPN = -992 486,07$$

Valor presente neto para un interés del 25 por ciento anual en un período de 5 años.

$$VPN = -1452621,52 + 145262,15 \left[ \frac{(1+0,25)^5 - 1}{0,25(1+0,25)^5} \right] - 23880,00 \left[ \frac{(1+0,25)^5 - 1}{0,25(1+0,25)^5} \right]$$

$$VPN = -1\ 126\ 188,50$$

### 3.15.2. Tasa interna de retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno o Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) de una inversión, está definida como la tasa de interés con la cual el valor actual neto o valor presente neto (VAN o VPN) es igual a cero. El VAN o VPN es calculado a partir del flujo de caja anual, trasladando todas las cantidades futuras al presente. La tasa interna de retorno es el tipo de descuento que hace el Van sea igual a cero. La TIR es una herramienta de toma de decisiones de inversión utilizada para comparar la factibilidad de diferentes opciones de inversión. Generalmente, la opción de inversión con la TIR más alta es la preferida.

Si la TIR es mayor o igual al costo de capital, se acepta el proyecto, de no ser éste el caso, entonces se rechaza.

$$TIR = VPN_{beneficio} - VPN_{gastos} = 0$$

Para calcular la tasa interna de retorno, se procede por el método de prueba y error: éste consiste en delimitar un rango, en el cual debe existir un VPN negativo y un VPN positivo, para luego interpolar, y así encontrar la tasa

de retorno requerida, la cual sirve de guía para determinar la tasa de rendimiento que genera una rentabilidad neutral.

Tasa 1    VPN (+)  
TIR        VPN = 0  
Tasa 2    VPN (-)

Para calcular la Tasa Interna de Retorno se utiliza la siguiente expresión:

$$TIR = i + \left[ \frac{VPN_1}{VPN_1 + VPN_2} \right] (i_2 - i_1)$$

Como pudo constatarse anteriormente al calcular el valor presente neto, el resultado es un valor negativo alejado de cero, lo que está previniendo que el proyecto no es rentable, ya que el costo de la obra supera a los ingresos que genera el mismo.

Por lo que se procede para este caso, tomar un valor de la TIR, igual a 4,5 por ciento, la cual representa el costo que el Estado debe desembolsar para la ejecución del proyecto.

Así la tasa interna de retorno fue calculada tomando en cuenta la tasa libre de riesgo de Guatemala, que es la inversión en títulos públicos que actualmente pagan esa cantidad y es lo que le cuesta al estado captar los fondos para invertirlos en obras públicas.

También se puede definir como la tasa máxima de utilidad que puede pagarse u obtenerse en la evaluación de una alternativa.

La propuesta de realización del presente proyecto no es rentable para la municipalidad de Tiquisate, sin embargo, el no ser rentable no significa que sea innecesario para la comunidad.

Este proyecto traerá consigo beneficios tales como: eliminación de virus y bacterias productores de enfermedades gastrointestinales, confort ambiental para los residentes de la urbanización, protección del medio ambiente, entre otros. Por lo tanto la inversión que hará la municipalidad, estará respaldada, por una inversión de utilidad para los habitantes de la aldea San Juan La Noria.

### **3.16. Evaluación de impacto ambiental**

Es un proceso de análisis que pronostica los futuros impactos ambientales negativos y positivos de acciones humanas permitiendo seleccionar las alternativas que maximicen los beneficios y minimicen los impactos adversos. Tiene como propósito fundamental detectar todas las consecuencias significativas, benéficas y adversas de una acción propuesta para que quienes toman decisiones cuenten con elementos científico-técnicos que les apoyen para determinar la mejor opción.

De los proyectos o actividades que ingresan al sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, requerirán la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental, si generarán o presentarán a lo menos uno de los siguientes efectos, características o circunstancias:

- Riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de los efluentes, emisiones o residuos.

- Efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire.
- Reasentamiento de comunidades humanas, o alteraciones significativas de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos.
- Localización próxima a población, recursos y áreas protegidas susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar.
- Alteración significativa, en términos de magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de una zona.
- Alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.

Existen diversos formatos para elaborar informes de impacto ambiental; sin embargo, en nuestra legislación es muy común utilizar la matriz modificada de Leopold, la cual analiza los diversos elementos (medio ambiente, sociales, económicos,) etc, que interactúan en la obra civil. Dichos elementos se encuentran estratégicamente clasificados, para que, el profesional que haga el estudio, sepa identificar el impacto que tendrá la obra, así como la magnitud de la misma.

En relación a este proyecto se determina que no existirán impactos adversos significativos al ambiente, como ha sido planificado cualitativamente y cuantitativamente.

## Impactos adversos no significativos

Análisis y selección del sitio: se verán afectadas con el diseño, las características de drenajes naturales y el flujo de los mismos que actualmente drenan de las partes más altas del terreno.

Quema: al quemar toda la maleza y ramas de árboles, se podrá provocar un impacto adverso no significativo en lo que respecta a la calidad del aire, especialmente para los trabajadores.

Accidentes: los procesos constructivos en algún momento pueden producir daños a la salud de los trabajadores y a su integridad física. Dependiendo del daño causado, por el tipo de accidente, este puede repercutir negativamente en la mano de obra.

Manejo y disposición final de residuos: la mala disposición de residuos fuera del área de los proyectos en áreas ajenas, puede afectar el uso potencial y la calidad del suelo. La disposición de excretas de los trabajadores de no existir letrinas provocara malos olores y contaminación al ambiente.

Abandono y rehabilitación: si se abandona el proyecto, después de haber efectuado los movimientos preliminares de tierra, se provocaría una seria erosión permanente. El uso potencial del suelo para otros objetivos se vería seriamente dañado por los trabajos preliminares efectuados.

Campamentos provisionales: el campamento provisional en la etapa de construcción será utilizado por los trabajadores de campo, permanentes y de jornadas diarias, siendo el punto en donde debe de instalarse la zona para beber agua. La mala calidad del agua, puede provocar un impacto significativo

en los trabajadores, en su salud. Un campamento mal manejado puede afectar la salud de los trabajadores, ya que pueden contraerse enfermedades gastrointestinales, por ingestión de agua contaminada, falta de letrinas y contaminación de desechos sólidos y provocarse malos olores.

Excavación: la excavación de las zanjas para drenajes al quedar mucho tiempo abiertas, por detención de la obra, afectará las características de fondo y bordos de las mismas y podrá provocar accidentes. La mala compactación de las zanjas al terminarse la obra, podrá repercutir posteriormente en las estructuras superficiales viales, provocando asentamientos indeseados.

Instalación de drenaje: la mala instalación de las tuberías del drenaje y la mala compactación de las zanjas para las instalaciones hidráulicas, podrá provocar asentamientos y daños a tuberías y accesorios, que podrán provocar fugas.

Maquinaria y equipo: eventualmente la maquinaria y equipo en la construcción, podrán provocar ruidos molestos al oído humano, en especial de los trabajadores. La maquinaria en sus operaciones de movimientos podrá provocar erosionamientos en bordes del terreno.

Acarreo de materiales: el acarreo de materiales para consolidación del suelo puede provocar en su manejo, contaminación en el aire, provocando mala calidad del aire para los trabajadores como para los pobladores.

Manejo y disposición de desechos: las disposiciones finales de los desechos de la construcción y desechos humanos, podrá hacer variar la calidad del agua que se genere superficialmente por lluvia. La mala disposición de desechos humanos (excretas), por falta de letrinas podrá provocar problemas a la salud de los trabajadores y los habitantes de las comunidades.

Transporte: la escasez de transporte público, puede incidir negativamente en las personas que trabajan y que viven en áreas distantes, afectando el empleo y la mano de obra.

#### Medidas de mitigación a los principales impactos

Al realizar los movimientos de tierra debe buscarse el acomodamiento más adecuado del sitio donde se harán los depósitos de tierra, controlando que estos sean asentados en áreas donde no se provoquen deslaves indeseados por escorrentía superficial.

Se deben de colocar letrinas y basureros necesarios provisionales, en el área de construcción de tal manera que los trabajadores, no contaminen los alrededores, siendo esto de suma necesidad y obligatorio.

Deben de tomarse en cuenta todas las medidas de seguridad necesarias, para que los trabajadores de la construcción y las personas que transiten por el lugar no sufran ningún tipo de accidente.

Cuando las zanjas sean profundas será necesario proteger los taludes para evitar accidentes.

Será necesario instalar señalización adecuada para evitar que las personas que transiten por el lugar con vehículo o caminando sufran cualquier tipo de accidente.

La importancia de la naturaleza y los valores estéticos, pueden superarse mediante programas de educación ambiental, dirigidos al personal que intervendrá en cualquiera de las etapas del proyecto.

### **3.17. Presupuesto**

Para la realización del presupuesto se tomó en cuenta la cuantificación de materiales y mano de obra, usando precios que se manejan en el lugar para determinar el costo total del proyecto.

#### **3.17.1. Cuantificación de materiales y mano de obra**

La cuantificación de materiales y de la mano de obra para los trabajos se realizó con base en lo siguiente:

- El mortero para levantado y cantidad de ladrillo se calculó por metro lineal de cilindro y cono.
- La cantidad de arena y piedrín se calculó por metro cúbico de fundición de pozo de visita y el cemento por saco.
- La cantidad de refuerzo se calculó por varilla, y el alambre por libra de cada pozo de visita.
- Así mismo se calcularon los materiales de la conexión domiciliar, colector general para cada elemento de forma unitaria.
- Se utilizaron los salarios de mano de obra que la municipalidad de Tiquisate maneja.
- Los precios de los materiales son los que se encuentran en el municipio.
- El transporte de los materiales debe incluirse en cada renglón.

### 3.17.2. Integración de precios unitarios

Se utiliza para determinar el costo unitario de cada renglón, el cual se calcula tomando como base rendimientos, precio de materiales, mano de obra, equipo, herramienta y maquinaria, aplicando para su cálculo factores de costos indirectos.

Tabla XVIII. Resumen del costo del proyecto

Renglón	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	MONTO TOTAL
Trabajos preliminares	global	1.00	Q22,913.25	Q 22,913.25
Instalación tubería línea principal Ø = 6"	ml	3345	Q 192.19	Q 642,888.00
Pozos de visita h = 1.20 a 2.00 m.	u	9	Q 2,961.53	Q 26,653.76
Pozos de visita h = 2.00 a 3.00 m.	u	13	Q 4,353.49	Q 56,595.32
Pozos de visita h = 3.00 a 4.00 m.	u	17	Q 5,756.85	Q 97,866.53
Pozos de visita h = 4.00 a 5.00 m.	u	10	Q 7,308.12	Q 73,081.17
Pozos de visita h = 5.00 a 5.85	u	4	Q 8,820.34	Q 35,281.36
Candelas y conexiones domiciliarias	u	199.00	Q 858.21	Q 170,783.80
Costos indirectos	global	1	Q326,558.33	Q 326,558.33
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>				<b>Q 1,452,621.52</b>

Fuente : elaboración propia.

### 3.17.3. Cronograma de ejecución e inversión

En éste, se representa el tiempo de ejecución del proyecto, se encuentra dividido por renglones de trabajo con su respectivo período de duración y la inversión necesaria para cumplir cada uno.

Tabla XIX. Cronograma de actividades de ejecución

CRONOGRAMA DE EJECUCION		MES 1				MES 2				MES 3			
REGLONES DE TRABAJO		SEMANAS				SEMANAS				SEMANAS			
No	REGLON	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Trabajos preliminares	■	■	■									
2	Instalación T. línea principal Ø 6"			■	■	■	■	■	■				
3	Pozos de visita h = 1,20 a 2,00 m.									■	■	■	
4	Pozos de visita h = 2,00 a 3,00 m.									■	■	■	
5	Pozos de visita h = 3,00 a 4,00 m.									■	■	■	
6	Pozos de visita h = 4,00 a 5,00 m.									■	■	■	
7	Pozos de visita h = 5,00 a 5,85 m.									■	■	■	
8	Candelas y conexiones domiciliars									■	■	■	■

Fuente : elaboración propia.

Tabla XX. Cronograma de actividades de inversión

CRONOGRAMA EJECUCION FISICO-FINANCIERO				MES 1				MES 2				MES 3			
REGLONES DE TRABAJO				SEMANAS				SEMANAS				SEMANAS			
No	REGLON	COSTO	%	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Trabajos preliminares	Q 22 913,25	1,58	■	■	■									
2	Instalación T. línea principal Ø 6"	Q 642 888,00	44,26			■	■	■	■	■	■				
3	Pozos de visita h = 1.20 a 2.00 m	Q 26 653,76	1,83									■	■	■	
4	Pozos de visita h = 2.00 a 3.00 m	Q 56 595,32	3,90									■	■	■	
5	Pozos de visita h = 3.00 a 4.00 m	Q 97 866,53	6,74									■	■	■	
6	Pozos de visita h = 4.00 a 5.00 m	Q 73 081,17	5,03									■	■	■	
7	Pozos de visita h = 5.00 a 5.85 m	Q 35 281,36	2,43									■	■	■	
8	Candelas y conexiones domiciliars	Q 170 783,80	11,76									■	■	■	■
9	Costos indirectos	Q 326 558,33	22,48												
<b>COSTO TOTAL DELPROYECTO:</b>		<b>Q1452621,52</b>	<b>100,00</b>												
<b>INVERSION MENSUAL ESTIMADA (Q)</b>				<b>Q237 213 ,09</b>				<b>Q524 977,42</b>				<b>Q690 431,01</b>			
<b>INVERSION MENSUAL ESTIMADA ACUMULADA (Q)</b>				<b>Q237 213,09</b>				<b>Q762 190,51</b>				<b>Q1 452 621,52</b>			

Fuente: elaboración propia.

## CONCLUSIONES

1. Las vías de comunicación son importantes para el desarrollo de un municipio, es conveniente que estén en buenas condiciones para tener un mejor acceso a servicios de salud, educación, etc. El tramo carretero que comunica la aldea Pinula con la cabecera municipal de Tiquisate es importante para el beneficio de la comunidad lo cual permitirá mejorar las condiciones y calidad de vida.
2. Existen varios elementos que influyen en la selección del tipo de una carretera, considerando aspectos como topografía del lugar, costo del proyecto, tránsito promedio diario, pendientes, etc., por lo que se tomaron en cuenta las especificaciones requeridas por la Dirección General de Caminos.
3. Con la ampliación del sistema de alcantarillado sanitario en la aldea San Juan La Noria se contribuirá a la eliminación y correcta disposición de las aguas servidas producto del uso doméstico, lo cual contribuirá al mejoramiento de vida de los habitantes del lugar.
4. En el diseño del alcantarillado se propuso tubería para el colector principal y las conexiones domiciliarias fabricada con cloruro de polivinilo (PVC) fabricado bajo control de la norma ASTM-D 3034, por su alta permeabilidad en las juntas, fácil manipuleo e instalación, lo cual contribuirá a reducir los costos de mano de obra del proyecto.



## RECOMENDACIONES

1. Es importante que las instituciones correspondientes garanticen la supervisión técnica durante la ejecución del tramo carretero diseñado y que se mantenga un estricto control de mantenimiento de drenajes transversales y cunetas para evitar que se produzcan daños, para contribuir con el plan de mantenimiento de carreteras.
2. Se deben implementar procedimientos de monitoreo ambiental tanto en las etapas de construcción y operación del tramo carretero que ayuden a controlar que no se contamine la calidad del agua, no dañar la estabilidad de los suelos, vegetación, vida silvestre, impacto visual, aspectos ambientales vinculados al movimiento de equipo y materiales.
3. Es conveniente establecer en el proyecto de alcantarillado sanitario un plan de vigilancia y limpieza periódica en los pozos de visita y conexiones domiciliarias con la finalidad de evitar la acumulación de residuos que puedan dar problemas de taponamiento parcial o total en las tuberías.
4. Fomentar en la municipalidad de Tiquisate, Escuintla una cultura de implementación de proyectos de beneficio para la comunidad más necesitada, así como agilizar y garantizar las gestiones necesarias para la realización de los proyectos a ejecutarse.



## BIBLIOGRAFÍA

1. American Association of State Highways and Transportation Officials. *Standard specifications for highways and Bridges*. 16<sup>a</sup> ed. Estados Unidos: (AASHTO), 1996. 388 p.
2. CABRERA RIEPELE, Ricardo Antonio. *Apuntes de Ingeniería Sanitaria*  
2. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1989. 96 p.
3. CANAHUI PORTILLO, Jepsse Marcelino. *Proyecto carretero de Beleju, comunidad del municipio de Chicaman del departamento de Quiché*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1997. 87 p.
4. Dirección General de Caminos. *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda, 2001. 807 p.
5. *Guatificate* [en línea]. [ref. 8 de septiembre 2009]. Disponible en Web: [www.guatificate.com/page/84](http://www.guatificate.com/page/84).
6. Instituto de Fomento Municipal. *Normas generales para el diseño de alcantarillado sanitario*. Guatemala: INFOM, 2001. 31 p.

7. MONTUFAR NORIEGA, Sergio David. *Diseño de la ampliación de alcantarillado sanitario en la cabecera municipal de Chinique, puente peatonal y ampliación del sistema de agua potable para el caserío Cacabal, municipio de Chinique, el Quiché*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1998. 122 p.
8. OROZCO GONZALEZ, Juan Adolfo. *Diseño de drenaje sanitario aldea San Pedro Petz, municipio de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1999. 126 p.
9. PAIZ MORALES, Eleazar Gerardo. *Criterios y procedimientos para la selección y construcción de pavimentos flexibles en carreteras*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1985. 94 p.
10. SANTOS ARGUETA, Víctor Hugo. *Consideraciones generales para el monitoreo ambiental en proyectos de carreteras*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2003. 126 p.

## **APÉNDICE**



## Apéndice 1. Cálculo y diseño hidráulico

### CÁLCULO DE ALCANTARILLADO

DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SAN JUAN LA NORIA, TIQUISATE ESCUINTLA

de P.V.	a P.V.	COTAS DE TERRENO		LONGITUD HOR.		PEND. TERRENO	No. DE CASAS		POBLACIÓN DISEÑO		FACTOR		FACTOR CA. M	"q" DISEÑO		VEL. LLENO	CAUDAL DISEÑO	VEL. DISEÑO	TUBO Ø'	TUBO P.V.C.	COTA INVERT		ALTURA DE POZO		EXCAV. M <sup>3</sup>
		INICIO	FINAL	LOCAL	ACUM.		LOCAL	ACUM.	ACUM.	ACUM.	ACTUAL	FUTURA		HARMOND	ACTUAL						FUTURA	LLENO	LLENO	INICIO	
No.	No.					%							Fqm												
0	1	100,00	99,82	78,97	78,97	0,23	6	6	36	79	4,341	4,270	0,00248	0,38761	0,83662	1,07413	19,594	0,53	0,9	6	98,80	98,09	1,20	1,73	63,65
1	2	99,82	99,74	68,96	147,93	0,12	1	7	42	92	4,329	4,253	0,00248	0,45095	0,970434	1,26587	23,091	0,63	1,25	6	98,06	97,20	1,76	2,54	81,58
2	3	99,74	99,21	71,55	219,48	0,74	4	11	66	144	4,289	4,197	0,00248	0,70199	1,498737	1,13223	20,654	0,66	1	6	97,17	96,45	2,57	2,76	104,79
3A	3	99,32	99,21	37,55	257,03	0,29	2	2	12	26	4,407	4,364	0,00248	0,13114	0,281415	1,56067	28,469	0,50	1,90	6	98,12	97,41	1,20	1,80	31,01
3	4	99,21	98,85	30,88	287,91	1,17	0	13	78	170	4,272	4,173	0,00248	0,82629	1,759312	1,26587	23,091	0,75	1,25	6	96,42	96,03	2,79	2,82	47,61
4A	4	99,04	98,85	99,98	387,89	0,19	17	17	102	223	4,241	4,130	0,00248	1,07286	2,284293	0,87702	15,998	0,63	0,6	6	97,84	97,24	1,20	1,61	77,26
4	6	98,85	98,89	67,76	455,65	-0,06	4	34	204	445	4,145	4,000	0,00248	2,09698	4,414105	0,87702	15,998	0,75	0,6	6	96,00	95,59	2,85	3,30	114,53
6B	6A	98,58	98,62	32,95	32,95	-0,12	8	8	48	105	4,318	4,238	0,00248	0,51404	1,103501	0,87702	15,998	0,51	0,6	6	97,38	97,18	1,20	1,44	23,90
6A	6	98,62	98,89	47,94	536,54	-0,56	3	11	66	144	4,289	4,197	0,00248	0,70199	1,498737	1,29094	23,549	0,72	1,3	6	97,15	96,53	1,47	2,36	50,54
6	7	98,89	98,68	70,96	607,50	0,30	3	48	288	629	4,086	3,921	0,00248	2,91837	6,116241	0,80061	14,604	0,76	0,5	6	95,56	95,21	3,33	3,47	132,79
7	8	98,68	98,45	47,94	655,44	0,48	4	52	312	681	4,071	3,901	0,00248	3,15008	6,589026	0,80061	14,604	0,78	0,5	6	95,18	94,94	3,50	3,51	92,41
8	28	98,45	98,12	62,95	718,39	0,52	3	55	330	720	4,060	3,887	0,00248	3,32309	6,941474	0,80061	14,604	0,79	0,5	6	94,91	94,60	3,54	3,52	122,30
28	27	98,12	97,86	47,73	766,12	0,54	2	57	342	746	4,054	3,878	0,00248	3,43807	7,17546	0,80061	14,604	0,80	0,5	6	94,57	94,33	3,55	3,53	92,91
27	26	97,86	97,94	56,96	823,08	-0,14	2	59	354	773	4,047	3,869	0,00248	3,55277	7,417642	0,80061	14,604	0,81	0,5	6	94,30	94,02	3,56	3,92	117,24
26	25	97,94	97,91	50,96	874,04	0,06	0	59	354	773	4,047	3,869	0,00248	3,55277	7,417642	0,80061	14,604	0,81	0,5	6	93,99	93,74	3,95	4,17	113,86
14	13	99,24	99,12	81,98	956,02	0,15	7	7	42	92	4,329	4,253	0,00248	0,45095	0,970434	0,94729	17,280	0,51	0,7	6	98,04	97,47	1,20	1,65	64,34
13	12	99,12	98,87	66,97	1022,99	0,37	11	18	108	236	4,234	4,121	0,00248	1,13411	2,411916	0,80061	14,604	0,60	0,5	6	97,44	97,11	1,68	1,76	63,44
12	11	98,87	99,01	50,95	1073,94	-0,27	4	22	132	288	4,209	4,086	0,00248	1,37772	2,918366	1,0127	18,473	0,74	0,8	6	97,08	96,67	1,79	2,34	57,83
11A	11	99,29	99,01	47,97	1121,91	0,58	5	5	30	65	4,355	4,290	0,00248	0,32399	0,691594	1,38669	25,295	0,61	1,5	6	98,09	97,37	1,20	1,64	37,46
11	10	99,01	98,96	45,36	1167,27	0,11	1	28	168	367	4,175	4,040	0,00248	1,73934	3,676721	0,94729	17,280	0,76	0,7	6	96,64	96,32	2,37	2,64	62,46
10A	10	98,84	98,96	87,97	1255,24	-0,14	8	8	48	105	4,318	4,238	0,00248	0,51404	1,103501	1,13223	20,654	0,60	1	6	97,64	96,76	1,20	2,20	82,24
10	9	98,96	98,7	86,38	1341,62	0,30	11	47	282	616	4,090	3,926	0,00248	2,86024	5,997515	0,80061	14,604	0,76	0,5	6	96,29	95,86	2,67	2,84	130,93
8	9	98,45	98,7	35,36	1376,98	-0,71	5	5	30	65	4,355	4,290	0,00248	0,32399	0,691594	1,56067	28,469	0,66	1,9	6	97,25	96,58	1,20	2,12	32,30
9	9A	98,7	98,39	84,84	1461,82	0,37	0	52	312	681	4,071	3,901	0,00248	3,15008	6,589026	0,80061	14,604	0,78	0,5	6	95,83	95,41	2,87	2,98	136,58
9A	20	98,39	98,2	51,97	1513,79	0,37	0	52	312	681	4,071	3,901	0,00248	3,15008	6,589026	0,80061	14,604	0,78	0,5	6	95,38	95,12	3,01	3,08	87,03
20	21	98,2	98,18	25,92	1539,71	0,08	0	52	312	681	4,071	3,901	0,00248	3,15008	6,589026	0,80061	14,604	0,78	0,5	6	95,09	94,96	3,11	3,22	45,12
21	23	98,18	98,31	38,75	1578,46	-0,34	0	52	312	681	4,071	3,901	0,00248	3,15008	6,589026	0,80061	14,604	0,78	0,5	6	94,93	94,74	3,25	3,57	72,72
23	24	98,31	98,13	64,00	1642,46	0,28	4	56	336	733	4,057	3,883	0,00248	3,38062	7,058563	0,80061	14,604	0,79	0,5	6	94,71	94,39	3,60	3,74	129,18
24	25	98,13	97,91	62,60	1705,06	0,35	4	60	360	786	4,043	3,865	0,00248	3,61002	7,533962	0,80061	14,604	0,81	0,5	6	94,36	94,05	3,77	3,86	131,40
25	29	97,91	97,59	70,95	1776,01	0,45	6	125	750	1637	3,877	3,652	0,00248	7,21139	14,82539	0,87702	15,998	0,99	0,6	6	93,71	93,28	4,20	4,31	165,96

Continuación apéndice 1.

### CÁLCULO DE ALCANTARILLADO

DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA SAN JUAN LA NORIA, TIQUISATE ESCUINTLA

de P.V.	a P.V.	COTAS DE TERRENO		LONGITUD HOR.		PEND.	No. DE CASAS	POBLACIÓN DISEÑO				FACTOR		"q" DISEÑO		VEL.	CAUDAL	VEL.	TUBO	TUBO	COTA INVERT	ALTURA DE POZO		EXCAV.	
		INCIO	FINAL	LOCAL	ACUM.			TERRENO	LOCAL	ACUM.	ACUM.	ACUM.	ACTUAL	FUTURA	HARMOND							CA. M	ACTUAL		FUTURA
29	30	97.59	97.04	63.94	1839.95	0.86	8	133	798	1742	3.861	3.632	0.00248	7.64117	15.68933	0.94729	17.280	1.07	0.7	6	93.25	92.80	4.34	4.24	150.82
30	31	97.04	96.93	29.91	1869.86	0.37	2	135	810	1768	3.857	3.627	0.00248	7.74823	15.90225	0.94729	17.280	1.07	0.7	6	92.77	92.56	4.27	4.37	71.06
31	32	96.93	97.94	58	1927.86	-1.74	2	137	822	1794	3.853	3.622	0.00248	7.85513	16.11478	0.98054	17.887	1.11	0.75	6	92.53	92.10	4.40	5.85	163.41
32B	32A	97.37	97.21	57.08	1984.94	0.28	4	4	24	52	4.369	4.311	0.00248	0.26007	0.555976	1.29094	23.549	0.54	1.3	6	96.17	95.43	1.20	1.78	46.81
32A	32	97.21	97.94	66.97	2051.91	-1.09	2	6	36	79	4.341	4.270	0.00248	0.38761	0.83662	1.29094	23.549	0.61	1.3	6	95.40	94.53	1.81	3.41	96.15
32	33	97.94	97.27	39.95	2091.86	1.68	2	145	870	1899	3.838	3.603	0.00248	8.28126	16.96924	1.0127	18.473	1.15	0.8	6	92.07	91.75	5.87	5.52	125.13
33	34	97.27	94.62	68.96	2160.82	3.84	6	151	906	1978	3.827	3.590	0.00248	8.59933	17.60816	1.07413	19.594	1.22	0.9	6	91.72	91.10	5.55	3.52	172.02
34	35	94.62	94.25	77.96	2238.78	0.47	10	161	966	2108	3.810	3.568	0.00248	9.12667	18.65249	1.13223	20.654	1.28	1	6	91.07	90.29	3.55	3.96	161.00
35B	35A	94.09	94.21	47.95	2286.73	-0.25	7	7	42	92	4.329	4.253	0.00248	0.45095	0.970434	1.18749	21.662	0.60	1.1	6	92.89	92.36	1.20	1.85	40.18
35A	35	94.21	94.25	42.95	2329.68	-0.09	3	10	60	131	4.298	4.210	0.00248	0.63955	1.367609	1.18749	21.662	0.66	1.1	6	92.33	91.86	1.88	2.39	50.46
35	36	94.25	94.31	23.91	2353.59	-0.25	0	171	1026	2238	3.793	3.547	0.00248	9.65067	19.69636	1.18749	21.662	1.35	1.1	6	90.26	90.00	3.99	4.31	54.59
36A	36	93.79	94.31	74.94	2428.53	-0.69	7	7	42	92	4.329	4.253	0.00248	0.45095	0.970434	1.18749	21.662	0.60	1.1	6	92.59	91.77	1.20	2.54	77.17
36	37	94.31	94.46	30.94	2459.47	-0.48	2	180	1080	2357	3.778	3.529	0.00248	10.1195	20.6297	1.2403	22.625	1.41	1.2	6	89.97	89.60	4.34	4.86	78.29
37	PE 3	94.46	94.63	43.97	2503.44	-0.39	0	180	1080	2357	3.778	3.529	0.00248	10.1195	20.6297	1.2403	22.625	1.41	1.2	6	89.57	89.04	4.89	5.59	126.69
14	15	99.24	98.98	68.95	68.95	0.38	4	4	24	52	4.369	4.311	0.00248	0.26007	0.555976	1.18749	21.662	0.51	1.1	6	98.04	97.28	1.20	1.70	54.96
15	16	98.98	98.75	87.98	156.93	0.26	4	8	48	105	4.318	4.238	0.00248	0.51404	1.103501	1.18749	21.662	0.62	1.1	6	97.25	96.28	1.73	2.47	101.56
16	17	98.75	98.65	51.96	208.89	0.19	0	8	48	105	4.318	4.238	0.00248	0.51404	1.103501	1.2403	22.625	0.64	1.2	6	96.25	95.63	2.50	3.02	78.93
17	18	98.65	98.66	28.93	237.82	-0.03	0	8	48	105	4.318	4.238	0.00248	0.51404	1.103501	1.29094	23.549	0.66	1.3	6	95.61	95.23	3.04	3.43	51.44
18	19	98.66	98.67	74.98	312.80	-0.28	2	10	60	131	4.298	4.210	0.00248	0.63955	1.367609	1.29094	23.549	0.71	1.3	6	95.20	94.23	3.46	4.64	167.12
20	19A	98.2	98.52	52.96	365.76	-0.60	2	2	12	26	4.407	4.364	0.00248	0.13114	0.281415	1.56067	28.469	0.50	1.9	6	97.00	95.99	1.20	2.53	54.27
19A	19	98.52	98.67	60.00	425.76	-0.58	2	4	24	52	4.369	4.311	0.00248	0.26007	0.555976	1.56067	28.469	0.61	1.9	6	95.96	94.82	2.56	4.05	109.07
19	38	98.67	98.31	99.96	525.72	0.56	3	17	102	223	4.241	4.130	0.00248	1.07286	2.284293	1.0127	18.473	0.69	0.8	6	94.20	93.40	4.67	4.91	263.34
38	39	98.31	98.02	100.97	626.69	0.29	3	20	120	262	4.221	4.103	0.00248	1.25618	2.665922	1.0127	18.473	0.73	0.8	6	93.37	92.56	4.94	5.46	288.71
41	40	98.3	97.85	99.99	726.68	0.45	5	5	30	65	4.35474	4.29028	0.00248	0.32399	0.691594	1.79021	32.656	0.73	2.5	6	97.10	94.60	1.20	3.25	122.36
40	39	97.85	98.02	71.46	798.14	-0.24	2	7	42	92	4.32942	4.25331	0.00248	0.45095	0.970434	1.60122	29.209	0.74	2	6	94.57	93.14	3.28	4.88	160.34
39	PE-2	98.02	97.94	43.95	842.09	0.18	0	27	162	354	4.18002	4.0468	0.00248	1.67936	3.55277	0.94729	17.280	0.75	0.7	6	92.53	92.22	5.49	5.72	135.46

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Cuantificación de materiales y mano de obra de tramo carretero**

<b>Limpia, chapeo y destronque</b>
------------------------------------

Rendimiento	<b>0,35</b>	<b>Ha/día</b>
Cantidad a ejecutar	<b>4,31</b>	<b>Ha</b>
Duración de la actividad	<b>13</b>	<b>días</b>

**MAQUINARIA Y EQUIPO**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HRS. TRABAJO	COSTO HR.	SUB-TOTAL
1	Excavadora	104	Q 550,00	Q 57 200,00
1	Tractor	104	Q 450,00	Q 46 800,00
1	Pick-up	104	Q 35,00	Q 3 640,00
1	Equipo de topografía	104	Q 20,00	Q 2 080,00
2	Sierra para corte	104	Q 30,00	Q 6 240,00
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO</b>				<b>Q 115 960,00</b>

**MANO DE OBRA**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HRS. TRABAJO	COSTO HR.	SUB-TOTAL
1	Ingeniero	52	Q 40,00	Q 2 080,00
1	Encargado	104	Q 25,00	Q 2 600,00
1	Topógrafo	104	Q 20,00	Q 2 080,00
2	Cadeneros	104	Q 12,00	Q 2 496,00
4	Peones	104	Q 8,00	Q 3 328,00
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 12 584,00</b>
<b>PRESTACIONES LABORALES</b>				<b>Q 3 669,49</b>
<b>IGSS, IRTRA E INTECAP</b>				<b>Q 1 594,39</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 17 847,89</b>

HERRAMIENTAS (5% de Mano de Obra)		Q 892,39
-----------------------------------	--	----------

**MATERIALES Y OTROS**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HRS. TRABAJO	COSTO	SUB-TOTAL
13	Madera y pintura		Q 125,00	Q 1 625,00
<b>TOTAL MATERIALES</b>				<b>Q 1 625,00</b>

<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	Q 136 325,28
<b>COSTO INDIRECTO</b>	Q 43 624,09
<b>TOTAL PARCIAL</b>	Q 179 949,37
<b>TOTAL POR DÍA</b>	Q 179 949,37
<b>PRECIO UNITARIO DE LA ACTIVIDAD</b>	Q 41 751,59

Continuación apéndice 2.

**Excavación no clasificada**

Rendimiento	<b>660</b>	<b>m<sup>3</sup>/día</b>
Cantidad a ejecutar	<b>9089.38</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
Duración de la actividad	<b>14</b>	<b>Días</b>

**MAQUINARIA Y EQUIPO**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HRS. TRABAJO	COSTO HR.	SUB-TOTAL
1	Retroexcavadora	112	Q 550,00	Q 61 600,00
1	Excavadora	112	Q 550,00	Q 61 600,00
1	Tractor	112	Q 450,00	Q 50 400,00
1	Motoniveladora	112	Q 550,00	Q 61 600,00
1	Rodo	56	Q 275,00	Q 15 400,00
1	Pipa de agua	56	Q 200,00	Q 11 200,00
1	Pick-up	56	Q 35,00	Q 1 960,00
1	Equipo de topografía	112	Q 20,00	Q 2 240,00
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO</b>				Q 266 000,00

**MANO DE OBRA**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HRS. TRABAJO	COSTO HR.	SUB-TOTAL
1	Ingeniero	56	Q 40,00	Q 2 240,00
1	Encargado	112	Q 25,00	Q 2 800,00
1	Topógrafo	112	Q 20,00	Q 2 240,00
2	Cadeneros	112	Q 12,00	Q 2 688,00
8	Peones	112	Q 8,00	Q 7 168,00
1	Nivelador	112	Q 15,00	Q 1 680,00
<b>SUB TOTAL</b>				Q 18 816,00
<b>PRESTACIONES LABORALES</b>				Q 5 486,75
<b>IGSS, IRTRA E INTECAP</b>				Q 2 383,99
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				Q 26 686,73

HERRAMIENTAS (5% de Mano de Obra)	Q 1 334,34
-----------------------------------	------------

Continuación apéndice 2.

**MATERIALES Y OTROS**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HRS. TRABAJO	COSTO	SUB-TOTAL
13	Madera y pintura		Q 125,00	Q 1,625,00
<b>TOTAL MATERIALES</b>				Q 1,625,00

<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	Q 295 646,07
<b>COSTO INDIRECTO</b>	Q 94 606,74
<b>TOTAL PARCIAL</b>	Q 390 252,81
<b>TOTAL POR DÍA</b>	Q 390 252,81
<b>PRECIO UNITARIO DE LA ACTIVIDAD</b>	Q 42,94

**Excavación no clasificada para préstamo**

Rendimiento	<b>660</b>	<b>m<sup>3</sup>/día</b>
Cantidad a ejecutar	<b>7937,01</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
Duración de la actividad	<b>12</b>	<b>días</b>

**MAQUINARIA Y EQUIPO**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HRS. TRABAJO	COSTO HR.	SUB-TOTAL
1	Retroexcavadora	96	Q 550,00	Q 52 800,00
1	Excavadora	96	Q 550,00	Q 52 800,00
1	Tractor	96	Q 450,00	Q 43 200,00
1	Motoniveladora	96	Q 550,00	Q 52 800,00
1	Rodo	48	Q 275,00	Q 13 200,00
1	Pipa de agua	48	Q 200,00	Q 9 600,00
1	Pick-up	48	Q 35,00	Q 1 680,00
1	Equipo de topografía	96	Q 20,00	Q 1 920,00
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO</b>				Q 228 000,00

Continuación apéndice 2.

**MANO DE OBRA**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HRS. TRABAJO	COSTO HR.	SUB-TOTAL
1	Ingeniero	48	Q 40,00	Q 1 920,00
1	Encargado	96	Q 25,00	Q 2 400,00
1	Topógrafo	96	Q 20,00	Q 1 920,00
2	Cadeneros	96	Q 12,00	Q 2 304,00
8	Peones	96	Q 8,00	Q 6 144,00
1	Nivelador	96	Q 15,00	Q 1 440,00
<b>SUB TOTAL</b>				Q 16 128,00
<b>PRESTACIONES LABORALES</b>				Q 4 702,92
<b>IGSS, IRTRA E INTECAP</b>				Q 2 043,42
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				Q 22 874,34

HERRAMIENTAS (5% de Mano de Obra)	Q 1.143,72
-----------------------------------	------------

**MATERIALES Y OTROS**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HRS. TRABAJO	COSTO	SUB-TOTAL
12	Madera y pintura		Q 125,00	Q 1 500,00
<b>TOTAL MATERIALES</b>				Q 1 500,00

<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	Q 253 518,06
<b>COSTO INDIRECTO</b>	Q 81 125,78
<b>TOTAL PARCIAL</b>	Q 334 643,84
<b>TOTAL POR DÍA</b>	Q 334 643,84
<b>PRECIO UNITARIO DE LA ACTIVIDAD</b>	Q 42,16

**Acarreo**

Rendimiento	2400	m <sup>3</sup> /Km/día
Cantidad a ejecutar	7937,01	m <sup>3</sup>
Duración de la actividad	4	Días

Continuación apéndice 2.

**MAQUINARIA Y EQUIPO**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HRS. TRABAJO	COSTO HR.	SUB-TOTAL
6	Camión de volteo	32	Q 175,00	Q 33 600,00
1	Pick-up	16	Q 35,00	Q 560,00
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO</b>				Q 34 160,00

**MANO DE OBRA**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HRS. TRABAJO	COSTO HR.	SUB-TOTAL
1	Ingeniero	16	Q 40,00	Q 640,00
1	Encargado	32	Q 25,00	Q 800,00
1	Contador	32	Q 12,00	Q 384,00
4	Peones	32	Q 8,00	Q 1 024,00
<b>SUB TOTAL</b>				Q 2 848,00
<b>PRESTACIONES LABORALES</b>				Q 830,48
<b>IGSS, IRTRA E INTECAP</b>				Q 360,84
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				Q 4 039,32

HERRAMIENTAS (5% de Mano de Obra)		Q 201,97
-----------------------------------	--	----------

**MATERIALES Y OTROS**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HRS. TRABAJO	COSTO	SUB-TOTAL
				Q -
<b>TOTAL MATERIALES</b>				Q -

<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	Q 38 401,28
<b>COSTO INDIRECTO</b>	Q 12 288,41
<b>TOTAL PARCIAL</b>	Q 50 689,70
<b>TOTAL POR DÍA</b>	Q 50 689,70
<b>PRECIO UNITARIO DE LA ACTIVIDAD</b>	Q 6,39

**Reacondicionamiento de sub-rasante**

Rendimiento	800	m <sup>2</sup> /día
Cantidad a ejecutar	41620,9	m <sup>2</sup>
Duración de la actividad	52	días

Continuación apéndice 2.

### MAQUINARIA Y EQUIPO

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HRS. TRABAJO	COSTO HR.	SUB-TOTAL
1	Motoniveladora	416	Q 550,00	Q 228 800,00
1	Rodo	416	Q 275,00	Q 114 400,00
1	Pipa de agua	312	Q 200,00	Q 62 400,00
1	Pick-up	208	Q 35,00	Q 7 280,00
1	Equipo de topografía	416	Q 20,00	Q 8 320,00
1	Equipo de lab. de suelos	208	Q 65,00	Q 13 520,00
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO</b>				Q 434 720,00

### MANO DE OBRA

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HRS. TRABAJO	COSTO HR.	SUB-TOTAL
1	Ingeniero	208	Q 40,00	Q 8 320,00
1	Encargado	416	Q 25,00	Q 10 400,00
1	Topógrafo	416	Q 20,00	Q 8 320,00
2	Cadeneros	416	Q 12,00	Q 9 984,00
6	Peones	416	Q 8,00	Q 19 968,00
1	Laboratorista	208	Q 20,00	Q 4 160,00
<b>SUB TOTAL</b>				Q 61 152,00
<b>PRESTACIONES LABORALES</b>				Q 17 831,92
<b>IGSS, IRTRA E INTECAP</b>				Q 7 747,96
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				Q 86 731,88

HERRAMIENTAS (5% de Mano de Obra)		Q 4 336,59
-----------------------------------	--	------------

### MATERIALES Y OTROS

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HRS. TRABAJO	COSTO	SUB-TOTAL
52	Madera y pintura		Q 125,00	Q 6 500,00
130000	Gal. Agua para humedad op.		Q 0,05	Q 6 500,00
<b>TOTAL MATERIALES</b>				Q 13 000,00

<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	Q 538 788,48
<b>COSTO INDIRECTO</b>	Q 172 412,31
<b>TOTAL PARCIAL</b>	Q 711 200,79
<b>TOTAL POR DÍA</b>	Q 711 200,79
<b>PRECIO UNITARIO DE LA ACTIVIDAD</b>	Q 17,09

Continuación apéndice 2.

<b>Capa de sub-base granular</b>
----------------------------------

Rendimiento	<b>202</b>	<b>m<sup>3</sup>/día</b>
Cantidad a ejecutar	<b>8324,18</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
Duración de la actividad	<b>42</b>	<b>días</b>

**MAQUINARIA Y EQUIPO**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HRS. TRABAJO	COSTO HR.	SUB-TOTAL
1	Motoniveladora	336	Q 550,00	Q 184 800,00
1	Rodo	336	Q 275,00	Q 92 400,00
1	Pipa de agua	252	Q 200,00	Q 50 400,00
6	Camión de volteo	336	Q 175,00	Q 352 800,00
1	Equipo de topografía	336	Q 20,00	Q 6 720,00
1	Equipo de lab. de suelos	168	Q 65,00	Q 10 920,00
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO</b>				<b>Q 698 040,00</b>

**MANO DE OBRA**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HRS. TRABAJO	COSTO HR.	SUB-TOTAL
1	Ingeniero	168	Q 40,00	Q 6 720,00
1	Encargado	336	Q 25,00	Q 8 400,00
1	Topógrafo	336	Q 20,00	Q 6 720,00
2	Cadeneros	336	Q 12,00	Q 8 064,00
6	Peones	336	Q 8,00	Q 16 128,00
1	Laboratorista	168	Q 20,00	Q 3 360,00
<b>SUB TOTAL</b>				<b>Q 49 392,00</b>
<b>PRESTACIONES LABORALES</b>				<b>Q 14 402,71</b>
<b>IGSS, IRTRA E INTECAP</b>				<b>Q 6 257,97</b>
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				<b>Q 70 052,67</b>

HERRAMIENTAS (5% de Mano de Obra)		Q 3 502,63
-----------------------------------	--	------------

Continuación apéndice 2.

### MATERIALES Y OTROS

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO	SUB-TOTAL
42	Madera y ointura		Q 125,00	Q 5 250,00
8324,18	Sub-base	m <sup>3</sup>	Q 30,00	Q 249 725,40
<b>TOTAL MATERIALES</b>				Q 254 975,40

<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	Q 1 026 570,71
<b>COSTO INDIRECTO</b>	Q 328 502,63
<b>TOTAL PARCIAL</b>	Q 1 355 073,33
<b>TOTAL POR DÍA</b>	Q 1 355 073,33
<b>PRECIO UNITARIO DE LA ACTIVIDAD</b>	Q 162,79

### Capa de base triturada

Rendimiento	151	m <sup>3</sup> /día
Cantidad a ejecutar	7613,58	m <sup>3</sup>
Duración de la actividad	51	días

### MAQUINARIA Y EQUIPO

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HRS. TRABAJO	COSTO HR.	SUB-TOTAL
1	Motoniveladora	408	Q 550,00	Q 224 400,00
1	Rodo	306	Q 275,00	Q 84 150,00
1	Pipa de agua	306	Q 200,00	Q 61 200,00
6	Camión de volteo	408	Q 175,00	Q 428 400,00
1	Equipo de topografía	408	Q 20,00	Q 8 160,00
1	Equipo de lab. de suelos	204	Q 65,00	Q 13 260,00
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO</b>				Q 819 570,00

Continuación apéndice 2.

#### MANO DE OBRA

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HRS. TRABAJO	COSTO HR.	SUB-TOTAL
1	Ingeniero	204	Q 40,00	Q 8 160,00
1	Encargado	204	Q 25,00	Q 5 100,00
1	Topógrafo	408	Q 20,00	Q 8 160,00
2	Cadeneros	408	Q 12,00	Q 9 792,00
6	Peones	408	Q 8,00	Q 19 584,00
1	Laboratorista	204	Q 20,00	Q 4 080,00
<b>SUB TOTAL</b>				Q 54 876,00
<b>PRESTACIONES LABORALES</b>				Q 16 001,84
<b>IGSS, IRTRA E INTECAP</b>				Q 6 952,79
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				Q 77 830,63

HERRAMIENTAS (5% de Mano de Obra)	Q 3.891,53
-----------------------------------	------------

#### MATERIALES Y OTROS

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO	SUB-TOTAL
51	Madera y pintura		Q 125,00	Q 6 375,00
7613,58	Base	m <sup>3</sup>	Q 85,00	Q 647 154,30
<b>TOTAL MATERIALES</b>				Q 653 529,30

<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	Q 1 554 821,46
<b>COSTO INDIRECTO</b>	Q 497 542,87
<b>TOTAL PARCIAL</b>	Q 2 052 364,33
<b>TOTAL POR DÍA</b>	Q 2 052 364,33
<b>PRECIO UNITARIO DE LA ACTIVIDAD</b>	Q 269,57

#### Riego de imprimación

Rendimiento	1000	Gls/día
Cantidad a ejecutar	10659,01	Gls
Duración de la actividad	11	días

#### MAQUINARIA Y EQUIPO

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HRS. TRABAJO	COSTO HR.	SUB-TOTAL
1	Barredora sopladora	88	Q 130,00	Q 11 440,00
1	Camión regador de asfalto	88	Q 275,00	Q 24 200,00
1	Pick-up	44	Q 35,00	Q 1 540,00
1	Camión de volteo	44	Q 175,00	Q 7 700,00
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO</b>				Q 44 880,00

Continuación apéndice 2.

#### MANO DE OBRA

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HRS. TRABAJO	COSTO HR.	SUB-TOTAL
1	Ingeniero	44	Q 40,00	Q 1 760,00
1	Encargado	44	Q 25,00	Q 1 100,00
8	Peones	88	Q 8,00	Q 5 632,00
<b>SUB TOTAL</b>				Q 8 492,00
<b>PRESTACIONES LABORALES</b>				Q 2 476,27
<b>IGSS, IRTRA E INTECAP</b>				Q 1 075,94
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				Q 12 044,20

HERRAMIENTAS (5% de Mano de Obra)	Q 602,21
-----------------------------------	----------

HERRAMIENTAS (5% de Mano de Obra)	Q 602,21
-----------------------------------	----------

#### MATERIALES Y OTROS

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO	SUB-TOTAL
10659,01	Imprimación con emulsión	gal	Q 16,00	Q 170 544,16
107	Secante	m <sup>3</sup>	Q 50,00	Q 5 350,00
<b>TOTAL MATERIALES</b>				Q 175 894,16

<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	Q 233 420,57
<b>COSTO INDIRECTO</b>	Q 74 694,58
<b>TOTAL PARCIAL</b>	Q 308 115,16
<b>TOTAL POR DÍA</b>	Q 308 115,16
<b>PRECIO UNITARIO DE LA ACTIVIDAD</b>	Q 28,91

#### Riego de liga

Rendimiento	88	Gls/día
Cantidad a ejecutar	2842,4	Gls
Duración de la actividad	33	días

#### MAQUINARIA Y EQUIPO

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HRS. TRABAJO	COSTO HR.	SUB-TOTAL
1	Equipo para esparcir emulsión	132	Q 95,00	Q 12 540,00
1	Pick-up	66	Q 35,00	Q 2 310,00
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO</b>				Q 14 850,00

Continuación apéndice 2.

**MANO DE OBRA**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HRS. TRABAJO	COSTO HR.	SUB-TOTAL
1	Encargado	132	Q 25,00	Q 3 300,00
2	Peones	264	Q 8,00	Q 4 224,00
<b>SUB TOTAL</b>				Q 7 524,00
<b>PRESTACIONES LABORALES</b>				Q 2 194,00
<b>IGSS, IRTRA E INTECAP</b>				Q 953,29
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				Q 10 671,29

HERRAMIENTAS (5% de Mano de Obra)	Q 533,56
-----------------------------------	----------

**MATERIALES Y OTROS**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO	SUB-TOTAL
2842,4	Emulsión para liga	gal	Q 11,25	Q 31 977,00
<b>TOTAL MATERIALES</b>				Q 31 977,00

<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	Q 58 031,85
<b>COSTO INDIRECTO</b>	Q 18 570,19
<b>TOTAL PARCIAL</b>	Q 76 602,05
<b>TOTAL POR DÍA</b>	Q 76 602,05
<b>PRECIO UNITARIO DE LA ACTIVIDAD</b>	Q 26,95

**Concreto asfáltico**

Rendimiento	<b>100</b>	<b>ton/día</b>
Cantidad a ejecutar	<b>3349,98</b>	<b>ton</b>
Duración de la actividad	<b>34</b>	<b>días</b>

**MAQUINARIA Y EQUIPO**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HRS. TRABAJO	COSTO HR.	SUB-TOTAL
1	Extendedora (finisher)	272	Q 450,00	Q 122 400,00
1	Rodo	204	Q 275,00	Q 56 100,00
1	Rodo neumático	136	Q 200,00	Q 27 200,00
4	Camión de volteo	136	Q 175,00	Q 95 200,00
1	Pick-up	136	Q 35,00	Q 4 760,00
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO</b>				Q 305 660,00

Continuación apéndice 2.

**MANO DE OBRA**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HRS. TRABAJO	COSTO HR.	SUB-TOTAL
1	Ingeniero	136	Q 40,00	Q 5 440,00
1	Encargado	136	Q 25,00	Q 3 400,00
4	Rastrilleros	272	Q 8,00	Q 8 704,00
14	Peones colocación mezcla	272	Q 8,00	Q 30 464,00
1	Laboratorista	136	Q 20,00	Q 2 720,00
<b>SUB TOTAL</b>				Q 50 728,00
<b>PRESTACIONES LABORALES</b>				Q 14 792,28
<b>IGSS, IRTRA E INTECAP</b>				Q 6 427,24
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				Q 71 947,52

HERRAMIENTAS (5% de Mano de Obra)	Q 3.597,38
-----------------------------------	------------

**MATERIALES Y OTROS**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO	SUB-TOTAL
3349,98	Concreto asfáltico	ton	Q 175,00	Q 586 246,50
<b>TOTAL MATERIALES</b>				Q 586 246,50

<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	Q 967 451,40
<b>COSTO INDIRECTO</b>	Q 309 584,45
<b>TOTAL PARCIAL</b>	Q 1 277 035,85
<b>TOTAL POR DÍA</b>	Q 1 277 035,85
<b>PRECIO UNITARIO DE LA ACTIVIDAD</b>	Q 381,21

**Cunetas revestidas de concreto**

Rendimiento	<b>96</b>	<b>m<sup>2</sup>/día</b>
Cantidad a ejecutar	<b>8121,15</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
Duración de la actividad	<b>85</b>	<b>días</b>

**MAQUINARIA Y EQUIPO**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HRS. TRABAJO	COSTO HR.	SUB-TOTAL
3	Mezcladora de concreto	680	Q 18,00	Q 36 720,00
1	Vibrocompactador manual	255	Q 25,00	Q 6 375,00
1	Pipa de agua	340	Q 200,00	Q 68 000,00
1	Camión de volteo	340	Q 175,00	Q 59 500,00
1	Camión de estacas	340	Q 90,00	Q 30 600,00
1	Pick-up	680	Q 35,00	Q 23 800,00
<b>TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPO</b>				Q 224 995,00

Continuación apéndice 2.

**MANO DE OBRA**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HRS. TRABAJO	COSTO HR.	SUB-TOTAL
1	Ingeniero	340	Q 40,00	Q 13 600,00
1	Encargado	340	Q 25,00	Q 8 500,00
8	Albañiles	680	Q 12,00	Q 65 280,00
12	Peones	680	Q 8,00	Q 65 280,00
<b>SUB TOTAL</b>				Q 152 660,00
<b>PRESTACIONES LABORALES</b>				Q 44 515,66
<b>IGSS, IRTRA E INTECAP</b>				Q 19 342,02
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>				Q 216 517,68

HERRAMIENTAS (5% de Mano de Obra)	Q 10 825,88
-----------------------------------	-------------

**MATERIALES Y OTROS**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO	SUB-TOTAL
6460	Cemento	saco	Q 80,00	Q 516 800,00
442	Piedrín	m <sup>3</sup>	Q 180,00	Q 79 560,00
459	Arena de río	m <sup>3</sup>	Q 95,00	Q 43 605,00
450	Madera	pié-tabla	Q 8,00	Q 3 600,00
<b>TOTAL MATERIALES</b>				Q 643 565,00

<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	Q 1 095 903,56
<b>COSTO INDIRECTO</b>	Q 350 689,14
<b>TOTAL PARCIAL</b>	Q 1 446 592,70
<b>TOTAL POR DÍA</b>	Q 1 446 592,70
<b>PRECIO UNITARIO DE LA ACTIVIDAD</b>	Q 178,13

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Cuantificación de materiales y mano de obra alcantarillado sanitario**

<b>PRELIMINARES</b>
---------------------

<b>TOPOGRAFIA</b>				
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
<b>Mano de Obra Calificada</b>				
Replanteo topográfico	3 345	ml	Q 1,25	Q 4 181,25
<b>Sub-Total</b>				<b>Q 4 181,25</b>
<b>COSTO TOTAL RENGLON</b>				<b>Q 4 181,25</b>

<b>LIMPIEZA + NIVELACION + TRAZO</b>				
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
<b>Mano de Obra Calificada</b>				
Limpieza , nivelación y trazo	3 345	ml	Q 3,50	Q 11 707,50
Prestaciones laborales				Q 7 024,50
<b>Sub-Total</b>				<b>Q 18 732,00</b>
<b>COSTO TOTAL RENGLON</b>				<b>Q 22 913,25</b>

<b>INSTALACIÓN DE TUBERÍA LINEA DE DRENAJE</b>
--

<b>TUBERÍA DE Ø 6" ZANJA DE 0.60m. (3 345 ml)</b>				
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
<b>Materiales</b>				
Tubo de Ø 6" PVC	560	Unidad	Q 675,00	Q 378 000,00
Pegamento PVC 1/4 Gal.	40	Unidad	Q 95,50	Q 3 820,00
<b>Sub-Total</b>				<b>Q 381,820.00</b>
<b>Mano de Obra Calificada</b>				
Excavación zanja 0.60 m.	5 566	M <sup>3</sup>	Q 20,00	Q 111 320,00
Instalación Tubo de Ø 6" PVC	3 345	ml	Q 3,50	Q 11 707,50
Relleno compactado	3 345	ml	Q 12,00	Q 40 140,00
Prestaciones laborales				Q 97 900,50
<b>Sub-Total</b>				<b>Q 261 068,00</b>
<b>COSTO TOTAL RENGLON</b>				<b>Q 642 888,00</b>

Continuación apéndice 3.

POZOS DE VISITA h=1,20 a 2,00m					
LEVANTADO, CONSTRUCCIÓN DE BROCAL, TAPADERA Y ACABADO FINAL (9 pozos = h promedio = 1,50m.)					
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total	
<b>Materiales</b>					
Cemento	58,5	sacos	Q 66,50	Q	3 890,25
Arena de río	13,23	m <sup>3</sup>	Q 200,00	Q	2 646,00
Piedrín	3,51	m <sup>3</sup>	Q 250,00	Q	877,50
Ladrillo tayuyo	5 265	Unidad	Q 2,25	Q	11 846,25
Hierro No. 6	9	varilla	Q 53,30	Q	479,70
Hierro No. 3	36	varilla	Q 24,60	Q	885,60
Hierro No. 2	18	varilla	Q 10,35	Q	186,30
Alambre de amarre	9	libra	Q 12,00	Q	108,00
Madera	60	pié-tabla	Q 35,00	Q	2 100,00
Clavo	9	libra	Q 8,00	Q	72,00
<b>Sub-Total</b>				<b>Q</b>	<b>23 091,60</b>
<b>Mano de Obra Calificada</b>					
Levantado de pozos de visita	13,5	ml	Q 55,00	Q	742,50
Acabado final en pozos	13,5	ml	Q 11,50	Q	155,25
Construcción de brocal + tapadera	9	Unidad	Q 50,00	Q	450,00
Excavación	41,5	m <sup>3</sup>	Q 20,00	Q	830,00
Relleno compactado	4,05	m <sup>3</sup>	Q 12,00	Q	48,60
Prestaciones laborales				Q	1 335,81
<b>Sub-Total</b>				<b>Q</b>	<b>3 562,16</b>
<b>COSTO TOTAL RENGLON</b>				<b>Q</b>	<b>26 653,76</b>

Continuación apéndice 3.

<b>POZOS DE VISITA h=2,00 a 3,00m</b>
---------------------------------------

<b>LEVANTADO, CONSTRUCCIÓN DE BROCAL , TAPADERA Y ACABADO FINAL (13 pozos = h promedio = 2,50m.)</b>
--

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
<b>Materiales</b>				
Cemento	84,5	sacos	Q 66,50	Q 5 619,25
Arena de río	19,1	m <sup>3</sup>	Q 200,00	Q 3 820,00
Piedrín	5,07	m <sup>3</sup>	Q 250,00	Q 1 267,50
Ladrillo tayuyo	14 703	Unidad	Q 2,25	Q 33 081,75
Hierro No. 6	13	varilla	Q 53,30	Q 692,90
Hierro No. 3	52	varilla	Q 24,60	Q 1 279,20
Hierro No. 2	26	varilla	Q 10,35	Q 269,10
Alambre de amarre	13	libra	Q 12,00	Q 156,00
Madera	92,5	pié-tabla	Q 35,00	Q 3 237,50
Clavo	13	libra	Q 8,00	Q 104,00
<b>Sub-Total</b>				<b>Q 49 527,20</b>

<b>Mano de Obra Calificada</b>				
Levantado de pozos de visita	32,5	ml	Q 60,50	Q 1 966,25
Acabado final en pozos	32,5	ml	Q 12,65	Q 411,13
Construcción de brocal + tapadera	13	Unidad	Q 50,00	Q 650,00
Excavación	60	m <sup>3</sup>	Q 22,00	Q 1 320,00
Relleno compactado	5,85	m <sup>3</sup>	Q 12,00	Q 70,20
Prestaciones laborales				Q 2 650,55
<b>Sub-Total</b>				<b>Q 7 068,12</b>
<b>COSTO TOTAL RENGLON</b>				<b>Q 56 595,32</b>

Continuación apéndice 3.

<b>POZOS DE VISITA h=3,00 a 4,00m</b>
---------------------------------------

<b>LEVANTADO, CONSTRUCCIÓN DE BROCAL , TAPADERA Y ACABADO FINAL (17 pozos = h promedio = 3,50m.)</b>				
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total
<b>Materiales</b>				
Cemento	110,5	sacos	Q 66,50	Q 7 348,25
Arena de río	25	m <sup>3</sup>	Q 200,00	Q 5 000,00
Piedrín	6,65	m <sup>3</sup>	Q 250,00	Q 1 662,50
Ladrillo tayuyo	28 509	Unidad	Q 2,25	Q 64 145,25
Hierro No. 6	17	varilla	Q 53,30	Q 906,10
Hierro No. 3	68	varilla	Q 24,60	Q 1 672,80
Hierro No. 2	34	varilla	Q 10,35	Q 351,90
Alambre de amarre	17	libra	Q 12,00	Q 204,00
Madera	120	pié-tabla	Q 35,00	Q 4 200,00
Clavo	17	libra	Q 8,00	Q 136,00
<b>Sub-Total</b>				<b>Q 85 626,80</b>
<b>Mano de Obra Calificada</b>				
Levantado de pozos de visita	59,5	ml	Q 66,50	Q 3 956,75
Acabado final en pozos	59,5	ml	Q 13,90	Q 827,05
Construcción de brocal + tapadera	17	Unidad	Q 50,00	Q 850,00
Excavación	78,54	m <sup>3</sup>	Q 24,50	Q 1 924,23
Relleno compactado	7,65	m <sup>3</sup>	Q 12,00	Q 91,80
Prestaciones laborales				Q 4 589,90
<b>Sub-Total</b>				<b>Q 12 239,73</b>
<b>COSTO TOTAL RENGLON</b>				<b>Q 97 866,53</b>

Continuación apéndice 3.

POZOS DE VISITA h=4,00 a 5,00m					
LEVANTADO, CONSTRUCCIÓN DE BROCAL , TAPADERA Y ACABADO FINAL (10 pozos = h promedio = 4,50m.)					
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total	
<b>Materiales</b>					
Cemento	75	sacos	Q 66,50	Q	4 987,50
Arena de río	16,5	m <sup>3</sup>	Q 200,00	Q	3 300,00
Piedrín	4,5	m <sup>3</sup>	Q 250,00	Q	1 125,00
Ladrillo tayuyo	22 230	Unidad	Q 2,25	Q	50 017,50
Hierro No. 6	10	varilla	Q 53,30	Q	533,00
Hierro No. 3	40	varilla	Q 24,60	Q	984,00
Hierro No. 2	20	varilla	Q 10,35	Q	207,00
Alambre de amarre	10	libra	Q 12,00	Q	120,00
Madera	71,5	pie-tabla	Q 35,00	Q	2 502,50
Clavo	10	libra	Q 8,00	Q	80,00
<b>Sub-Total</b>				<b>Q</b>	<b>63 856,50</b>
<b>Mano de Obra Calificada</b>					
Levantado de pozos de visita	45	ml	Q 73,20	Q	3 294,00
Acabado final en pozos	45	ml	Q 15,30	Q	688,50
Construcción de brocal + tapadera	10	Unidad	Q 50,00	Q	500,00
Excavación	46,2	m <sup>3</sup>	Q 26,60	Q	1 228,92
Relleno compactado	4.5	m <sup>3</sup>	Q 12,00	Q	54,00
Prestaciones laborales				Q	3 459,25
<b>Sub-Total</b>				<b>Q</b>	<b>9 224,67</b>
<b>COSTO TOTAL RENGLON</b>				<b>Q</b>	<b>73 081,17</b>

Continuación apéndice 3.

POZOS DE VISITA h=5,00 a 5,85m					
LEVANTADO, CONSTRUCCIÓN DE BROCAL , TAPADERA Y ACABADO FINAL (4 pozos = h promedio = 5.50m.)					
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total	
<b>Materiales</b>					
Cemento	28	sacos	Q 66,50	Q	1 862,00
Arena de río	6,25	m <sup>3</sup>	Q 200,00	Q	1 250,00
Piedrín	1,7	m <sup>3</sup>	Q 250,00	Q	425,00
Ladrillo tayuyo	11 076	Unidad	Q 2,25	Q	24 921,00
Hierro No. 6	4	varilla	Q 53,30	Q	213,20
Hierro No. 3	16	varilla	Q 24,60	Q	393,60
Hierro No. 2	8	varilla	Q 10,35	Q	82,80
Alambre de amarre	4	libra	Q 12,00	Q	48,00
Madera	32	pié-tabla	Q 35,00	Q	1 120,00
Clavo	4	libra	Q 8,00	Q	32,00
<b>Sub-Total</b>				<b>Q</b>	<b>30 347,60</b>

CANDELAS Y CONEXIONES DOMICILIARES					
CANDELA TC. Ø 16" + TUBO PVC Ø 4" ( 199 UNIDADES )					
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total	
<b>Materiales</b>					
Cemento	150	saco	Q 66,50	Q	9 975,00
Arena de río	12,5	m <sup>3</sup>	Q 200,00	Q	2 500,00
Piedrín	12,5	m <sup>3</sup>	Q 250,00	Q	3 125,00
Tubo de Concreto Ø 16"	199	Unidad	Q 65,00	Q	12 935,00
Tubo P.V.C. Ø 4"	199	Unidad	Q 287,00	Q	57 113,00
Yee PVC 6"x4"	199	Unidad	Q 165,00	Q	32 835,00
Hierro No. 3	200	varilla	Q 24,60	Q	4 920,00
Alambre de amarre	48	lb.	Q 12,00	Q	576,00
<b>Sub-Total</b>				<b>Q</b>	<b>123 979,00</b>

Continuación apéndice 3.

<b>Mano de Obra Calificada</b>				
Instalación candelas y conexiones domiciliarias	199	unidad	Q 45,00	Q 8 955,00
Excavación + relleno compactado de zanja	1194	ml	Q 17,00	Q 20 298,00
Prestaciones laborales				Q 17 551,80
<b>Sub-Total</b>				<b>Q 46 804,80</b>
<b>COSTO TOTAL RENGLON</b>				<b>Q 170 783,80</b>

<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>	<b>Q 1 126 063,19</b>
FIANZAS	Q 33 781,90
GASTOS ADMINISTRATIVOS	Q 90 085,06
UTILIDAD	Q 112 606,32
SUPERVISION INTERNA	Q 90 085,06
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	<b>Q 326 558,33</b>
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO:</b>	<b>Q 1 452 621,52</b>

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Ensayo granulométrico



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



Nº 19340

INFORME No. 249 S.S.

O.T. No. 28,537

Interesado: Rolando Aroldo López Leiva

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y con lavado previo.

Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11

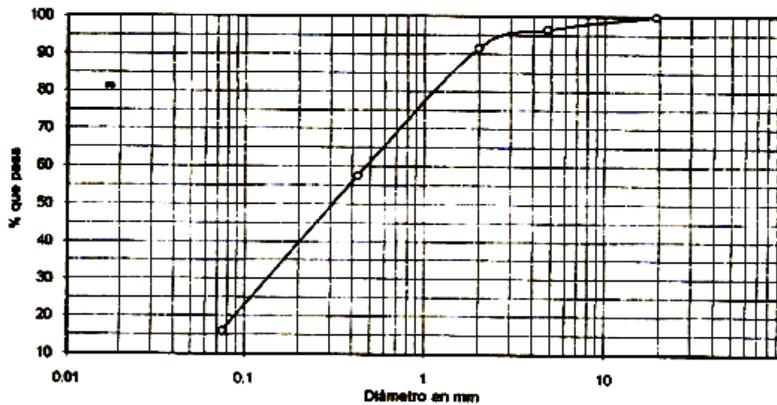
Proyecto: Diseño de Tramo Carretero

Ubicación: Aldea Pinula Municipio de Tiquisate, Escuintla

Fecha: 30 de Junio de 2011

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
1 1/2"	38.10	0.00
3/4"	19	100.00
4	4.75	96.53
10	2	91.56
40	0.425	57.53
200	0.075	16.05

% de Grava: 3.47  
% de Arena: 80.48  
% de finos: 16.05



Descripción del suelo: Arena Límosa

Clasificación: S.C.U.: SM P.R.A.: A-2-4

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CI/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—

Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12

Teléfono directo: 2415-9115, Planta: 2415-9000 Exts. 86208 y 86221 Fax: 2415-9121

Página web: <http://ci.usac.edu.gt>

## Apéndice 5. Ensayo límites de Atterberg



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



Nº 19341

INFORME No. 250 S. S.

O T.: 28,537

Interesado: Rolando Aroldo López Leiva  
 Proyecto: Diseño de Tramo Carretero  
 Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG  
 Norma: AASHTO T-89 Y T-90  
 Ubicación: Aldea Pinula Municipio de Tiquisate, Escuintla  
 FECHA: 30 de Junio de 2011

**RESULTADOS:**

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION*	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	0.0	0.0	SM	Arena Limosa color café oscuro

(\*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Teima Maricela Ochoa Morales  
DIRECTORA CIVUSAS



Ing. Omar Enrique Mediano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos



Apéndice 6. Ensayo de compactación Proctor



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



Nº 19312

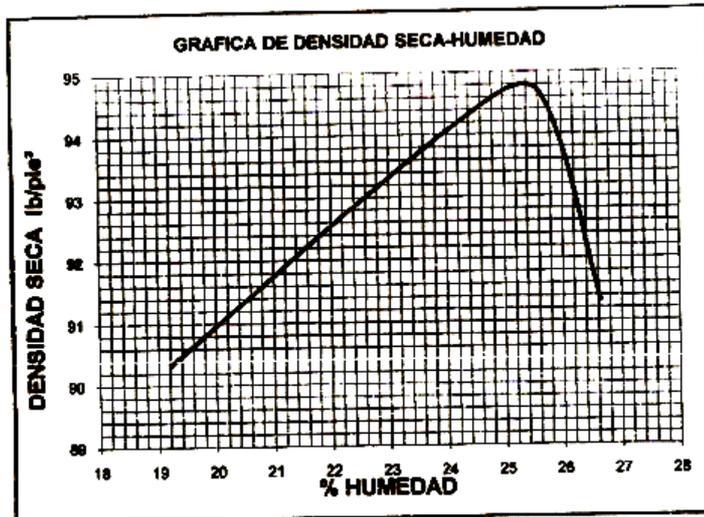
INFORME No. 251 S.S.

O.T. No.: 28,537

Interesado: Rolando Aroldo López Leiva  
Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.

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

Proyecto: Diseño de Tramo Carretero  
Ubicación: Aldea Pinula, Municipio de Tiquisate, Escuintla  
Fecha: 30 de Junio de 2011



Muestra No.: 1  
Descripción del suelo: Arena Limosa color café oscuro  
Densidad seca máxima  $\gamma_d$ : 1,519 Kg/m<sup>3</sup>      94.82 lb/ft<sup>3</sup>  
Humedad óptima Hop.: 25.2 %  
Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Alertamientos,



Vo. Bo.:

Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CI/USAC



Ing. Omar Enrique Médrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo: 2448-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121  
Página web: <http://ci.usac.edu.gt>

Apéndice 7. Ensayo de razón soporte California (CBR)



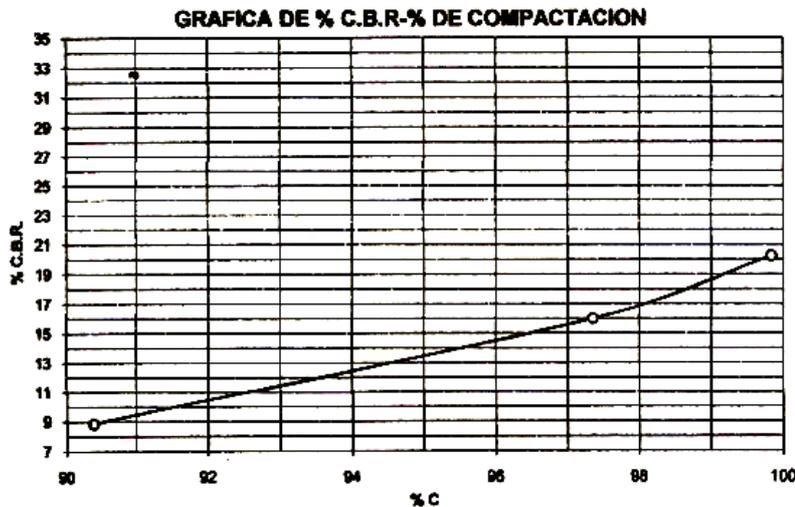
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 19315

INFORME No.: 252 S.S. O.T. No.: 28,537  
 Interesado: Rolando Aroldo López Leiva  
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193  
 Proyecto: Diseño de Tramo Carretero  
 Ubicación: Aldea Pinula, Municipio de Tiquisate, Escuintla  
 Descripción del suelo: Arena Limosa color café oscuro  
 Muestra No.: 1  
 Fecha: 30 de Junio de 2011

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	$\gamma < b / \rho \times 10^3$			
1	10	24.80	85.7	90.4	0.09	8.8
2	30	24.80	92.3	97.4	0.11	16.0
3	65	24.80	94.7	99.8	0.15	20.3



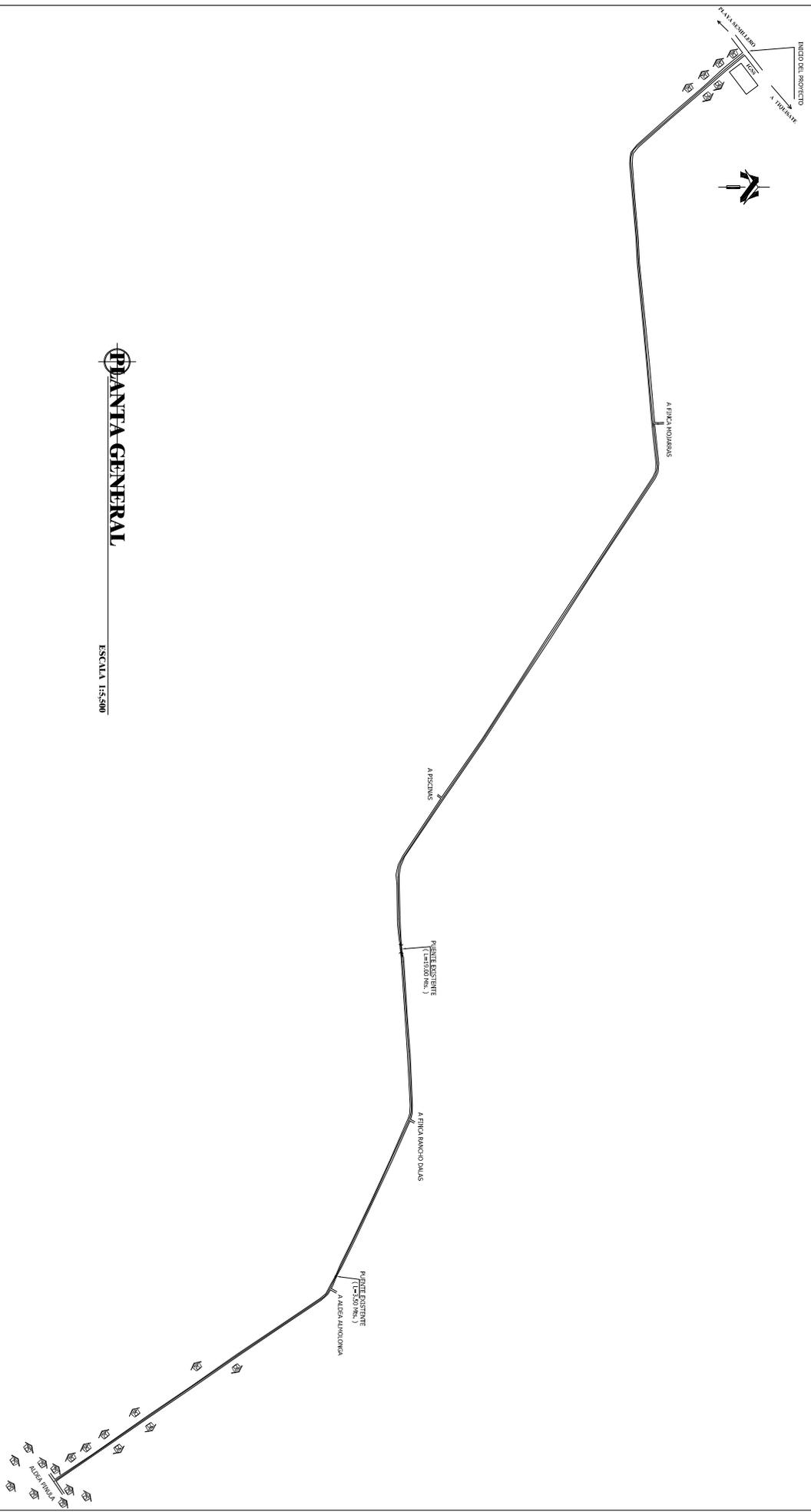
Vo. Bo.:

Inga. Teima Marcela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC



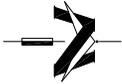
Ing. Omar Enrique Medrano Mendez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos



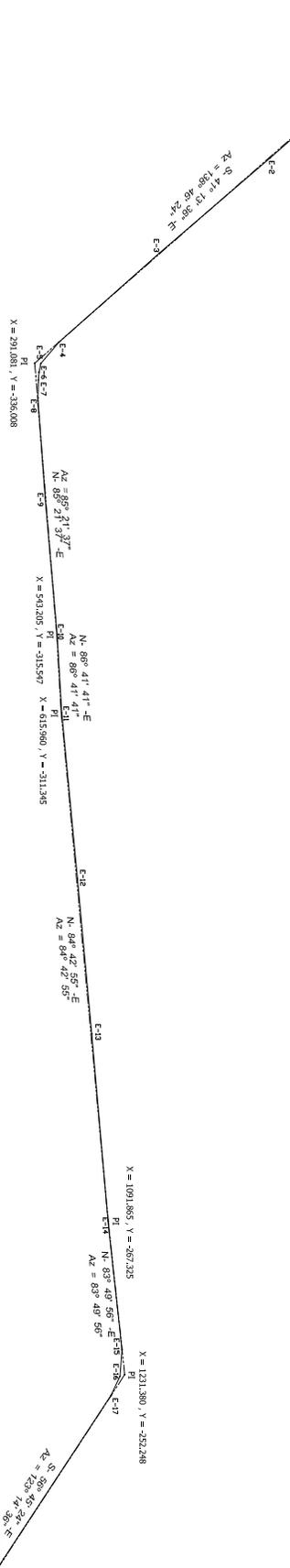


**PLANTA GENERAL**  
 ESCALA 1:5,500

	<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<b>MUNICIPALIDAD DE TQUISATE, ESCUINTLA</b> ERESISTA: <b>ROLANDO ARDULO LOPEZ LEIVA</b>	<b>PLANTA - PERIOTE</b> ESCALA: INDICION FROMA: <b>2:500</b>	GUATEMALA, R.L. PERIOTE, R.L.
PROYECTO: <b>DISEÑO TRAMO CARRETERO TQUISATE-ALDEA PANULA</b>	HOJA: <b>1</b>	MAYO 2017
DISEÑADO POR: <b>RODRIGO ALVARADO</b>	HOJA: <b>19</b>	MAYO 2017



INICIO DEL PROYECTO  
 X = 000.00, Y = 000.00  
 X = 44.765, Y = -54.009  
 X = 44.765, Y = -54.009  
 X = 44.765, Y = -54.009  
 X = 44.765, Y = -54.009



EST	P.O.	AZMUT	DIST (m)
0	1	140°16'30"	70.95
1	2	138°43'30"	82.98
2	3	139°16'00"	135.98
3	4	138°34'15"	124.98
4	5	130°8'00"	25.82
5	6	101°50'12"	8.33
6	7	93°13'45"	7.40
7	8	92°03'30"	16.55
8	9	85°51'39"	93.52
9	10	85°02'00"	126.96
10	11	86°37'00"	72.95
11	12	84°43'45"	154.97
12	13	84°40'00"	144.98
13	14	83°02'00"	177.99
14	15	83°47'00"	116.97
15	16	94°21'00"	24.94
16	17	115°04'40"	19.57
17	18	123°20'00"	181.98

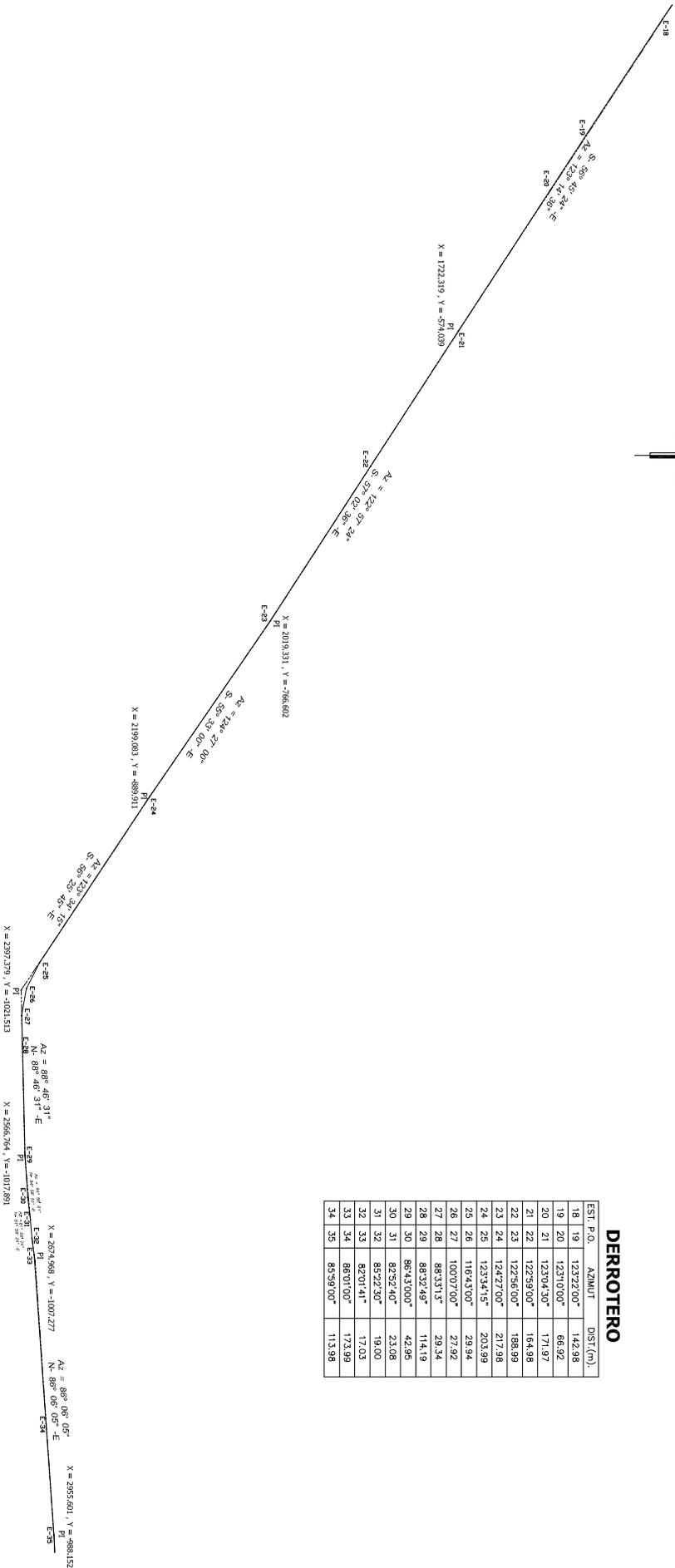
LÍNEA DEL TERRENO  
 LÍNEA DE LOCALIZACIÓN

**PLANETA**  
 LÍNEA DE LOCALIZACIÓN  
 ESCALA 1:12,000

<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		<b>MUNICIPALIDAD DE TOUSSAINT ESCUINTLA</b>	
ESPECIALISTA: <b>ROLANDO ANOLDO LOPEZ ELEVA</b>		DISEÑO: <b>ALDEA PAWLA</b>	
PROYECTO: <b>DISEÑO TRAMO CARRETERO TOUSSAINT-ALDEA PAWLA</b>		CONTENIDO: <b>LÍNEA DE LOCALIZACIÓN</b>	
ESCALA: 1:2000		FECHA: MAYO 2019	
HOJA: 2		TOTAL: 19	



EST. P.O.	AZMUT	DIST.(m)
18	12322.00°	142.98
19	12310.00°	66.92
20	12304.39°	171.97
21	12259.00°	164.98
22	12256.00°	188.99
23	12427.00°	217.98
24	12354.15°	203.99
25	11643.00°	29.94
26	10007.00°	27.92
27	8833.13°	29.34
28	8832.49°	114.19
29	8643.000°	42.95
30	8252.40°	23.08
31	8522.30°	19.00
32	8201.41°	17.03
33	8601.00°	173.99
34	8359.00°	113.98



**PLANTA**  
LÍNEA DE LOCALIZACIÓN

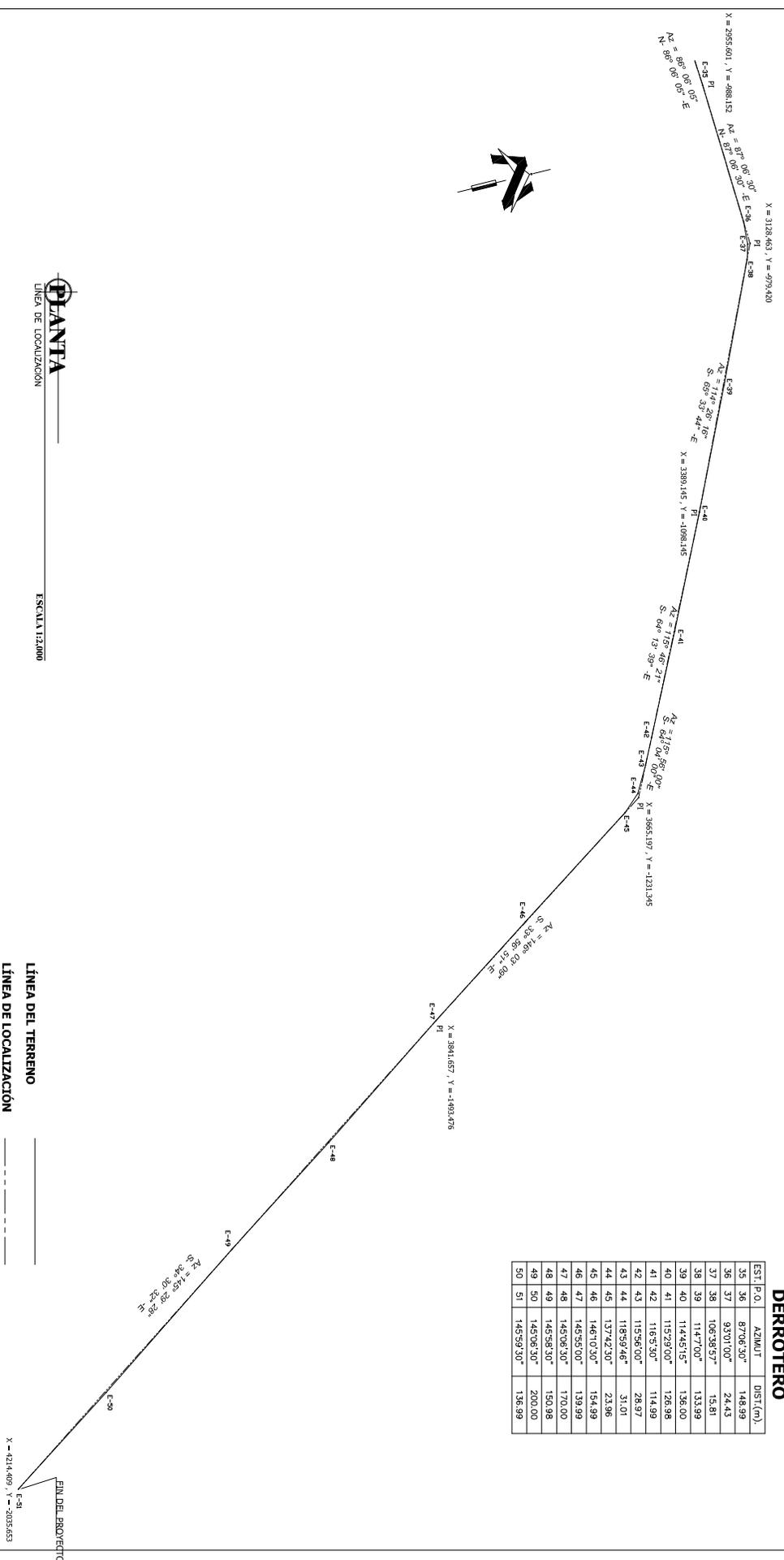
ESCALA 1:2000

LÍNEA DEL TERRENO  
LÍNEA DE LOCALIZACIÓN

<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>		<p>ROLANDO ANOLITO LÓPEZ LEIVA</p>	
<p>MUNICIPALIDAD DE TOUSASITÉ, ESCUINTLA</p>		<p>ESPERTA</p>	
<p>PROYECTO DISEÑO TRAMO CARRETERO TOUSASITÉ-ALDEA PAWLA</p>		<p>CONTENIDO LÍNEA DE LOCALIZACIÓN</p>	
<p>Escala: 1:2000</p>		<p>Fecha: MAYO 2019</p>	
<p>Hoja: 3</p>		<p>Total: 19</p>	

### DERROTERO

EST. P.O.	AZIMUT	DIST. (m)	
35	87°06'30"	148.99	
36	93°01'00"	24.43	
37	106°38'57"	15.81	
38	114°7'00"	133.99	
39	40	114°45'15"	136.00
40	41	115°29'00"	126.99
41	42	116°5'30"	114.99
42	43	116°56'00"	28.97
43	44	118°59'46"	31.01
44	45	137°42'30"	23.96
45	46	146°10'30"	154.99
46	47	145°55'00"	139.99
47	48	145°06'30"	170.00
48	49	145°58'30"	150.98
49	50	145°06'30"	200.00
50	51	145°59'30"	136.99



**PLANETA**

LÍNEA DE LOCALIZACIÓN

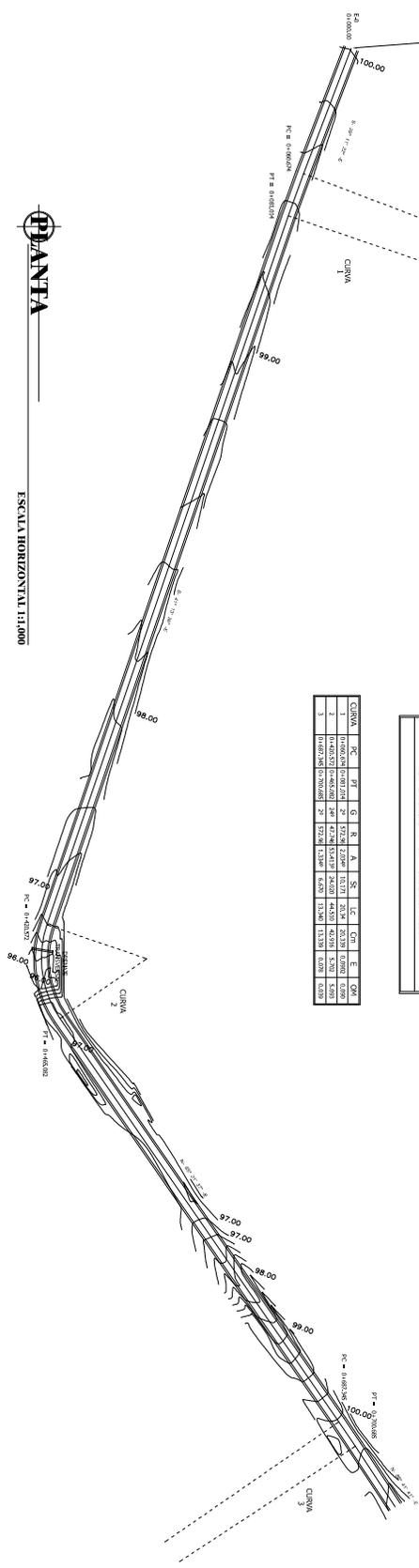
ESCALA 1:2000

**LÍNEA DEL TERRENO**

**LÍNEA DE LOCALIZACIÓN**

X = 4214.409 / Y = -2035.653

	<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b>	
FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
<b>MUNICIPALIDAD DE TOUSASITÉ, ESCUINTLA</b>	<b>ROLANDO ANOLDO LOPEZ ELEVA</b>	DISEÑO: R.L. ABELLA: R.L. CALCULO: R.L.
EPESBITA	MUNICIPALIDAD DE TOUSASITÉ, ESCUINTLA	DISEÑO: R.L. ABELLA: R.L. CALCULO: R.L.
PROYECTO	CONTENIDO	FECHA
DISEÑO TRAMO CARRETERO TOUSASITÉ-ALDEA PAWULA	LÍNEA DE LOCALIZACIÓN	MAYO 2020
Escala: 1:2000	Fecha:	4
Visto y aprobado por el Comité de Control de Calidad	Visto y aprobado por el Comité de Control de Calidad	19



**SIMBOLOGÍA EN PLANTA**

PC = PUNTO DE CURVA  
 PI = PUNTO DE INICIO DE TANGENTE  
 PT = PUNTO DE FIN DE TANGENTE  
 PVI = PUNTO DE INTERSECCIÓN  
 SA = SENO TANGENTE  
 LC = LONGITUD DE CURVA  
 LA = ABREVA  
 G = GRADO DE CURVA  
 CM = CURVA MÁXIMA  
 E = EXTERNAL, Y CM = OBSERVADA MEDIA

CURVA	PC	PI	G	R	A	SA	LC	CM	E	CM
1	100.00	100.00	5.00	2000.00	2.00	0.00	40.00	5.00	5.00	5.00
2	100.00	100.00	4.00	2500.00	2.50	0.00	50.00	4.00	4.00	4.00
3	100.00	100.00	3.00	3333.33	3.33	0.00	66.67	3.00	3.00	3.00

**PLANTA**

ESCALA HORIZONTAL 1:1.000

ESTACION	ALCANTARILLA	TIPO DE TUBERÍA	DIÁMETRO	PROFUNDIDAD	OTRO DATOS
00+000					
00+050					
00+100					
00+150					
00+200					
00+250					
00+300					
00+350					
00+400					
00+450					
00+500					
00+550					
00+600					
00+650					
00+700					
00+750					

**CA-040205**  
 C.I. 96.14  
 D = 2.42 %  
 LCV = 40 MTS.  
 O.M. = 0.0309 MTS.  
 TDCV = CÓNCAVA

**CA-040205**  
 C.I. 96.14  
 D = -2.36 %  
 LCV = 40 MTS.  
 O.M. = -0.118 MTS.  
 TDCV = CONVEXA

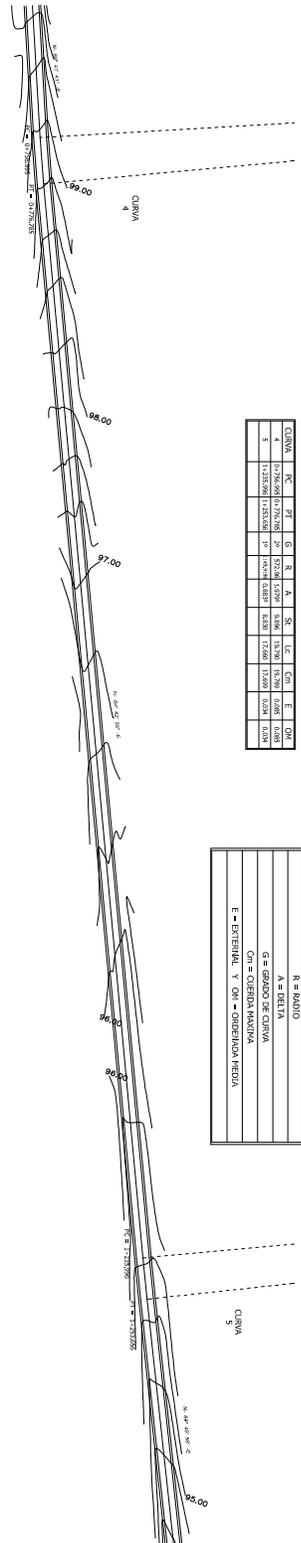
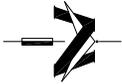
**PERFIL**

ESCALA VERTICAL 1:500  
 ESCALA HORIZONTAL 1:1.000

**SIMBOLOGÍA EN PERFIL**

PI V = PUNTO DE LA INTERSECCIÓN DE LAS TANGENTES VERTICALES  
 PC V = PUNTO DE COMIENZO DE LA CURVA VERTICAL  
 PT V = PUNTO DE FIN DE LA CURVA VERTICAL  
 O.M. = OBSERVADA MEDIA  
 LC V = LONGITUD DE CURVA VERTICAL  
 P = PENDIENTE  
 K = VALOR CONSTANTE CALCULADO  
 D = DIFERENCIA ALGEBRAICA DE PENDIENTES  
 TDCV = TIPO DE CURVA VERTICAL  
 C.V. = COTA  
 C.M. = COMANUELO  
 PENDIENTE TRANSVERSAL, TC O INDICADO

<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA          FACULTAD DE INGENIERÍA          EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>		<p>INGENIERO          ROLANDO ANOLDO LOPEZ ELEVA</p>
<p>MUNICIPALIDAD DE TOUSASATE, ESCUINTLA</p>		<p>ARQUITECTO          PLANTA - PERFIL</p>
<p>PROYECTO: DISEÑO TRAMO CARRETERO TOUSASATE-ALDEA PAWULA</p>		<p>FECHA: MARZO 1986</p>
<p>PROFESOR: DR. JOSÉ ANTONIO DE LA CRUZ</p>		<p>HOJA: 5</p>
<p>PROFESOR: DR. JOSÉ ANTONIO DE LA CRUZ</p>		<p>19</p>



ESTACION	PC	PT	PI	PS	RA	SA	SC	LC	CE	CM	EA	EM
00+650	00+650	00+700	00+700	00+700	40000	1125.86	1125.86	1125.86	0.00	0.00	0.00	0.00
00+700	00+700	00+750	00+750	00+750	17200	1125.86	1125.86	1125.86	0.00	0.00	0.00	0.00
00+750	00+750	00+800	00+800	00+800	17200	1125.86	1125.86	1125.86	0.00	0.00	0.00	0.00
00+800	00+800	00+850	00+850	00+850	17200	1125.86	1125.86	1125.86	0.00	0.00	0.00	0.00
00+850	00+850	00+900	00+900	00+900	17200	1125.86	1125.86	1125.86	0.00	0.00	0.00	0.00
00+900	00+900	00+950	00+950	00+950	17200	1125.86	1125.86	1125.86	0.00	0.00	0.00	0.00
00+950	00+950	00+1000	00+1000	00+1000	17200	1125.86	1125.86	1125.86	0.00	0.00	0.00	0.00
00+1000	00+1000	00+1050	00+1050	00+1050	17200	1125.86	1125.86	1125.86	0.00	0.00	0.00	0.00
00+1050	00+1050	00+1100	00+1100	00+1100	17200	1125.86	1125.86	1125.86	0.00	0.00	0.00	0.00
00+1100	00+1100	00+1150	00+1150	00+1150	17200	1125.86	1125.86	1125.86	0.00	0.00	0.00	0.00
00+1150	00+1150	00+1200	00+1200	00+1200	17200	1125.86	1125.86	1125.86	0.00	0.00	0.00	0.00
00+1200	00+1200	00+1250	00+1250	00+1250	17200	1125.86	1125.86	1125.86	0.00	0.00	0.00	0.00
00+1250	00+1250	00+1300	00+1300	00+1300	17200	1125.86	1125.86	1125.86	0.00	0.00	0.00	0.00
00+1300	00+1300	00+1350	00+1350	00+1350	17200	1125.86	1125.86	1125.86	0.00	0.00	0.00	0.00
00+1350	00+1350	00+1400	00+1400	00+1400	17200	1125.86	1125.86	1125.86	0.00	0.00	0.00	0.00

SIMBOLOGÍA EN PLANTA	
PC	= PUNTO DE CURVA
PT	= PUNTO DE TANGENTE
PI	= PUNTO DE INTERSECCION
SA	= SUE TANGENTE
LC	= LONGITUD DE CURVA
R	= RADIO
A	= DELTA
G	= GRADO DE CURVA
CM	= CURVA MAXIMA
E	= EXTERNAL Y CM = ORDENADA MEDIA

**PLANTA**

ESCALA HORIZONTAL 1:1,000

ESTACION	CL 0+000	CL 0+100	CL 0+200	CL 0+300	CL 0+400	CL 0+500	CL 0+600	CL 0+700	CL 0+800	CL 0+900	CL 0+1000	CL 0+1100	CL 0+1200	CL 0+1300	CL 0+1400
105.00															
100.00															
95.00															
90.00															
85.00															
80.00															
75.00															
70.00															
65.00															

D = 2.36 %  
 LCV = 40 MTS.  
 O.M. = -0.118 MTS.  
 TDCV = CONVEXA



ESCALA VERTICAL 1:500  
 ESCALA HORIZONTAL 1:1,000

SIMBOLOGÍA EN PERFIL	
PI V	= PUNTO DE LA INTERSECCION DE LAS TANGENTES VERTICALES
PC V	= PUNTO DE COMIENZO DE LA CURVA VERTICAL
PT V	= PUNTO DE FIN DE LA CURVA VERTICAL
Q.M.	= ORDENADA MEDIA
LC V	= LONGITUD DE CURVA VERTICAL
P	= PENDIENTE
K	= VALOR CONSTANTE CALCULADO
D	= DIFERENCIA ALGEBRAICA DE PENDIENTES
TDCA	= TIPO DE CURVA VERTICAL
C.T.	= COTA
C.M.	= COMANUEMENTO
	= PENDIENTE TRANSVERSAL T.C. O INDICADO

<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		<b>ROLANDO ANOLDO LOPEZ ELENA</b> INGENIERO
<b>MUNICIPALIDAD DE TOUSAYTE, ESCUINTLA</b>		<b>PLANTA - PERFIL</b> DISEÑO TRAMO CARRETERO TOUSAYTE-ALDEA PAWLA
No. de Hoja: 6 No. de Hojas: 19		Fecha: 15/05/2019 Hora: 10:00 AM



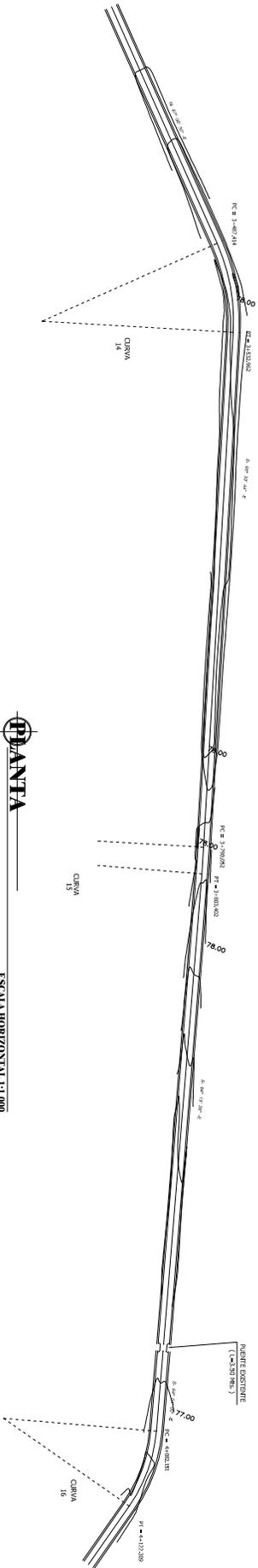






CLAVES	PC	PT	G	R	A	SE	LC	COM	E	DM
14	147667241	147667242	127	76.481	27.239	21.211	43.861	43.117	2.281	2.281
15	147667252	147667253	27	52.328	13.128	6.528	13.281	13.281	6.528	6.528
16	147667251	147667250	57	76.294	26.119	21.628	43.828	39.289	2.212	2.212

SIMBOLOGÍA EN PLANTA	
	PC = PRINCIPIO DE CURVA
	PT = PRIMER PUNTO DE TANGENTE
	PI = PUNTO DE INTERSECCIÓN
	SA = SUIVA TANGENTE
	LC = LONGITUD DE CURVA
	R = RÁDIO
	A = ANGULO
	G = GRADUO DE CURVA
	CM = CURVA MÓDICA
	E = EXTENSAL
	O = ORDENADA MEDIA



**PLANTA**

ESCALA HORIZONTAL 1:1,000

ESTACION	PC	PT	G	R	A	SE	LC	COM	E	DM
80.00										
75.00	PC 14	PT 14								
70.00	PC 15	PT 15								
65.00										
60.00										
55.00										
50.00										
45.00										
40.00										
3+450										
3+500										
3+550										
3+600										
3+650										
3+700										
3+750										
3+800										
3+850										
3+900										
3+950										
4+000										
4+050										
4+100										
4+150										
4+200										

PIQUE EXISTENTE  
(1:5000 ESC.)



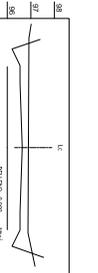
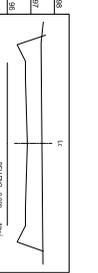
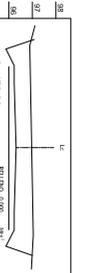
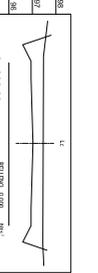
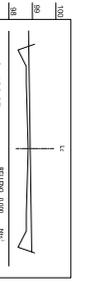
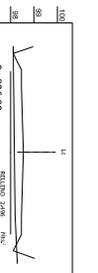
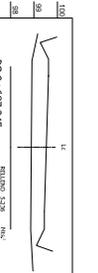
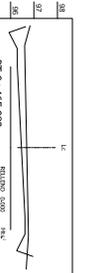
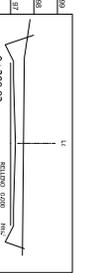
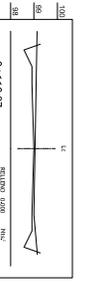
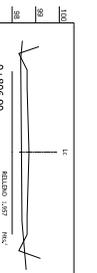
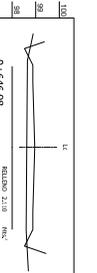
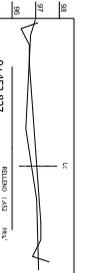
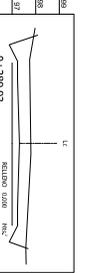
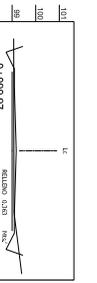
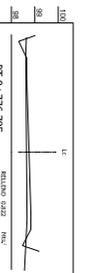
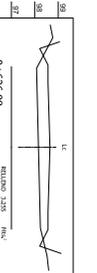
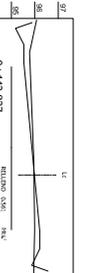
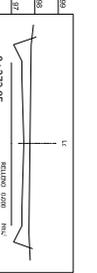
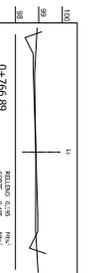
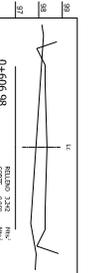
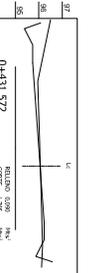
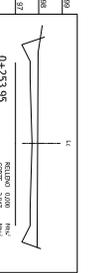
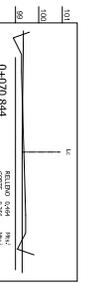
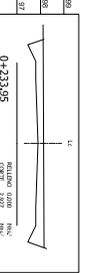
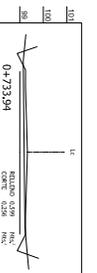
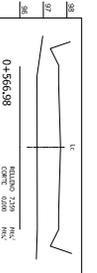
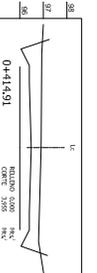
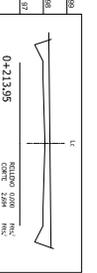
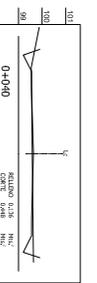
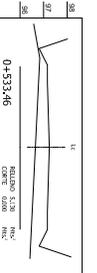
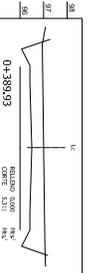
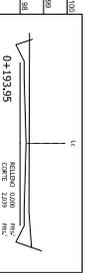
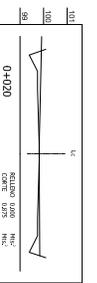
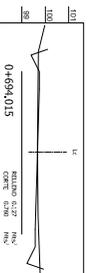
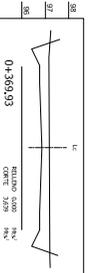
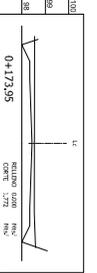
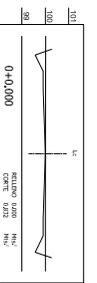
ESCALA VERTICAL 1:500  
ESCALA HORIZONTAL 1:1,000

SIMBOLOGÍA EN PERFIL	
	PIV = PUNTO DE LA INTERSECCIÓN DE LAS TANGENTES VERTICALES
	PCV = PUNTO DE TANGENTE COMIENZA LA CURVA VERTICAL
	PTV = PUNTO DE TANGENTE TERMINA LA CURVA VERTICAL
	O.M. = ORDENADA MEDIA
	LC = LONGITUD DE CURVA VERTICAL
	P = PENDIENTE
	K = VALOR CONSTANTE CALCULADO
	D = DIFERENCIA ALGEBRAICA DE PENDIENTES
	TPOX = TIPO DE CURVA VERTICAL
	C.T. = COTA
	C.M. = COMAVAMIENTO
	T.C.O. = INDICADO

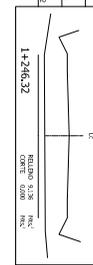
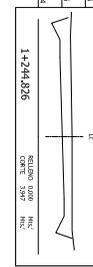
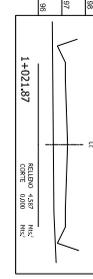
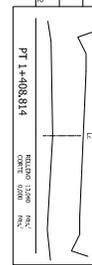
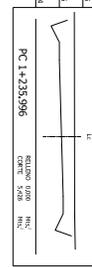
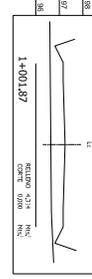
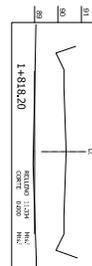
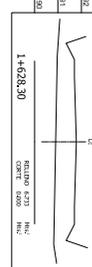
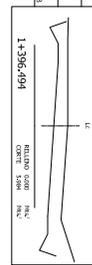
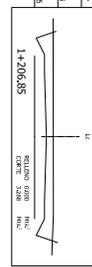
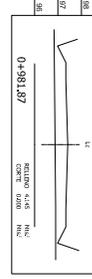
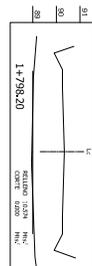
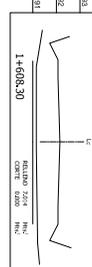
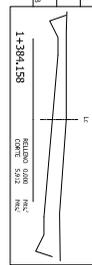
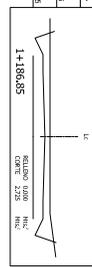
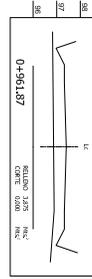
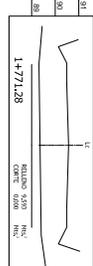
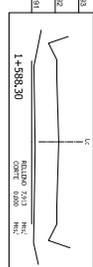
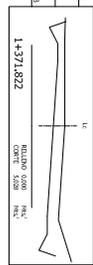
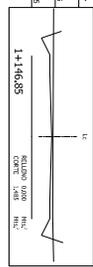
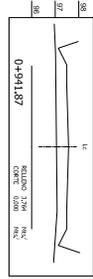
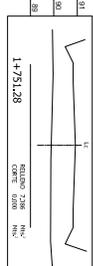
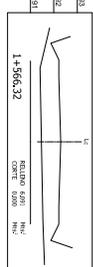
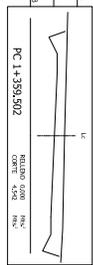
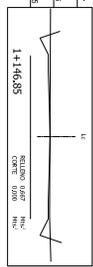
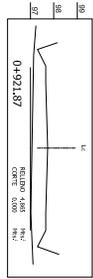
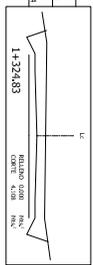
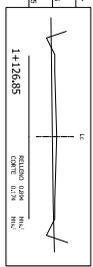
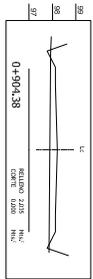
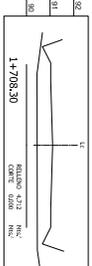
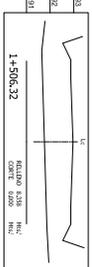
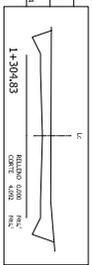
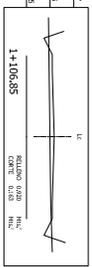
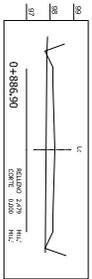
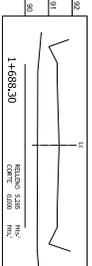
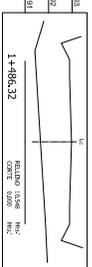
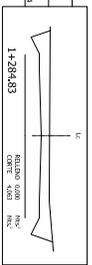
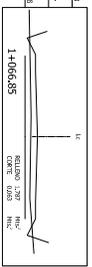
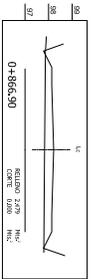
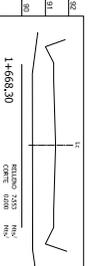
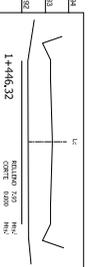
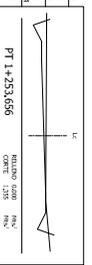
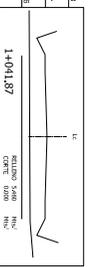
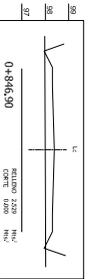
<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<b>MUNICIPALIDAD DE TOUSATE, ESCUINTLA</b>	
ESPECIALISTA: <b>ROLANDO ANOLDO LOPEZ ELVA</b>	
PROYECTISTA: <b>DESIGNO TRIANO CABRERO</b> <b>TOUSATE-ALDEA PAWLA</b>	COMITENTE: <b>PLANTA - PERFIL</b> TOSATE
Visto en la ciudad de Guatemala, el día _____ de _____ del año 2019.	Visto en la ciudad de Guatemala, el día _____ de _____ del año 2019.
FIRMADO POR: _____ INGENIERO	FIRMADO POR: _____ INGENIERO
HOJA: 10	TOTAL: 19



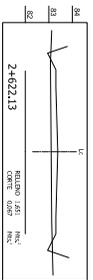
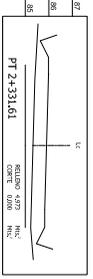
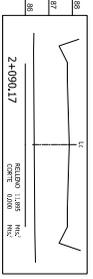
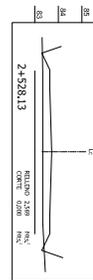
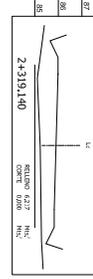
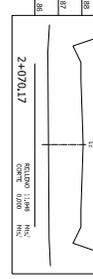
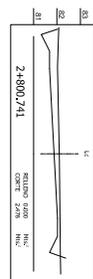
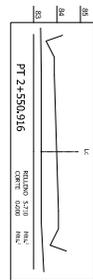
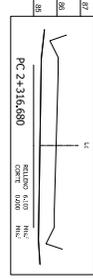
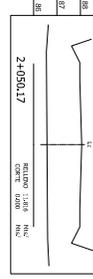
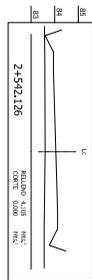
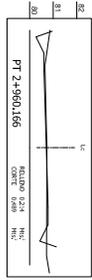
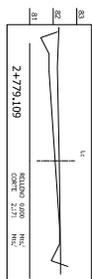
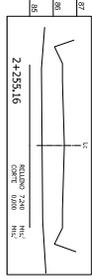
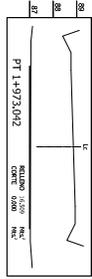
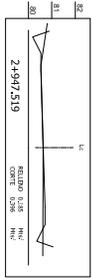
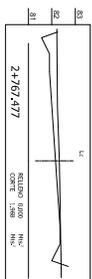
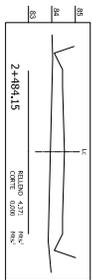
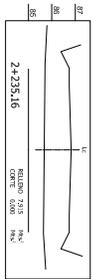
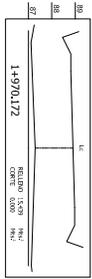
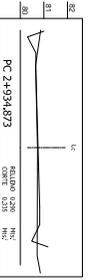
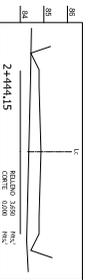
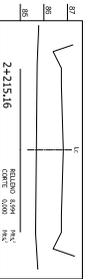
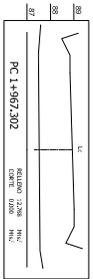
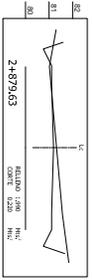
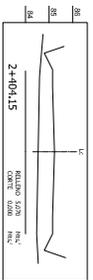
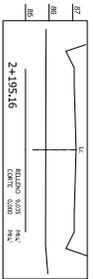
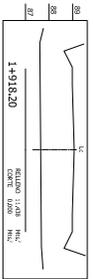
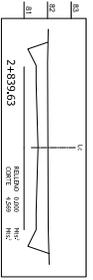
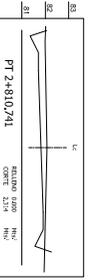
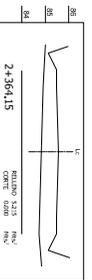
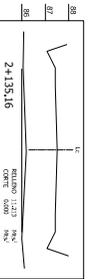
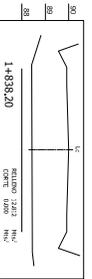




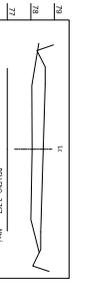
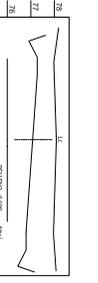
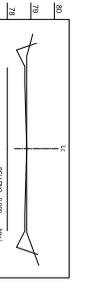
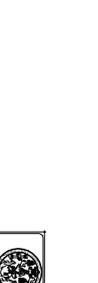
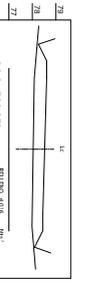
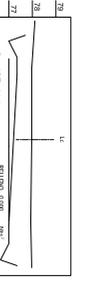
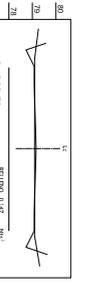
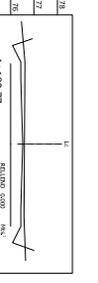
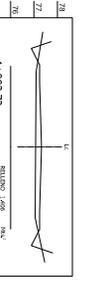
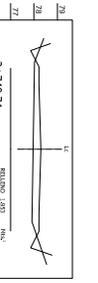
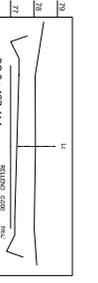
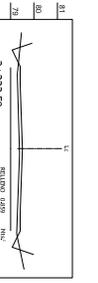
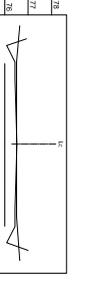
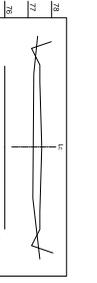
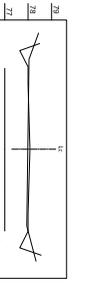
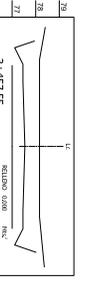
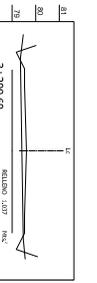
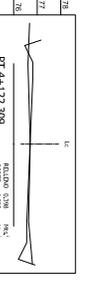
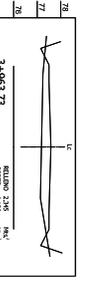
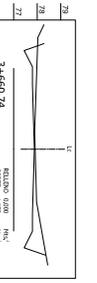
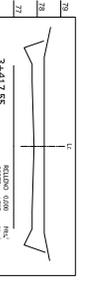
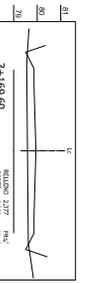
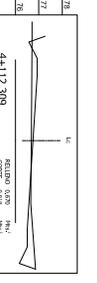
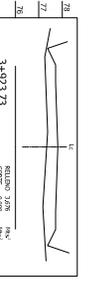
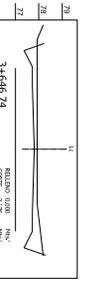
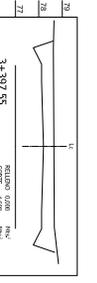
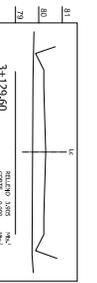
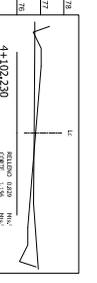
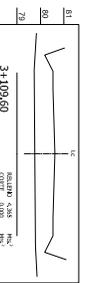
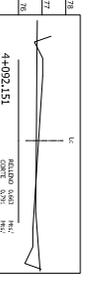
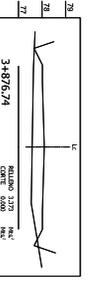
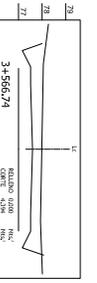
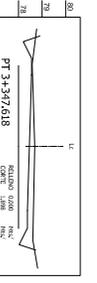
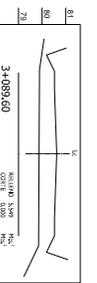
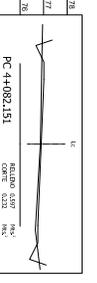
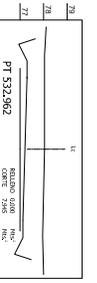
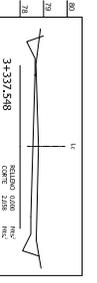
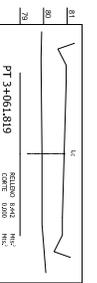
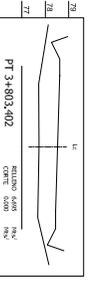
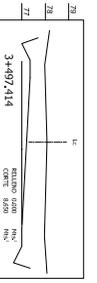
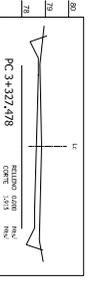
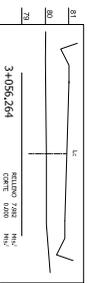
 <b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		 <b>MUNICIPALIDAD DE TOUSSAINT ESCUINTLA</b> ROJANO ANOLDO LOPEZ LEIVA	
PROYECTO: <b>DISEÑO TRAMO CARRETERO          TOUSSAINT-ALDEA PAWLA</b>		CONVOCATORIA: <b>SECCIONES</b> SEÑAL 1:200    FRENTE	
FECHA DE ENTREGA DEL TRAMO: 13 de mayo del 2019		FECHA DE ENTREGA DEL TRAMO: 13 de mayo del 2019	
DISEÑADOR: TOUSSAINT-ALDEA PAWLA		DISEÑADOR: TOUSSAINT-ALDEA PAWLA	
ESCALA: 1:200		ESCALA: 1:200	
FECHA:		FECHA:	
DISEÑO:		DISEÑO:	
VERIFICADO:		VERIFICADO:	
APROBADO:		APROBADO:	
13		19	



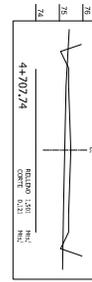
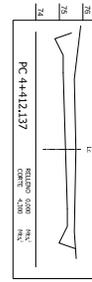
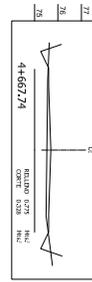
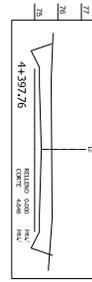
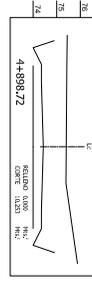
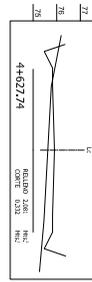
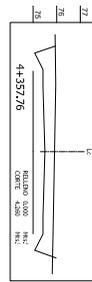
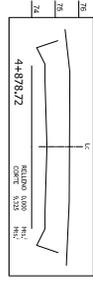
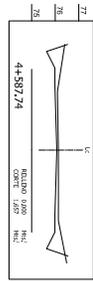
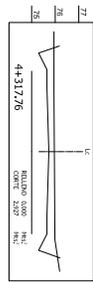
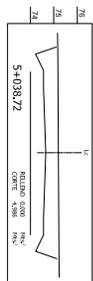
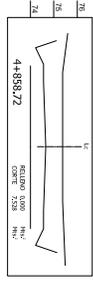
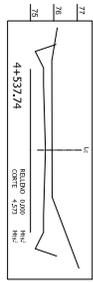
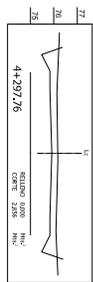
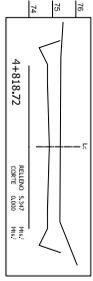
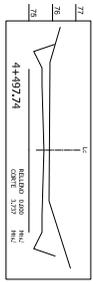
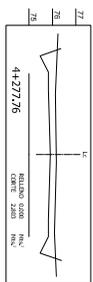
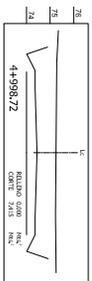
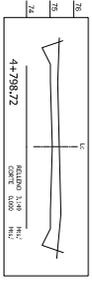
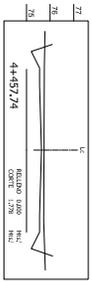
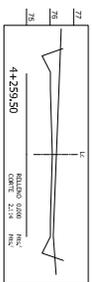
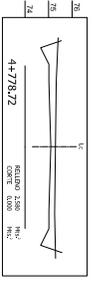
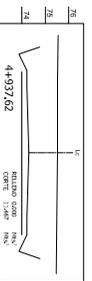
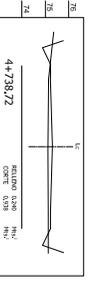
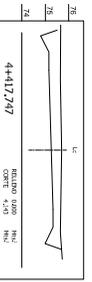
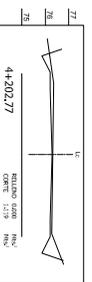
 <b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		 <b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<b>MUNICIPALIDAD DE TOUSASATE, ESCUINTLA</b> ESPERITA ROLANDO ANOLDO LOPEZ ELEVA		<b>MUNICIPALIDAD DE TOUSASATE, ESCUINTLA</b> ESPERITA ROLANDO ANOLDO LOPEZ ELEVA	
PROYECTO: <b>DISEÑO TRAMO CARRETERO TOUSASATE-ALDEA PAVILA</b>		SECCIONES: ESCALA: 1:200    FECHA: MAYO 2019	
Visto y autorizado por el Comité de Supervisión: (Español) _____ (Inglés) _____		Visto y autorizado por el Comité de Supervisión: (Español) _____ (Inglés) _____	
14		19	



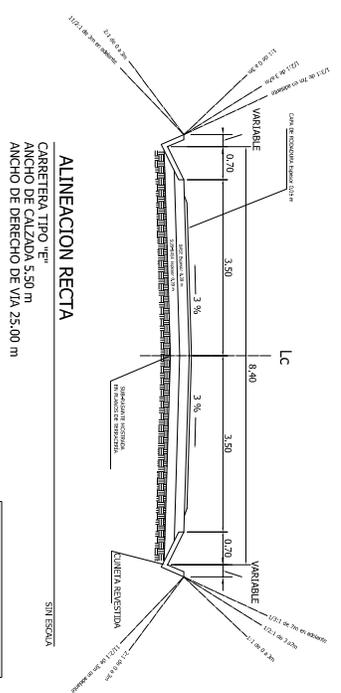
 <b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		 <b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<b>MUNICIPALIDAD DE TOUSASATE ESCUINTLA</b> ROJANO ANOLDO LOPEZLEIVA		<b>SECCIONES</b> ESCALA: 1:200    FUSMA	
EPESBITA:		DISEÑO TRAMO CARRETERO TOUSASATE-ALDEA PANULA	
PROYECTOS:		CONVENCIONES:	
15		19	



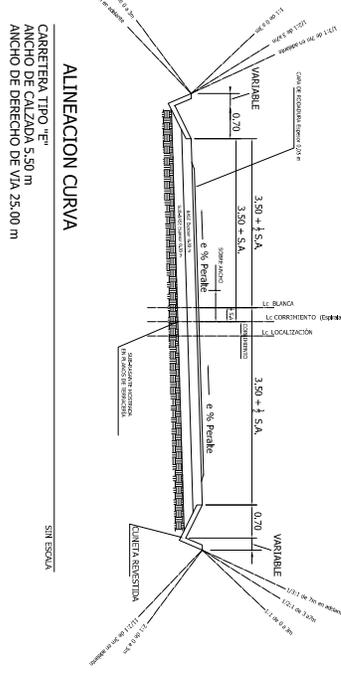
 <b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		 <b>ROLANDO ANZURES LOPEZ ELENA</b> INGENIERO EN CARRETERAS	
<b>MUNICIPALIDAD DE TOUSASATE ESCUINTLA</b>		<b>SECCIONES</b> ESCALA: 1:500    FINES:	
<b>PROYECTO:</b> DISEÑO TRAMO CARRETERO TOUSASATE-ALDEA PAWULA		<b>COMISION:</b> ESCALA: 1:500    FINES:	
<b>PROFESOR:</b> ESPERITA ROLANDO ANZURES LOPEZ ELENA		<b>AYUDANTE:</b> JUAN CARLOS ESCOBAR	
Visto y autorizado por el Comité de Control de Calidad de la Universidad de San Carlos de Guatemala.		Visto y autorizado por el Comité de Control de Calidad de la Municipalidad de Tousasate Escuintla.	
<b>FECHA:</b> 15/05/2018		<b>HOJA:</b> 16/19	



 <b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		 <b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<b>MUNICIPALIDAD DE TOUSAITE ESCUINTLA</b> ESPERISTA: <b>ROLANDO ANOLDO LOPEZ ELEVA</b>		<b>SECCIONES</b> ESCALA: 1:500      FUSMA:	
<b>DISEÑO TRAMO CARRETERO</b> <b>TOUSAITE-ALDEA PAWLA</b>		<b>SECCIONES</b> ESCALA: 1:500      FUSMA:	
PROYECTOS:		HOJA:	
17		19	



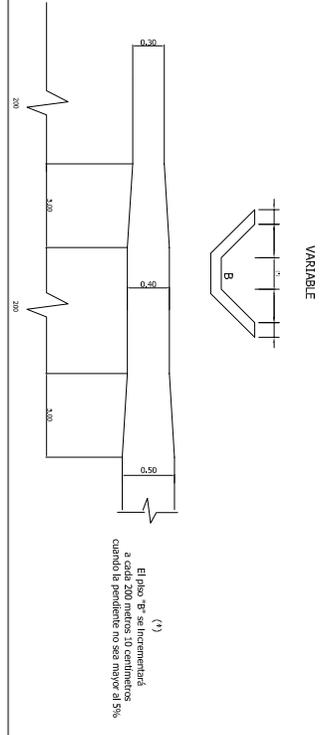
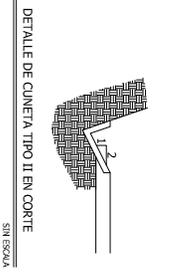
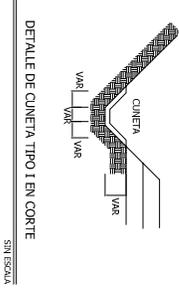
ALINEACION RECTA  
CARRERA TIPO "E"  
ANCHO DE CALZADA 5,50 m  
ANCHO DE DERECHO DE VIA 25,00 m



ALINEACION CURVA  
CARRERA TIPO "E"  
ANCHO DE CALZADA 5,50 m  
ANCHO DE DERECHO DE VIA 25,00 m

CUNETAS TIPO I		
PRELENTE	CANALADO	VELOCIDAD
%	1,53	m/s
1,0	80	0,68
2,0	120	0,68
3,0	140	0,68
4,0	170	0,68
5,0	180	1,01
6,0	200	1,13
7,0	220	1,22
8,0	230	1,38
9,0	280	1,38
10,0	280	1,45

CUNETAS TIPO II		
PRELENTE	CANALADO	VELOCIDAD
%	1,53	m/s
1,0	3,5	0,25
2,0	30	0,25
3,0	61	0,49
4,0	70	0,49
5,0	79	0,60
6,0	86	0,60
7,0	89	0,68
8,0	98	0,68
9,0	108	0,74
10,0	110	0,78
11,0	118	0,81
12,0	121	0,88



(1)  
El dato "B" se incrementará a cada 200 metros cuando la pendiente no sea mayor al 5%.

NOTAS:  
1. EL PRELENTE SE REPARARÁ PROPORCIONALMENTE SEGUN EL GRADO DE LA PENDIENTE DE DERECHA ESPALDA.  
2. EL PRELENTE SE REPARARÁ PROPORCIONALMENTE SEGUN EL GRADO DE LA PENDIENTE DE IZQUIERDA ESPALDA.  
3. EL PRELENTE SE REPARARÁ PROPORCIONALMENTE SEGUN EL GRADO DE LA PENDIENTE DE DERECHA ESPALDA.  
4. EL PRELENTE SE REPARARÁ PROPORCIONALMENTE SEGUN EL GRADO DE LA PENDIENTE DE IZQUIERDA ESPALDA.  
5. EL PRELENTE SE REPARARÁ PROPORCIONALMENTE SEGUN EL GRADO DE LA PENDIENTE DE DERECHA ESPALDA.  
6. EL PRELENTE SE REPARARÁ PROPORCIONALMENTE SEGUN EL GRADO DE LA PENDIENTE DE IZQUIERDA ESPALDA.  
7. EL PRELENTE SE REPARARÁ PROPORCIONALMENTE SEGUN EL GRADO DE LA PENDIENTE DE DERECHA ESPALDA.  
8. EL PRELENTE SE REPARARÁ PROPORCIONALMENTE SEGUN EL GRADO DE LA PENDIENTE DE IZQUIERDA ESPALDA.  
9. EL PRELENTE SE REPARARÁ PROPORCIONALMENTE SEGUN EL GRADO DE LA PENDIENTE DE DERECHA ESPALDA.  
10. EL PRELENTE SE REPARARÁ PROPORCIONALMENTE SEGUN EL GRADO DE LA PENDIENTE DE IZQUIERDA ESPALDA.

G	RESULTADO RECOMENDADO (VALORES LIMITE) DE TRANSICION DE PENDIENTES									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
6	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

SOBRE ANCHOS EN METROS PARA TIPO "E"											
VALORACION EN M	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
30	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
40	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
50	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
60	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
70	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
80	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
90	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
100	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0

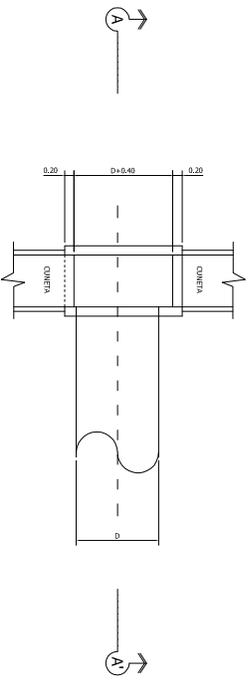
NOTAS:  
LA LINEA CENTRAL ESPERADA SE FORMARÁ HACIA EL INTERIOR DE LA CURVA.  
EL SOBREPASE MÁXIMO EN CURVAS SE OBTIENE DE LA TABLA CORRESPONDIENTE EN FUNCION DEL GRADO DE CURVATURA Y LA VELOCIDAD DE DISEÑO.  
EL SOBREPASE SE REPARARÁ PROPORCIONALMENTE A LA LONGITUD DE LA ESPALDA USADA.

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

MUNICIPALIDAD DE TOLUSATE, ESCUINTLA  
ROLANDO ANOALO LOPEZ LEIVA

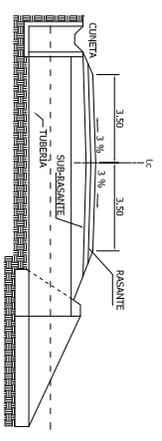
PROYECTO: DISEÑO TIPO CARRETERO TOLUSATE-ALDEA PAWILA  
COMISIONADO: DETALLES  
FECHA: MARZO 2018

HOJA 18 DE 19



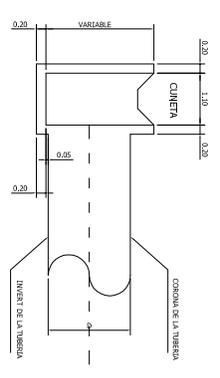
PLANTA

ESCALA 1/100



DETALLE GENERAL DE CABA EN SECCION

ESCALA 1/100



DETALLE DE CABA

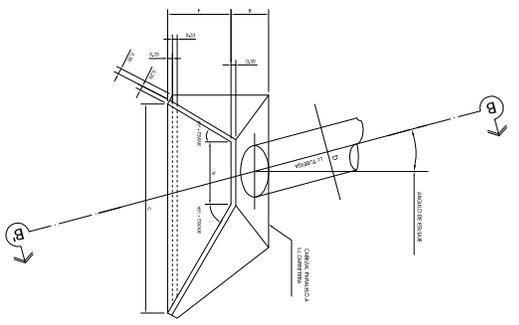
ESCALA 1/50

GEOMETRIA PARA CABEZALES CON ALETONES CON UN TUBO

DIAMETRO	DIMENSIONES PARA CABEZALES CON ALETONES												
	B	C	H	N	F	G	N	F	G	N	F	G	
24	0.61	0.60	1.06	1.56	0.61	1.03	2.66	0.63	1.03	3.00	0.70	1.03	4.81
30	0.76	0.75	1.24	1.74	0.76	1.28	3.32	0.79	1.28	3.74	0.88	1.28	5.99
36	0.91	0.90	1.41	1.91	0.91	1.52	3.96	0.95	1.52	4.46	1.06	1.52	7.14
48	1.22	1.20	1.77	2.27	1.22	2.02	5.25	1.26	2.02	5.92	1.41	2.02	9.47
60	1.52	1.55	2.12	2.62	1.52	2.51	6.55	1.58	2.51	7.28	1.76	2.51	11.80

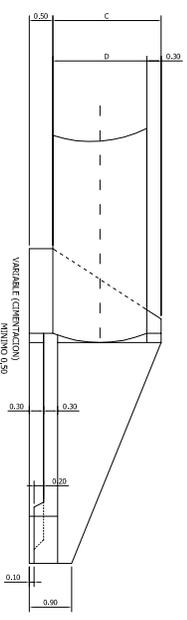
GEOMETRIA PARA CABEZALES RECTOS CON UN TUBO

DIAMETRO	DIMENSIONES PARA CABEZALES RECTOS												
	B	C	H	N	J	K	L	J	K	L	J	K	L
24	0.61	0.60	1.06	1.56	2.58	1.20	1.29	2.64	1.24	1.30	2.82	1.39	1.34
30	0.76	0.75	1.24	1.74	3.26	1.50	1.63	3.32	1.55	1.61	3.56	1.73	1.70
36	0.91	0.90	1.41	1.91	3.82	1.80	1.91	3.90	1.86	1.93	4.18	2.08	1.98
48	1.22	1.20	1.77	2.27	5.11	2.40	2.55	5.22	2.48	2.58	5.60	2.77	2.65
60	1.52	1.55	2.12	2.62	6.36	3.00	3.18	6.48	3.14	3.20	6.98	3.46	3.29



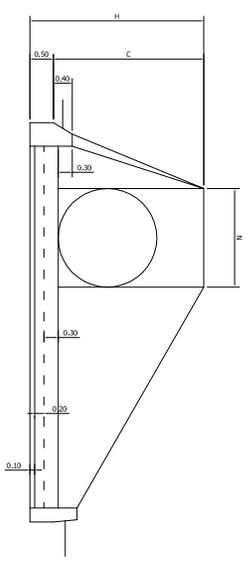
CABEZALES CON ALETONES

ESCALA 1/100



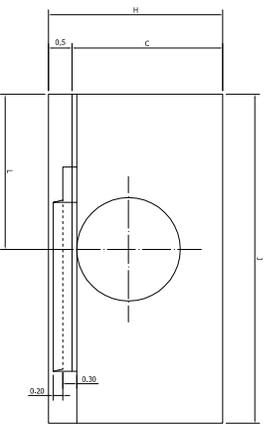
PLANTA CABEZAL PARA TUBO

ESCALA 1/100



CORTE B-B'

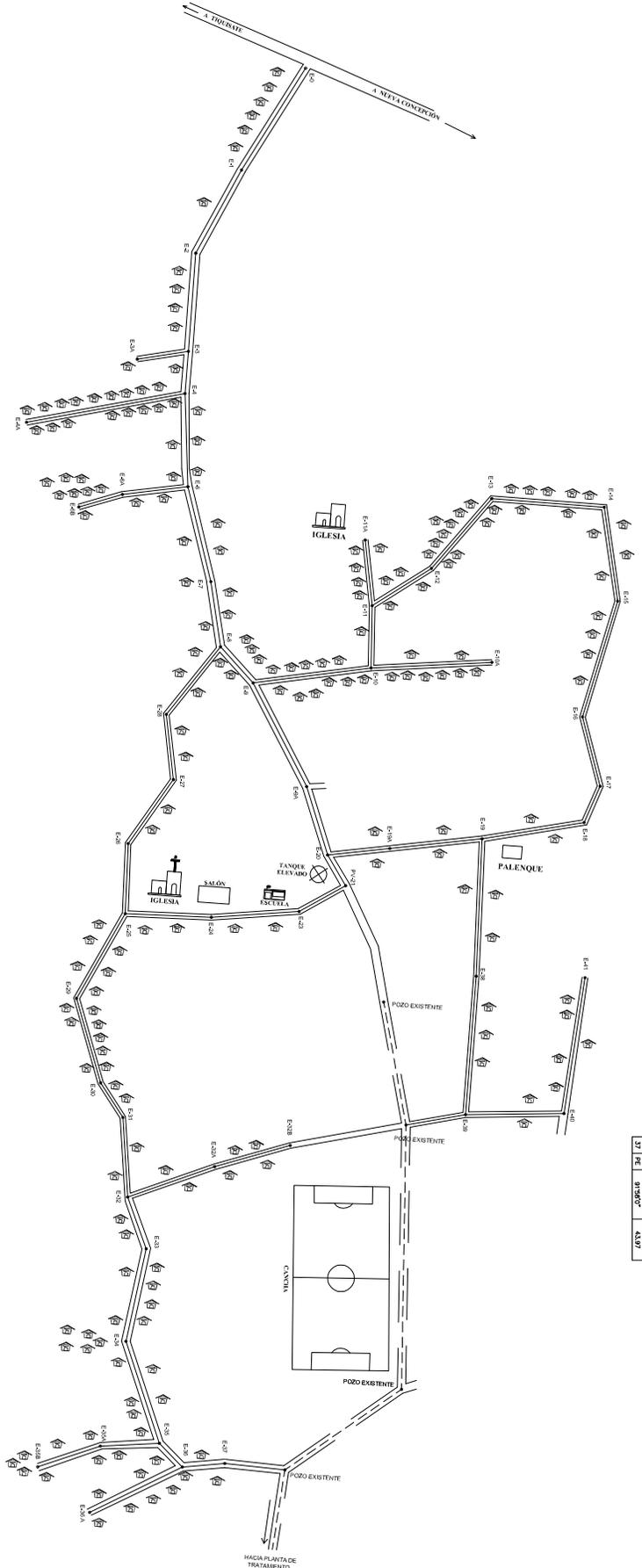
ESCALA 1/50



CABEZALES RECTOS

ESCALA 1/50

<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		<b>MUNICIPALIDAD DE TOUSASITE, ESCUINTLA</b> ESPERITA <b>ROLANDO ANOLODO LOPEZ ELENA</b>	
PROYECTO: <b>DISEÑO TRAMO CARRETERO TQUISATE-ALDEA PAWULA</b>		CONTIENE: <b>DETALLES</b>	
FECHA DE ELABORACION DEL DISEÑO: 15/05/2019		ESCALA: INDICADA EN SEÑAL	
DISEÑADO POR: ESTEBAN VILLALBA		APROBADO POR: ESTEBAN VILLALBA	
19		19	



**PLANTA DENSIDAD DE VIVIENDA**  
ESC: 1:1500

EST. P.O.	ABMUT	DIST.
0	1	207°48'31"
1	2	204°58'51"
2	3	199°52'52"
3	4	192°52'52"
4	6	172°54'48"
6	7	162°51'51"
7	8	157°22'28"
8	9	148°30'50"
9	10	142°52'52"
10	11	139°52'52"
11	12	132°52'52"
12	13	126°52'52"
13	14	120°52'52"
14	15	114°52'52"
15	16	108°52'52"
16	17	102°52'52"
17	18	96°52'52"
18	19	90°52'52"
19	20	84°52'52"
20	21	78°52'52"
21	22	72°52'52"
22	23	66°52'52"
23	24	60°52'52"
24	25	54°52'52"
25	26	48°52'52"
26	27	42°52'52"
27	28	36°52'52"
28	29	30°52'52"
29	30	24°52'52"
30	31	18°52'52"
31	32	12°52'52"
32	33	6°52'52"
33	34	0°52'52"
34	35	345°52'52"
35	36	339°52'52"
36	37	333°52'52"
37	38	327°52'52"
38	39	321°52'52"
39	40	315°52'52"

EST. P.O.	ABMUT	DIST.
1	13	270°03'59"
2	12	243°53'59"
3	11	217°53'59"
4	10	191°53'59"
5	9	165°53'59"
6	8	139°53'59"
7	7	113°53'59"
8	6	87°53'59"
9	5	61°53'59"
10	4	35°53'59"
11	3	9°53'59"
12	2	-16°53'59"
13	1	-42°53'59"
14	0	-68°53'59"
15	31	122°53'59"
16	30	148°53'59"
17	29	174°53'59"
18	28	200°53'59"
19	27	226°53'59"
20	26	252°53'59"
21	25	278°53'59"
22	24	304°53'59"
23	23	330°53'59"
24	22	356°53'59"
25	21	382°53'59"
26	20	408°53'59"
27	19	434°53'59"
28	18	460°53'59"
29	17	486°53'59"
30	16	512°53'59"
31	15	538°53'59"
32	14	564°53'59"
33	13	590°53'59"
34	12	616°53'59"
35	11	642°53'59"
36	10	668°53'59"
37	9	694°53'59"
38	8	720°53'59"
39	7	746°53'59"

EST. P.O.	ABMUT	DIST.
4	40	148°53'51"
5	39	142°53'51"
6	38	136°53'51"
7	37	130°53'51"
8	36	124°53'51"
9	35	118°53'51"
10	34	112°53'51"
11	33	106°53'51"
12	32	100°53'51"
13	31	94°53'51"
14	30	88°53'51"
15	29	82°53'51"
16	28	76°53'51"
17	27	70°53'51"
18	26	64°53'51"
19	25	58°53'51"
20	24	52°53'51"
21	23	46°53'51"
22	22	40°53'51"
23	21	34°53'51"
24	20	28°53'51"
25	19	22°53'51"
26	18	16°53'51"
27	17	10°53'51"
28	16	4°53'51"
29	15	-1°53'51"
30	14	-7°53'51"
31	13	-13°53'51"
32	12	-19°53'51"
33	11	-25°53'51"
34	10	-31°53'51"
35	9	-37°53'51"
36	8	-43°53'51"
37	7	-49°53'51"
38	6	-55°53'51"
39	5	-61°53'51"

	<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b>
FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<b>MUNICIPALIDAD DE TOLUSATE, ESCUINTLA</b>	
PROYECTO: <b>ESPERITA ROLANDO ANOLDO LOPEZ ELEVA</b>	DISEÑO DE LA AMPLIACION DEL SISTEMA ALBER SAN JUAN LA MORIA
COMISIONADO: <b>PLANTA GENERAL</b>	SEÑAL. INDICAD. INSEAL.
DISEÑADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
VERIFICADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	FECHA: <b>MAYO 2015</b>
AUTORIZADO POR: <b>ABELARDO R.L.</b>	











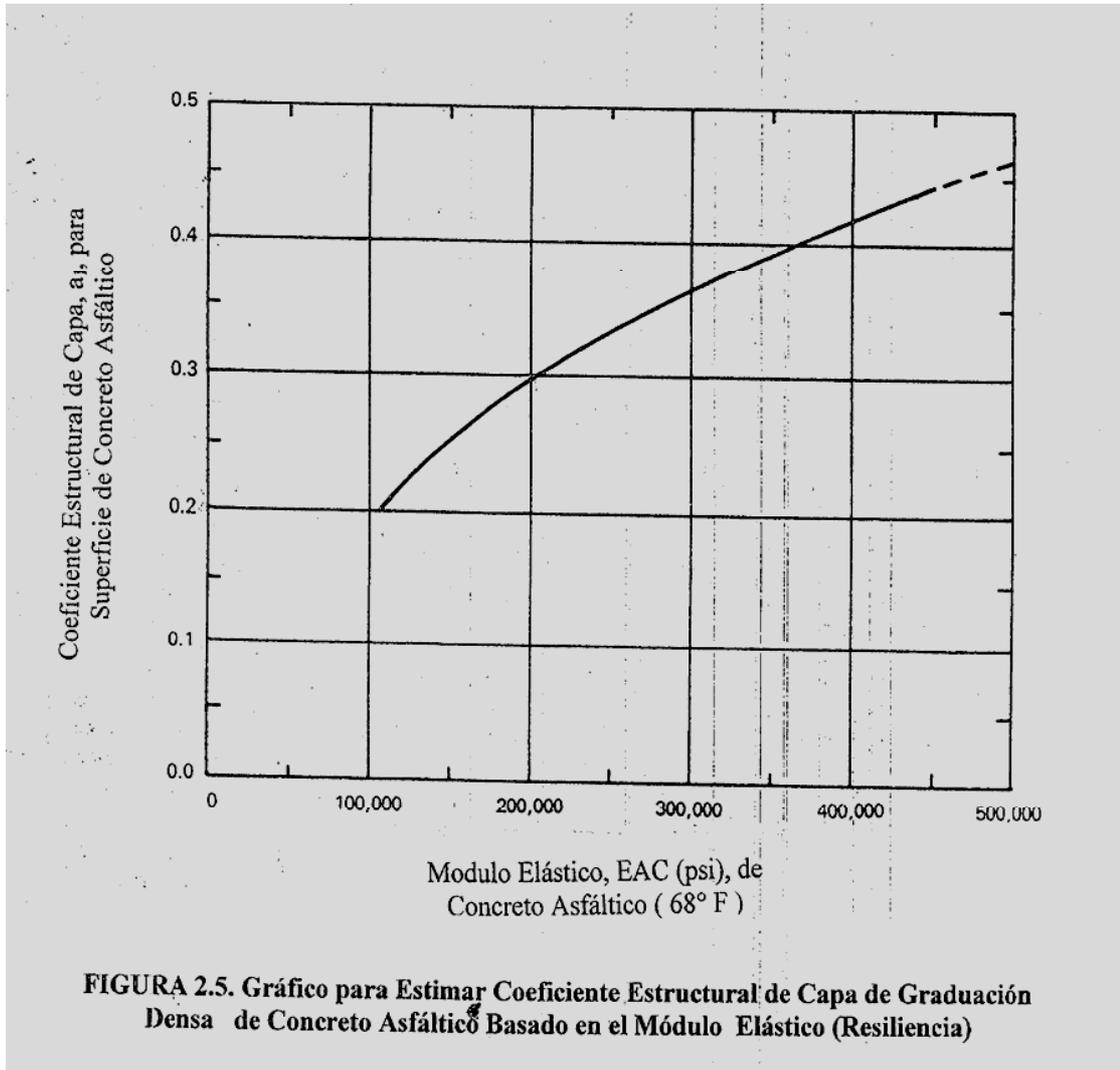




## **ANEXOS**

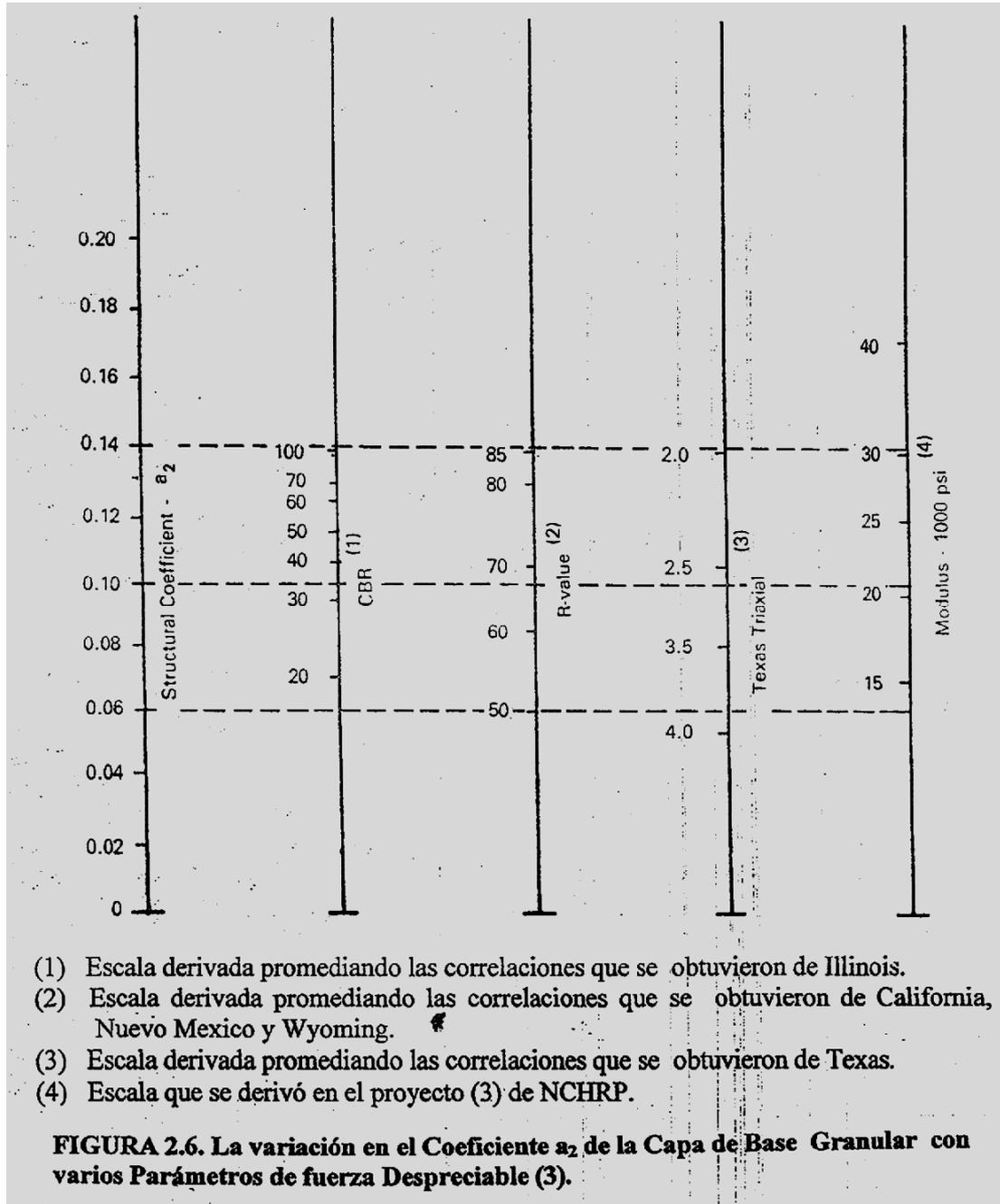


Anexo 1. **Coefficiente  $a_1$  capa de concreto asfáltico**



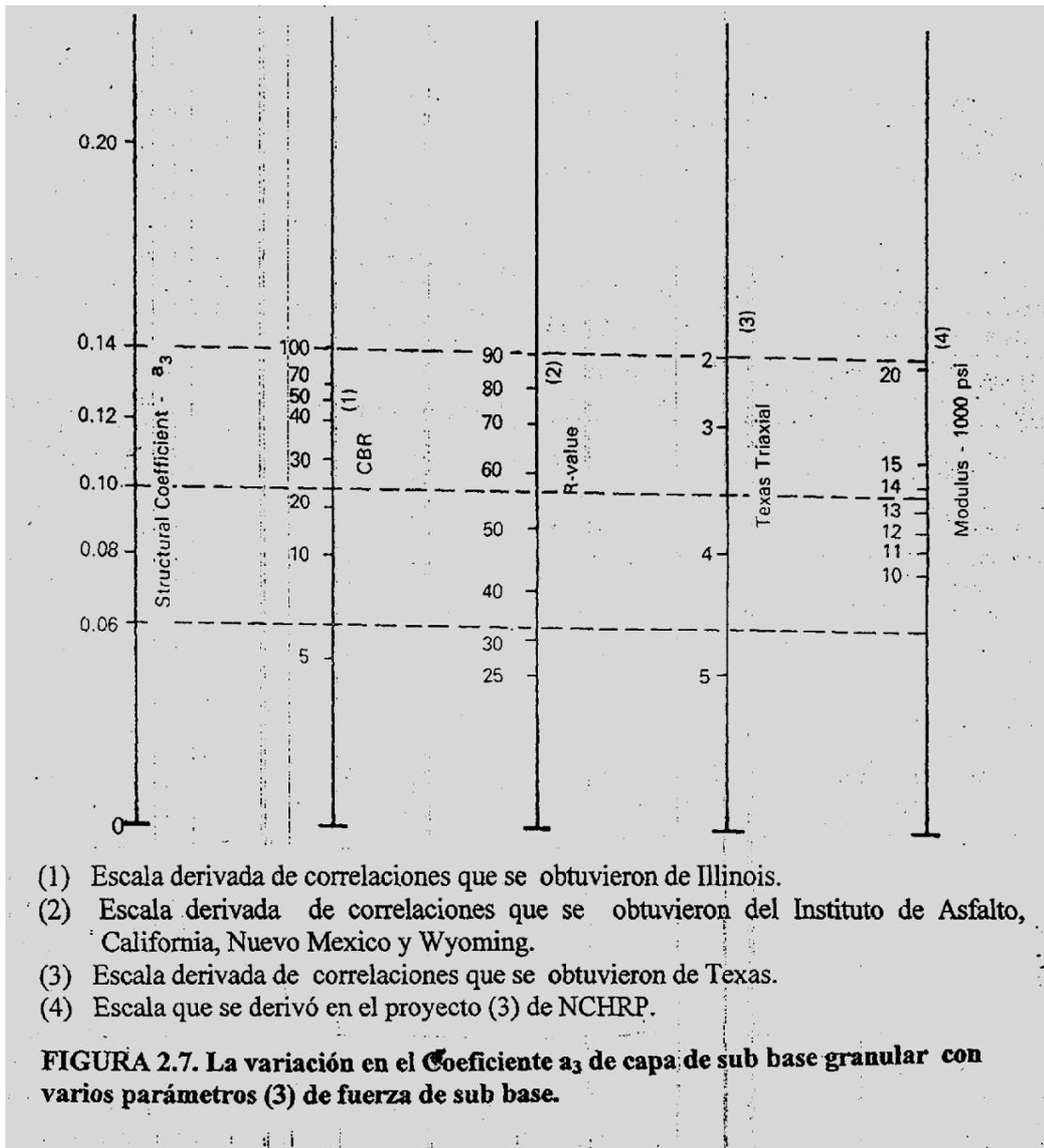
Fuente: Guía interina de la AASHTO figura 2.5 sección 11-18.

Anexo 2. Variación del coeficiente  $a_2$  de capa de base granular



Fuente: Guía interina de la AASHTO figura 2.6 sección 11-19.

Anexo 3. Variación del coeficiente  $a_3$  de capa de sub base granular



Fuente: Guía interina de la AASHTO figura 2.7 sección 11-21.



Anexo 5. Valores de diseño para sobre anchos

VALORES DE DISEÑO PARA SOBRE ANCHOS DE PAVIMENTO EN CURVAS PARA CARRETERAS DE DOS VIAS												
SOBRE ANCHOS EN METROS PARA ANCHOS DE CALZADA EN METROS Y VELOCIDADES EN K.P.H.												
ANGULO DE ALZADA	6											
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
1°	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
2°	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
3°	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
4°	0.6	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8			
5°	0.7	0.7	0.8	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9			
6°	0.8	0.8	0.9	0.6	0.7	0.8	0.9					
7°	0.8	0.9	1	0.7	0.5	0.8	0.9					
8°	0.9	1	1	0.8	0.5	0.9						
9°	0.9	1	1.1	0.8	0.9	1						
10°	1	1.1	1.2	0.9	1	1.1						
11°	1	1.1	1.2	0.9	1							
12°	1.1	1.2	1.3	1	1.1							
13°	1.1	1.2	1.3	1	1.1							
14°	1.2	1.3	1.4	1.1	1.2							
15°	1.2	1.4	1.5	1.2	1.3							
16°	1.3	1.4	1.5	1.2	1.3							
17°	1.3	1.5	1.6	1.3	1.4							
18°	1.4	1.5	1.6	1.3	1.4							
19°	1.4	1.6	1.7	1.4	1.5							
20°	1.5	1.6	1.7	1.4	1.5							
21°	1.5	1.7	1.8	1.5	1.6							
22°	1.6	1.7	1.8	1.5	1.6							
23°	1.6	1.8	1.9	1.6	1.7							
24°	1.7	1.8	1.9	1.6	1.7							
25°	1.7	1.8	1.9	1.6	1.7							
26°	1.8	1.9	2.0	1.7	1.8							
27°	1.8	1.9	2.0	1.7	1.8							
28°	1.9	2.0	2.1	1.8	1.9							
29°	1.9	2.0	2.1	1.8	1.9							
30°	2	2.1	2.2	1.9	2.0							
31°	2	2.1	2.2	1.9	2.0							
32°	2.1	2.2	2.3	2.0	2.1							
33°	2.1	2.2	2.3	2.0	2.1							
34°	2.2	2.3	2.4	2.1	2.2							
35°	2.2	2.3	2.4	2.1	2.2							
36°	2.3	2.4	2.5	2.2	2.3							
37°	2.3	2.4	2.5	2.2	2.3							
38°	2.4	2.5	2.6	2.3	2.4							

NOTAS:

- 1) Los sobre anchos fueron calculados de acuerdo a especificaciones de la AASHO\*
- 2) El sobre ancho se repartirá proporcionalmente a la longitud de la espiral usada, debiendo ser el PC ó PT el punto medio de dicha espiral
- 3) Sobre las líneas horizontales los valores calculados fueron menores de 0.60 mts pero mayores que 0.30 mts. en caso de ser menores de 0.30 mts no se usara sobre ancho
- 4) Para ancho de calzada de 7.20 mts y velocidades mayores de 70 KPH las curvas no serán sobre anchadas

\* A POLICY ON GEOMETRIC DESIGN OF RURAL HIGHWAYS, AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAYS OFFICIALS, TERCERA IMPRESIÓN

Anexo 6. Peralte, longitudes de transición y deltas mínimos

G°	RADIO	30 K.P.H.		40 K.P.H.		50 K.P.H.		60 K.P.H.		70 K.H.		80 K.P.H.		90 K.P.H.		100 K.P.H.		110 K.P.H.		120 K.P.H.									
		D6 27	1/125	D6 30	1/140	D6 30	1/155	D6 37	1/170	D6 40	1/185	D6 43	1/200	D6 46	1/215	D6 50	1/230	D6 53	1/245	D6 56	1/260								
		e %	Ls	e %	Ls	e %	Ls	e %	Ls	e %	Ls	e %	Ls	e %	Ls	Δ													
1*	114592	BN 17	00'51	BN 23	01'09	BN 28	01'24	1,4	34	01'42	1,9	39	1'57	2,5	45	02'15	3,1	50	02'30	3,8	56	02'46	4,7	82	03'06	5,5	67	03'21	
2*	57256	BN 17	01'42	BN 23	02'18	1,9	28	02'48	2,8	34	03'24	3,6	39	3'54	4,9	45	04'30	6,2	51	05'06	7,7	64	06'24	9,0	79	07'54	9,9	94	09'24
3*	33197	BN 17	02'33	BN 23	03'27	2,9	28	03'12	4,1	34	05'06	5,6	40	6'00	7,3	53	07'57	6,8	69	10'21	9,9	83	12'27						
4*	26648	1,4	17	03'44	2,5	23	04'36	3,6	28	04'36	5,5	35	07'00	7,4	49	9'48	9,1	65	13'00										
5*	22918	1,7	17	04'35	3,1	23	06'45	4,8	28	06'00	6,8	42	10'30	8,7	58	4'30	9,9	71	17'45										
6*	19099	2,1	17	05'08	3,7	23	06'54	5,9	32	05'36	7,9	48	14'24	9,6	64	9'12													
7*	16371	2,4	17	05'57	4,3	24	06'24	6,6	37	06'59	8,8	54	18'54																
8*	14324	2,8	17	06'48	4,9	25	07'00	7,4	41	07'24	9,4	58	23'12																
9*	12732	3,1	17	07'39	5,5	28	08'36	8,1	46	08'15	9,8	60	27'00																
10*	11459	3,5	17	08'30	6,1	31	09'30	8,7	49	24'30																			
11*	10417	3,8	17	09'21	6,8	33	11'09	9,1	51	28'03																			
12*	9549	4,2	19	11'24	7,1	36	13'36	9,5	53	31'48																			
13*	8615	4,5	20	13'00	7,8	38	15'42	9,8	55	35'45																			
14*	8185	4,8	22	15'24	8,1	40	17'00	9,9	56	39'12																			
15*	7639	5,2	23	17'15	8,4	42	20'30																						
16*	7162	5,5	25	20'00	8,7	44	22'12																						
17*	6741	5,8	26	22'06	9,1	45	24'15																						
18*	6366	6,1	27	24'18	9,3	47	27'18																						
19*	6031	6,4	29	27'33	9,5	48	30'36																						
20*	573	6,7	30	30'00	9,7	49	33'00																						
21*	5457	7,1	32	33'38	9,8	49	35'27																						
22*	5209	7,2	32	35'12	9,8	50	38'00																						
23*	4982	7,5	34	39'06		50	42'30																						
24*	4775	7,8	35	42'00		50	60'00																						
25*	4564	7,9	36	45'00																									
26*	4407	8,1	37	48'06																									
27*	4244	8,3	37	49'57																									
28*	4093	8,5	38	53'12																									
29*	3951	8,7	39	56'33																									
30*	3821	8,9	40	60'00																									
31*	3697	9	41	63'33																									
32*	3581	9,2	41	66'36																									
33*	3473	9,3	42	69'18																									
34*	3321	9,4	42	71'24																									
35*	3274	9,5	43	75'15																									
36*	3183	9,6	43	77'24																									
37*	3097	9,7	44	81'24																									
38*	3016	9,8	44	83'36																									

- 1) El peralte fue calculado según el método "4" por laASHO
- 2) El peralte se repartirá proporcionalmente a la longitud de la espiral usada, debiendo ser el pc y pt el punto medio de dicha espiral.
- 3) En las curvas con peralte calculado menor que la pendiente del bombeo se recomienda usar peralte la pendiente del bombeo
- 4) El paso bombeo al 0% en el principio o en el final de la espiral (TS o ST) debe hacerse proporcionalmente a la distancia Db:
 

Esta distancia se calcula en base al bombeo, el ancho del asfalto y la mitad de la pendiente de desarrollo del peralte, sin embargo se recomienda usar las que aparecen en este cuadro que son las correspondientes a un bombeo de 3%, un ancho asfáltico de 7.2 metros
- 5) Las longitudes de espiral fueron calculadas según las pendientes de desarrollo del peralte indicadas arriba y recomendadas por AASHO