



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

**DISEÑO DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA LA CALLE PRINCIPAL DE LA ALDEA EL  
CARMEN Y UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL SECTOR DE LA  
COMUNIDAD, ZONA 2 DE LA CABECERA MUNICIPAL, SANTA CATARINA PINULA,  
GUATEMALA**

**José Roberto Rosado Oliveros**

Asesorado por la Inga. Mayra Rebeca García Soria De Sierra

Guatemala, enero de 2020



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA LA CALLE PRINCIPAL DE LA ALDEA EL CARMEN Y UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL SECTOR DE LA COMUNIDAD, ZONA 2 DE LA CABECERA MUNICIPAL, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JOSÉ ROBERTO ROSADO OLIVEROS**

ASESORADO POR LA INGA. MAYRA REBECA GARCÍA SORIA DE SIERRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, ENERO DE 2020



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Cristian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez




**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DISEÑO DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA LA CALLE PRINCIPAL DE LA ALDEA EL CARMEN Y UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL SECTOR DE LA COMUNIDAD, ZONA 2 DE LA CABECERA MUNICIPAL, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 20 de agosto del 2018.



**José Roberto Rosado Oliveros**





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 24 de julio de 2019  
REF.EPS.DOC.531.07.2019

Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **José Roberto Rosado Oliveros**, Registro Académico 201212868 y CUI 2194 62062 0101 de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA LA CALLE PRINCIPAL DE LA ALDEA EL CARMEN Y UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL SECTOR DE LA COMUNIDAD, ZONA 2 DE LA CABECERA MUNICIPAL, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

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



c.c. Archivo  
MRBGsD/ra





Guatemala,  
04 de septiembre de 2019

Ingeniero  
Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Director Escuela Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA LA CALLE PRINCIPAL DE LA ALDEA EL CARMEN Y UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL SECTOR DE LA COMUNIDAD, ZONA 2 DE LA CABECERA MUNICIPAL, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil José Roberto Rosado Oliveros, con CUI 2194620620101 Registro Académico No. 201212868, quien contó con la asesoría de la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

/mrrm.







Guatemala,  
08 de octubre de 2019

Ingeniero  
Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Director Escuela Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Aguilar.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA LA CALLE PRINCIPAL DE LA ALDEA EL CARMEN Y UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL SECTOR DE LA COMUNIDAD, ZONA 2 DE LA CABECERA MUNICIPAL, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil José Roberto Rosado Oliveros con Registro académico No. 201212868 y CUI 2194620620101 quien contó con la asesoría de la Inga. Mayra Rebeca García Soria De Sierra.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



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



FACULTAD DE INGENIERÍA  
ÁREA  
DE TOPOGRAFÍA  
Y TRANSPORTES  
COORDINACIÓN

mrrm.





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 14 de octubre de 2019  
REF.EPS.D.361.10.2019

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA LA CALLE PRINCIPAL DE LA ALDEA EL CARMEN Y UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL SECTOR DE LA COMUNIDAD, ZONA 2 DE LA CABECERA MUNICIPAL, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **José Roberto Rosado Oliveros, CUI 2194 62062 0101 y Registro Académico 201212868**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS

OAH/ra









El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Mayra Rebeca García Soria y del Coordinador de E.P.S. Ing. Oscar Argueta Hernández, al trabajo de graduación del estudiante José Roberto Rosado Oliveros titulado **DISEÑO DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA LA CALLE PRINCIPAL DE LA ALDEA EL CARMEN Y UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL SECTOR DE LA COMUNIDAD, ZONA 2 DE LA CABECERA MUNICIPAL, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
DIRECTOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA

Guatemala, enero 2020

/mrrm.





Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref.DTG.012.2020

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA LA CALLE PRINCIPAL DE LA ALDEA EL CARMEN Y UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL SECTOR DE LA COMUNIDAD, ZONA 2 DE LA CABECERA MUNICIPAL, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **José Roberto Rosado Oliveros**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada  
Decana



Guatemala, Enero de 2020

AACE/asga  
cc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por ser mi guía y mi luz, por darme las fuerzas para continuar en este camino.
- Mi madre** Ada Lizeth Oliveros Arana, no alcanzan las palabras para agradecer los sacrificios y el esfuerzo que ha hecho para que yo pueda lograr esta meta.
- Mis hermanos** María, Paola, Francisco y Julio Rosado Oliveros, por el apoyo, cariño y ayuda que siempre estuvieron dispuestos a darme incondicionalmente.
- Mis familiares** Por el ánimo que siempre me dieron y estar al pendiente de mi carrera, en especial a mi tía Miriam Oliveros, por su apoyo y cariño incondicional.
- Mis abuelitos** Ricardo Oliveros y Josefina de Oliveros, por su amor y sus consejos en todo momento de mi vida.
- Mis amigos** Por su amistad y apoyo incondicional, por ser parte de mi vida y ser como hermanos a lo largo de mi carrera.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por ser la Luz y guía de mi camino.
<b>Mi madre</b>	Ada Lizeth Oliveros Arana, por ser la fuerza de mi vida y por todo el amor, comprensión y apoyo incondicional, ya que ha logrado hacer de mí lo que soy ahora.
<b>Mi tía</b>	Miriam Oliveros por ser un Ángel y una bendición a lo largo de toda mi vida.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser mi <i>Alma Máter</i> y por haberme albergado todos estos años en tan prestigiosa casa de estudios.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por haber participado durante toda mi formación académica.
<b>Municipalidad de Santa Catarina Pinula</b>	Por permitirme desarrollar mi Ejercicio Profesional Supervisado en su localidad.
<b>Dirección Municipal de planificación</b>	Por el cariño, el apoyo y la amistad, que me brindaron a lo largo de mi EPS.
<b>Mi asesora</b>	Inga. Mayra García, por su valiosa asesoría y ayuda para la realización del presente trabajo.





## NDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XIII
GLOSARIO .....	XVIII
RESUMEN.....	XXII
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN .....	XXV
1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA .....	1
1.1. Generalidades .....	1
1.1.1. Localización geográfica .....	1
1.1.2. Colindancias .....	2
1.1.3. Marco Cultural .....	3
1.1.3.1. Etimología.....	3
1.1.3.2. Idioma.....	4
1.1.3.3. Fiesta titular .....	4
1.1.4. Vías de acceso .....	5
1.1.5. División territorial de Santa Catarina Pinula.....	5
1.1.6. Demografía.....	6
1.1.7. Información socioeconómica .....	7
1.1.7.1. Tasa de crecimiento .....	7
1.1.7.2. Vivienda.....	7
1.1.7.3. Índice de analfabetismo.....	8
1.1.7.4. Pobreza .....	8
1.1.8. Actividades productivas .....	8
1.1.8.1. Economía.....	9

1.1.9.	Orografía .....	10
1.1.10.	Hidrografía.....	10
1.1.11.	Clima .....	12
1.1.12.	Diagnóstico de las necesidades de servicio .....	14
1.1.12.1.	Descripción de las necesidades .....	14
1.1.12.2.	Otros servicios con que cuenta el municipio .....	15
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....	17
2.1.	Diseño del pavimento asfáltico para la calle principal de la aldea El Carmen .....	17
2.1.1.	Descripción del proyecto .....	17
2.1.2.	Localización y ubicación geográfica del proyecto....	17
2.1.3.	Vías de acceso al proyecto .....	19
2.1.4.	Topografía del terreno.....	19
2.1.4.1.	Levantamiento topográfico preliminar ..	19
2.1.4.2.	Planimetría .....	20
2.1.4.3.	Altimetría .....	20
2.1.5.	Estudio de suelos .....	21
2.1.5.1.	Muestreo de los materiales .....	21
2.1.5.2.	Ensayo de granulometría .....	22
2.1.5.3.	Ensayo de compactación proctor .....	23
2.1.5.4.	Ensayo de capacidad soporte del suelo (CBR).....	24
2.1.5.5.	Ensayo de límites de Atterberg .....	25
2.1.5.5.1.	Límite líquido.....	26
2.1.5.5.2.	Límite plástico .....	27
2.1.5.5.3.	Índice de plasticidad.....	27
2.1.6.	Diseño geométrico .....	28

2.1.6.1.	Alineamiento horizontal .....	31
2.1.6.1.1.	Curva .....	31
2.1.6.1.2.	Tangente .....	32
2.1.6.1.3.	Elementos de una curva horizontal .....	32
2.1.6.1.4.	Curvas circulares compuestas .....	36
2.1.6.1.5.	Radio mínimo .....	37
2.1.6.1.6.	Curvas de transición.....	37
2.1.6.1.7.	Peralte .....	37
2.1.6.1.8.	Sobreechancho .....	40
2.1.6.1.9.	Ejemplo de cálculo de elementos de curva horizontal.....	42
2.1.6.2.	Alineamiento vertical.....	44
2.1.6.2.1.	Tangentes verticales ....	44
2.1.6.2.2.	Subrasante .....	44
2.1.6.2.3.	Curvas verticales .....	44
2.1.6.2.4.	Curvas verticales convexas o crestas.....	46
2.1.6.2.5.	Curvas verticales cóncavas o columpio ....	46
2.1.6.2.6.	Criterios para el diseño de curvas verticales .....	47
2.1.6.2.7.	Correcciones de curvas verticales.....	50
2.1.6.2.8.	Ejemplo de cumplimiento de	

	criterios para el diseño de curvas verticales .....	51
	2.1.6.2.9. Ejemplo de corrección de curvas verticales .....	53
	2.1.6.3. Sección transversal de carretera.....	56
	2.1.6.3.1. Elementos de una sección transversal de carretera.....	57
2.1.7.	Movimiento de tierras .....	60
	2.1.7.1. Cálculo de volúmenes de movimiento de tierra.....	60
	2.1.7.2. Balance y diagrama de masas .....	64
2.1.8.	Diseño del pavimento .....	65
	2.1.8.1. Pavimentos flexibles.....	67
	2.1.8.2. Diseño de pavimento asfáltico de acuerdo a Norma AASHTO 93 .....	67
	2.1.8.3. Consideraciones de diseño del pavimento flexible según la ASSHTO-93 .....	68
	2.1.8.4. Periodo de diseño .....	69
	2.1.8.5. Transito .....	70
	2.1.8.6. Índice de serviciabilidad .....	72
	2.1.8.7. Diseño de espesores.....	82
	2.1.8.7.1. Confiabilidad (R) .....	82
	2.1.8.7.2. Desviación estándar (So) .....	83
	2.1.8.7.3. Módulo de resiliencia (Mr) .....	84

	2.1.8.7.4.	Número estructural (SN) .....	86
	2.1.8.8.	Propiedades de los materiales.....	99
2.1.9.		Diseño de drenaje.....	112
	2.1.9.1.	Método racional .....	112
	2.1.9.2.	Diseño de drenaje transversal .....	114
	2.1.9.3.	Diseño de cunetas .....	117
2.1.10.		Planos del proyecto .....	120
2.1.11.		Presupuesto.....	120
2.1.12.		Cronograma de ejecución física y financiera .....	123
2.1.13.		Evaluación de impacto ambiental inicial .....	124
2.1.14.		Evaluación socioeconómica.....	124
	2.1.14.1.	Valor presente neto (VPN).....	124
2.2.		Diseño de sistema de alcantarillado sanitario para el sector de La Comunidad, zona 2 de la cabecera municipal. ....	126
	2.2.1.	Descripción del proyecto .....	126
	2.2.2.	Ubicación geográfica del proyecto .....	127
	2.2.3.	Vías de acceso al proyecto.....	128
	2.2.4.	Levantamiento topográfico .....	129
	2.2.4.1.	Planimetría.....	129
	2.2.4.2.	Altimetría.....	130
	2.2.5.	Período de diseño.....	130
	2.2.6.	Población futura.....	130
	2.2.7.	Dotación de agua potable .....	131
	2.2.8.	Factor de retorno .....	132
	2.2.9.	Factor de Harmon .....	132
	2.2.10.	Cálculo de caudales .....	133
	2.2.10.1.	Caudal domiciliar .....	133
	2.2.10.2.	Caudal comercial .....	134

2.2.10.3.	Caudal industrial.....	135
2.2.10.4.	Caudal de infiltración.....	135
2.2.10.5.	Caudal por conexiones ilícitas.....	136
2.2.10.6.	Caudal medio .....	136
2.2.10.7.	Factor de caudal medio.....	137
2.2.10.8.	Caudal de diseño .....	138
2.2.11.	Velocidad de diseño .....	139
2.2.11.1.	Velocidad de arrastre .....	139
2.2.12.	Relaciones hidráulicas $q/Q$ , $d/D$ , $v/V$ .....	139
2.2.13.	Cotas invert .....	141
2.2.14.	Pozos de visita .....	142
2.2.14.1.	Especificaciones de colocación.....	144
2.2.14.2.	Especificaciones físicas.....	144
2.2.14.3.	Profundidad mínima de pozos de visita .....	146
2.2.15.	Conexiones domiciliarias.....	146
2.2.16.	Diámetro de colector .....	149
2.2.17.	Volumen de excavación .....	150
2.2.18.	Cálculo de un tramo del sistema de alcantarillado sanitario.....	151
2.2.19.	Obras de protección .....	154
2.2.20.	Planos del proyecto .....	156
2.2.21.	Presupuesto .....	156
2.2.22.	Cronograma de inversión física y financiera.....	158
2.2.23.	Evaluación de impacto ambiental inicial.....	159
2.2.24.	Evaluación socioeconómica .....	159
2.2.24.1.	Valor presente neto (VPN) .....	159
CONCLUSIONES.....		161

RECOMENDACIONES.....	163
BIBLIOGRAFÍA.....	165
APÉNDICES .....	167
ANEXOS.....	197





## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Mapa de ubicación del municipio de Santa Catarina Pinula.....	2
2.	Mapa de colindancias del municipio de Santa Catarina Pinula .....	3
3.	Mapa de división territorial municipio de Santa Catarina Pinula.....	6
4.	Mapa de ubicación de accidentes hidrográficos del municipio de Santa Catarina Pinula .....	12
5.	Ubicación de la aldea El Carmen, municipio de Santa Catarina Pinula .....	18
6.	Consistencia del suelo según al contenido de humedad.....	26
7.	Elementos de curva circular .....	32
8.	Elementos de curva vertical .....	45
9.	Tipos de curva vertical convexa o cresta.....	46
10.	Tipos de curva vertical cóncava o columpio .....	47
11.	Sección típica de carretera.....	56
12.	Volumen por el método prismoide.....	61
13.	Sección transversal en corte y relleno consecutivo.....	62
14.	Tipos de secciones trasversales .....	64
15.	Diagrama de masas .....	65
16.	Comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos .....	66
17.	Conformación de un pavimento flexible .....	67
18.	Clasificación de vehículos .....	74
19.	Diseño de número estructural .....	87
20.	Coeficiente estructural a partir del módulo elástico del concreto asfáltico .....	90

21.	Variación en el coeficiente estructural de la capa de base .....	91
22.	Variación en el coeficiente estructural de la capa de subbase.....	92
23.	Procedimiento para determinar el espesor .....	95
24.	Detalle de gabarito .....	99
25.	Tipos de superficies de rodadura en pavimentos flexibles.....	108
26.	Detalle de cuneta .....	120
27.	Ubicación de la cabecera municipal, municipio de Santa Catarina Pinula .....	128
28.	Detalles de un pozo de visita .....	143
29.	Detalle en planta de conexión domiciliar.....	148
30.	Detalle en sección de conexión domiciliar .....	149

## TABLAS

I.	Variables climatológicas Santa Catrina Pinula.....	13
II.	Clasificación de los tipos de terreno .....	29
III.	Clasificación y características geométricas de las carreteras.....	30
IV.	Peralte recomendado, mínimas longitudes de transición y deltas mínimos .....	39
V.	Valores de diseño para sobrecanchos.....	41
VI.	Resumen de elementos geométricos del diseño de alineamiento horizontal .....	43
VII.	Valores de distancia visibilidad de parada y constante k.....	49
VIII.	Resumen de corrección de subrasante, curva núm.1 .....	54
IX.	Resumen de diseño de alineamiento vertical .....	55
X.	Periodo de diseño para distintos tipos de carretera .....	69
XI.	Pesos máximos permitidos por eje .....	75
XII.	Cargas propuestas por vehículo en análisis .....	75

XIII.	Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, $pt = 2,0$ .....	76
XIV.	Cálculo de ejes equivalentes de 18 kips, en carga simple .....	77
XV.	Factores de crecimiento de tránsito .....	78
XVI.	Distribución de tránsito para diseño de carretera .....	79
XVII.	Cálculo de Esal's de diseño.....	79
XVIII.	Factor de distribución por carril ( $F_c$ ).....	81
XIX.	Niveles recomendados de confiabilidad ( $R$ ).....	83
XX.	Valores recomendados para la desviación estándar ( $S_o$ ).....	84
XXI.	Valor del módulo de resiliencia de los materiales .....	86
XXII.	Resumen de valores de número estructural.....	89
XXIII.	Tiempos de drenaje para capas granulares .....	93
XXIV.	Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles ( $m_x$ ).....	94
XXV.	Datos para cálculo de espesor de capa .....	94
XXVI.	Valores de los espesores calculados .....	97
XXVII.	Espesores mínimos sugeridos .....	97
XXVIII.	Grados de asfalto de acuerdo con el tipo de clima .....	98
XXIX.	Especificaciones del material para subrasante .....	101
XXX.	Características del material de la subbase.....	103
XXXI.	Características de los materiales de la base.....	106
XXXII.	Especificaciones del cemento asfáltico .....	110
XXXIII.	Valores de coeficiente de escorrentía .....	113
XXXIV.	Ejemplo de precio unitario.....	121
XXXV.	Presupuesto pavimento asfáltico .....	122
XXXVI.	Cronograma físico, financiero .....	123
XXXVII.	Profundidad mínima para la tubería según el tráfico vehicular.....	141
XXXVIII.	Ancho libre de zanja según el diámetro de tubería .....	150
XXXIX.	Datos para el cálculo de tramo.....	151
XL.	Presupuesto sistema de alcantarillado sanitario .....	157

XLI. Cronograma físico, financiero ..... 158

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
$\Delta$	Ángulo central de la curva
A	Área
Q	Caudal a sección llena
q	Caudal de diseño
Qcom	Caudal comercial
Qind	Caudal industrial
QM	Caudal medio
cm	Centímetro
cm <sup>2</sup>	Centímetro cuadrado
cm <sup>3</sup>	Centímetro cúbico
n	Coefficiente de rugosidad
K	Constante de pendiente de las velocidades de diseño
Cr	Corrección
Cm	Cuerda máxima
CIE	Cota Invert de entrada
CIS	Cota Invert de salida
Ø	Diámetro
DH	Distancia horizontal
Dot	Dotación
fqm	Factor de caudal medio
FH	Factor de Harmon
fr	Factor de retorno
FS	Factor de seguridad

<b>G</b>	Grado de curvatura
<b>°C</b>	Grados centígrados
<b>Ha</b>	Hectáreas
<b>Hop</b>	Humedad óptima
<b>IP</b>	Índice plástico
<b>I</b>	Intensidad de lluvia
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>kg/m<sup>2</sup></b>	Kilogramo sobre metro cuadrado
<b>kg/m<sup>3</sup></b>	Kilogramo sobre metro cúbico
<b>km</b>	Kilómetro
<b>ksi</b>	kilolibras de fuerza por pulgada cuadrada
<b>lb</b>	Libra
<b>Psi</b>	Libra sobre pulgada cuadrada
<b>LL</b>	Límite líquido
<b>LP</b>	Límite plástico
<b>L/hab/día</b>	Litros por habitante por día
<b>l/m<sup>3</sup></b>	Litros por metro cúbico
<b>l/s</b>	Litro por segundo
<b>Lc</b>	Longitud de curva
<b>LCV</b>	Longitud de curva vertical
<b>Ls</b>	Longitud de espiral
<b>PVC</b>	Material fabricado a base de cloruro de polivinilo
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>m<sup>3</sup>/s</b>	Metro cúbico por segundo
<b>m</b>	Metro lineal
<b>Om</b>	Ordenada media
<b>S (%)</b>	Pendiente del terreno en porcentaje
<b>e(%)</b>	Peralte
<b>d</b>	Peralte efectivo / tirante del agua en el alcantarillado
<b>t</b>	Peralte total

<b>PCV</b>	Principio de curva vertical
<b>PT</b>	Principio de tangente
<b>PTV</b>	Principio de tangente vertical
<b>P<sub>o</sub></b>	Población actual
<b>P<sub>f</sub></b>	Población futura
<b>P.V.</b>	Pozo de visita
<b>PC</b>	Punto de comienzo de curva
<b>PI</b>	Punto de intersección
<b>PIV</b>	Punto de intersección vertical
<b>R</b>	Radio de curva
<b>a/A</b>	Relación de alturas
<b>q/Q</b>	Relación de caudales
<b>d/D</b>	Relación de diámetros
<b>v/V</b>	Relación de velocidades
<b>St</b>	Subtangente
<b>TPD</b>	Tránsito promedio diario
<b>r</b>	Tasa de crecimiento poblacional
<b>V</b>	Velocidad del flujo a sección llena
<b>v</b>	Velocidad del flujo en el alcantarillado





## GLOSARIO

<b>Altimetría</b>	Procedimiento usado para definir las diferencias de nivel existente entre puntos de elevación de un terreno o construcción.
<b>AASHTO</b>	American Association of State Highway and Transportation Officials.
<b>CBR</b>	Californian Bearing Ratio.
<b>Colector</b>	Conjunto de tuberías que sirven para el desalojo de aguas residuales o aguas pluviales.
<b>Colindante</b>	Se dice de la limitación de terrenos entre sí.
<b>Comunidad</b>	Conjunto de personas que viven bajo ciertas reglas y que tienen algo en común.
<b>Concreto</b>	Es una mezcla adecuadamente proporcionada de cemento, agregado fino, agregado grueso y agua.
<b>Cota invert</b>	Cota o altura de la parte inferior interior del tubo ya instalado.
<b>Drenajes</b>	Controlan la conducción de aguas residuales y pluviales desde las viviendas hasta el punto de

descarga.

**Elevación** Distancia vertical medida a partir de una superficie de referencia hasta un punto considerado.

**ESAL** *Equivalent simple axial load.*

**Excavación** Acción de realizar un agujero, un bache, una zanja o bien un orificio en lo cual implica extraer material o parte de la masa de un sólido, retirándolo del lugar en el que estaba.

**Gabarito** Sección de la estructura de un pavimento.

**Granulometría** Es una técnica que se utiliza para medir el tamaño de las partículas las cuales forman un material granuloso.

**Infom** Instituto de Fomento Municipal

**Insivumeh** Instituto nacional de sismología, vulcanología, meteorología e hidrología.

**Medidas de mitigación** Conjunto de acciones y obras a implementar antes del impacto de las amenazas, para disminuir la vulnerabilidad de los componentes y sistemas.

**Pavimento** Es la capa que constituye el suelo de una construcción o de una superficie no natural.

<b>Pendiente</b>	Se conoce así a las inclinaciones naturales de un terreno.
<b>Peralte</b>	Se le conoce así a la mayor elevación de la parte exterior de una curva respecto a la interior, en una carretera.
<b>Pozo de visita</b>	Estructura subterránea que sirve para cambiar de dirección, pendiente, diámetro, unión de tuberías, y para iniciar un tramo de drenaje.
<b>RD-GUA</b>	Ruta Departamental de Guatemala.
<b>Serviciabilidad</b>	Se utiliza como una medida del comportamiento del pavimento, la cual a su vez se relaciona con la comodidad y seguridad que se le puede brindar al usuario cuando este transita por la carretera
<b>Superficie</b>	Es la extensión que muestra un territorio fijo y por tanto será el área que ocupa el mismo.
<b>Tamiz</b>	Es un utensilio formado por una red tensada muy tupida o bien un aro el cual sirve para que pasen por él sustancias en polvo y así poder separarlas en diámetros distintos de partículas.
<b>Terracería</b>	Se utiliza el término para indicar que una carretera no está pavimentada o recubierta.

<b>Terraplén</b>	Se denomina así a la tierra con la cual se rellena un terreno para levantar su nivel y formar un plano de apoyo adecuado para hacer una obra.
<b>TPD</b>	Tránsito promedio diario.
<b>Tirante</b>	Es la medida que define la altura de un líquido en una tubería, depósito o planta de tratamiento.
<b>Topografía</b>	Proceso para determinar el relieve de una superficie.

## **RESUMEN**

En el municipio de Santa Catarina Pínula, departamento de Guatemala existen comunidades que carecen de servicios básicos en saneamiento e infraestructura vial, por ello en el presente informe se diagnosticó, analizó y priorizó las necesidades de la población.

Después de investigar y observar las necesidades de las comunidades, se determinó que es necesaria la priorización de los siguientes proyectos de infraestructura: diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el sector de La Comunidad, zona 2 de la cabecera municipal y el diseño del pavimento asfáltico para la calle principal de la aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula, Guatemala.

En la fase de investigación se detalla los aspectos monográficos y de carácter socioeconómico del municipio de Santa Catarina Pinula, así como el de las aldeas a beneficiarse.

En la fase de servicio técnico profesional se define el procedimiento y los cálculos para el diseño geométrico y estructural de la calle a pavimentar y el diseño del alcantarillado sanitario, ambos fundamentados en los códigos y normas de diseño utilizados en Guatemala.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar el pavimento asfáltico para la calle principal de la aldea El Carmen y un sistema de alcantarillado sanitario para el sector de La Comunidad, zona 2 de la cabecera municipal, Santa Catarina Pinula, Guatemala.

### **Específicos**

1. Elaborar una investigación de tipo monográfica y un diagnóstico sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura en las comunidades a beneficiar.
2. Realizar el diseño de la pavimentación asfáltica para la calle principal de la aldea El Carmen, con base en los lineamientos de la Dirección General de Caminos (DGC), Normas AASHTO y al Manual Centroamericano de Normas para el diseño geométrico de carreteras.
3. Elaborar el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario para el sector de La Comunidad, zona 2 de la cabecera municipal, Santa Catarina Pinula, con base en las normas y directrices establecidas por el Instituto de Fomento Municipal (INFOM).
4. Realizar los planos constructivos, presupuesto, cronograma y evaluación ambiental para cada uno de los proyectos que permitan su ejecución a futuro.





## INTRODUCCIÓN

Con base en la investigación realizada en el municipio de Santa Catarina Pinula, del departamento de Guatemala, debido al crecimiento poblacional, inmobiliario y del parque vehicular de los últimos años, la infraestructura de las calles ya no es la adecuada para que transiten la cantidad de vehículos que circulan diariamente, lo cual repercute de forma negativa en el transporte y en el desarrollo económico y social de sus habitantes, este es el caso de la aldea El Carmen, con el índice demográfico más grande de todo el municipio, por lo que se ha detectado la necesidad de una pavimentación asfáltica, que mejore el tráfico vehicular, la calidad de vida de los habitantes de los sectores de la aldea y la disminución de la vulnerabilidad al deslizamiento de la zona al tener buena superficie para la evacuación de las aguas de lluvia.

De igual manera, en la cabecera municipal se logró detectar que existen sectores que aún no cuentan con un sistema de drenaje sanitario, lo cual genera complicaciones de saneamiento en los habitantes del lugar y daños al medio ambiente, tal es el caso del sector La Comunidad, zona 2 de la cabecera municipal, por lo que se ha optado por el diseño del sistema de alcantarillado, atendiendo de esta manera la petición realizada por parte de la asociación de vecinos del sector hacia la municipalidad.

Para cada proyecto se realizaron estudios de topografía y suelos, evaluación de impacto ambiental inicial y estudios socioeconómicos, de tal manera que se pueda solucionar la problemática antes mencionada.



# **1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA**

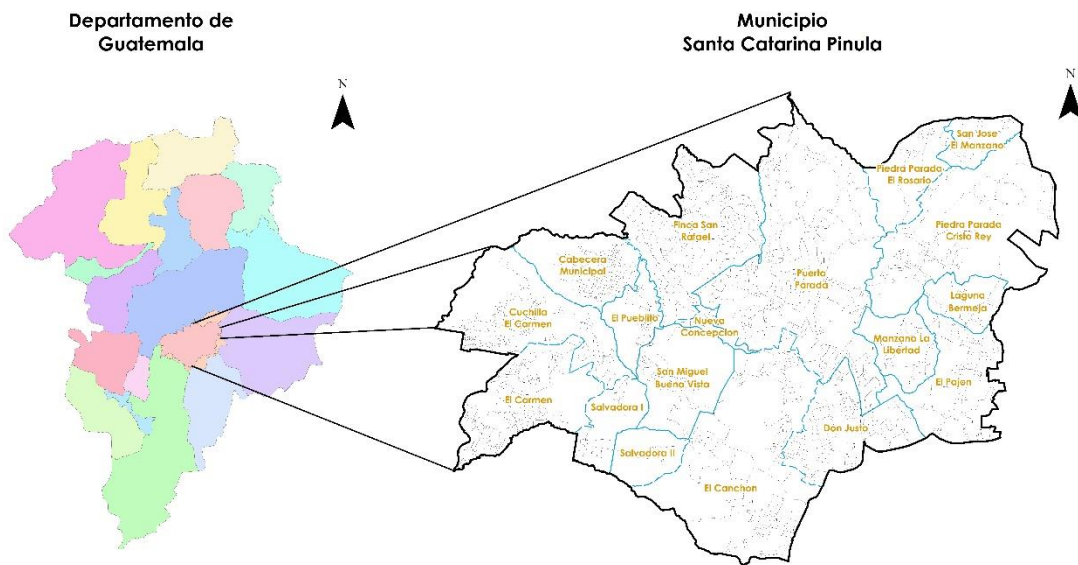
## **1.1. Generalidades**

Santa Catarina Pinula, es uno de los 17 municipios que conforman el departamento de Guatemala, se encuentra ubicado sobre suelos volcánicos, presenta características topográficas muy variadas. Hay ondulados caminos, en donde predominan paisajes boscosos, profundos precipicios, hondonadas, colinas, praderas y vegetación.

### **1.1.1. Localización geográfica**

El municipio de Santa Catarina Pinula cuenta con área aproximada de 49,29 km<sup>2</sup>, la cabecera municipal se ubica al sureste de la ciudad capital, la cual se encuentra a 9 km de la misma. Está ubicado a 1 550 metros sobre el nivel del mar en las coordenadas 14° 34' 13" latitud norte y 90° 29' 45" longitud oeste. La ubicación del municipio a nivel de departamento se muestra en la figura 1.

Figura 1. Mapa de ubicación del municipio de Santa Catarina Pinula



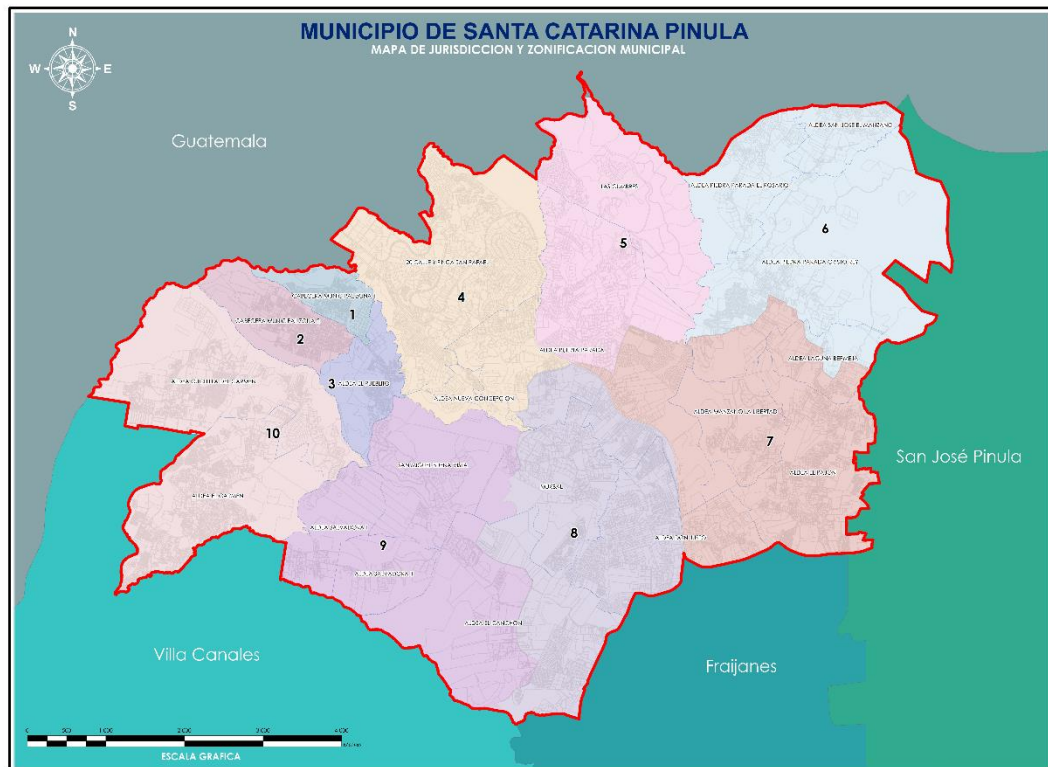
Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula. *Departamento de Desarrollo Urbano y Territorial.*

### 1.1.2. Colindancias

Las colindancias del municipio de Santa Catarina Pinula son:

- Al norte con el municipio de Guatemala.
- Al sur con los municipios de Fraijanes y Villa Canales.
- Al este con los municipios de San José Pinula y Fraijanes.
- Al oeste con los municipios de Villa Canales y Guatemala.

Figura 2. **Mapa de colindancias del municipio de Santa Catarina Pinula**



Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula. *Departamento de Desarrollo Urbano y Territorial.*

### 1.1.3. Marco cultural

A continuación se describe la estructura de marco cultural:

#### 1.1.3.1. Etimología

La historia del municipio se remonta a la época prehispánica, cuando los indígenas fundaron el pueblo de Pankaj o Pinola. El significado etimológico de la palabra Pinula es el siguiente: *pinul*, significa harina y *ha* o *A* agua;

etimológicamente la palabra Pinula, en lengua pipil significa “harina de agua”, esto puede relacionarse con el pinole, una bebida muy conocida entre los pueblos mexicanos.

El nombre oficial del municipio corresponde a Santa Catarina Pinula y se cree que fue el padre Juan Godínez quien influyó en ponerle el nombre de Santa Catarina al pueblo Pankaj o Pinola, en honor a Catarina Mártir de Alejandría.

### **1.1.3.2. Idioma**

El idioma que se habla actualmente en Santa Catarina Pinula es el español en un 100 % de la población.

### **1.1.3.3. Fiesta titular**

La feria titular se realiza en honor a la patrona Santa Catarina de Alejandría, y se celebra el 25 de noviembre, como preludio ocho días antes de la mencionada fecha se realiza un desfile bufo, donde se critican y se mofan a los personajes principales del municipio. Con ello se da inicio a diversas actividades, entre las cuales se pueden mencionar: elección y coronación de reinas juveniles e infantiles, bailes populares y sociales, serenatas a la Santa Patrona Santa Catarina de Alejandría, palenques, jaripeos y juegos mecánicos; además se realizan trece albas simbolizando los trece días de martirio que sufrió la virgen, luego se brinda comida y bebida a las personas que participan entre repiques de campanas, rezos, bombas voladas y música.

#### **1.1.4. Vías de acceso**

La vía principal de acceso es la carretera Interamericana CA-1 que conduce de la ciudad capital hacia El Salvador, la cual se encuentra totalmente asfaltada y en buen estado, adicionalmente, el municipio cuenta con caminos, laderas y veredas que enlazan a los poblados entre sí, como los municipios colindantes. Otras vías de acceso con las que cuenta el municipio son:

- Acceso 1: 20 calle zona 10, ciudad de Guatemala.
- Acceso 2: Boca del Monte, municipio de Villa Canales.
- Acceso 3: Piedra Parada El Rosario, final zona 16 ciudad de Guatemala.

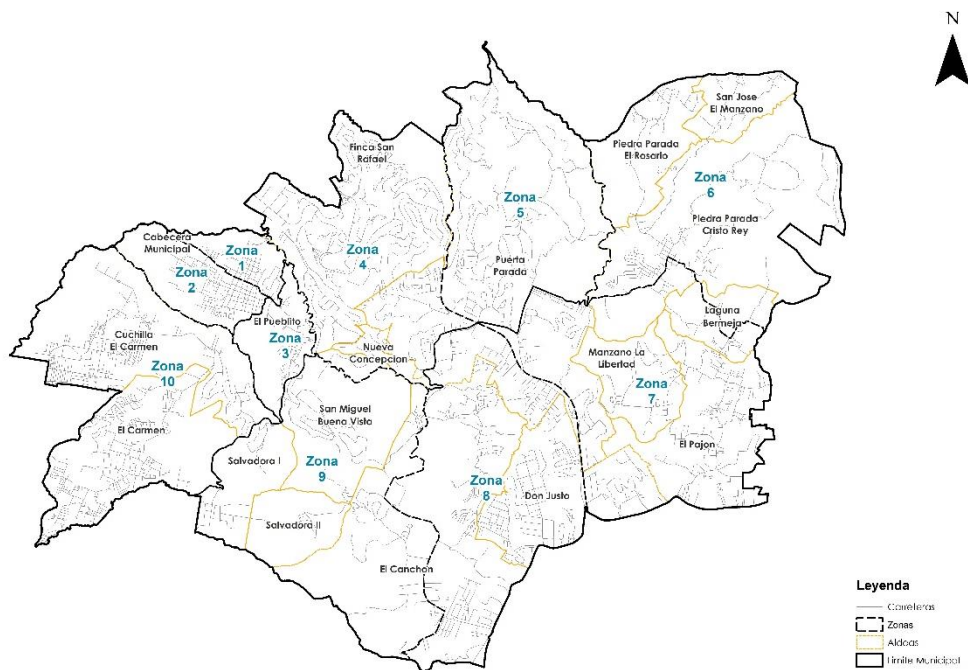
#### **1.1.5. División territorial de Santa Catarina Pinula**

El municipio de Santa Catarina Pinula se encuentra distribuido en 10 zonas geográficas, conformadas además de la cabecera municipal, por 15 aldeas, siendo las siguientes:

- El Carmen
- Cuchilla del Carmen
- El Pueblito
- Salvadora I
- Salvadora II
- Nueva Concepción
- Piedra Parada Cristo Rey
- Piedra Parada El Rosario
- San José Manzano
- Manzano La Libertad
- Don Justo

- Laguna Bermeja
- El Pajón
- Puerta Parada
- El Canchón

Figura 3. **Mapa de división territorial municipio de Santa Catarina Pinula**



Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula. *Departamento de Desarrollo Urbano y Territorial.*

### 1.1.6. Demografía

Con relación a los datos generales de la población de Santa Catarina Pinula, se tiene una estimación para el 2009 de 82 976 habitantes (INE 2002).



Sin embargo, según datos proporcionados por la DMP, al 2010 la estimación fue de 100 000 habitantes.

Según datos del Censo INE 2002, el 70,53 % vivía en el área urbana y el 29,47 % vivía en el área rural. Su población estaba constituida por un 4,1 % indígena y un 95,9 % no indígena. Es uno de los municipios con más población por kilómetro cuadrado del departamento con una densidad poblacional de 1 729 habitantes/km<sup>2</sup>, que conforman aproximadamente el 2,68 % de la población del departamento de Guatemala.

### **1.1.7. Información socioeconómica**

Esta indica una medida del entorno social que incluye principalmente ingresos financieros, educación y vivienda, está ligada a una amplia gama de aspectos de la vida, que abarcan desde capacidad cognitiva y logros académicos hasta salud física y mental.

#### **1.1.7.1. Tasa de crecimiento**

Según datos del Censo INE 2002 y a los datos de proyección internos de la municipalidad de Santa Catarina Pinula Se contempla una tasa de crecimiento poblacional al 2018 del 2,45 %.

#### **1.1.7.2. Vivienda**

Hasta el año 2002, el INE, reportaba que en el municipio existían 15 781 viviendas, actualmente, se estima que existen alrededor de 20 219 viviendas al 2018.

### **1.1.7.3. Índice de analfabetismo**

El 27 de noviembre del año 2010, el Gobierno Central, y la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), declaran mediante acto público, a Santa Catarina Pinula como Municipio Libre de Analfabetismo, contando con el 3,65 % de población analfabeta.

Según información proporcionada por la Dirección de Desarrollo Económico y Social, la tasa de analfabetismo actual es del 2,50 %.

### **1.1.7.4. Pobreza**

Según el informe Global de Desarrollo Humano 2013, elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), indica que uno de cada diez guatemaltecos se encuentra en riesgo de caer en pobreza y pobreza extrema. Un 14,5 % de la población se encuentra en pobreza extrema mientras que la pobreza nacional representa un 51 %.

Mientras que en el municipio de Santa Catarina Pinula el índice general de pobreza es de un 12,7 % y el índice de pobreza extrema es del 0,6 %. El gasto público en salud representa el 2,5 % del Producto Interno Bruto (PIB).

### **1.1.8. Actividades productivas**

Son aquellas actividades que están relacionadas con la producción, distribución, intercambio y consumo de bienes y servicios.

### **1.1.8.1. Economía**

La dirección de servicios públicos de la municipalidad de Santa Catarina Pinula registra un total de 1 460 establecimientos comerciales en su mayoría registrados como pequeños contribuyentes. Entre la rama de comercios que más destacan se encuentran las denominadas tiendas de barrio.

De igual forma, la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT), registro para el mes de marzo del 2015, 153 establecimientos comerciales y 38 establecimientos registrados como pequeños contribuyentes.

Entre las actividades comerciales de mayor rango que se desarrollan en el municipio se encuentran: la línea inmobiliaria, empresarial y de alquiler, lo que se justifica por el crecimiento urbanístico que se ha desarrollado en el municipio en los últimos diez años. Adicionalmente, se desarrollan actividades relacionadas con los servicios tanto comunitarios, sociales y profesionales, destacando durante los últimos años la construcción de centros comerciales.

Destacan también la crianza de ganado porcino, comercialización de diversos productos ofrecidos a través de la micro, mediana y gran empresa en los centros comerciales ubicados en Carretera a El Salvador.

La obligada migración interna al municipio ha generado oferta y demanda de bienes y servicios, lo que ha permitido mayor posibilidad de empleo. A la presente fecha, se considera como uno de los municipios de mayor plusvalía a nivel nacional.

### **1.1.9. Orografía**

El municipio de Santa Catarina Pinula se encuentra ubicado dentro de un sector accidentado, conformado por cuencas que hacen escabroso su territorio, por lo cual su topografía es muy irregular y su clima es bastante húmedo. La zona montañosa de Santa Catarina Pinula va desde los 900,00 hasta elevarse a los 2 100,00 metros sobre el nivel del mar, en la cual se encuentra la Sierra de Canales y tres cerros: Guachisote, los Ángeles y el Tabacal.

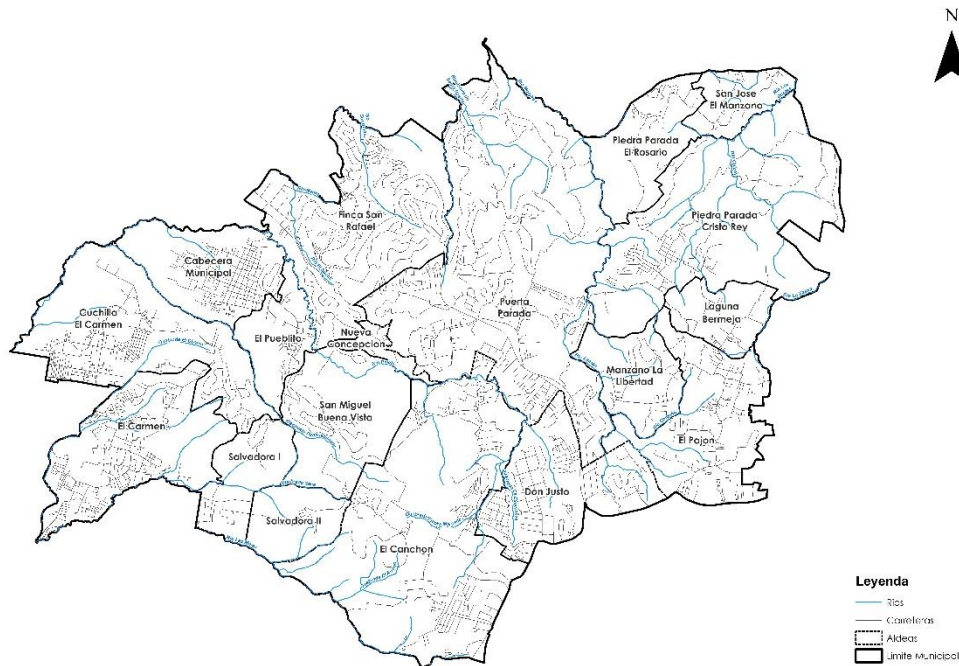
### **1.1.10. Hidrografía**

Los ríos que se localizan dentro del municipio de Santa Catarina Pinula son los siguientes:

- Río Acatán: se origina en la aldea Don Justo, corre de sureste a noreste, pasando por la aldea Puerta Parada y al oeste de la aldea Cristo Rey. Tiene una longitud aproximada de 14 km.
- Río Chicoj: se origina como río La Palma, al oeste de la aldea Laguna Bermeja, corre de sur a norte pasando por la aldea Cristo Rey, y se une a la quebrada Cuesta Grande para dar origen al río Los Ocotes. Tiene una longitud de 5 km.
- Río Chiquito: se encuentra ubicado entre los municipios de Santa Catarina Pinula, Guatemala y Palencia. Tiene su origen al norte de la aldea Cristo Rey y su longitud es de 20 km.
- Río El Sauce: se origina en la aldea Nueva Concepción, fluye al sureste pasando al este de la cabecera municipal. Desemboca en el río Negro y su longitud aproximada es de 3 km.

- Río de las Minas: atraviesa los municipios de Santa Catarina Pinula y de Villa Canales. Se origina al suroeste de la aldea Don Justo, corre de noreste a sureste, pasando al sur de la aldea La Salvadora I, para seguir su rumbo al sur y descargar finalmente en el río Villalobos. Su longitud es de 14 km.
- Río Pinula: atraviesa los municipios de Santa Catarina Pinula, Villa Canales y San Miguel Petapa. Tiene su origen en la aldea Don Justo, corre de noreste a sureste, pasando al oeste de la aldea Manzano La Libertad y al norte de la cabecera municipal de Santa Catarina Pinula. Tiene su desembocadura en el río Villalobos y su longitud es de 22 km.
- Las quebradas existentes dentro del municipio son: Agua Bonita, Agua Fría, Cuesta Ancha, Cuesta Grande, Del Manzano, El Anomo, El Cangrejito, El Chorro, El Guayabo, El Mezcal, El Riíto, La Esperanza, Piedra Marcada y Seca.

Figura 4. **Mapa de ubicación de accidentes hidrográficos del municipio de Santa Catarina Pinula**



Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pinula. *Departamento de Desarrollo Urbano y Territorial.*

### 1.1.11. **Clima**

La precipitación anual en el municipio de Santa Catarina Pinula según datos del Instituto Nacional De Sismología, Vulcanología, Meteorología E Hidrología (INSIVUMEH), va desde 1 057 a 1 588 milímetros y la elevación sobre el nivel del mar es de 1 500 a 2 400 metros.

Su temperatura oscila entre los 15 °C y 23 °C, con un 70 % de evapotranspiración, y el porcentaje de días claros al año es de 50 %. Los vientos que predominan son, NE a SO fuerte de 90 % a 10 %.

En la tabla I se encuentran las variables climatológicas de la estación meteorológica más cercana al municipio de Santa Catarina Pinula, la cual corresponde a la estación central Insivumeh.

**Tabla I. Variables climatológicas Santa Catrina Pinula**

<b>ESTACIÓN</b>	<b>LATITUD</b>	<b>LONGITUD</b>	<b>ALTITUD</b>	<b>AÑO</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>DIMENSIONAL</b>	<b>PROMEDIO ANUAL</b>
INSIVUMEH	143 511	903 158	1 502	2019	Temperatura media	°C	21,02
INSIVUMEH	143 511	903 158	1 502	2019	Temperatura máxima	°C	26,40
INSIVUMEH	143 511	903 158	1 502	2019	Temperatura mínima	°C	16,15
INSIVUMEH	143 511	903 158	1 502	2019	Humedad relativa media	%	71,83
INSIVUMEH	143 511	903 158	1 502	2019	Humedad relativa máxima	%	90,17
INSIVUMEH	143 511	903 158	1 502	2019	Humedad relativa mínima	%	51,67
INSIVUMEH	143 511	903 158	1 502	2019	Lluvia	mm	30,25
INSIVUMEH	143 511	903 158	1 502	2019	Viento	km/hra	12,22
INSIVUMEH	143 511	903 158	1 502	2019	Evaporación	mm	1,65
INSIVUMEH	143 511	903 158	1 502	2019	Insolación	Horas	205,25
INSIVUMEH	143 511	903 158	1 502	2019	Nubosidad	Octas	4,83
INSIVUMEH	143 511	903 158	1 502	2019	Radiación	CAL/MED	0,30
INSIVUMEH	143 512,8	903 158	1 502	2019	Presión atmosférica media	mmHG	641,12
INSIVUMEH	143 512,8	903 158	1 502	2019	Presión atmosférica máxima	mmHG	642,20
INSIVUMEH	143 512,8	903 158	1 502	2019	Presión atmosférica mínima	mmHG	641,02

Fuente: Insivumeh.

### **1.1.12. Diagnóstico de las necesidades de servicio**

La Municipalidad de Santa Catarina Pinula ha dado prioridad al mejoramiento y ampliación de las calles principales y al buen manejo de las aguas residuales, con el objetivo de satisfacer la demanda de transporte y sanidad que tanto necesita la población y así mejorar la calidad de vida de todos los habitantes del municipio.

#### **1.1.12.1. Descripción de las necesidades**

Debido al acelerado crecimiento de la población en Santa Catarina Pinula los actuales servicios básicos proporcionados por la municipalidad son incapaces de satisfacer la demanda de los pobladores.

Hoy en día en la aldea El Carmen, se determinó que la carretera principal se encuentra en mal estado, lo cual dificulta el comercio y transporte dentro del municipio, por lo que se hace necesaria su pavimentación.

En términos generales a nivel municipal, solo un 45 % del total de la población tiene acceso a un servicio de alcantarillado sanitario, lo cual repercute en la contaminación y degradación del medio ambiente debido al depósito de aguas residuales crudas en los cuerpos receptores y quebradas a lo largo de todo el municipio, además de la salud de los habitantes la cual se ve afectada, ya que se ven en la necesidad de la utilización de pozos y fosas sépticas.



### **1.1.12.2. Otros servicios con que cuenta el municipio**

En el municipio de Santa Catarina Pinula un 85 % del total de su población tiene acceso a servicio y distribución de agua potable. El servicio de energía eléctrica es proporcionado por la Empresa Eléctrica de Guatemala, Sociedad Anónima (EEGSA), el cual se sostiene a través de tarifas por vivienda.

Servicio de extracción de desechos sólidos, servicios de telefonía, internet, cable entre otros, todos estos a cargo de empresas privadas.



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

### **2.1. Diseño del pavimento asfáltico para la calle principal de la aldea El Carmen**

Esta carretera comunicará a la aldea El Carmen con la aldea Boca del Monte municipio de Villa Canales, es una ruta existente que actualmente es de terracería. Esta vía actuará como atajo y así reducir los tiempos de traslado entre ambos municipios.

#### **2.1.1. Descripción del proyecto**

El proyecto comprende el diseño del pavimento asfáltico para el trayecto que comienza desde la aldea El Carmen, jurisdicción del municipio de Santa Catarina Pinula y se dirige hacia la aldea Boca del Monte, municipio de Villa Canales. Se pavimentarán uno punto cinco kilómetros de longitud, con un ancho de calzada promedio de 5,50 metros. La topografía del terreno es montañosa, característica que ayuda a determinar el tipo carretera.

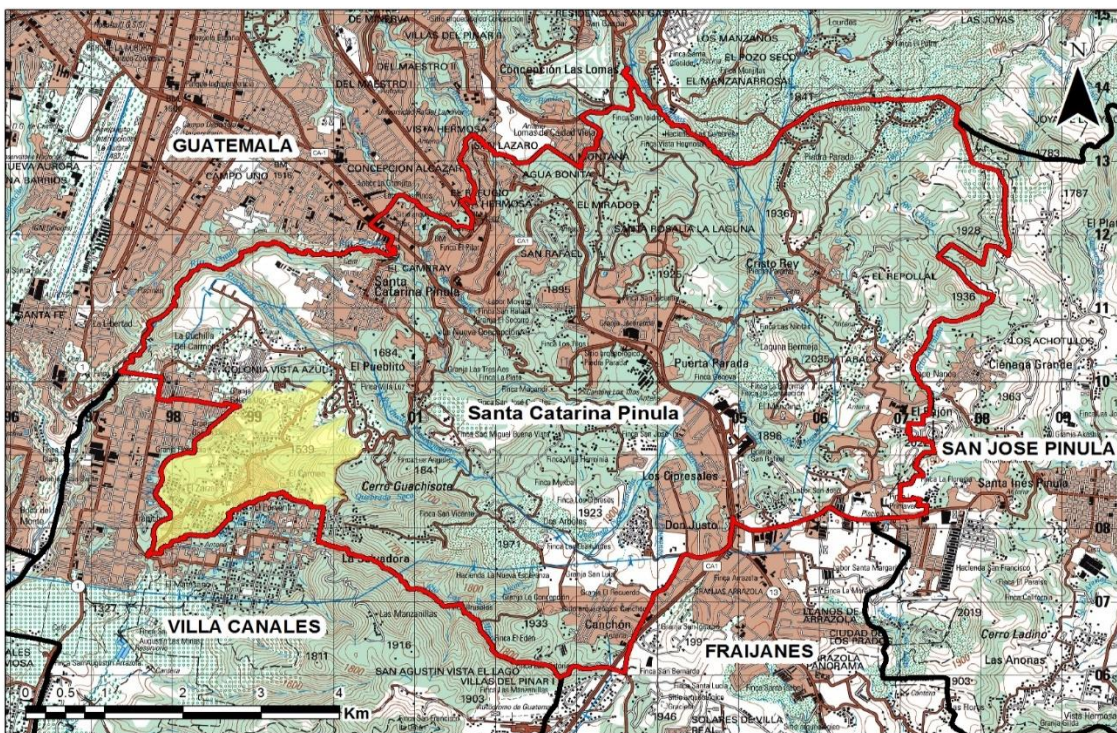
#### **2.1.2. Localización y ubicación geográfica del proyecto**

La aldea El Carmen, municipio de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala, se localiza a 11 km de la cabecera departamental y a 6,9 km de la cabecera municipal, sus coordenadas geográficas son 14° 33' 05,20" latitud norte y 90° 30' 33,22" longitud oeste.

La aldea El Carmen cuenta con una superficie de 16 km<sup>2</sup>, y una elevación sobre el nivel del mar de 1 450 metros.

- Colindancias de la aldea El Carmen:
  - Al norte: con la aldea Cuchilla del Carmen (Santa Catarina Pinula).
  - Al sur: con las aldeas Boca del Monte y El Porvenir (Villa Canales).
  - Al este: con la aldea Salvadora I (Santa Catarina Pinula).
  - Al oeste: con la aldea Cuchilla del Carmen (Santa Catarina Pinula) y con la aldea Boca del Monte (Villa Canales).

Figura 5. **Ubicación de la aldea El Carmen, municipio de Santa Catarina Pinula**



Fuente: OBIOLS GÓMEZ, Alfredo. *Instituto Geográfico Nacional*.

### **2.1.3. Vías de acceso al proyecto**

Para ingresar a la aldea El Carmen se pueden utilizar los siguientes recorridos:

- Recorrido 1: se recorre la RD-GUA 21 que traslada a la cabecera municipal de Santa Catarina Pinula, girando a la izquierda hacia la aldea El Pueblito, se recorren 3,6 km y se retorna nuevamente a la izquierda para ingresar a la aldea El Carmen.
- Recorrido 2: se conduce desde la aldea Boca del Monte, municipio de Villa Canales hasta llegar al sector Los Olivos, el cual se ubica en la parte baja de la aldea El Carmen.

### **2.1.4. Topografía del terreno**

El tramo que conecta a la aldea El Carmen con la aldea Boca del Monte municipio de Villa Canales, siendo esta la calle principal de dicha aldea, posee una topografía escarpada por lo que se clasifica como una carretera tipo E montañosa. Las curvas verticales y horizontales en el diseño geométrico de la carretera fueron tomadas en cuenta ya que existen parámetros que deben de respetarse a lo largo de la vía.

#### **2.1.4.1. Levantamiento topográfico preliminar**

El levantamiento topográfico proporciona los datos acerca de la superficie del tramo completo en el cual se construirá la carretera. En este proceso se determinan curvas de nivel, alturas, elevaciones y distancias de una estación a otra.

Para el levantamiento topográfico de la carretera, se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Estación total SOUTH NTS-375R6.
- Trípode.
- Prisma.
- Bípode.
- Estacas de madera.
- Machete.
- Pintura de aceite.
- Brocha.

#### **2.1.4.2. Planimetría**

Procedimiento para obtener la representación a escala de todos los detalles de mayor importancia en un terreno sobre una superficie plana no haciendo falta su elevación.

Para el diseño de la pavimentación se utilizó el método de radiaciones, colocando 2 bancos de marca (B.M.) y 15 estaciones.

#### **2.1.4.3. Altimetría**

Se refiere al conjunto de métodos y procedimientos para determinar y representar la altura o cota, de cada uno de los puntos, cuyas distancias horizontales son conocidas respecto de un plano de referencia.

### **2.1.5. Estudio de suelos**

Se define como un conjunto de actividades que se realizan a determinada muestra de suelo, con el fin de obtener información acerca de su naturaleza y propiedades físicas.

#### **2.1.5.1. Muestreo de los materiales**

Los métodos de exploración y muestreo en una obra vial pueden dividirse en dos tipos, según los objetivos que se persigan. En primer lugar, es preciso conocer las características de los materiales con los que se formará la terracería. Existen dos modos clásicos de obtener material para este fin: un préstamo lateral y un préstamo de banco. En el primer caso el material de los terraplenes se obtiene de excavaciones naturales, para esta pavimentación se reconfigurará el material existente, y por préstamo de banco.

Para el proyecto de pavimentación de la calle El Caminero, aldea El Carmen, se extrajo una muestra de pozo a cielo abierto a una profundidad de 0,60 metros, el peso aproximado de la muestra fue de 65kg de suelo, la cual se realizó en la estación 0+045 metros, para realizar los ensayos correspondientes.

- A las muestras obtenidas se les realizó los siguientes ensayos:
  - Ensayo de Granulometría (ASTM-D6913-04).
  - Ensayo de Compactación Proctor (AASHTO T-180).
  - Ensayo C.B.R. (AASHTO T-193).
  - Ensayo de límites de Atterberg (AASHTO T-89 Y T-90).

### **2.1.5.2. Ensayo de granulometría**

En los comienzos de la investigación de las propiedades de los suelos se creyó que las propiedades mecánicas dependían directamente de la distribución de las partículas constituyentes según sus tamaños; por ello era preocupación especial para los ingenieros la búsqueda de métodos adecuados para obtener tal distribución. Es posible deducir las propiedades mecánicas de los suelos a partir de la distribución granulométrica o descripción por tamaños.

Este ensayo consiste en la colocación en forma de columna de una serie de tamices con distintos diámetros. En la parte superior se encuentra el tamiz de mayor diámetro, donde se coloca el material de la muestra extraído, la columna de tamices es colocada dentro de una maquina vibratoria. Luego de algunos minutos se retiran los tamices y se desensamblan, tomando por separado los pesos de material retenido en cada uno de ellos, que al sumarse deben coincidir al peso total del material que inicialmente se colocó en la columna de tamices.

Se procede a realizar la curva granulométrica, con los valores de porcentaje retenido en cada tamiz. La curva granulométrica permite visualizar la tendencia homogénea o heterogénea que poseen los diámetros de cada partícula de grano.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este ensayo se determinó que, el suelo posee 0,19 % de grava, 34,04 % de arena y 65,77 % de finos. El suelo se clasificó como arcilla con arena color café oscuro. Y posee una clasificación SCU: CL, PRA: A-4.



### 2.1.5.3. Ensayo de compactación proctor

El suelo en un sitio de construcción no siempre será totalmente adecuado para soportar estructuras como edificios, puentes, carreteras y presas. Por ejemplo, en depósitos de suelo granular el suelo *in situ* es muy probable que esté muy suelto e indique un gran asentamiento elástico. En tal caso, tiene que ser densificado para incrementar su peso específico, así como su resistencia cortante.

Si se agrega una pequeña cantidad de agua a un suelo y luego este se compacta, el suelo tendrá un cierto peso específico. Si el contenido de agua de este suelo se incrementa gradualmente y la energía de compactación es la misma, el peso específico seco del suelo se incrementa gradualmente. La razón es que el agua actúa como un lubricante entre las partículas del suelo y, bajo compactación ésta ayuda a reacondicionar las partículas a un estado.

El ensayo de proctor modificado consiste en la compactación de una muestra de suelo en un cilindro metálico de 4 pulgadas. La compactación debe realizarse en 5 capas compactadas a 25 golpes utilizando un martillo de 10 libras, a una caída libre de 18 pulgadas. Posteriormente la muestra es pesada y se calcula el peso unitario húmedo. Luego, para determinar el peso unitario seco primero se calcula el porcentaje de humedad. Después calcular el peso unitario seco.

El ensayo consiste en repetir este procedimiento con humedades distintas hasta encontrar la densidad máxima. La humedad que la muestra de densidad máxima posea será la humedad óptima.

El resultado del ensayo proctor modificado realizado a la muestra, proporciona una densidad seca máxima del suelo es de 1 857,52 kg/m<sup>3</sup>, siendo su humedad óptima 15,95 %.

#### **2.1.5.4. Ensayo de capacidad soporte del suelo (CBR)**

Las siglas C.B.R. significan *Californian Bearing Ratio* (ensayo de razón soporte california) y proviene de que este ensayo fue desarrollado, antes de la segunda guerra mundial, por el departamento de transportes de california. Este ensayo se emplea para evaluar la capacidad portante de terrenos compactados como terraplenes, capas de firme, explanadas, así como en la clasificación de terrenos.

La prueba CBR de suelos consiste básicamente en compactar un terreno en unos moldes normalizados, sumergirlos en agua y aplicar un punzonamiento sobre la superficie del terreno mediante un pistón normalizado.

El procedimiento para realizar este ensayo reside en preparar la muestra del suelo con la humedad óptima obtenida en el ensayo de Proctor modificado. La muestra se compacta en 5 capas, en un cilindro metálico de 0,075 pies cúbicos de volumen, la compactación es realizada con un martillo de 10 libras a una caída libre de 18 pulgadas.

El material debe estar compactado a diferentes porcentajes, para poder lograr esto se compactan 3 muestras en 3 cilindros por separado. Las muestras deben ser compactadas a 10, 30 y 65 golpes con el martillo descrito anteriormente. El propósito de este procedimiento es obtener distintos grados de compactación.

A continuación, se procede a sumergir en agua las muestras compactadas en los cilindros por un período de 72 horas, tomando medidas de hinchamiento a cada 24 horas.

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

El CBR es expresado como un porcentaje del esfuerzo determinado para hacer penetrar el pistón a 0,1 y 0,2 pulgadas en una muestra de piedra triturada.

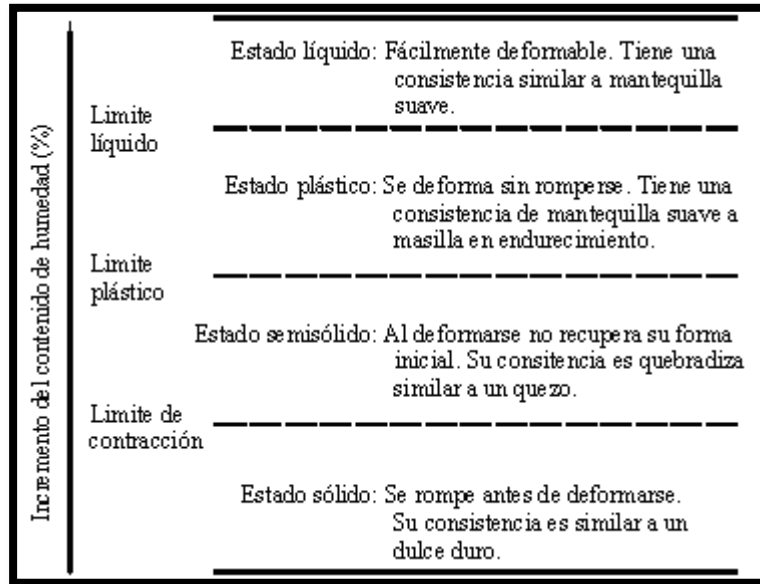
Los resultados del ensayo realizado indican que el suelo posee un valor soporte de 42,40 % a un grado de compactación de 95 %, lo cual indica que el suelo posee excelentes condiciones para una base.

#### **2.1.5.5. Ensayo de límites de Atterberg**

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. Para obtener estos límites se requiere manipular la muestra de suelo modificando su estructura original y por ello es que una descripción del suelo en sus condiciones naturales es absolutamente necesaria y complementaria.

Para realizar los límites de Atterberg se trabaja con todo el material menor que el tamiz # 40 (0,42 mm). Esto quiere decir, que no solo se trabaja con la parte final del suelo, la que pasa el tamiz # 200 (0,074 mm), sino que se incluye igualmente la fracción de arena fina.

Figura 6. **Consistencia del suelo según al contenido de humedad**



Fuente: CAMPOS RODRIGUEZ, Jorge. *Apoyo didáctico al aprendizaje de la asignatura mecánica de suelos II CIV-219*. p 43.

### 2.1.5.5.1. Límite líquido

Es el punto de paso del estado líquido al estado plástico, y se mide por la cantidad de agua que contiene un material en el momento que pierde la fluidez y la capacidad de escurrir como un líquido denso. Ya que no existe una separación clara entre los estados de consistencia semilíquido, plástico y semisólido, se ha ideado el procedimiento estándar para la determinación de este límite; el cual se denomina método mecánico el que ideó *Casagrande* y también denominado *Copa de Casagrande*.

Se determina midiendo la humedad y el número de golpes necesarios para cerrar en una determinada longitud una ranura de un determinado ancho mediante un aparato normalizado.

El resultado para este ensayo fue de 31,0 %. El suelo se describe como arcilla con arena color café oscuro.

#### **2.1.5.5.2. Límite plástico**

Es el punto de paso del estado plástico al estado de semisólido, y se mide por la cantidad de agua que contiene un material en el momento que pierde la plasticidad y que no puede ser modelado. Este ensayo se realiza con un cilindro de suelo de 1/8" de diámetro, rodándolo con la palma de la mano sobre una superficie lisa.

#### **2.1.5.5.3. Índice de plasticidad**

El índice de plasticidad (IP), es la diferencia entre los límites líquido y plástico, es decir, el rango de humedad dentro del cual el suelo se mantiene plástico.

Clasificación de la plasticidad de un suelo:

- IP = 0, suelo no plástico
- IP = entre 0 y 7, suelo con baja plasticidad
- IP = entre 7 y 17, suelo con plasticidad media
- IP = mayor de 17, suelo altamente plástico

Según el resultado del ensayo de límites de Atterberg, el suelo tiene un índice plástico de 10,30 %, por lo que se define como un suelo con plasticidad media y se clasifica como CL, esta clasificación indica que es fracción fina del suelo que posee propiedades de plasticidad.

#### **2.1.6. Diseño geométrico**

Cuando se define la geometría de una vía el objetivo principal debe ser diseñar una carretera que reúna las características apropiadas, con dimensiones y alineamientos tales que su capacidad resultante satisfaga la demanda del proyecto, dentro del marco de la viabilidad y económica.

Con base en el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras y a las especificaciones de la Dirección General de Caminos, se establecen valores mínimos que se deben cumplir con el diseño, no obstante, existen tramos del alineamiento en los cuales no es posible cumplir esos criterios, debido a la topografía del terreno, construcciones aledañas y derechos de vía cedidos a lo largo del tramo, en consecuencia, se deberán de utilizar las características geométricas más razonables y adecuadas.

Según las características topográficas de la superficie que atravesará la carretera se consideran los siguientes tipos de terreno:

- Terreno plano: este tipo de terreno posee pendientes transversales al eje de la vía menores de 5°. requieren un mínimo movimiento de tierras durante la construcción, lo cual implica menores gastos para la ejecución del proyecto.
- Terreno ondulado: posee pendientes transversales al eje de la vía entre 6° y 13°. Demandan movimientos moderados de tierra, lo que permite

alineamientos más rectos, sin mayores dificultades en el trazado y en la explanación.

- Terreno montañoso: posee pendientes transversales al eje de la vía entre 13° y 40°. requieren grandes movimientos de tierra, lo cual incrementa de gran manera los costos de ejecución del proyecto, además, de dificultar el diseño de alineamientos horizontales y verticales aceptables.

En la tabla II se observa la clasificación de los terrenos en función de las pendientes naturales.

Tabla II. **Clasificación de los tipos de terreno**

Tipo de terreno	Rango de pendientes P(%)
Llano o plano	$P \leq 5$
Ondulado	$5 > P \leq 15$
Montañoso	$15 > P \leq 30$

Fuente: SIECA. *Manual Centroamericano de normas para el Diseño Geométrico de Carreteras* 2011, p 116.

Para el diseño de la calle principal de la aldea El Carmen, se determinó como una carretera tipo E y una clasificación de terreno montañoso, por lo que corresponde una velocidad de diseño de 30 Km/h, según las clasificaciones y parámetros establecidos en la tabla II de la Dirección General de Caminos (DGC).

Tabla III. Clasificación y características geométricas de las carreteras

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LAS CARRETERAS EN ESTADO FINAL												
T.P.D.	CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO (K.P.H.)	ANCHO DE CALZADA (m)	ANCHO DE TERRACERÍA		DERECHO DE VIA (m)	RADIO MÍNIMO (m)	PENDIENTE MÁXIMA (m)	DISTANCIA VISIB PARADA *		DISTANCIA VISIB PASO	
				CORTE (m)	RELLENO (m)				MÍNIMA (m)	RECOMEN (m)	MÍNIMA (m)	RECOMEN (m)
3000 A	TIPO "A"		2 * 7.20	25.00	24.00	50.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	100					375	3	160	200	700	750
5000	ONDULADAS	80					225	4	110	150	520	550
	MONTAÑOSAS	60					110	5	70	100	350	400
	TIPO "B"		7.20	13.00	12.00	25.00						
1500 A	REGIONES:											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
3000	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
	TIPO "C"		6.50	12.00	11.00	25.00						
	REGIONES:											
900 A	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
500 A	TIPO "D"		6.00	11.00	10.00	25.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
900	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
	TIPO "E"		5.50	9.50	8.50	25.00						
100 A	REGIONES:											
	LLANAS	50					75	8	55	70	260	300
	ONDULADAS	40					47	9	40	50	180	200
500	MONTAÑOSAS	30					30	10	30	35	110	150
	TIPO "F"		5.50	9.50	8.50	15.00						
	REGIONES:											
10 A	LLANAS	40					47	10	40	50	180	200
	ONDULADAS	30					30	12	30	35	110	150
	MONTAÑOSAS	20					18	14	20	25	50	100

<b>ESTRUCTURAS:</b>	CARGA	H-15-S-12	<b>NOTAS:</b>
	ALTURA LIBRE	4.75 m	
	ANCHO RODADURA	7.90 m	1) T.P.D.: Promedio de Tráfico Diario
<b>ESFUERZOS UNITARIOS</b>	CONCRETO CLASE "A"		2) La sección típica para carreteras tipo "A", incluye isla central de 1.5 m de ancho.
	ACERO DE REFUERZO		3) Las características de las estructuras son generales para todos los tipos de carretera, con excepción de la tipo "A", en donde el ancho es doble.
	ACERO ESTRUCTURAL		4) La calidad de la capa de recubrimiento para calzada podrá ser para carreteras Tipo "A": Hormigón, Concreto asfáltico (caliente o frío) o tratamiento superficial Múltiple; para tipo "B" y "C" Concreto asfáltico (frío o caliente) o tratamiento superficial doble; para tipo "D": Trat. Sup. Doble; para tipo "E", Trat. Sup. Simple, y para tipo "F": Recubrimiento de material selecto.
	* DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA= LONGITUD MÍNIMA DE CURVA VERTICAL		
Fuente: Dirección General de Caminos			

Fuente: Dirección General de Caminos. *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes. Guatemala; DGC 2001. p 501.*



En la tabla III se encuentran los valores límites recomendados para las características de las carreteras en estado final, tales como velocidad de diseño, ancho de calzada, radios mínimos, pendientes máximas, entre otros. Todos estos valores se encuentran establecidos en función de la topografía natural del terreno, pero principalmente del Tránsito Promedio Diario (TPD), el cual se definirá en la sección del diseño de la estructura del pavimento.

#### **2.1.6.1. Alineamiento horizontal**

El alineamiento horizontal está compuesto por tramos rectos, curvas circulares y curvas de grado de curvatura variable que permiten una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares o viceversa o también entre dos curvas circulares de curvatura diferente.

Este alineamiento debe comprender los requerimientos mínimos especificados en función de la velocidad y topografía del terreno, sin embargo, debido a la topografía altamente accidentada que conforma la mayor parte del municipio de Santa Catarina Pinula, no se cumple las especificaciones mínimas, por lo tanto, se diseña con los más adecuados criterios razonables.

##### **2.1.6.1.1. Curva**

Las curvas horizontales son arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes inmediatas. Existen dos tipos de curvas horizontales, simples (solo una curva circular) o compuestas (formadas por dos o más curvas circulares simples, de diferente radio y sentidos opuestos o no).

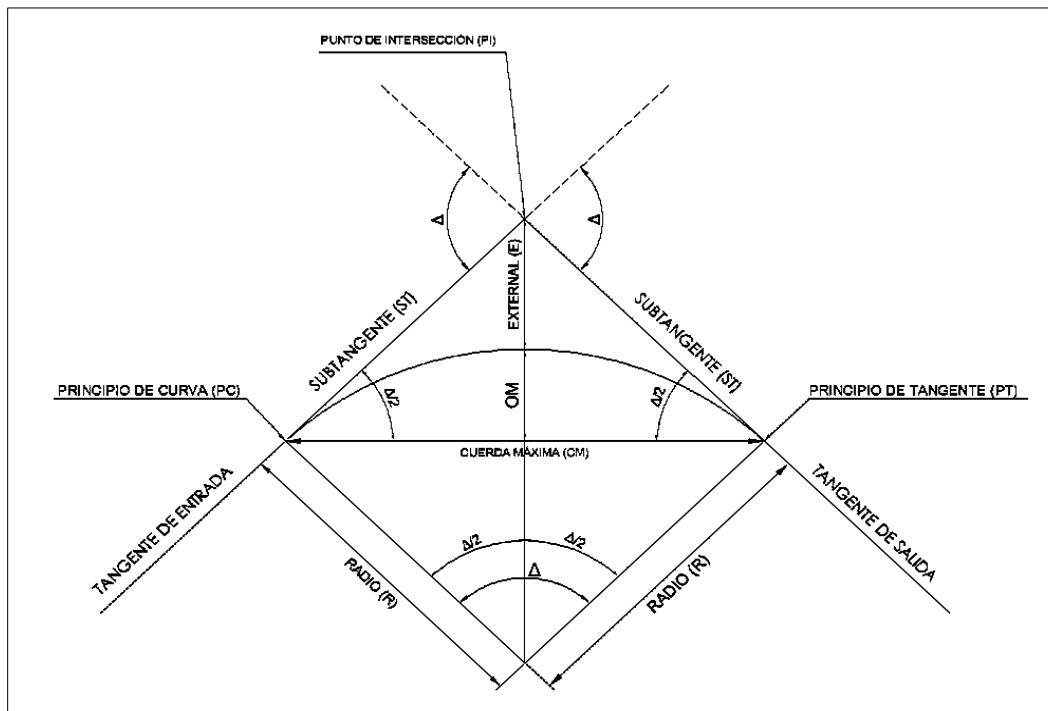
### 2.1.6.1.2. Tangente

Es una proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen a determinada curva.

### 2.1.6.1.3. Elementos de una curva horizontal

Las curvas horizontales están compuestas por varios elementos los cuales tienen valores ya establecidos, mientras otros se rigen estrictamente por la topografía obtenida con base al levantamiento.

Figura 7. Elementos de curva circular



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Donde:

PC = punto de principio de la curva horizontal  
PI = punto de intersección de curva horizontal  
PT = punto de principio de tangente horizontal  
E = externa  
OM = ordenada media  
R = radio de la curva  
ST = subtangente  
LC = longitud de curva  
CM = cuerda máxima  
 $\Delta$  = ángulo de deflexión

A continuación, se definen los distintos elementos que integran una curva circular horizontal:

- Grado de curvatura (G)

Es el ángulo definido por un arco de 20 metros de longitud sobre una circunferencia. Su máximo valor es el que permite recorrer con seguridad la curva con el peralte máximo a la velocidad de diseño.

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

Donde:

$G$  = grado de curvatura

$R$  = radio de la curva

- Ángulo de deflexión ( $\Delta$ )

Ángulo subtendido por la curva circular. En las curvas circulares simples es igual a la deflexión o cambio de dirección entre las tangentes.

- Longitud de curva (LC)

Es la longitud del arco entre el PC hasta el PT.

$$LC = \frac{20\Delta}{G}$$

Donde:

$LC$  = longitud de la curva

$G$  = grado de la curvatura

$\Delta$  = azimut de entrada menos azimut de salida

- Subtangente (ST)

Es la distancia entre el PC y el PI o entre el PI y el PT, en curvas circulares simples forman un ángulo de 90 grados con el radio.

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

Donde:

$ST$  = subtangente

$R$  = radio de la curva

$\Delta$  = azimut de entrada menos azimut de salida

- Cuerda máxima (CM)

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

$$CM = 2R \operatorname{sen}\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

Donde:

$CM$  = cuerda máxima

$R$  = radio de la curva

$\Delta$  = azimut de entrada menos azimut de salida

- Externa (E)

Es la distancia mínima entre el PI y el punto medio de la curva.

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

Donde:

$E$  = externa

$R$  = radio de la curva

$\Delta$  = azimut de entrada menos azimut de salida

- Ordenada media (OM)

Es la longitud desde el punto medio de la curva y el punto medio de la cuerda máxima.

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

Donde:

$OM$  = ordenada media

$R$  = radio de la curva

$\Delta$  = azimut de entrada menos azimut de salida

#### **2.1.6.1.4. Curvas circulares compuestas**

Son curvas conformadas por dos o más curvas circulares simples consecutivas, tangentes en un punto común y con sus centros al mismo lado de la tangente común. El punto de tangencia común se llama punto de curvatura compuesta.

En el caso del diseño de la calle principal de la aldea El Carmen se utilizaron este tipo de curvas debido a que estas son de gran utilidad para lograr que la vía se ajuste mejor al terreno, ya que a lo largo de todo el tramo existen construcciones aledañas y derechos de vía ya cedidos, además, de terrenos montañosos donde pueden necesitarse dos, tres o más curvas simples de diferente radio.

#### **2.1.6.1.5. Radio mínimo**

El radio mínimo de una curva horizontal es el valor más bajo que proporciona la seguridad al transitar a una velocidad de diseño dada en función del tipo de carretera, esto basado en los lineamientos de la Dirección General de Caminos (DGC).

Cuando se utilizan curvas con radios menores al mínimo establecido exigirá peraltes que sobrepasen los parámetros máximos de funcionamiento de un automóvil. Consecuentemente, la curvatura constituye un valor de mucha importancia en el diseño del alineamiento.

#### **2.1.6.1.6. Curvas de transición**

Este tipo de curvas unen al tramo de la tangente con la curva circular en forma gradual, tanto como para el desarrollo del peralte, como para el del sobre ancho. A lo largo de la curva de transición, se desarrolla el cambio en el valor del radio de curvatura, desde el infinito en la tangente hasta llegar al radio de la curva circular. Las variaciones de la curvatura y la aceleración centrífuga son constantes a lo largo de las mismas.

Las curvas de transición ajustan la alineación recta con la parte circular aumentando la seguridad, al favorecer la maniobra de entrada en la curva y la permanencia de los vehículos en su propio carril.

#### **2.1.6.1.7. Peralte**

El peralte es la inclinación que se le da a la rasante de una carretera en los tramos en curva del alineamiento horizontal para contrarrestar parcialmente

el efecto de la fuerza centrífuga que actúa sobre un vehículo en movimiento y lo desvía radialmente hacia afuera de su trayectoria.

En la tabla V se encuentra los valores de peralte recomendados en función de la longitud de espiral que debe aplicarse para los diferentes grados de curvatura. Para una velocidad de diseño de 30 Km/h y un grado de curvatura (G) de  $12^\circ$ , corresponde una longitud de espiral (Ls) de 19 metros.





### 2.1.6.1.8. Sobreancho

El sobreancho tiene la función en la curva horizontal de posibilitar el tránsito de vehículos con seguridad y comodidad, esto debido a que el vehículo en una curva ocupa un ancho mayor que el espacio ocupado en tangente. Para efectos de cálculo del sobre ancho se asume que  $R'$ , el radio de la trayectoria del vuelo delantero exterior es aproximadamente igual al radio  $R$  de la curva al eje, entonces:

$$Sa = R - \sqrt{R^2 - L_v^2}$$

Donde:

$Sa$  = sobreancho

$R$  = radio de la curva

$L_v$  = longitud total del vehículo

Dado que el diseño geométrico para la carretera está basado en los lineamientos de la Dirección General de Caminos, se consideran los sobreanchos propuestos en la tabla VI, donde se muestran los valores para diferentes velocidades de diseño.

Para un grado de curvatura  $G$  de  $12^\circ$  y una velocidad de diseño de 30 kilómetros por hora, corresponde un sobre ancho ( $Sa$ ) de 1,10 metros.

Tabla V. Valores de diseño para sobrecanchos

ANCHO CALZADA			VALORES DE DISEÑO PARA SOBRECANCHOS DE PAVIMENTO EN CURVAS PARA CARRETERAS DE DOS VIAS																				
VELOCIDADES	TÍPICA "E" 5.30					TÍPICA "C" 6.30																	
	30	40	50	60	70	TÍPICA "D" 6.00					TÍPICA "B" 7.20												
															40	50	60	70	80	90	100	110	120
1°	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60				
2°	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60				
3°	0.60	0.60	0.70	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60				
4°	0.60	0.70	0.70	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60				
5°	0.70	0.70	0.80	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60				
6°	0.80	0.80	0.90	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60				
7°	0.80	0.90	1.00	0.70	0.80	0.80	0.90												0.6				
8°	0.90	1.00	1.00	0.80	0.80	0.90													0.60				
9°	0.90	1.00	1.10	0.80	0.90	1.00													0.60				
10°	1.00	1.10	1.20	0.90	1.00	1.10													0.60				
11°	1.00	1.10	1.20	0.90	1.00	1.00													0.60				
12°	1.10	1.20	1.30	1.00	1.10														0.60				
13°	1.10	1.20	1.30	1.00	1.10														0.60				
14°	1.20	1.30	1.40	1.10	1.20														0.60				
15°	1.20	1.40	1.50	1.20	1.20														0.60				
16°	1.30	1.40		1.20															0.60				
17°	1.30	1.50		1.30															0.60				
18°	1.40	1.50		1.30															0.60				
19°	1.40	1.60		1.40															0.60				
20°	1.50	1.60		1.40															0.60				
21°	1.50	1.70		1.50															0.60				
22°	1.60	1.70		1.50															0.60				
23°	1.60	1.80		1.60															0.60				
24°	1.70	1.80		1.60															0.60				
25°	1.70			1.60															0.60				
26°	1.80			1.60															0.60				
27°	1.80			1.60															0.60				
28°	1.90			1.60															0.60				
29°	1.90			1.60															0.60				
30°	2.00			1.60															0.60				
31°	2.00			1.60															0.60				
32°	2.10			1.60															0.60				
33°	2.10			1.60															0.60				
34°	2.20			1.70															0.60				
35°	2.20			1.70															0.60				
36°	2.30			1.80															0.60				
37°	2.30			1.80															0.60				
38°	2.40			1.90															0.60				

Fuente: Dirección General de Caminos.

### 2.1.6.1.9. Ejemplo de cálculo de elementos de curva horizontal

Se utilizará la curva núm. 11 para el ejemplo de los elementos geométricos horizontales del diseño de la calle principal de la aldea El Carmen.

Datos:

$$\text{Radio elegido} = 100 \text{ m}$$

$$\text{Deflexión } (\Delta) = 28^\circ 01' 57,36''$$

$$\text{Estación de inicio} = 0+681,05$$

$$\text{Estación de finalización} = 0+729,98$$

$$G = \frac{1145,9156}{100} = 11,45^\circ = 12^\circ;$$

$$G = 12^\circ$$

$$LC = \frac{20(28^\circ 01' 57,36'')}{11,45} = 48,93 \text{ m};$$

$$LC = 48,93 \text{ m}$$

$$ST = 100 \tan\left(\frac{28^\circ 01' 57,36''}{2}\right) = 24,96 \text{ m};$$

$$ST = 24,96 \text{ m}$$

$$CM = 2 * 100 \operatorname{sen}\left(\frac{28^\circ 01' 57,36''}{2}\right) = 48,43 \text{ m};$$

$$CM = 48,44 \text{ m}$$

$$E = \frac{100}{\cos\frac{28^\circ 01' 57,36''}{2}} - 100 = 3,07 \text{ m};$$

$$E = 3,07 \text{ m}$$

$$OM = 100 * \left( 1 - \cos \frac{28^\circ 01' 57,36''}{2} \right) = 2,97m; \quad OM = 2,97m$$

Tabla VI. **Resumen de elementos geométricos del diseño de alineamiento horizontal**

No. de curva	Radio	Longitud de curva	Sub tangente	Externa	G°	Deflexión (Δ)	Ordenada máxima	Cuerda máxima
C1	20	40,50	32,02	17,76	57,30	116° 01' 43,68"	9,41	33,93
C2	65	26,43	13,40	1,37	17,63	23° 17' 45,24"	1,34	26,25
C3	50	51,09	28,03	7,32	22,92	58° 32' 58,56"	6,39	48,90
C4	35	32,90	17,78	4,26	32,74	53° 51' 48,24"	3,80	31,70
C5	500	16,67	8,34	0,07	2,29	01° 54' 36,72"	0,07	16,67
C6	255	69,07	34,75	2,36	4,49	15° 31' 13,08"	2,34	68,86
C7	200	50,97	25,62	1,64	5,73	14° 36' 4,32"	1,62	50,83
C8	55	40,39	21,16	3,93	20,83	42° 04' 36,84"	3,67	39,49
C9	25	30,35	17,36	5,44	45,84	69° 33' 54"	4,47	28,52
C10	15	23,44	14,88	6,13	76,39	89° 32' 42,36"	4,35	21,13
C11	100	48,93	24,96	3,07	11,46	28° 01' 57,36"	2,98	48,44
C12	100	43,72	22,21	2,44	11,46	25° 02' 52,80"	2,38	43,37
C13	60	42,06	21,91	3,82	19,10	39° 35' 56,76"	3,60	41,23
C14	35	43,66	25,18	8,12	32,74	71° 28' 25,32"	6,59	40,88
C15	65	34,76	17,83	2,47	17,63	31° 31' 43,68"	2,38	34,33
C16	100	31,79	16,03	1,28	11,46	18° 12' 58,68"	1,26	31,66
C17	100	35,81	18,10	1,63	11,46	20° 31' 01,92"	1,60	35,62
C18	140	31,11	15,62	0,86	8,19	12° 38' 27,96"	0,86	31,05
C19	300	33,94	16,99	0,48	3,82	06° 28' 56,28"	0,48	33,92

Fuente: elaboración propia.

### **2.1.6.2. Alineamiento vertical**

Cuando se proyecta sobre un plano vertical las distintas elevaciones del eje de la carretera, se consigue el alineamiento vertical o perfil del eje de la carretera. Sobre este alineamiento se representa el perfil del terreno natural, así como el perfil terminado del eje de la carretera al cual se le da el nombre de rasante. El perfil del eje terminado de terracería es conocido como subrasante.

#### **2.1.6.2.1. Tangentes verticales**

Las tangentes verticales se caracterizan por su longitud y su pendiente y se confinan por dos curvas verticales sucesivas. La longitud de la tangente es la distancia medida horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente. La pendiente de una tangente vertical se puede definir como la diferencia de nivel y la distancia horizontal entre dos puntos de la misma, esta se expresa en porcentaje (%).

#### **2.1.6.2.2. Subrasante**

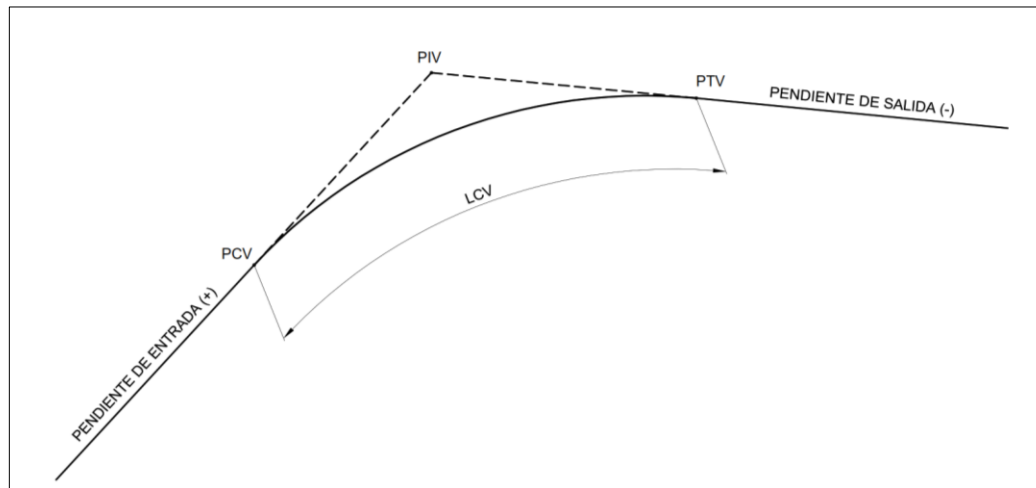
Se define como la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras, ya sea en corte o relleno, sobre la cual se coloca la estructura del pavimento.

#### **2.1.6.2.3. Curvas verticales**

El principal objetivo de una curva vertical es suavizar los cambios de las pendientes en el alineamiento vertical, a lo largo de la longitud de dicha curva se genera el cambio gradual de la pendiente de entrada a la a pendiente de

salida, este proceso debe cumplir una serie de características adecuadas como apariencia, comodidad y drenaje.

Figura 8. **Elementos de curva vertical**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Donde:

PIV = punto de intersección de curva vertical

PCV = principio de curva vertical

PTV = principio de tangente vertical

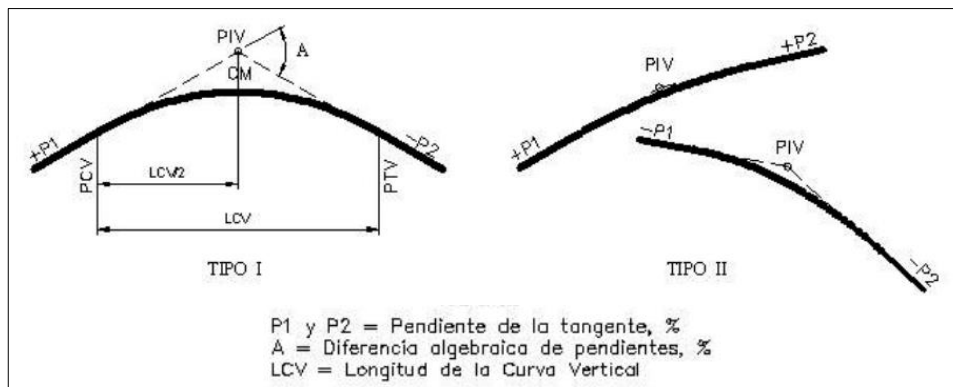
LCV = longitud de curva vertical

La pendiente de entrada y pendiente de salida de las tangentes podrán ser positiva (+) o negativa (-) dependiendo del tipo de curva que acoplen. Existen dos tipos de curvas verticales, curvas cóncava o columpio y convexa o cresta, se definen a continuación:

#### 2.1.6.2.4. Curvas verticales convexas o crestas

Este tipo de curvas se diseñan de acuerdo a un valor dado de visibilidad para la velocidad de diseño, estas deben contribuir a la estética del trazo, cumplir con valor de seguridad confort y apariencia.

Figura 9. Tipos de curva vertical convexa o cresta



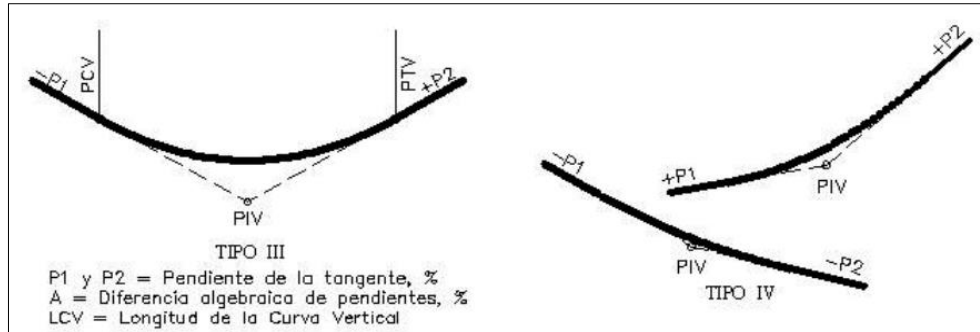
Fuente: SIECA. *Manual Centroamericano de normas para el Diseño Geométrico de Carreteras*, 2011. p. 123.

#### 2.1.6.2.5. Curvas verticales cóncavas o columpio

Este tipo de curvas se diseñan de acuerdo a la distancia máxima que alcanzan a iluminar los faros del vehículo de diseño, también se toman en cuenta factores de comodidad en la conducción, drenaje y condiciones estéticas.



Figura 10. Tipos de curva vertical cóncava o columpio



Fuente: SIECA. *Manual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras*, 2011, p 123.

#### 2.1.6.2.6. Criterios para el diseño de curvas verticales

- Criterio de comodidad: se utilizan en curvas verticales cóncavas, en donde la fuerza centrífuga que surge en el vehículo al cambiar de dirección se suma el peso propio del vehículo.

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

$$A = P_s - P_e$$

Donde:

$K$  = relación entre la longitud de la curva y la diferencia algebraica de pendientes.

$V$  = velocidad de diseño

$A$  = diferencia de pendientes

$LCV$  = longitud de curva vertical

$P_e$  = pendiente de entrada

$P_s$  = pendiente de salida

- Criterio de apariencia: se emplea en el proyecto en curvas verticales con visibilidad completa, o sea a las curvas cóncavas, para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.

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

- Criterio de drenaje: este criterio se aplica tanto para curvas cóncavas como para curvas convexas, cuando están en área de corte. La pendiente en cualquier punto de la curva debe ser tal que el agua pueda escurrir fácilmente.

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

- Criterio de seguridad: se aplica en curvas verticales cóncavas o convexas. La longitud de curva debe ser mayor o igual a la distancia de visibilidad de parada.

$$LCV = KA$$

- Distancia de visibilidad de parada: es la mínima distancia requerida para que se detenga un vehículo que viaja, antes de que impacte un objeto inmóvil que se encuentra en su trayecto.

En la tabla VIII se muestran los distintos valores de constante de visibilidad  $K$  y las distancias mínimas recomendadas de visibilidad de parada en función de las velocidades de diseño.

Tabla VII. **Valores de distancia visibilidad de parada y constante K**

Velocidad de Diseño KPH	Distancia de Visibilidad de Parada (m)	Constante de Curvatura Vertical K	
		Cóncava	Convexa
20	20	3	1
30	35	6	2
40	50	9	4
50	65	13	7
60	85	18	11
70	105	23	17
80	130	30	26
90	160	38	39
100	185	45	52
110	220	55	74
120	250	63	95

Fuente: SIECA. *Manual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras*, 2011, p. 125, 127.

De acuerdo a los valores proporcionados por la tabla VIII la distancia de visibilidad de parada para el proyecto de la calle el caminero de la aldea Carmen es de 35,0 metros. El valor correspondiente para la curva cóncava es de 6 y para curva convexa es de 2.

### 2.1.6.2.7. Correcciones de curvas verticales

Se definen como la distancia desde la línea de la subrasante hacia la curva de diseño, el valor en el principio y final de la curva geométrica es de cero, al igual que su valor máximo en el punto de intersección vertical.

Para realizar las correcciones en las curvas verticales se debe calcular la ordenada media de la siguiente manera:

$$OM = \frac{(P_s - P_e) * LCV}{800}$$

Donde:

$OM$  = ordenada media

$P_e$  = pendiente de entrada

$P_s$  = pendiente de salida

$LCV$  = longitud de curva vertical

Para corregir cualquier punto en una curva vertical se utiliza la fórmula siguiente:

$$Y_{est} = \frac{(P_s - P_e) * L^2}{200 * LCV}$$

Donde:

$P_s$  = pendiente de salida

$P_e$  = pendiente de entrada

$LCV$  = longitud de curva vertical

$Y_{est}$  = corrección en cualquier punto de la curva

$L$  = distancia horizontal desde PCV o PTV al punto donde se hará la corrección.

#### **2.1.6.2.8. Ejemplo de cumplimiento de criterios para el diseño de curvas verticales**

Para este ejemplo se toma como base la curva núm. 1 del diseño de la calle principal de la aldea El Carmen, el cual fue elaborado con la asistencia del programa AutoCAD Civil 3D versión 2016.

Datos de curva vertical núm. 1:

Velocidad de diseño: 30 *km/h*

Tipo de curva: cóncava

Contante  $K$  permitida según tabla VII: 6

Velocidad de diseño: 30 *km/h*

Estación PIV: 0+53,91

Elevación PIV: 1 197,84

$P_e$  = -10,86 %

$P_s$  = 13,37 %

$LCV$  = 70,0 m

- Criterio de comodidad:

$$A = 13,37 \% - (-10,86 \%) = 24,23 \%$$

$$K = \frac{LCV}{A} \geq \frac{V^2}{395} = \frac{70}{24,23} \geq \frac{(30)^2}{395} = 2,76 \geq 2,28$$

Sí cumple

- Criterio de apariencia:

$$K = \frac{LCV}{A} \geq 30 = \frac{70}{24,23} \geq 30 = 2,76 \not\geq 30$$

No cumple

- Criterio de drenaje:

$$K = \frac{LCV}{A} \leq 43 = \frac{70}{24,23} \leq 43 = 2,76 \leq 43$$

Sí cumple

- Criterio de seguridad:

$$LCV = KA = 6,0 \times 24,23 = 145,38 \text{ m}$$

No cumple

### 2.1.6.2.9. Ejemplo de corrección de curvas verticales

Para la corrección de curvas verticales se toma de ejemplo del mismo modo la curva núm. 1, la cual se compone de los siguientes datos:

$$P_e = -10,86 \%$$

$$P_s = 13,37 \%$$

$$LCV = 67,0 \text{ m}$$

$$EST \text{ PCV} = 0+20,45 \text{ m}$$

$$EST \text{ PIV} = 0+53,91 \text{ m}$$

$$\text{Elevación PIV o subrasante} = 1 \ 197,84 \text{ m}$$

- Cálculo de estaciones y elevaciones en subrasante

$$Estación \text{ PCV} = PIV - \frac{LCV}{2} = (0 + 53,91) - \frac{67}{2} = 20,41$$

$$Estación \text{ PTV} = PIV - \frac{LCV}{2} = (0 + 53,91) + \frac{67}{2} = 87,41$$

$$Elevación \text{ PCV} = 1 \ 197,84 - (-0,1086)(53,91 - 20,41) = 1 \ 201,48$$

$$Elevación \text{ PTV} = 1 \ 197,84 + (0,1337)(87,41 - 53,91) = 1 \ 202,31$$

$$Elevación \ 0 + 40 = 1 \ 197,84 - (-0,1086)(53,91 - 40,00) = 1 \ 199,35$$

$$Elevación \ 0 + 60 = 1 \ 197,84 + (0,1337)(60,00 - 53,91) = 1 \ 198,65$$

$$Elevación \ 0 + 80 = 1 \ 197,84 + (0,1337)(80,00 - 53,91) = 1 \ 201,32$$

- Cálculo de correcciones

$$Y_{est} = \frac{(13,37 - -10,86) * (40 - 20,41)^2}{200 * 67} = 0,693$$

$$OM = \frac{(13,37 - -10,86) * 67}{800} = 2,029$$

$$Y_{est} = \frac{(13,37 - -10,86) * (87,41 - 60)^2}{200 * 67} = 1,359$$

$$Y_{est} = \frac{(13,37 - -10,86) * (87,41 - 80)^2}{200 * 67} = 0,099$$

Tabla VIII. **Resumen de corrección de subrasante, curva núm. 1**

Estación	Elemento	Pendiente	Elevación Subrasante	Corrección	Subrasante corregida
0+20,41	PCV	-10,86	1 201,48	0,000	1 201,48
0+40,00			1 199,35	0,693	1 200,04
0+53,91	PIV		1 197,84	2,029	1 199,87
0+60,00		13,37	1 198,65	1,359	1 200,01
0+80,00			1 201,32	0,099	1 201,42
0+87,41	PTV		1 202,31	0,000	1 202,31

Fuente: elaboración propia.

Las tablas de correcciones de subrasante correspondientes a las demás curvas verticales se encuentran en el apéndice 1.

En la tabla X se resumen todos los valores de los elementos geométricos que conforman cada una de las curvas verticales que componen el diseño del proyecto de la calle principal de la aldea el Carmen.

Dentro del alineamiento vertical para este proyecto existen valores que no cumplen con los criterios establecidos, esto es debido a la necesidad de



adaptarse de la mejor manera posible a la topografía de la zona, lo cual impidió cumplir a cabalidad con cada uno de los parámetros, no obstante, los valores no difieren de gran manera a los recomendados.

Tabla IX. **Resumen de diseño de alineamiento vertical**

<b>Núm. de curva vertical</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Estación PCV</b>	0+020,45	0+544,30	0+615,11	0+837,07	1+283,38	1+403,46
<b>Elevación PCV</b>	1 201,48	1 263,38	1 268,43	1 303,89	1 340,61	1 358,14
<b>Pe (%)</b>	-10,86	13,37	3,08	21,69	5,21	20,76
<b>Ps (%)</b>	13,37	3,08	21,69	5,21	20,76	2,70
<b>A</b>	24,23	10,29	18,61	16,48	15,55	18,06
<b>Tipo de curva</b>	Cóncava	Convexa	Cóncava	Convexa	Cóncava	Convexa
<b>LCV</b>	70,00	55,00	135,00	165,00	95,00	60,00
<b>K de visibilidad</b>	2,76	5,41	7,33	9,91	6,12	3,08
<b>Criterio de comodidad</b>	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
<b>Criterio de apariencia</b>	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple
<b>Criterio de drenaje</b>	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
<b>Criterio de seguridad</b>	No Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple	Si Cumple
<b>EST PIV</b>	0+053,91	0+572,14	0+683,27	0+918,78	1+330,94	1+433,11
<b>Elevación PIV subrasante</b>	1 197,84	1 267,11	1 270,53	1 321,62	1 343,09	1 364,30
<b>OM</b>	2,029	-0,720	3,175	-3,368	1,847	-1,343
<b>Estación PTV</b>	0+087.38	0+599.97	0+751.44	1+000.49	1+378.49	1+462.75
<b>Elevación PIV Subrasante Corregida</b>	1,199.87	1,266.39	1,273.71	1,318.25	1,344.91	1,362.96
<b>Elevación PTV</b>	1,202.31	1,267.96	1,285.32	1,325.88	1,352.96	1,364.75

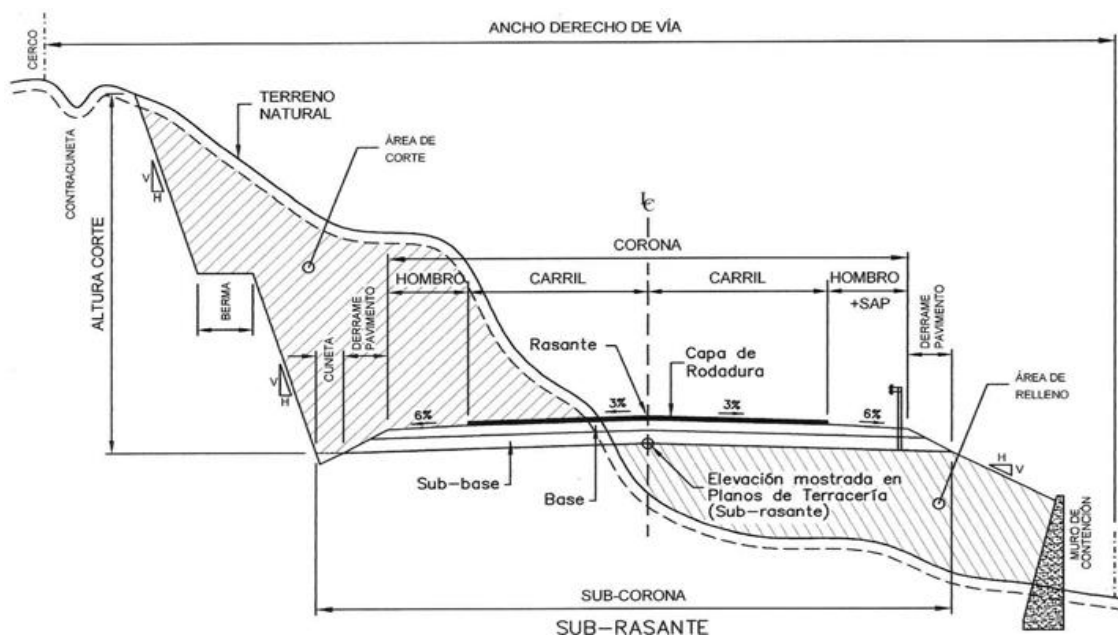
Fuente: elaboración propia.

### 2.1.6.3. Sección transversal de carretera

La sección transversal de una carretera define las características geométricas en función de un plano vertical a la superficie en donde se encuentra el eje de la misma.

En la figura 11 se observan los elementos fundamentales que componen una sección de carretera tales como: corona, cunetas, taludes, entre otros.

Figura 11. Sección típica de carretera



Fuente: SIECA. *Manual Centroamericano de normas para el Diseño Geométrico de Carreteras*, 2011, p 138.

### **2.1.6.3.1. Elementos de una sección transversal de carretera**

- Corona

Conocida también con el nombre de plataforma es la superficie visible de la carretera y su ancho se compone de los siguientes elementos:

- Ancho de calzada: es el área destinada para la circulación de los vehículos, y está compuesta por uno, dos o más carriles. Para el diseño de la calle principal de la aldea El Carmen, se contarán con dos carriles de circulación en sentidos opuestos y un ancho de calzada promedio es de 5,50 metros.
- Hombros: los hombros o bermas son los espacios de la carretera contiguos a los carriles de circulación, su función principal es proteger la estructura del pavimento y sus capas inferiores, ya que sin estos se afectarían por la erosión y la inestabilidad. Poseen otras funciones como:
  - Permiten paradas casuales de los vehículos.
  - Ofrecen espacios adicionales para maniobras de los vehículos en caso emergencia.
  - Proporcionan un espacio libre para la instalación de señales verticales de tránsito.

En el caso específico del proyecto de pavimentación para la calle principal de la aldea El Carmen, la carretera no contará con

hombros, esto debido al reducido espacio del ancho de calzada disponible para la calle.

- Cunetas: es un canal o conducto abierto cuya función es la de conducir las aguas pluviales. Las cunetas se construyen paralelamente a la carretera, con el fin de drenar las aguas de lluvia que llega desde la superficie de la carretera y taludes. Existen varios tipos de cunetas, tales como: trapezoidal, triangular, tipo L, circulares, entre otras, estas están en función de la capacidad hidráulica requerida para las mismas.

Para dicho proyecto se utilizarán cunetas tipo triangular, el diseño de estas se presenta más adelante en la sección de diseño de cunetas.

- Elementos auxiliares como:
  - Bordillo: los bordillos se construyen paralelamente a la carretera o también seguidamente de cunetas, su función principal es la de delimitar el borde del pavimento, control de drenaje y definir el borde de las banquetas.
  - Banqueta: son elementos que se construyen al lado de los carriles y su función específica es la circulación de peatones. Se recomienda construir banquetas en calles que carezcan de hombros, lo cual es el caso de la calle principal de la aldea el Carmen.

- Defensa o barreras de contención: estas barreras tienen la finalidad de minimizar los daños de accidentes potenciales que comprenden vehículos que salen de la calzada.
- Señalización e iluminación: estos son elementos visibles principalmente de noche, fundamentales para manejar de manera segura y mantener alerta a los automovilistas de variaciones en la ruta de la carretera.

Para la señalización de la calle de la aldea el Carmen se tienen contempladas franjas de pintura termoplástica con esferas reflectivas, además de vialetas tanto para el centro y laterales de la vía.

- Taludes

Estos son la superficie inclinada de terracería que delimitan los volúmenes de corte o relleno. Sus caras visibles muestran la inclinación de los cortes y relleno a lo largo de la vía de la carretera. Para el diseño de estos se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Estabilidad estructural: esta depende de la naturaleza del material del cual está compuesto el talud.
- Causas climáticas: lluvia excesiva, cambios bruscos de frío y calor, movimientos telúricos debidos a sismos o terremotos.
- Apariencia: dependiendo de su altura y tipo de material se deben incluir gradas con planos casi horizontales para prevenir derrumbes.

Para el diseño de la carretera de la calle principal de la aldea El Carmen no fue necesaria la realización de taludes.

### **2.1.7. Movimiento de tierras**

El movimiento de tierra es una actividad constructiva muy frecuente en la ejecución de la infraestructura vial. Se definen como todas aquellas acciones que se realizan para variar o modificar la topografía existente de un área determinada, con el fin de adaptarla al proyecto previamente diseñado.

Para los movimientos destinados a obras viales se realizan grandes modificaciones de la topografía, lo cual conlleva al movimiento de grandes volúmenes de tierra (cortes y rellenos).

#### **2.1.7.1. Cálculo de volúmenes de movimiento de tierra**

La exactitud de los métodos de cálculo en el movimiento de tierra es relativa, generalmente la magnitud del error es despreciable cuando se compara con los grandes volúmenes de trabajo. El volumen del movimiento de tierra se realiza en función de las secciones transversales de la carretera por el método del prismoide y por el método de las secciones extremas.

- Método del prismoide: adopta este nombre ya que la forma del cálculo que se forma entre dos secciones transversales consecutivas se asimila a un prisma, es decir, un sólido limitado por dos caras planas paralelas. La fórmula del prismoide será:

$$V = \frac{d}{6}(A_1 + A_2 + 4A_m)$$

Donde:

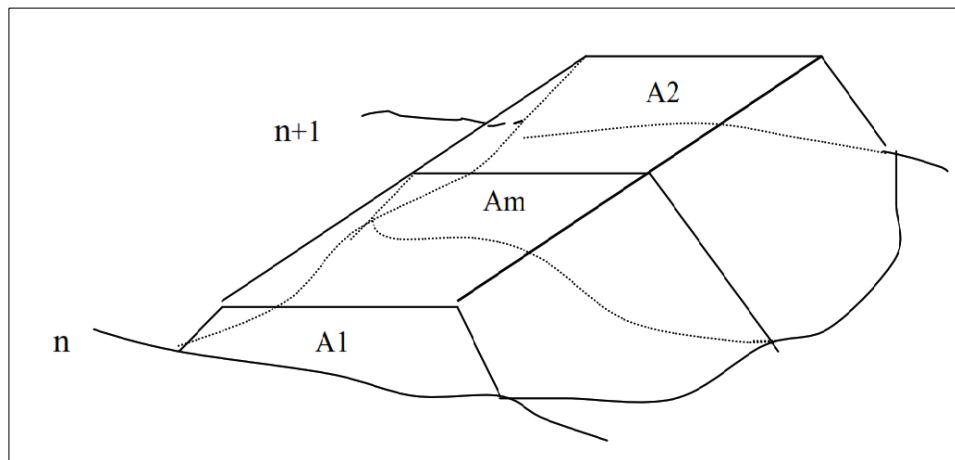
$V$  = volumen de excavación ( $m^3$ )

$A_m$  = área media ( $m^2$ )

$A_1$  y  $A_2$  = área de sección transversal  $n$  y  $n+1$  ( $m^2$ )

$d$  = distancia entre las bases (m)

Figura 12. **Volumen por el método prismoide**



Fuente: ORTA AMARO, Pedro A., *Tecnología de Construcción de las Explanaciones*, p. 21.

- Método por secciones: este método se utiliza cuando dos secciones transversales no experimentan un cambio brusco del terreno. En este método se presentan tres casos básicos:
- Cuando dos secciones transversales contiguas ya sea en corte o en relleno, el volumen de tierra entre ambas se calcula de la siguiente manera:

$$V = \left( \frac{A_c + A_r}{2} \right) \times d$$

Donde:

$V$  = volumen de excavación ( $m^3$ )

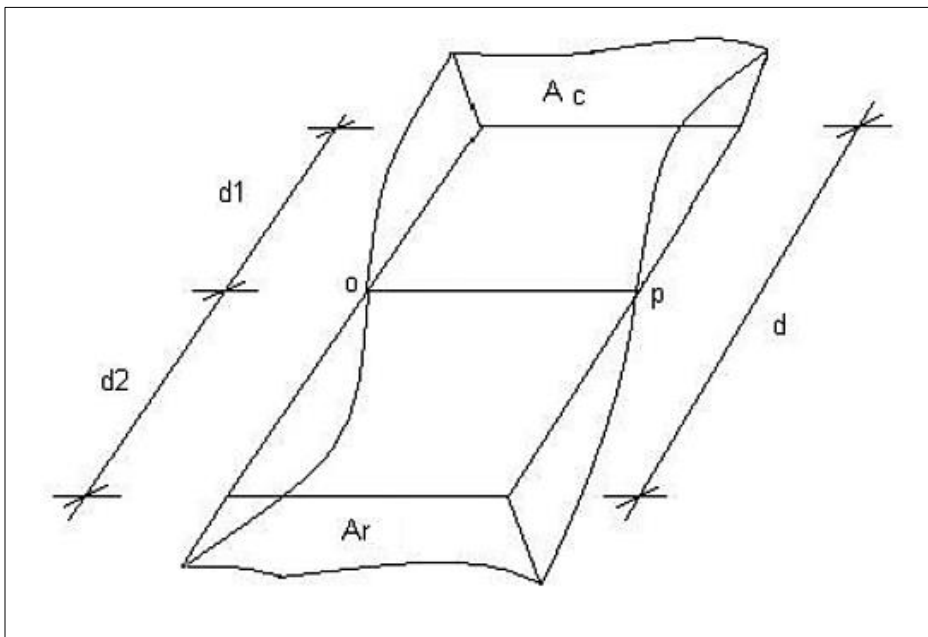
$A_c$  = área de corte ( $m^2$ )

$A_r$  = área de relleno ( $m^2$ )

$d$  = distancia entre las bases (m)

- Cuando una de las secciones transversales está en corte y la consecutiva está en relleno:

Figura 13. **Sección transversal en corte y relleno consecutivo**



Fuente: ORTA AMARO, Pedro A., *Tecnología de Construcción de las Explanaciones*, p. 23.



$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{A_r}{A_c}$$

Donde:

$$d = d_1 + d_2$$

De acuerdo a la figura 13 en la línea o-p se produce el cambio de corte a relleno, por lo tanto, su área es igual a cero.

Debido a esto el volumen de relleno en metros cúbicos compactados se define con la siguiente ecuación:

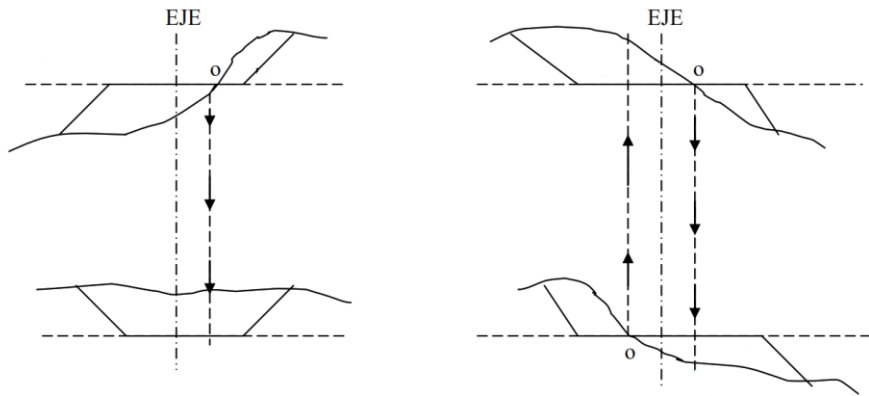
$$V_r = \frac{d}{2} \times \frac{(A_r)^2}{A_r + A_c}$$

El volumen de corte en metros cúbicos naturales se expresa de la siguiente manera:

$$V_c = \frac{d}{2} \times \frac{(A_c)^2}{A_r + A_c}$$

- Cuando ambas secciones transversales consecutivas se encuentran a media ladera o una a media ladera y la otra en corte o relleno, como lo muestra la figura 14.

Figura 14. **Tipos de secciones transversales**



Fuente: ORTA AMARO, Pedro A., *Tecnología de Construcción de las Explanaciones*, p. 24.

Para el tercer caso del método por secciones se deberá subdividir las áreas de las secciones a partir de los puntos de cambio de corte a relleno, para poder aplicar las ecuaciones de los incisos a y b.

Para el diseño de la calle principal de la aldea El Carmen se utilizó el programa de computadora AutoCAD Civil3D 2016, calculando las secciones transversales a cada 20 metros en tangentes y en curvas a cada 10 metros.

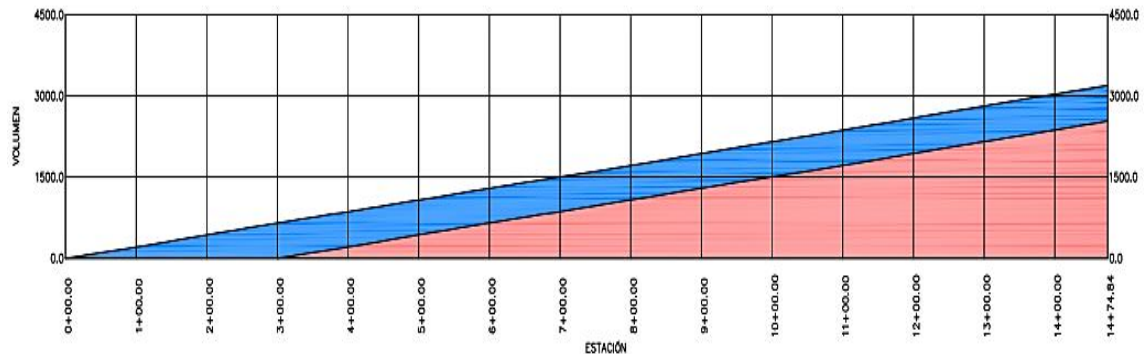
Las tablas de volúmenes de corte y relleno, además de las secciones transversales se encuentran en el apéndice 5.

### 2.1.7.2. **Balance y diagrama de masas**

Los valores de balance se obtienen a través de la multiplicación de los volúmenes de corte acumulado y el factor de contracción, y se les resta el volumen de relleno calculado. Con este valor se forma una curva que, al

combinarse con el diseño de las líneas de balance, permiten calcular las cantidades últimas del movimiento de tierra propuesto para el proyecto.

Figura 15. **Diagrama de masas**



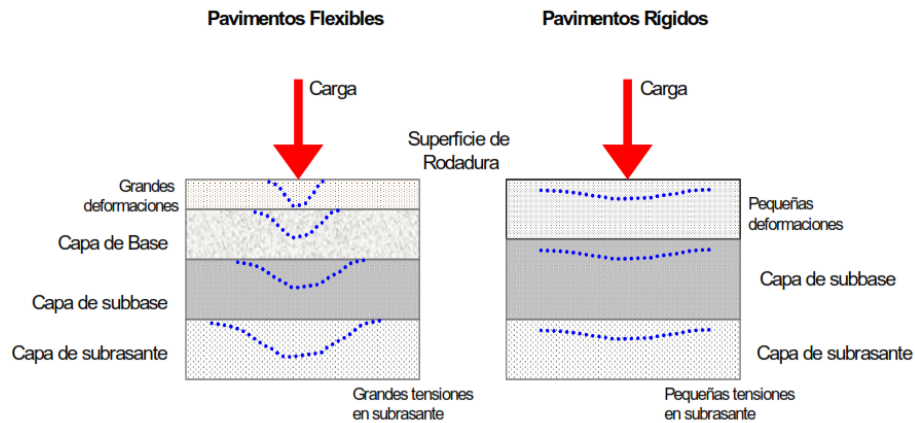
Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD Civil 3D 2016.

### 2.1.8. **Diseño del pavimento**

El pavimento se define como el conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a las capas inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente.

El propósito del pavimento es absorber y luego disipar las cargas vehiculares de manera que no afecten el comportamiento de la subrasante. Los pavimentos se dividen en flexibles y rígidos. Estos se comportan de manera muy distinta al aplicárseles una carga, tal como puede observarse en la figura 16.

Figura 16. **Comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos**



Fuente: SIECA. *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos*. 2002. p. 93.

En el caso de los pavimentos rígidos, debido a la solidez de la superficie de rodadura, se genera una adecuada distribución de las cargas, proporcionando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante.

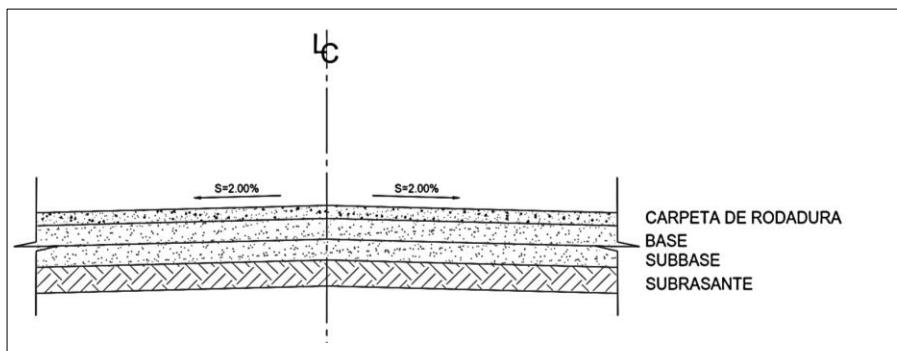
En un pavimento flexible sucede todo lo contrario, la superficie de rodadura posee una menor rigidez y consistencia por lo cual se deforma de mayor manera y se producen mayores tensiones en la subrasante.

Para el proyecto de diseño de la pavimentación para la calle principal de la aldea El Carmen se utilizará como carpeta de rodadura pavimento asfáltico, debido a esto, se definirá a detalle todo respecto al diseño de pavimentos flexibles.

### 2.1.8.1. Pavimentos flexibles

Este tipo de pavimento está conformado por una carpeta de rodadura bituminosa apoyada sobre dos capas no rígidas, la base y subbase, que a la vez están superpuestas sobre la subrasante. Los pavimentos flexibles tienden a deflectarse dependiente de las cargas vehiculares que se apliquen sobre él.

Figura 17. Conformación de un pavimento flexible



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

En la figura 17 se puede observar la sección típica de un pavimento la cual representa gráficamente un corte transversal en el cual se muestran una proyección vertical de las pendientes de bombeo, espesores, dimensiones y composición de la estructura del pavimento.

### 2.1.8.2. Diseño de pavimento asfáltico de acuerdo a Norma AASHTO 93

Según las Normas de la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes o por sus siglas en inglés AASHTO, en su versión del año 1993, define el procedimiento a seguir para el diseño estructural del

pavimento flexible de una carretera. La norma establece que la superficie o carpeta de rodamiento se solventa con concreto asfáltico y tratamientos superficiales, dado que se establece que estas estructuras soportarán niveles significativos de tránsito.

La finalidad principal de esta normativa es proyectar una estructura multicapa económicamente satisfactoria que sea capaz de servir como soporte a la rodadura de los vehículos durante un tiempo de vida útil mínimo, sin que los materiales que la componen ni las capas de suelo inferiores se deformen de gran manera.

### **2.1.8.3. Consideraciones de diseño del pavimento flexible según la ASSHTO-93**

El diseño de pavimentos emplea la aplicación práctica de la mecánica de pavimentos; la cual tiene como objetivo principal definir los materiales y espesores de las capas que lo constituyen, siendo ambos aspectos los que determinarán sus características estructurales a corto y largo plazo.

A continuación, se detallan los criterios que se deben tomar en cuenta según la Norma AASHTO-93 en el diseño de pavimentos flexibles, los cuales fueron implementados para el proyecto de pavimentación para la calle principal de la aldea El Carmen.

- Período de diseño
- Tránsito
- Criterio de serviciabilidad
- Propiedades de los materiales
- Drenaje

#### 2.1.8.4. Período de diseño

Existen dos etapas que se deben considerar en función del tiempo y son las siguientes:

- 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 adecuado para que las condiciones del medio se comiencen a afectar de una forma desmedida.
- La vida útil del pavimento: es aquel tiempo que transcurre entre la construcción del pavimento y el instante en que alcanza el mínimo de serviciabilidad.

El período de diseño y la vida útil de un pavimento pueden llegar a ser de igual duración; en los casos en que se consideren rehabilitaciones a lo largo del tiempo, el período de diseño comprende varios períodos de vida útil que son: el de pavimento original y el de las rehabilitaciones.

Tabla X. **Período de diseño para distintos tipos de carretera**

TIPO DE CARRETERA	PERÍODO DE DISEÑO
Urbana con altos volúmenes de tránsito	30-50 años
Interurbana con altos volúmenes de tránsito	20-50 años
Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito	15-25 años
Revestida con bajos volúmenes de tránsito	10-20 años

Fuente: SIECA. *Manual Centroamericano de normas para el Diseño Geométrico de Carreteras regionales*. 2001. p. 143.

Debido a que la calle principal de la aldea El Carmen comunica dos poblados o comunidades distintas se clasifica como una carretera interurbana, por lo tanto, el período de diseño para dicha calle será de 20 años.

#### **2.1.8.5. Tránsito**

El diseño de un pavimento está en función del efecto del daño que produce el paso de un eje con una carga, además de su resistencia a un determinado número de cargas aplicadas durante su vida útil. El tránsito comúnmente está compuesto de vehículos de diferente peso y número de ejes, debido a esto, y para efectos de cálculo se les convierte en un número de ejes equivalentes de 80 *KN* o 18 *kips*<sup>2</sup>, por lo que se le denominará Equivalent simple axial load o ESAL (ejes equivalentes).

- Volúmenes de tránsito

Es necesario conocer el número de vehículos que transitan en un punto dado para diseñar la estructura de un pavimento. Para esto se realizan estudios de volúmenes de tránsito, con el fin de determinar la composición y volumen de tránsito en un sistema de carreteras.

En los estudios se definen también el número de vehículos que transitan en cierta zona o que circulan dentro de ella, además de evaluar índices de accidentes, proyectar sistemas de control de tránsito y establecer prioridades y técnicas de construcción. Dentro de estas consideraciones también es necesario conocer las tasas de crecimiento o incremento anual del tránsito y la distribución por dirección en cada sentido del camino.



- Tránsito promedio diario anual, TPDA

Uno de los factores de mayor importancia en el diseño de carreteras es el volumen del tránsito promedio diario anual, conocido en forma abreviada como TPDA, se define como el volumen total de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera en un período de tiempo determinado, que es mayor de un día y menor o igual a un año, dividido por el número de días comprendido en dicho período de medición.

El TPDA de la calle principal de la aldea El Carmen según el estudio realizado es de 100-500; el mismo fue establecido después de realizar un aproximado de la cantidad de vehículos que circulan por esta vía.

- Ejes equivalentes

Las diferentes cargas que actúan sobre un pavimento producen diferentes tensiones y deformaciones en el mismo; Para tomar en cuenta esta diferencia, el volumen de tránsito se transforma en un número equivalente de ejes de una determinada carga, que a su vez producirá el mismo daño que toda la composición de tránsito mixto de los vehículos. Esta carga uniformizada según AASHTO es de 80 kN o 18 Kips y la conversión se hace a través de los Factores Equivalentes de Carga LEF (*load equivalent factor*).

- Factor camión

Los factores equivalentes de carga (LEF) dan una manera de expresar los niveles equivalentes de daño entre ejes, pero también es conveniente expresar el daño en términos del deterioro producido por un vehículo en particular, es decir los daños producidos por cada eje de un vehículo son sumados para

determinar el daño producido por el vehículo total. Así nace el concepto de Factor de Camión (FC) que se define como el número de ESAL por vehículo.

Este factor de camión puede ser computado para cada clasificación general de camiones o para todos los vehículos comerciales como un promedio para una configuración de tránsito dada. Es más exacto considerar factores de camión para cada clasificación general de camiones.

Para el cálculo de cargas equivalentes se utilizará el factor camión para el análisis del tránsito en el diseño de la calle principal de la aldea El Carmen.

#### **2.1.8.6. Índice de serviciabilidad**

Es un valor de apreciación con el cual se valúan las condiciones de deterioro o confort de la superficie de rodadura de un pavimento. Este índice varía en un rango de 5 para pavimentos en excelente estado, a 0 para pavimentos en pésimas condiciones. Se calcula de la siguiente manera:

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

Donde

$\Delta PSI$  = índice de serviciabilidad

$P_o$  = índice de serviciabilidad inicial

$P_t$  = índice de serviciabilidad final

Los valores que se recomiendan dependiendo del tipo de pavimento son los siguientes:

Índice de serviciabilidad inicial:

$$P_o = 4,5 \text{ para pavimentos rígidos}$$

$$P_o = 4,2 \text{ para pavimentos flexibles}$$

Índice de serviciabilidad final:

$$P_t = 2,5 \text{ para caminos muy importante}$$



















$$P_t = 2,0 \text{ para caminos de transito menor}$$

Para la pavimentación de la calle principal de la aldea El Carmen el índice de serviciabilidad inicial  $P_o = 4,2$  debido a que es un pavimento flexible y el índice de serviciabilidad final  $P_t = 2,0$ , dado que es una calle con tránsito moderado, por lo tanto, el índice de serviciabilidad es igual a:

$$\Delta PSI = 4,2 - 2,0$$

$$\Delta PSI = 2,2$$

Figura 18. Clasificación de vehículos

TIPO DE VEHICULO		Núm. de Ejes	ESQUEMAS		
			PERFIL	PLANTA	
VEHICULOS LIGEROS	Automoviles	2			Ap
	Camionetas				A <sub>c</sub>
VEHICULOS PESADOS	Autobuses	2			B
	Camiones	2			C2
					C3
		3			T2 - S1
					T2 - S2
					T3 - S2
		5			T2 - S1 R2

Fuente: Dirección General de Caminos. *Secciones típicas. Departamento de Carreteras.*

p. 110.

En la figura 18 se puede observar la simbología propuesta por la Dirección General De Caminos para cada tipología de vehículo, según el número de ejes que posee cada uno de ellos.

Los vehículos que transitan por la calle principal de la aldea El Carmen según estudios realizado son: Ap, Ac, B, C2, y C3.

De acuerdo al reglamento para el control de pesos y dimensiones de vehículos automotores de carga y sus combinaciones de la Dirección General de Caminos se especifican los pesos por eje:

Tabla XI. **Pesos máximos permitidos por eje**

TIPO DE EJE	PARA OTROS VEHÍCULOS	PARA VEHÍCULOS TIPO B, C2 Y C3	UNIDAD
Eje simple	12	11	Ksi
Eje simple rueda doble	22	20	Ksi
Eje Doble (tándem) Tipo A	36	35	Ksi
Eje Doble (tándem) Tipo B	26	16	Ksi
Eje Triple Tipo A		44	Ksi
Eje Triple Tipo B		37	Ksi

Fuente: Dirección General de Caminos. *Reglamento para el Control de Pesos y Dimensiones de Vehículos Automotores de Carga y sus Combinaciones*. p. 5

Tomando como base los pesos máximos permitidos por eje de la tabla XII, se proponen las siguientes cargas, por eje direccional (eje delantero), y por eje de tracción (eje trasero):

Tabla XII. **Cargas propuestas por vehículo en análisis**

Tipo de vehículos	Carga en eje direccional kips	Carga eje de tracción kips	Carga total Kipps
Ap	2	2	4
Ac	4	6	10
C2	10	20	30
C3	10	32	42
B	10	10	20

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples,  $P_t = 2,0$**

Carga p/eje (kips) <sup>6</sup>	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002
6	0.009	0.012	0.011	0.010	0.009	0.009
8	0.03	0.035	0.036	0.033	0.031	0.029
10	0.075	0.085	0.090	0.085	0.079	0.076
12	0.165	0.177	0.189	0.183	0.174	0.168
14	0.325	0.338	0.354	0.350	0.338	0.331
16	0.589	0.598	0.613	0.612	0.603	0.596
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
26	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
28	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
32	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
34	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
36	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
38	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
40	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
42	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
44	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
46	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
48	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
50	113.	108.	97.	86.	81.	82.

Fuente: AASHTO *Guía para el diseño de estructuras de pavimento*, 1993, tablas D-1 a D-18. p. 85.

Para determinar el número de ejes equivalentes de 18 Kips, se asumirá un valor de número estructural (SN) para ejes simples, tomando como base el índice de serviciabilidad final propuesto de  $P_t = 2,0$ . De acuerdo a la tabla XIV se asume un número estructural inicial para los factores de camión de  $SN = 4$ .

Tabla XIV. **Cálculo de ejes equivalentes de 18 kips, en carga simple**

Tipo de Vehículos	Carga en Eje Direccional Kips	Carga Eje de Tracción Kips	Factor Por Eje Direccional	Factor Por Eje De Tracción	Factor Camión
Ap	2	2	0,0002	0,0002	0,0004
Ac	4	6	0,002	0,01	0,012
C2	10	20	0,085	1,55	1,635
C3	10	32	0,085	11,50	11,585
B	10	10	0,085	0,085	0,17

Fuente: elaboración propia.

En la segunda y tercera columna de izquierda a derecha se encuentran los valores propuestos de carga por cada eje.

En la cuarta y quinta columna se colocan los factores encontrados en la tabla XIV, con base al número estructural asumido y las cargas por eje propuestas. En la última columna se encuentran los valores del factor camión como resultado de la suma de cada factor entre la columna cuarta y quinta.

- Crecimiento de tránsito

En la tabla XVI, se tiene el porcentaje de la tasa anual de crecimiento vehicular y el período de diseño de la estructura de pavimento, que para el caso de la calle principal de la aldea El Carmen será de 20 años, con lo cual se obtiene el factor de crecimiento de tránsito. Hay que tener presente que el porcentaje de la tasa anual de crecimiento de vehículos propuesto en la tabla XV, se puede cambiar utilizando diferentes porcentajes, dependiendo del tipo de vehículo que se considere que va a aumentar o disminuir más que los otros.

Tabla XV. Factores de crecimiento de tránsito

Período de análisis (años)	Factor sin Crecimiento	Tasa de crecimiento anual ( g ) (en %)						
		2	4	5	6	7	8	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.0	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.0	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.0	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.0	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.0	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.0	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.0	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.0	17.29	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.0	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.0	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.0	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.0	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	25.0	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35
30	30.0	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	164.49
35	35.0	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

Fuente: Tabla D-20 AASHTO. *Guía para el diseño de estructuras de pavimento*, 1993.

Según el estudio realizado en el tramo interesado se obtiene la tabla XVII, donde se presentan los valores propuestos para la tasa de crecimiento vehicular además de la cifra de cada tipo de vehículo contabilizado.



Tabla XVI. **Distribución de tránsito para diseño de carretera**

TIPO DE VEHÍCULOS	NO. DE VEHÍCULOS	TASA DE CRECIMIENTO %
Ap	3 071	6
Ac	750	4
C2	122	2
C3	3	2
B	51	2
<b>Total Vehículos</b>	<b>3 997</b>	

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se presenta en la tabla XVIII el cálculo de ESAL's, en la cual se describen los valores particulares del factor de camión en función del factor de carga equivalente.

Tabla XVII. **Cálculo de ESAL's de diseño**

Tipo de vehículos	No. De vehículos	Factor de crecimiento	Tránsito de diseño	Factor camión	ESAL's de diseño
Ap	3 071	36,79	41 238 462,85	0,0004	16 495,39
Ac	750	29,78	8 152 275,00	0,012	97 827,30
C2	122	24,30	1 082 079,00	1,635	1 769 199,17
C3	3	24,30	26 608,50	11,585	308 259,47
B	51	24,30	452 344,50	0,17	76 898,57
				<b>TOTAL</b>	<b>2 268 679,89</b>

Fuente: elaboración propia.

En la segunda columna de izquierda a derecha se coloca la cantidad diaria de cada tipo de vehículo especificado y del cual se tenga el conteo correspondiente.

Seguidamente en la tercera columna se tienen los factores encontrados con ayuda de la tabla XVI, con base a la tasa de crecimiento propuesta para cada vehículo y el periodo de análisis que en este caso es de 20 años.

En la cuarta columna se coloca el producto de la segunda y tercera columna multiplicado por 365 (días del año).

En la quinta columna se coloca el factor camión, tabla XV, que depende de cada peso y configuración o tipo de camión (ejes simples, tándem o tridem) y los valores asumidos de índice de serviciabilidad final y el número estructural (SN para pavimentos flexibles).

Por último, la sexta columna es el producto de la cuarta y quinta columna, y la suma de esta columna es el número total de ESAL's para el diseño del pavimento considerado; el cual debe afectarse por el factor de distribución por dirección y el factor de distribución por carril, los cuales se definen a continuación:

- Factor de distribución por dirección (FD)

Es el factor del total del flujo vehicular censado, en la mayoría de los casos este valor es de 0,5; ya que la mitad de los vehículos va en una dirección y la otra mitad en la otra dirección.

Debido a que este es el caso de la calle principal de la aldea el Carmen se toma como factor de distribución el valor de:

$$FD = 0,50$$

- Factor de distribución por carril (FC)

Se define por el carril de diseño aquel que recibe el mayor número de ESAL's. Para un camino de dos carriles, cualquiera de las dos puede ser el carril de diseño, ya que el tránsito por dirección forzosamente se canaliza por ese carril. Para caminos de varios carriles, el de diseño será el externo, por el hecho de que los vehículos pesados van en ese carril.

Tabla XVIII. **Factor de distribución por carril (FC)**

Número de carriles en una sola dirección	Factor de distribución por carril (FC)
1	1,00
2	0,80-1,00
3	0,60-0,80
4	0,50-0,75

Fuente: AASHTO. *Guía para el diseño de estructuras de pavimento*, 1993.

Para la calle principal de la aldea El Carmen se tiene un carril en una dirección y el otro en sentido contrario, el factor de distribución por carril basados en la tabla XIX tiene un valor de:

$$FC = 1,00$$

- ESAL's por carril de tránsito

Se define como la multiplicación entre el ESAL's de diseño encontrado en la tabla XVIII y los factores por distribución y por carril.

$$\text{ESAL's por carril} = \text{ESAL's de diseño} \times FD \times FC$$

$$\text{ESAL's por carril} = (2,26 \times 10^6) \times 0,5 \times 1,00$$

$$\text{ESAL's por carril} = 1,13 \times 10^6$$

Este es el número de ESAL's que se utilizará para el diseño de la pavimentación de la calle principal de la aldea El Carmen.

### **2.1.8.7. Diseño de espesores**

Para el diseño de espesores la AASHTO contempla varios parámetros además de los desarrollados anteriormente, estos son los siguientes:

- Confiabilidad ( $R$ )
- Desviación estándar ( $S_o$ )
- Módulo de resiliencia ( $MR$ )
- Número estructural ( $SN$ )

#### **2.1.8.7.1. Confiabilidad ( $R$ )**

Se refiere al grado de seguridad de que una determinada alternativa de diseño alcance a durar, en la realidad, el tiempo establecido en el período seleccionado. La confiabilidad también puede ser definida como la probabilidad de que el número de repeticiones de cargas que un pavimento pueda soportar para alcanzar un determinado nivel de serviciabilidad, no sea excedida por el número de cargas que realmente estén siendo aplicadas sobre ese pavimento.

Tabla XIX. **Niveles recomendados de confiabilidad (R)**

Clasificación De La Vía	Urbana	Rural
Autopistas	85-99,9	80-99,9
Troncales	80-99	75-95
Locales	80-95	75-95
Ramales y vías agrícolas	50-80	50-80

Fuente: CORREDOR M., Gustavo. *Desarrollo de los métodos de diseño el experimento vial de la AASHO.* p. 51.

De acuerdo a los valores recomendados de la tabla XX se toma un valor para  $R=80$ , debido a que se adapta a las características de la calle principal de la aldea el Carmen.

#### **2.1.8.7.2. Desviación estándar (So)**

La confiabilidad y la desviación estándar tienen el mismo significado para pavimentos flexibles, es decir que se refiere al grado de certidumbre de que un dado diseño puede llegar al fin de su período de análisis en buenas condiciones. En cuanto al valor de la desviación estándar debe ser representativo de las condiciones locales. En la tabla XXI se recomiendan para uso general, pero estos valores pueden ser ajustados en función de la experiencia para uso local.

Tabla XX. **Valores recomendados para la desviación estándar (So)**

Condición de diseño	Desviación estándar
Variación de la predicción en el comportamiento del pavimento (sin error de tráfico)	0,25
Variación total en la predicción del comportamiento del pavimento y en la estimación del tráfico	0,35-0,50 (0,45 valor recomendado)

Fuente: CORREDOR M., Gustavo. *Desarrollo de los métodos de diseño el experimento vial de la AASHO*. p. 52.

De acuerdo a la tabla XXI se toma el valor recomendado para la desviación estándar de  $S_o=0,45$ .

### 2.1.8.7.3. Módulo de resiliencia ( $M_r$ )

El módulo de resiliencia efectivo (que tome en cuenta las variaciones a lo largo del año) de la subrasante ( $M_r$ ). El módulo de resiliencia es una medida de la propiedad elástica de los suelos que reconoce a su vez las características no lineales de su comportamiento. Convenientemente, se han reportado factores que pueden ser usados para estimar el módulo de resiliencia ( $M_r$ ) con el CBR, el valor R y el índice de suelo. Se han dado correlaciones para encontrar el valor del módulo de resiliencia ( $M_r$ ) como la siguiente relación:

$$M_r = 2,555 \times CBR^{0,64}$$

Donde

$Mr$  = módulo de resiliencia efectivo

$CBR$  = ensayo de razón Soporte California CBR al 95 % de compactación.

Para el cálculo del módulo de resiliencia de la subrasante se toma el valor más crítico obtenido en ensayo de capacidad soporte del suelo (CBR), adjunto en la sección de anexos, el cual tiene un valor de 28, al 95 % de compactación.

Para la base y subbase según las especificaciones generales para la Construcción de Carreteras y Puentes, de la Dirección General de Caminos (DGC) en su sección 300, indica un CBR mínimo para la subbase de 40 y 80 para la base, efectuado sobre muestra saturada, a 95 % de compactación determinada por el método AASHTO T-180.

$$Mr_{Subrasante} = 2,555 \times CBR^{0,64} = 2,555 \times (28)^{0,64} = 21,56 \text{ Ksi}$$

$$Mr_{Subbase} = 2,555 \times CBR^{0,64} = 2,555 \times (40)^{0,64} = 27,08 \text{ Ksi}$$

$$Mr_{base} = 2,555 \times CBR^{0,64} = 2,555 \times (80)^{0,64} = 42,21 \text{ Ksi}$$

Con base en el Manual Centroamericano de Normas para el diseño Geométrico de las carreteras regionales, SIECA, 2001, se toma un valor estándar para el módulo de resiliencia de la capa asfáltica de:

$$Mr_{capa\ asfáltica} = 400 \text{ Ksi}$$

Tabla XXI. **Valor del módulo de resiliencia de los materiales**

<b>Material</b>	<b>Módulo de resiliencia (Mr) (Ksi)</b>
Capa asfáltica	400
Base	42,21
Subbase	27,08
Subrasante	21,56

Fuente: elaboración propia.

#### **2.1.8.7.4. Número estructural (SN)**

La fórmula general que relaciona el número estructural (SN) con los espesores de capa es la siguiente:

$$SN = a_1 \times D_1 + a_2 \times m_2 \times D_2 + a_3 \times m_3 \times D_3$$

Donde:

$a_1, a_2, a_3$  = son los coeficientes estructurales o de capa, de la superficie de rodadura, base y subbase, respectivamente.

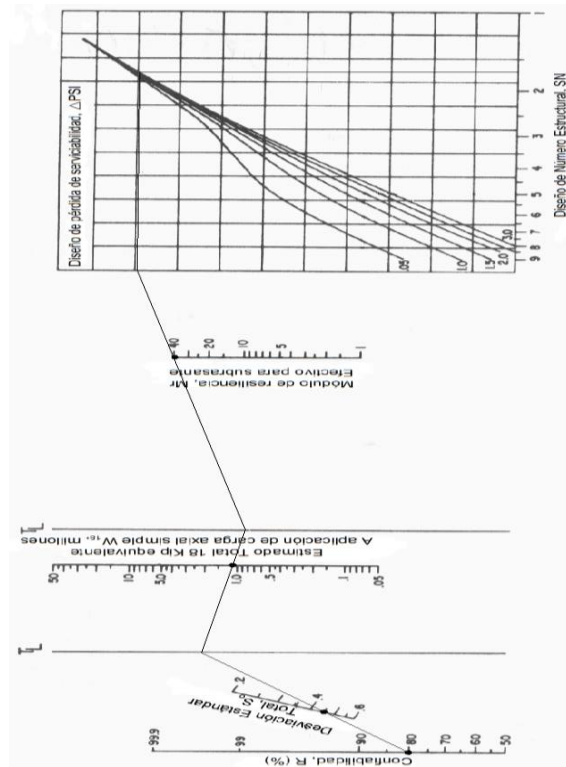
$m_2, m_3$  = son los coeficientes de drenaje para base y subbase.

$D_1, D_2, D_3$  = son los espesores de capa en pulgadas para la superficie de rodadura, base y subbase.



- Datos para el cálculo:
  - La cantidad estimada de ejes equivalentes (ESAL's):  $1,13 \times 10^6$ .
  - La desviación estándar pavimentos flexibles:  $S_o=0,45$ .
  - La confiabilidad (R) 80 %.
  - La pérdida de serviciabilidad:  $\Delta PSI=2,2$ .
  - Módulo de resiliencia con ayuda de la tabla XXII.

Figura 19. **Diseño de número estructural**



Fuente: *Guía para diseño de estructuras de pavimentos*, AASHTO, 1993.

De acuerdo a los módulos de resiliencia ( $M_r$ ) se obtienen los números estructurales de diseño (SN), utilizando el ábaco de la figura 19, de la siguiente forma:

- Comenzando en el lado izquierdo del ábaco, en donde dice confiabilidad R (%), se inicia con valor de  $R = 0,8$ .
- En la siguiente línea inclinada que dice desviación estándar ( $S_o$ ). Se marca el valor de  $S_o = 0,45$  y uniendo este punto con el de  $R = 0,80$  del punto anterior, se traza una línea que intercepte la siguiente línea en un punto que va a servir de pivote.
- En la siguiente línea vertical dice. Núm. total de ESAL's aplicados W18 (millones). en esta se encontró el valor de  $1,13 \times 10^6$  ESAL's = 1 en el ábaco; entonces uniendo el punto de pivote de la línea anterior con este nuevo punto, se encuentra otro punto pivote en la siguiente línea vertical.
- En la siguiente línea vertical que dice: módulo de resiliencia efectivo para la subrasante (ksi)., se encuentra el valor de  $M_r = 42,21 = 40$  que está en la tabla XXII para la base, se une el último punto pivote encontrado anteriormente y el valor de 40 en esta línea hasta encontrar la primera línea vertical izquierda del cuadro situado a la extrema derecha.
- De este punto de intersección, se continúa horizontalmente hasta encontrar la línea inclinada que corresponde a un valor de  $\Delta PSI = 2,2$  que es pérdida de serviciabilidad de diseño o  $\Delta PSI$ ., de este punto se baja a la línea inferior del cuadro en donde se encuentra el número estructural de diseño SN, que para este caso es de 1,48 (para proteger la base).

Tabla XXII. **Resumen de valores de número estructural**

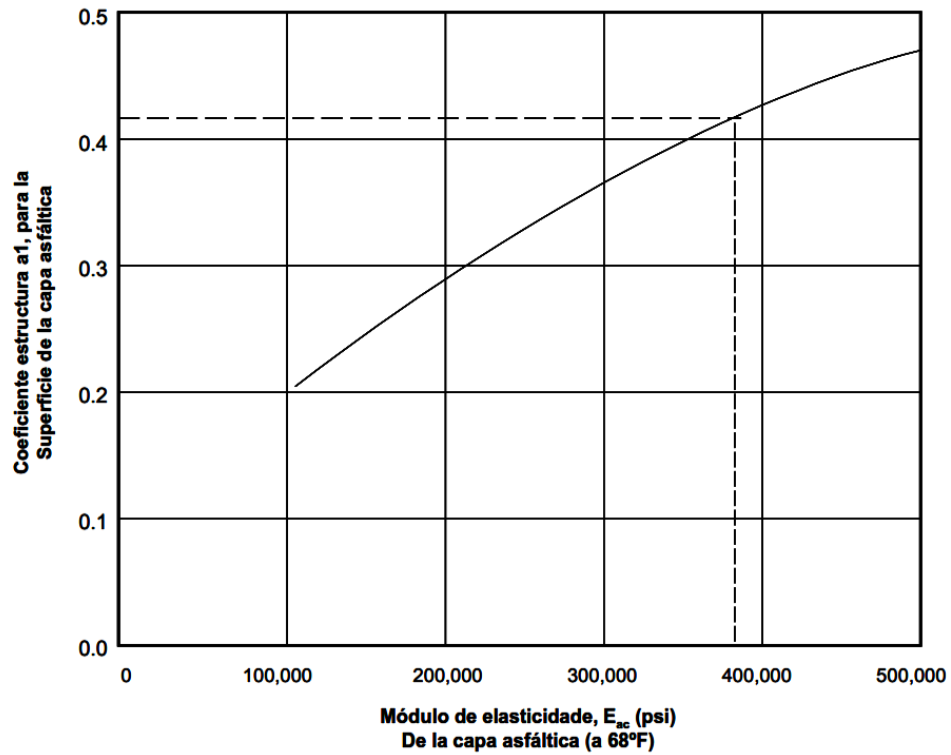
<b>CAPA</b>	<b>CBR</b>	<b>MR (KSI)</b>	<b>NO. ESTRUCTURAL</b>	<b>VALOR</b>
Sub-rasante	28	21,56	SN3	<b>2,80</b>
Sub-base	40	27,08	SN2	<b>2,30</b>
Base	80	42,21	SN1	<b>1,48</b>

Fuente: elaboración propia.

Para encontrar los valores de los coeficientes estructurales de capa ( $a_x$ ), se hace uso de las figuras siguientes en función del módulo elástico del concreto asfáltico y los módulos de resiliencia de la base y la subbase.

Para obtener el coeficiente estructural de capa  $a_1$  se hace uso de la figura 20, conociendo el valor de 400 000, de la capa asfáltica, se procede a encontrar el valor correspondiente en la gráfica,  $a_1 = 0,48$ .

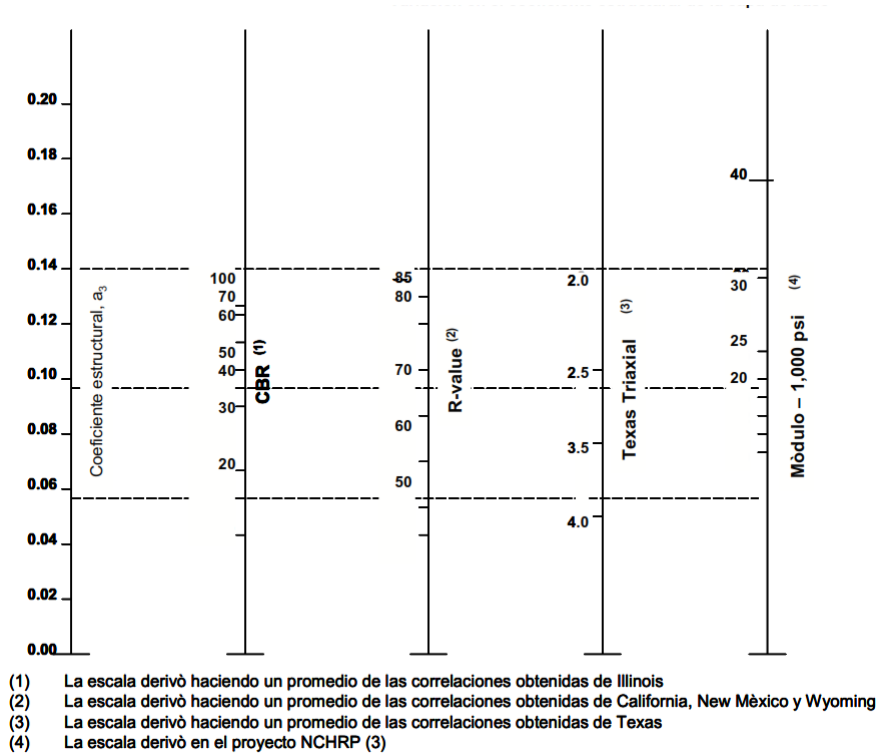
Figura 20. **Coefficiente estructural a partir del Módulo elástico del concreto asfáltico**



Fuente: *Guía para diseño de estructuras de pavimentos*, AASHTO, 1993.

Para tener el coeficiente de capa  $a_2$  de la capa base, se usa la figura 21, donde con los valores que se tienen se traza una línea de derecha a izquierda hasta encontrar la línea vertical del coeficiente.

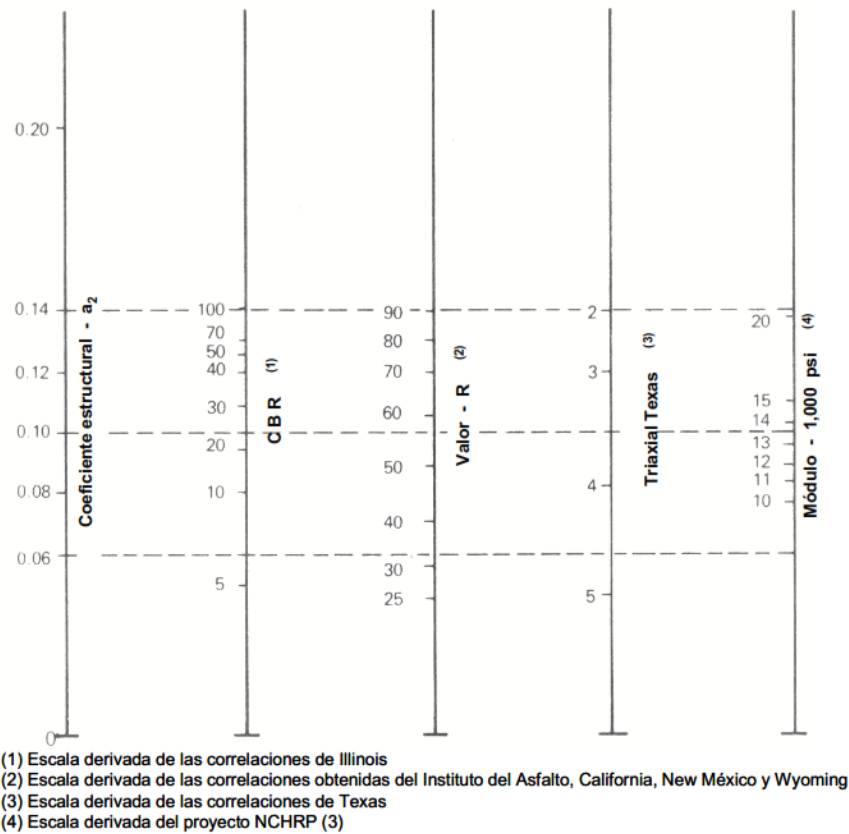
Figura 21. Variación en el coeficiente estructural de la capa de base



Fuente: *Guía para diseño de estructuras de pavimentos*, AASHTO, 1993.

Para encontrar el coeficiente de capa  $a_3$  de la subbase se hace uso de la figura 22, al igual que en el caso anterior, se traza una línea horizontal del extremo derecho al izquierdo hasta encontrar la vertical.

Figura 22. Variación en el coeficiente estructural de la capa de subbase



Fuente: *Guía para diseño de estructuras de pavimentos*, AASHTO, 1,993

Para encontrar los valores de drenaje  $m_2$  y  $m_3$  para la base y subbase se deben de tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Consideraciones de drenaje en el diseño de pavimentos

Un buen drenaje mantiene la capacidad soporte de la subrasante (mantiene el módulo de resiliencia cuando la humedad es estable) lo que hace un camino de mejor calidad, así como permite en determinado momento el uso de capas de soporte de menor espesor.

En la tabla XXIV se dan los tiempos de drenaje que recomienda AASHTO. Dichas recomendaciones se basan en el tiempo que es necesario para que la capa de base elimine la humedad cuando ésta tiene un grado de saturación del 50 %; pero es de hacer notar que un grado de saturación del 85 % reduce en buena medida el tiempo real necesario para seleccionar la calidad de un drenaje.

Tabla XXIII. **Tiempos de drenaje para capas granulares**

<b>Calidad del Drenaje</b>	<b>50 % saturación</b>	<b>85% saturación</b>
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	de 10 a 15 horas
Muy pobre	El agua no drena	mayores de 15 horas

Fuente: *Guía para Diseño de Pavimentos*, AASHTO 1993.

- Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles ( $m_x$ )

La calidad del drenaje es expresado en la fórmula del número estructural, por medio del coeficiente de drenaje ( $m_x$ ), que toma en cuenta las capas no ligadas.

Tabla XXIV. **Coefficientes de drenaje para pavimentos flexibles ( $m_x$ )**

Calidad del Drenaje	P=% del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	< 1%	1 %-5 %	5 %-25 %	> 25 %
Excelente	1,40-1,35	1,35-1,30	1,30-1,20	1,20
Bueno	1,35-1,25	1,25-1,15	1,15-1,00	1,00
Regular	1,25-1,15	1,15-1,05	1,00-0,80	0,80
Pobre	1,15-1,05	1,05-0,80	0,80-0,60	0,60
Muy pobre	1,05-0,95	0,95-0,75	0,75-0,40	0,40

Fuente: *Guía para Diseño de Pavimentos*, AASHTO 1993.

De acuerdo a los valores recomendados de la tabla XXV, se toma una calidad de drenaje regular y un tiempo expuesto mayor a 25 % para ambos criterios de drenaje,  $m_2$  y  $m_3$ , igual a 0,80.

Tabla XXV. **Datos para cálculo de espesor de capa**

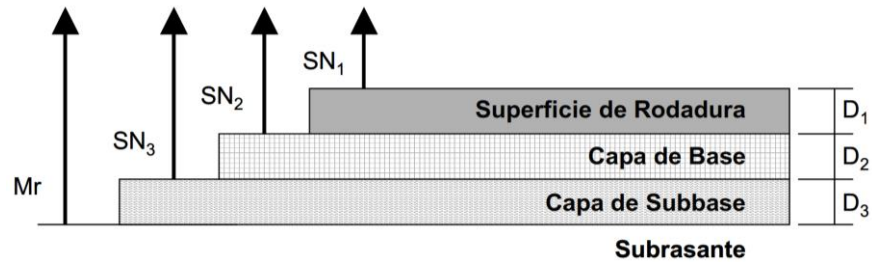
Material	Número Estructural (SN)	Valor	$a_x$	Valor	$m_x$	Valor
Capa asfáltica			$a_1$	0,48		
Base	SN1	1,48	$a_2$	0,13	$m_2$	0,80
Subbase	SN2	2,30	$a_3$	0,11	$m_3$	0,80
Subrasante	SN3	2,80				

Fuente: elaboración propia.

Los valores  $D_1$ ,  $D_2$ , y  $D_3$  de los espesores de capa en pulgadas para la superficie de rodadura, base y subbase, están basados en el concepto en que las capas granulares no tratadas, deben de estar perfectamente protegidas de presiones verticales excesivas, que lleguen a producir deformaciones permanentes. El proceso se indica en la figura 23.



Figura 23. Procedimiento para determinar el espesor



Fuente: *Guía para Diseño de Pavimentos*, AASHTO 1993.

Se calcula el espesor de capa asfáltica, suponiendo un  $Mr$  igual al de la base; así se calcula el  $SN1$  que debe ser absorbido por el concreto asfáltico conforme la siguiente fórmula:

$$D_1 = \frac{SN_1}{a_1} = \frac{1,48}{0,48} = 3,1 \text{ pulg, adoptar } 3,0 \text{ pulg} \approx 8,0 \text{ cm}$$

Entonces el  $SN1^*$  absorbido por el concreto asfáltico:

$$SN_1^* = a_1 \times D_1 = 0,48 \times 3,0 = 1,53$$

Seguidamente se calcula el espesor mínimo de la capa base:

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 \times m_2}$$

$$D_2 = \frac{2,30 - 1,53}{0,13 \times 0,80} = 7,40 \text{ pulg, adoptar } 7,5 \text{ pulg} \approx 20,0 \text{ cm}$$

Entonces el  $SN2^*$  absorbido por la base:

$$SN_2^* = D_2 \times a_2 \times m_2 = 7,5 \times 0,13 \times 0,80 = 0,78 \text{ Pulg}$$

Posteriormente se calcula el espesor de la subbase, conforme la fórmula:

$$D_3 = \frac{SN3 - (SN2 * + SN1 *)}{a_3 \times m_3}$$

$$D_3 = \frac{2,80 - (0,78 + 1,53)}{0,11 \times 0,80} = 5,57 \text{ pulg, adoptar, } 6,0 \text{ pulg} \approx 15,0 \text{ cm}$$

Entonces el SN3\* absorbido por la subbase:

$$SN3 * = a_3 \times D_3 \times m_3 = 0,11 \times 6,0 \times 0,80 = 0,528 \text{ Pulg}$$

Como verificación se tiene:

$$SN1 * + SN2 * + SN3 * \geq SN3$$

Donde SN3 es el número estructural de diseño SN que para este caso tiene un valor de 2,80 (para proteger la subrasante) que es el número estructural requerido para proteger toda la estructura del pavimento.

$$1,53 + 0,78 + 0,52 \geq 2,80$$

$$2,83 \geq 2,80$$

La suma de los valores estructurales es mayor al número estructural requerido, por lo tanto, se cumple el criterio de verificación.

Tabla XXVI. **Valores de los espesores calculados**

<b>Capa</b>	<b>Espesor en pulgadas (pulg)</b>	<b>Espesor en centímetros (cm)</b>
Capa asfáltica	3,0	8,0
Base	7,5	20,0
Subbase	6,0	15,0

Fuente: elaboración propia.

Cuando se ejecuta un proyecto de infraestructura vial no deben colocarse capas con espesores menores a los mínimos requeridos, pues las capas con espesores mayores que el mínimo son más estables. Frecuentemente se especifica un valor mayor en el espesor de capas, con el fin de mantener la estructura de pavimento en mejores condiciones.

Tabla XXVII. **Espesores mínimos sugeridos**

<b>Número de ESALS's</b>	<b>Capas asfálticas</b>	<b>Base Granular</b>
Menos de 50 000	3,0 cm	10,0 cm
50 000-150 000	5,0 cm	10,0 cm
150 000-500 000	6,5 cm	10,0 cm
500 000-2 000 000	7,5 cm	15,0 cm
2 000 000-7 000 000	9,0 cm	15,0 cm
más de 7 000 000	10,0 cm	15,0 cm

Fuente: *Guía para el diseño de estructuras de pavimentos*. AASHTO 1993. p. 147.

En la tabla XXVIII se dan valores de los espesores mínimos sugeridos para capas asfálticas y base granular en función del número de ESALS's. Por lo tanto, se ratifica que los valores de los espesores calculados cumplen con los espesores mínimos sugeridos.

En el caso del pavimento flexible

- Ancho promedio de terracería de 6,50 metros.
- Bombeo de 2 %.
- Reacondicionamiento de subrasante: se reacondicionará, se escarificará, conformará y se compactará a una profundidad de 0,30 metros.
- Espesor de capa subbase de 0,15 metros, según diseño y especificaciones.
- Espesor de capa de base de 0,20 metros, según diseño y especificaciones.
- Capa de rodadura de concreto asfáltico en caliente, según diseño y especificaciones de la DGC, 0,08 de espesor, en un ancho total de 5,50 metros.

Es significativo señalar también, que el método incluye factores de medio ambiente y diferentes clases de tipos de asfalto; para tal caso se consideran tres diferentes temperaturas, dependiendo de la región en donde se pretenda construir el pavimento: climas fríos (7 °C), templados (15,5 °C) y cálidos (24 °C); en los cuales se utilizan cementos asfálticos desde el AC-5 hasta el AC- 40; por lo que se recomienda la siguiente clasificación:

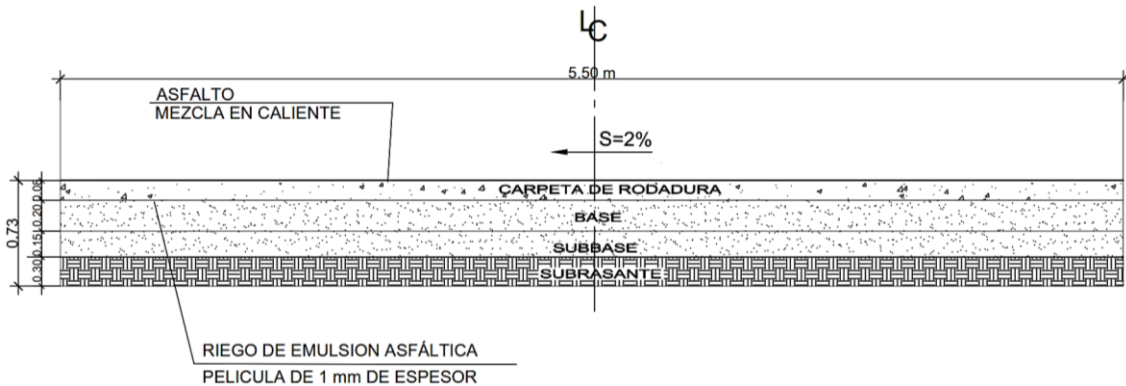
Tabla XXVIII. **Grados de asfalto de acuerdo con el tipo de clima**

<b>Clima</b>	<b>Temperatura media anual del aire</b>	<b>Grado de asfalto</b>
Frío	Menor o igual a 7 °C	AC-5, AC-10
Templado	Entre 7 °C y 24 °C	AC-10, AC-20
Cálido	Mayor de 24 °C	AC-20, AC-40

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales, SIECA, 2001. p. 169.

El grado de asfalto a utilizar es de AC-20, AC-40. El diseño se realizará con AC-20.

Figura 24. Detalle de gabarito



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

#### 2.1.8.8. Propiedades de los materiales

- Subrasante

La subrasante se define como la capa de terreno que soporta la estructura del pavimento y se profundiza de tal manera que no le afecte la carga de diseño del tránsito previsto.

Se recomienda que la subrasante sea altamente resistente a la compresión y a la humedad ya que de ella dependerá principalmente el espesor del pavimento.

Las siguientes descripciones de materiales y colocación apropiada para subrasantes están regidas por las Especificaciones Generales para la

Construcción de Carreteras y Puentes, de la Dirección General de Caminos (DG.), en su sección 300.

- Materiales adecuados para la subrasante:

Los materiales adecuados para la subrasante son suelos granulares con menos de 3 % de hinchamiento, según el ensayo de CBR el cual está regido por la norma AASHTO T-193, además, que las características de los suelos no sean inferiores a los que se encuentran en el tramo el cual se está reacondicionando. Para adecuar debidamente la subrasante se tendrá que escarificarse, homogeneizarse, mezclarse, conformarse y compactarse por completo.

El espacio de labor tiene que estar libre de vegetación y materia orgánica, de lo contrario, el material deberá reemplazarse por material adecuado para subrasante en el tramo correspondiente, o considerar la estabilización de los suelos subyacentes. En las áreas en que se necesita reacondicionar la subrasante, se debe de proceder a escarificar el suelo hasta una profundidad de 200 milímetros.

Los materiales que se van a estabilizar, deben ser los existentes en la subrasante, y no contener partículas mayores de 70 milímetros, materias vegetales o basura.

Los materiales que deberán utilizarse para la estabilización de la subrasante pueden ser, cal hidratada, cal viva, granza de cal, lechada de cal o compuestos estabilizadores químicos orgánicos e inorgánicos, cemento y otros materiales procedentes de préstamo.

El agua a utilizarse en los trabajos debe ser clara libre de aceites, sales, ácidos, álcalis, azúcar, materia vegetal y demás sustancias que afecten el desempeño de la subrasante.

Tabla XXIX. **Especificaciones del material para subrasante**

Característica	Deseable	Adecuada	Tolerable
Tamaño máx. (mm)	75	75	75
% malla No. 200	25 máx.	35 máx.	40 máx.
LL(%)	30 máx.	40 máx.	50 máx.
IP(%)	10 máx.	20 máx.	25 máx.
Compactación (%)	100 mín.	100±2	100±2
CBR (%)	30 mín.	20 mín.	15 mín.

Fuente: CRESPO VILLALAZ, Carlos; *Mecánica de suelos y cimentaciones*, 2004. p. 138.

De acuerdo a la tabla XXX sobre las características aceptables de los materiales para la subrasante, según los resultados obtenidos en los ensayos del laboratorio expresados en la sección de estudio de suelos, se puede apreciar que se cumple con los valores permitidos.

- Colocación adecuada de subrasante:

La superficie de la subrasante deberá de ser uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. Asimismo, se deberá contemplar los siguientes ensayos de campo:

- Se debe efectuar un ensayo de valor soporte del suelo por cada quinientos metros cúbicos producidos, al iniciar la explotación de cada banco; hasta llegar a tres mil metros cúbicos, y

posteriormente un ensayo por cada tres mil metros cúbicos colocados.

- Después de haberse colocado y tendido el material, cuando no se use maquinaria especial esparcidora y conformadora, debe procederse a su homogenización, mezclando el material en todo su espesor mediante la utilización de equipo apropiado, pudiéndose efectuar con moto niveladora u otro método que produzca una mezcla homogénea.

- Subbase

Es la capa de la estructura de pavimento destinada, fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la subbase. La subbase debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento. Se utiliza, además, como capa de drenaje y contralor de ascensión capilar de agua, protegiendo así a la estructura de pavimento, por lo que, generalmente se usan materiales granulares.

La subbase varía de acuerdo con las condiciones y características de los suelos existentes en la subrasante, pero suele considerarse entre 12 a 15 cm. Como la dimensión mínima constructiva. El espesor que se colocará será de 15 cm. ya que las características del suelo y del material de la subrasante proporcionan suficiente soporte, para trabajar de acuerdo con este espesor.



- Materiales adecuados para la subbase

El material de subbase deberá ser seleccionado y tener mayor valor soporte (CBR) que el material de subrasante; el espesor será variable por tramos, dependiendo de las condiciones y características de los suelos existentes en la subrasante.

Los materiales de subbase deben ser suelos del tipo granular que llenen los siguientes requisitos:

- El tamaño de las piedras que contenga el material de subbase no debe ser mayor de 2/3 del espesor de y los porcentajes que pasan los tamices núm. 40 y 200.
- El material debe estar libre de impurezas tales como: basura, materia orgánica, terrones de arcilla y cualquier otra materia que pueda ocasionar problemas específicos al pavimento.

Tabla XXX. **Características del material de la subbase**

Características	Calidad		
	Deseable	Adecuada	Tolerable
Tamaño máximo (mm)	51	51	76
% de finos	15 Max	25 Max	10 Min
Límite líquido %	25 Max	30 Max	40 Max
Índice plástico %	6 Max	10 Max	15 Max
Compactación	100 Min	100 Min	95 Min
Equivalente de arena	45 Min	30 Min	
CBR %	40 Min	30 Min	30 Min

Fuente: CRESPO VILLALAZ, Carlos, *Mecánica de suelos y cimentaciones*. p. 256.

- Colocación adecuada de la subbase

La construcción de una subbase comprende las siguientes operaciones repetidas cuantas veces sea necesario: extensión y humedecimiento de una capa, conformación, compactación y acabado de la misma.

La subbase se colocará en capas no mayores de 20 cm de espesor, medida antes de la compactación; mantendrá un contenido de humedad cercano al óptimo para compactarse a un mínimo del 95 % de la densidad máxima obtenida en el ensayo próctor modificado. Este debe homogeneizarse y conformarse, agregándole la cantidad de agua que sea necesaria para lograr la compactación en su totalidad. En ningún caso se permitirá colocar la capa superior de subbase sin que la capa inferior cumpla las condiciones de nivelación, espesor y densidad exigidas. Simultáneamente con estas operaciones, se procederá a conformar las bermas permanentes las cuales se compactarán en todo su ancho y en el espesor total de la capa para que sirva de contención lateral a la zona central.

- Base

Es la capa de pavimento que tiene como función primordial, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la subbase y a través de esta a la subrasante; es la capa sobre la cual se coloca la capa de rodadura.

Esta capa permite reducir los espesores de carpeta de rodadura, dada su función estructural importante al reducir los esfuerzos cortantes que se transmiten hacia las capas inferiores. Además, cumple una función drenante del agua atrapada dentro del cuerpo del pavimento.

El espesor requerido para cada tramo correspondiente es el resultante indicado por el encargado del diseño del pavimento. Los espesores de las bases son muy variables, pero suele considerarse que 12 o 15 centímetros, es el espesor mínimo que conviene aplicar.

- Materiales adecuados para la base

Material constituido por piedra de buena calidad, triturada y mezclada con material de relleno o bien por una combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural. La estabilidad dependerá de la graduación de las partículas, su forma, densidad relativa, fricción interna y cohesión; todas estas propiedades dependerán de la proporción de finos respecto del agregado grueso. El material debe estar libre de impurezas y residuos orgánicos.

La porción de agregado retenida en el tamiz núm. 4 no debe tener un porcentaje de desgaste, por abrasión, mayor de 50 – 500 revoluciones. Y no más del 25 % deben de ser partículas planas o alargadas, con una longitud mayor de cinco veces del espesor promedio de las mismas.

Cuando se necesite agregar material de relleno en adición al que se encuentra naturalmente en el material triturado, para proporcionarle características adecuadas de granulometría y cohesión, este debe ser libre de impurezas y consistir en suelo arenoso, limo orgánico, polvo de roca u otro material con alto porcentaje de partículas que pasen por el tamiz núm. 10.

Tabla XXXI. **Características de los materiales de la base**

Características	Calidad	
	Deseable	Adecuada
Tamaño máximo (mm)	38	51
% de finos	10 Max	25 Max
Límite líquido %	25 Max	30 Max
Índice plástico %	6 Max	10 Max
Compactación	100 Min	100 Min
Equivalente de arena	45 Min	30 Min
CBR %	40 Min	80 Min

Fuente: CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. p. 258.

- Colocación adecuada de la base

Antes de tender el material de base, el material de subbase debe cumplir con las especificaciones mencionadas.

Se tiene que humedecer la superficie entre capas, para conseguir una mejor adhesión entre las capas y evitar deslizamientos; cuando el espesor de base sea mayor de 20 centímetros, se tendrá que hacer la compactación por capas, siempre que estas no sean mayores de 20 ni menores de 10 centímetros. Cubriendo distancias no mayores de cuatro kilómetros, medidas desde el extremo anterior de la capa terminada.

Al compactar el material debe ser homogéneo y estar humedecido, esto se puede efectuar en la planta, antes de ser acarreado y tendido, procediendo en este caso con la compactación inmediata. En el caso de que el material se humedezca después de tendido, debe mezclarse hasta lograr un humedecimiento homogéneo, que permita la compactación del mismo; el riego del agua puede efectuarse simultáneamente al momento de realizar la mezcla

del material, si este se encuentra en sus óptimas condiciones se logra la densidad especificada. La capa de base ya terminada, tiene que quedar lo más uniforme posible para evitar concentración de esfuerzos en la capa de rodadura, al estar el pavimento ya dispuesto para la circulación de vehículos.

- Carpeta de rodadura

También conocida como carpeta asfáltica, la carpeta de rodadura es la capa de la estructura del pavimento flexible elaborada con material pétreo seleccionado y un producto asfáltico, que protege la base, impermeabilizando la superficie, evitando de esta manera posibles infiltraciones del agua de lluvia, que podría saturar parcial o totalmente las capas inferiores que conforman la estructura del pavimento flexible.

Los materiales pétreos son suelos inertes que se consiguen en ríos, arroyos o depósitos naturales. Para poder ser empleados en la carpeta asfáltica deben cumplir con ciertas características dadas por la granulometría, dureza, forma de la partícula y adherencia con el asfalto.

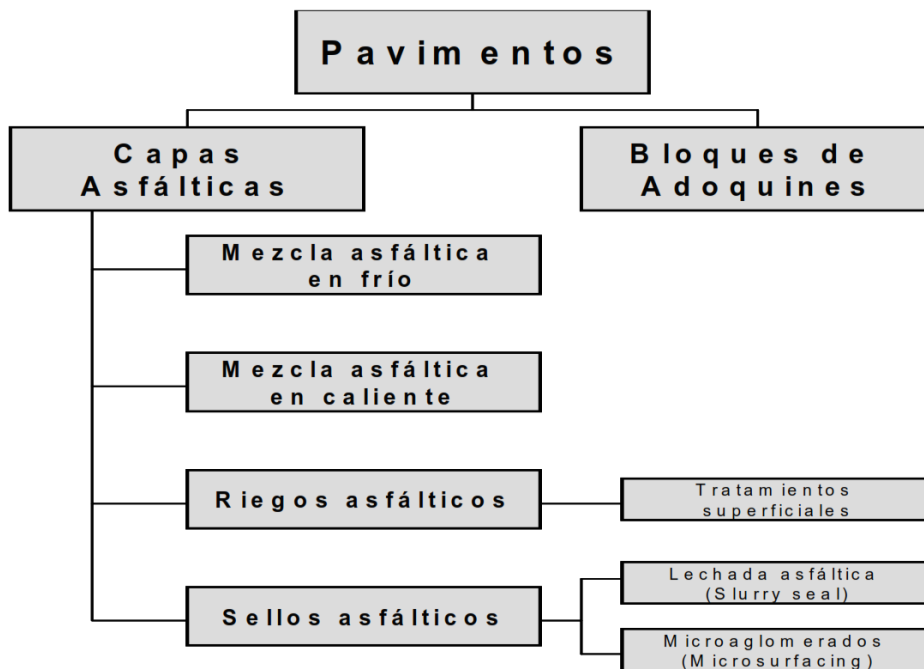
El contenido óptimo de asfalto para una carpeta, es la cantidad de asfalto que se necesita para formar alrededor de la partícula una membrana con un espesor suficiente para resistir los elementos del interperismo, para que el asfalto no se oxide. El espesor no debe ser muy grande porque se pierde resistencia y estabilidad.

Las funciones de la carpeta de rodadura son las siguientes:

- Proporcionar una superficie de rodamiento que permita un tránsito fácil y cómodo para los vehículos.

- Impedir la infiltración de agua de lluvia hacia las capas inferiores.
- Resistir la acción de los vehículos, las presiones verticales de contacto, las tensiones tangenciales de frenado, las succiones debidas al comportamiento de los neumáticos, entre otros.
- Desde el punto de vista general, la rodadura debe ser cómoda, segura, duradera, poco ruidosa, producir un desgaste mínimo en los vehículos y facilitar la evacuación del agua en la zona de contacto con el neumático.

Figura 25. **Tipos de superficies de rodadura en pavimentos flexibles**



Fuente: *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos*, SIECA, 2002. p. 104.

- Características de la capa de rodadura

El concreto asfáltico mezclado en vía, consiste en una o varias capas compactadas de una mezcla de agregados minerales y asfalto líquido, producido en la vía por medio de plantas viajeras, motoniveladoras, arados agrícolas o cualquier otro tipo capaz de mezclar agregados y asfalto sobre la superficie de la vía. Este tipo de concreto asfáltico se puede emplear como capa de rodamiento para tráfico liviano y mediano, como base de pavimentos flexibles para tráficos mediano y pesado o como capa intermedia.

El concreto asfáltico mezclado en planta y compactado en caliente, es el pavimento asfáltico de mejor calidad y se compone de una mezcla de agregados y asfalto, realizada a una temperatura aproximada de 150 °C colocada y compactada en caliente. Las plantas para la producción de mezclas en caliente se construyen de tal manera que, después de calentar y secar los agregados, los separa en diferentes grupos de tamaños, los recombina en las proporciones adecuadas, los mezcla con la cantidad debida de asfalto caliente y finalmente los entrega a los vehículos transportados, que a su vez, la colocan en la máquina pavimentadora para que esta la deposite sobre la vía con un espesor uniforme, después de lo cual se compacta mediante rodillos mientras la temperatura se conserva alta.

La capa de rodadura, también contribuye a aumentar la capacidad soporte del pavimento, absorbiendo cargas, si su espesor es apreciable (mayor de 4 centímetros).

- Material adecuado para la capa de rodadura

Superficie de rodamiento constituida por materiales endurecidos para pasar minimizados los esfuerzos hacia las tracerías. Pueden ser materiales granulares con o sin liga, o más comúnmente de concreto asfáltico o hidráulico, en sus diferentes variantes. Constituye el área propiamente dicha por donde circulan los vehículos y peatones.

El material asfáltico, tipo grado, y especificación del cemento asfáltico, debe ser uno de los establecidos en la tabla XXXIII:

Tabla XXXII. **Especificaciones del cemento asfáltico**

<b>Tipo y grado de cemento asfáltico</b>	<b>Especificación</b>
Graduación por viscosidad <ul style="list-style-type: none"> <li>• AC-10</li> <li>• AC-20</li> <li>• AC-40</li> </ul>	AASHTO M 228
Graduación por penetración <ul style="list-style-type: none"> <li>• 40 - 50</li> <li>• 60 - 70</li> <li>• 85 -100</li> <li>• 120-150</li> </ul>	AASHTO M 20
Graduación PG <ul style="list-style-type: none"> <li>• 22 – 64</li> <li>• 22 – 70</li> <li>• 22 – 76</li> <li>• 22 – 82</li> </ul>	AASHTO MP 1

Fuente: Dirección General de Caminos. *Especificaciones Generales para la construcción de carreteras y puentes* 2000. p. 276.



- Colocación de la carpeta de concreto asfáltico

Este tipo de carpetas, deben ser construidas sobre bases hidráulicas o sobre bases asfálticas impregnadas. Si se llegan a construir sobre bases naturales con módulos de elasticidad bajos, sufrirán deformaciones ante las cargas del tránsito, la resistencia no será la deseada y su ruptura será frágil. Para los requerimientos de la mezcla asfáltica, se adoptará el método Marshall según AASHTO T-245, que sirve para verificar las condiciones de vacíos y estabilidad que deben satisfacer los valores indicados en el Manual Centroamericano de Especificaciones para la Construcción de Carreteras y Puentes Regionales, SIECA, 2004.

Para construir las carpetas de concreto asfáltico, se deben de seguir los siguientes pasos:

- Elegir los bancos de material pétreo y llevarlos al laboratorio para seleccionar el banco adecuado.
- Hacer el proyecto granulométrico en el laboratorio para encontrar el contenido óptimo de cemento asfáltico.
- Extraer el material.
- Proporcionar pétreos en frío a la planta de mezclado.
- Transportar el material al cilindro de calentamiento y secado donde alcanzará una temperatura entre 150 °C y 170 °C.

- Alcanzada la temperatura deseada, el material pétreo se sube a la unidad de mezclado, donde se mezcla con el cemento asfáltico que se encuentra entre los 130 °C y 140 °C.
- Llevar la mezcla al tramo con una temperatura mínima entre 110 °C y 120 °C. La mezcla debe descargarse en la finisher que se encarga de extenderlo y darle una ligera compactación.
- La compactación debe iniciarse a una temperatura mayor a los 90 °C. Con un rodillo de 7 ton., para dar un primer armado y evitar desplazamiento de la mezcla. Después con uno de 15 ton. El grado mínimo de compactación es de 95 % del peso volumétrico del proyecto.

Una carpeta que tiene menos asfalto del necesario se desgranará, en el caso contrario, el asfalto brotará a la superficie haciéndola lisa y resbaladiza.

### **2.1.9. Diseño de drenaje**

Los drenajes longitudinales y transversales son de gran importancia en el diseño de una carretera, esto es debido a que tienen como objetivo la evacuación del agua superficial en la vía, para evitar daños en las capas de la pavimentación, regulando la vida útil de la carretera.

#### **2.1.9.1. Método racional**

Se utiliza para estimar un caudal máximo en relación con la lluvia de diseño, el área y el coeficiente de escorrentía del lugar. Se emplea la fórmula siguiente:

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

Donde:

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

$C$  = coeficiente de escorrentía

$I$  = intensidad de lluvia (mm/hr)

$A$  = área de la cuenca (Ha)

En la tabla XXXIV se representan estimaciones de valores de escorrentía, en función de la topografía del lugar. Tomando en cuenta que el terreno es un bosque con pendientes variadas y un suelo arenoso. Se establece un coeficiente de 0,30.

Tabla XXXIII. **Valores de coeficiente de escorrentía**

Uso del suelo	Pendiente del terreno	Capacidad de infiltración del suelo		
		Alto (suelos arenosos)	Medio (suelos francos)	Bajo (suelos arcillosos)
Tierra agrícola	< 5 %	0,30	0,50	0,60
	5 - 10 %	0,40	0,60	0,70
	10 - 30 %	0,50	0,70	0,80
Potreros	< 5 %	0,10	0,30	0,40
	5 - 10 %	0,15	0,35	0,55
	10 - 30 %	0,20	0,40	0,60
Bosques	< 5 %	0,10	0,30	0,40
	5 - 10 %	0,25	0,35	0,50
	10 - 30 %	0,30	0,50	0,60

Fuente: National Engineering Handbook, Sec. 4: Hydrology, USDA, 1972.

El tiempo de concentración de la cuenca se determina mediante el mapa intensidad de lluvia, que se proporciona por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (Insivumeh), apéndice 7, determinando una intensidad de lluvia de 90 mm/hr.

El área de la cuenca se determinó mediante una extensión a todo el contorno de la carretera en estudio.

Obtenidos los datos correspondientes, se calcula el caudal a drenar.

$$Q = \frac{0,30 * 90 * 5,63}{360} = 0,42 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### **2.1.9.2. Diseño de drenaje transversal**

El drenaje transversal de la calle se consigue mediante alcantarillas cuya función es proporcionar un medio para que el agua superficial que escurre por cauces naturales o artificiales de moderada importancia, en forma permanente o eventual, atraviese bajo la plataforma de la carretera sin causar daños a ésta, riesgos al tráfico o a la propiedad adyacente.

Este tipo de drenaje se construye con el fin de desfogar el agua que fluye de las cunetas. Se instalan en las partes bajas de la carretera, conduciendo el agua hacia el otro lado de la carretera. Se integran de: caja, tubería y cabezal, el primero es construido para proteger la tubería y evitar erosión por el agua a desfogar.

En el proyecto se diseñaron 4 cajas debido que se desfogará del mismo lado, tomando un valor de esorrentía de 0,30 y un factor de rugosidad de 0,010. Y se determinó de la siguiente manera el diámetro a emplear.

El primer paso para determinar el diámetro de la tubería a usar en el drenaje transversal es definir el radio hidráulico, como el cociente entre el área de la sección mojada y el perímetro mojado. El perímetro mojado es el contorno de la sección que está en contacto con el agua. La fórmula del radio hidráulico es:

$$Rh = \frac{Sm}{Pm}$$

Donde:

$Rh$  = radio hidráulico

$Sm$  = superficie de la sección mojada

$Pm$  = perímetro mojado

Se considera que el drenaje transversal trabajara a sección llena, por ende, el radio hidráulico equivale a  $D/4$ .

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

$$Rh = \frac{\pi D^2 / 4}{\pi D} = \frac{D}{4}$$

Seguidamente se hace uso de la fórmula de Manning la cual determina la velocidad del flujo a sección llena y está en función del diámetro, la pendiente y el coeficiente de rugosidad. La fórmula es:

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

Donde:

$V$  = velocidad a sección llena (m/s)

$D$  = diámetro de la tubería (pulgadas)

$S$  = pendiente de la tubería (decimales)

$n$  = coeficiente de rugosidad de la tubería (0,010 para PVC)

También se tiene que considerar la siguiente expresión de caudal, para sustituir dentro de la fórmula propuesta.

$$Q = V * A$$

Donde:

$Q$  = caudal (m<sup>3</sup>/s)

$V$  = velocidad (m/s)

$A$  = área (m<sup>2</sup>)

Empleando la ecuación del radio hidráulico de la sección y la fórmula de caudal, se sustituyen en la ecuación de Manning, obteniendo de esta manera el diámetro a utilizar:

$$V = \frac{Rh^{2/3} * S^{1/2}}{n}, \quad Q = A * V$$

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

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

$$D = \left( \frac{0,42 * 4^{5/3} * 0,010}{\pi * 0,03^{1/2}} \right)^{3/8}$$

$$D = 0,381 \text{ m} = 15,10 \text{ pulgadas}$$

El diámetro mínimo a usar en carreteras por criterios de mantenimiento y seguridad es de 30 pulgadas por ello, se utilizará ese diámetro, debido a que no cumple el diámetro anteriormente calculado.

### **2.1.9.3. Diseño de cunetas**

Es un canal abierto para la conducción de aguas. Las cunetas son canales que se construyen a uno o ambos lados y paralelamente a la carretera, con el fin de drenar el agua de lluvia que cae sobre la misma y sobre las áreas de taludes.

Sus dimensiones pueden ser cualesquiera, siendo comunes las formas triangular, trapezoidal y cuadrada. La pendiente longitudinal de las cunetas es la misma que la subrasante, pero puede variar si las condiciones de drenaje así lo requieren. La profundidad de la cuneta se mide verticalmente desde la plataforma hasta el punto más bajo del fondo.

En el diseño de la cuneta para el siguiente proyecto se consideró el tramo con la pendiente más crítica la cual es 3,08 %. El área a drenar es de 5,63 Ha.

Primero se procede a despejar  $y$ , que representa la altura de la parte interna de la cuneta hacia el borde superior de la misma, por medio de la siguiente ecuación:

$$V = \frac{Rh^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

Donde:

$V$  = velocidad a sección llena (m/s)

$S$  = pendiente critica del tramo carretero (decimales)

$n$  = coeficiente de rugosidad de la tubería (0,010 para PVC)

El radio hidráulico de una cuneta triangular está dado por la siguiente ecuación:

$$Rh = \frac{zy^2}{2y\sqrt{1+z^2}}$$

Donde:

$Rh$  = radio hidráulico (m)

$z$  = talud (m)

$y$  = tirante hidráulico (m)

El área de una sección triangular se determina de la siguiente manera:

$$A = zy^2$$

Donde:



$A$  = área de la sección del canal (m)

$z$  = talud (m)

$y$  = tirante hidráulico (m)

En el cálculo del fondo de la cuneta se empleó la fórmula de Manning y sustituyendo en las ecuaciones que la integran.

$$0,42 = \left[ \frac{1}{0,01} * \left( \frac{1 * y^2}{2y\sqrt{1 + 1^2}} \right)^{\frac{2}{3}} (0,0308)^{\frac{1}{2}} \right] * 1 * y^2$$

$$0,42 = \left[ 100 * \left( \frac{y}{2\sqrt{2}} \right)^{\frac{2}{3}} * 0,1755 \right] * y^2$$

$$0,42 = \left[ (8,78)y^{\frac{2}{3}} \right] * y^2$$

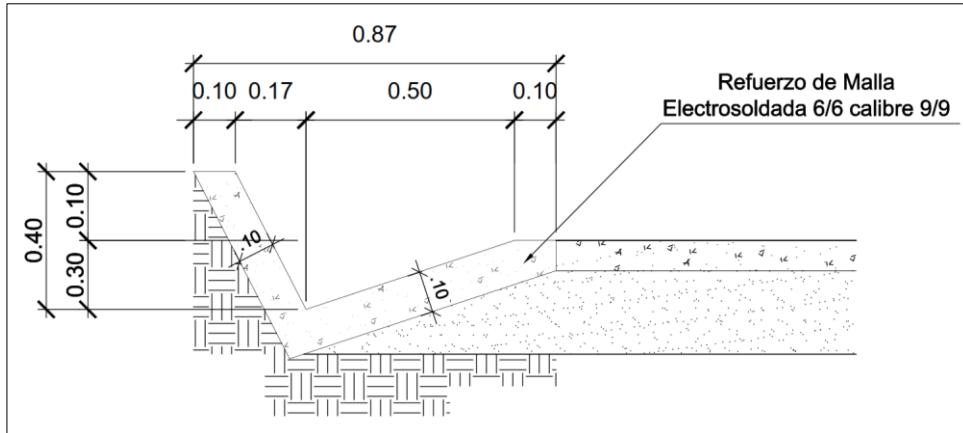
$$0,42 = (8,78)y^{\frac{8}{3}}$$

$$y = \left( \frac{0,42}{8,78} \right)^{\frac{3}{8}}$$

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

El fondo de la cuneta a construir es de 0,30 m.

Figura 26. **Detalle de cuneta**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

### 2.1.10. **Planos del proyecto**

Los planos constructivos para diseño del pavimento asfáltico para la calle principal de la aldea El Carmen se presentan en el apéndice 5; y están conformados por los siguientes planos:

- Planta general del proyecto
- Planta-perfil por tramos
- Secciones transversales
- Detalles constructivos

### 2.1.11. **Presupuesto**

El resumen del presupuesto para la calle principal de la aldea El Carmen se elaboró según los precios unitarios. Se tomaron en consideración los siguientes aspectos: materiales, mano de obra, maquinaria, prestaciones,

factores de gastos indirectos como utilidad, administración e impuestos. Para el precio de mano de obra, materiales y gastos indirectos se tomaron como referencia los utilizados por la municipalidad de Santa Catarina Pinula para proyectos similares.

Tabla XXXIV. **Ejemplo de precio unitario**

Renglón	Descripción del Renglón	Unidad de Medida	Cantidad	Precio Unitario	
1.1	Limpieza, Chapeo Y Destronque	Ha	0.74	Q	3,985.95
No.	MAQUINARIA Y EQUIPO	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
1	Azadon con cabo	Unidad	5.00	Q 71.00	Q 355.00
2	Pala cuadrada con cabo	Unidad	5.00	Q 55.00	Q 275.00
3	Piochas con cabo	Unidad	5.00	Q 66.00	Q 330.00
4	Machete	Unidad	5.00	Q 42.00	Q 210.00
<b>Sub-Total Maquinaria y Equipo</b>					<b>Q 1,170.00</b>
No.	MANO DE OBRA	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
1	Encargado	Día	1.00	Q 175.00	Q 175.00
2	Ayudantes	Día	5.00	Q 75.00	Q 375.00
3	MANO DE OBRA INDIRECTA	Global	1.00	Q 248.50	Q 248.50
4	IGGS PATRONAL	Global	1.00	Q 85.20	Q 85.20
5	INDEMNIZACION	Global	1.00	Q 65.64	Q 65.64
6	AGUINALDO	Global	1.00	Q 65.64	Q 65.64
<b>Sub-Total Mano de obra</b>					<b>Q 1,014.98</b>
No.	MATERIALES	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO	SUBTOTAL
<b>Sub-Total Materiales</b>					
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>Q 2,184.98</b>
<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS (15%)</b>					<b>Q 327.75</b>
<b>UTILIDAD (20%)</b>					<b>Q 437.00</b>
<b>PRECIO TOTAL</b>					<b>Q 2,949.60</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. Presupuesto pavimento asfáltico

DISEÑO DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA LA CALLE PRINCIPAL DE LA ALDEA EL CARMEN						
No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL	
<b>1 TRABAJOS PRELIMINARES</b>					<b>Q</b>	<b>15,774.60</b>
1.1	Limpieza, Chapeo Y Destronque	Ha	0.74	Q 3,985.95	Q	2,949.60
1.2	Replanteo Topográfico	Km	1.50	8550.00	Q	12,825.00
<b>2 CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA</b>					<b>Q</b>	<b>3,162,768.12</b>
2.1	Excavación No Clasificada de Desperdicio	m3	3,170.82	Q 128.39	Q	407,101.58
2.2	Suministro y Colocación de Base	m3	295.00	Q 168.36	Q	49,666.20
2.3	Suministro y Colocación de Sub-base	m3	295.00	Q 101.02	Q	29,800.90
2.4	Riego de Imprimación	Galón	10,000.00	Q 68.61	Q	686,100.00
2.5	Riego de Liga	Galón	3,000.00	Q 84.36	Q	253,080.00
2.6	Tratamiento de subrasante	m2	7,374.00	Q 19.50	Q	143,793.00
2.7	Colocación De Carpeta De Rodadura Con Mezcla Asfáltica En Caliente Tipo "D" (t=0.08 m Compactados)	m2	7,374.00	Q 216.06	Q	1,593,226.44
<b>4 TRABAJOS COMPLEMENTARIOS</b>					<b>Q</b>	<b>806,580.95</b>
4.1	Construcción de Cuneta Triangular	m	2,025.00	Q 257.83	Q	522,105.75
4.2	Colocación de Bordillo prefabricado de 0.30x0.15x0.50 m	m	650.00	Q 116.62	Q	75,803.00
4.3	Pintura Termoplastica (Líneas Laterales)	m	3000.00	Q 13.50	Q	40,500.00
4.4	Pintura Termoplastica (Línea Central)	m	1500.00	Q 24.30	Q	36,450.00
4.5	Suministro y Colocación de Violetas en Línea Central y Laterales a cada 6 mts.	Unidad	750.00	Q 34.56	Q	25,920.00
4.6	Suministro y Colocación de Tubería PVC Ø 30" norma AASHTO M-304	ml	24.00	Q 2,955.05	Q	70,921.20
4.7	Caja y Cabezal para Drenaje Transversal	m3	7.28	Q 4,163.34	Q	30,309.12
4.8	Limpieza y retiro general de material sobrante del proyecto	m2	7374.00	Q 0.62	Q	4,571.88
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>					<b>Q</b>	<b>3,985,123.67</b>

Fuente: elaboración propia.

## 2.1.12. Cronograma de ejecución física y financiera

Es la estimación realizada para la ejecución del proyecto, determinando el avance. Se compone por los renglones de trabajo, considerando un tiempo apropiado para la ejecución de cada uno.

Tabla XXXVI. Cronograma físico-financiero

CRONOGRAMA DE INVERSIÓN																			
DISEÑO DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA LA CALLE PRINCIPAL DE LA ALDEA EL CARMEN																			
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	SUB-TOTAL	% INVERSION	% ACUMULADO	TIEMPO DE EJECUCION												Avance Financiero
							MES 1			MES 2			MES 3						
							1	2	3	4	5	6	7	8	9		10	11	
<b>1 TRABAJOS PRELIMINARES</b>																			
1.1	Limpieza, Chapeo Y Destronque	0.74	Ha	Q 2,949.60	0.07%	0.07%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Q 2,949.60	
1.2	Replanteo Topográfico	1.50	Km	Q 12,825.00	0.32%	0.39%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Q 12,825.00	
<b>2 CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA</b>																			
2.1	Excavación No Clasificada de Desperdicio	3,170.82	m3	Q 407,101.58	10.22%	10.61%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Q 407,101.58	
2.2	Suministro y Colocación de Base	295.00	m3	Q 49,666.20	1.25%	11.86%					■	■	■	■	■	■	■	Q 49,666.20	
2.3	Suministro y Colocación de Sub-base	295.00	m3	Q 29,800.90	0.75%	12.61%					■	■	■	■	■	■	■	Q 29,800.90	
2.4	Riego de Imprimación	10,000.00	Galón	Q 686,100.00	17.22%	29.83%					■	■	■	■	■	■	■	Q 686,100.00	
2.5	Riego de Liga	3,000.00	Galón	Q 253,080.00	6.35%	36.18%					■	■	■	■	■	■	■	Q 253,080.00	
2.6	Tratamiento de subrasante	7,374.00	m2	Q 143,793.00	3.61%	39.79%	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Q 143,793.00	
2.7	Colocación De Carpeta De Rodadura Con Mezcla Asfáltica En Calle Tipo "D" (t=±0.08 m Compactados)	7,374.00	m2	Q 1,593,226.44	39.98%	76.16%					■	■	■	■	■	■	■	Q 1,593,226.44	
<b>4 TRABAJOS COMPLEMENTARIOS</b>																			
4.1	Construcción de Cuneta Triangular	2,025.00	m	Q 522,105.75	13.10%	89.26%					■	■	■	■	■	■	■	Q 522,105.75	
4.2	Colocación de Bordillo prefabricado de 0.30x0.15x0.50 m	650.00	m	Q 75,803.00	1.90%	91.16%					■	■	■	■	■	■	■	Q 75,803.00	
4.3	Pintura Termoplastica (Líneas Laterales)	3,000.00	m	Q 40,500.00	1.02%	92.2%												Q 40,500.00	
4.4	Pintura Termoplastica (Línea Central)	1,500.00	m	Q 36,450.00	0.91%	93.1%												Q 36,450.00	
4.5	Suministro y Colocación de Vialitas en Línea Central y Laterales a cada 6 mts.	750.00	Unidad	Q 25,920.00	0.65%	93.8%												Q 25,920.00	
4.6	Suministro y Colocación de Tubería PVC Ø 30" norma AASHTO M-304	24.00	ml	Q 70,921.20	1.78%	95.6%					■	■	■	■	■	■	■	Q 70,921.20	
4.7	Caja y Cabezal para Drenaje Transversal	7.28	m3	Q 30,309.12	0.76%	96.36%					■	■	■	■	■	■	■	Q 30,309.12	
4.8	Limpieza y retiro general de material sobrante del proyecto	7,374.00	m2	Q 4,571.88	0.11%	96.47%												Q 4,571.88	
<b>Avance Financiero</b>				<b>Q 3,816,951.47</b>	<b>100.0%</b>													<b>Q 3,816,951.47</b>	
<b>Avance Financiero Acumulado</b>																		<b>Q 3,816,951.47</b>	

Fuente: elaboración propia.

### **2.1.13. Evaluación de impacto ambiental inicial**

Es una evaluación que sirve para identificar e interpretar el impacto ambiental que se producirá en la zona donde se construirá la carretera. La evaluación de impacto ambiental inicial es el trabajo que sirve para posteriormente realizar un estudio de impacto ambiental, en donde se determinen todos los factores que puedan afectar directa o indirectamente al medio ambiente.

En el apéndice C se encuentra la evaluación ambiental inicial correspondiente al proyecto del pavimento asfáltico para la calle principal de la aldea El Carmen, elaborada conforme al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de la república de Guatemala.

### **2.1.14. Evaluación socioeconómica**

Es una evaluación que se realiza para conocer la rentabilidad del proyecto; en el caso de la mayoría de proyectos que desarrollan las municipalidades se enfocan en la cantidad de beneficiarios a atender, para esto se asume que el proyecto será financiado y que la inversión no será recuperada.

#### **2.1.14.1. Valor presente neto (VPN)**

El valor presente neto (VPN) es el procedimiento que permite calcular el valor presente de todos los movimientos monetarios de un proyecto a través del tiempo, para determinar la rentabilidad al término del período de funcionamiento. Para que el proyecto en análisis sea factible, el VPN debe ser mayor al costo total del proyecto.

Para la construcción del pavimento asfáltico de la calle principal de la aldea El Carmen, se requiere una inversión del costo total del proyecto, la cual asciende a Q. 3 947 467,58, teniendo únicamente una inversión y ningún ingreso.

Costo del proyecto = Q. 3 947 467,58

Tasa de interés activa de Guatemala = 12,75 %

Tiempo de operación del proyecto = 20 años

$$VPN = Ingreso\ inicial - Costo\ anual(1 + i)^n + ingreso\ anual(1 + i)^n \\ - Costo\ inicial$$

VPN = valor presente neto

i = interés activo

n = número de años de operación del proyecto

$$VPN = 0 - 3\ 947\ 467,58$$

$$VPN = -Q.3\ 947\ 467,58$$

Esto quiere decir que el proyecto no es económicamente viable, pero por tratarse de un proyecto de carácter social en beneficio de la población del municipio, las autoridades municipales desean ejecutarlo. Además, al no presentar ningún ingreso mensual ni anual, el proyecto no presenta una tasa interna de retorno.

## **2.2. Diseño de sistema de alcantarillado sanitario para el sector de La Comunidad, zona 2 de la cabecera municipal**

A continuación se describe el proyecto de diseño de sistema de alcantarillado sanitario:

### **2.2.1. Descripción del proyecto**

El proyecto comprende el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario para el sector de La Comunidad, zona 2 de la cabecera municipal, municipio de Santa Catarina Pinula.

La red de alcantarillado sanitario presenta una longitud de 4 778,17 metros de línea de conducción, para los cuales se diseñaron 108 pozos de visita y 471 conexiones domiciliarias, la tubería a utilizar será de PVC, que cumple con la norma ASTM F-949, y tendrá un diámetro de 4 pulgadas para las conexiones domiciliarias y de 8 pulgadas para el colector central, ampliándose el diámetro a 10 pulgadas en el tramo final de la línea de alcantarillado. Las pendientes de la tubería se tomaron de acuerdo a las pendientes del terreno según la topografía lo permitiera, siempre respetando los límites de velocidades máximas y mínimas, así como los caudales permitidos.

El sistema de tratamiento estará conformado por una planta de tratamiento de aguas residuales, la cual tratará el 100 % de las aguas residuales que lleguen a ella derivado de todo el sistema.

Para el diseño de la red de alcantarillado se tomó como referencia las Normas Generales de Diseño de Alcantarillados del Instituto de Fomento Municipal Infom.



### **2.2.2. Ubicación geográfica del proyecto**

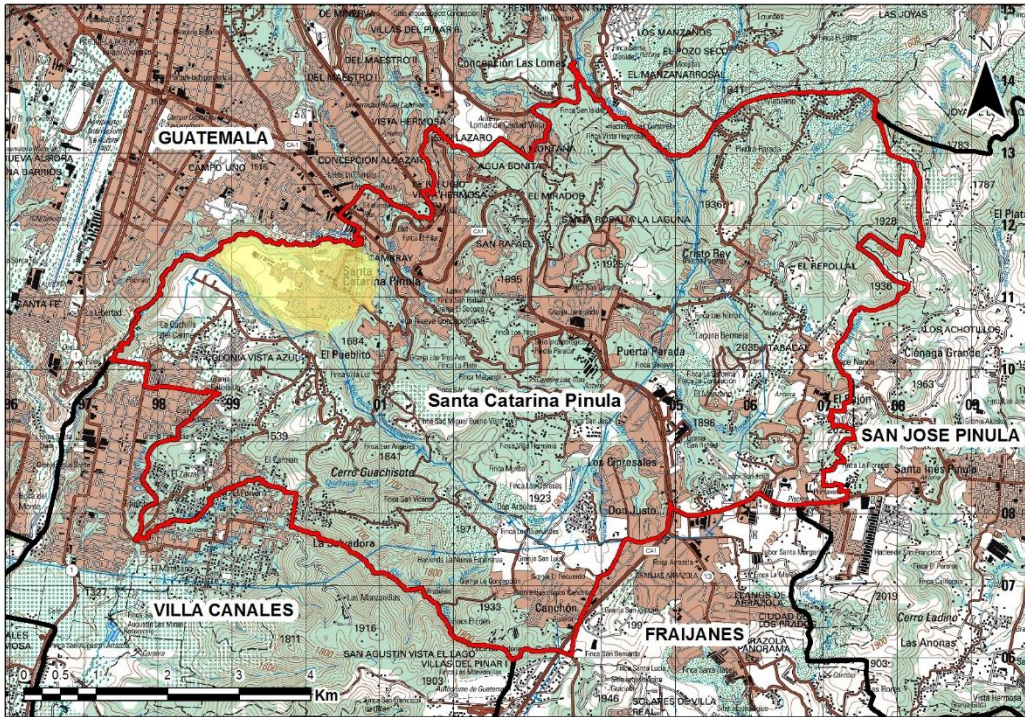
La cabecera municipal se ubica al oeste del municipio de Santa Catarina Pinula, con una extensión territorial aproximada de 2,0 km<sup>2</sup> a 1 547 metros sobre el nivel del mar, siendo las coordenadas 14° 34'02" latitud norte y 90° 29'44,08" longitud oeste, el clima es templado, registrándose temperaturas no menores a 15 °C.

Las colindancias de la cabecera municipal son:

- Al norte: con la ciudad capital (Guatemala).
- Al sur: con la aldea Cuchilla del Carmen (Santa Catarina Pinula).
- Al este: con la aldea El Pueblito y aldea Nueva Concepción (Santa Catarina Pinula).
- Al oeste: con la aldea Cuchilla del Carmen y Ciudad Capital (Santa Catarina Pinula).

La cabecera municipal se encuentra dividida en 2 zonas: zona 1, y zona 2, ambas divididas por el parque central de la cabecera. El territorio incluye además en ambas zonas, colonias, caseríos, asentamientos y residenciales.

Figura 27. **Ubicación de la cabecera municipal, municipio de Santa Catarina Pinula**



Fuente: OBIOLS GÓMEZ, Alfredo. *Instituto Geográfico Nacional (I.G.N.)*, hojas cartográficas, escala 1:50 000, hoja ciudad de Guatemala, hoja San José Pinula.

### 2.2.3. **Vías de acceso al proyecto**

Para tener acceso a la cabecera municipal se pueden utilizar los siguientes recorridos:

- Recorrido 1: se recorren 1,5 km sobre la ruta departamental RD GUA-21 hacia el sureste, llegando al redondel contiguo a la aldea El Pueblito, por último, se cruza a mano derecha.

- Recorrido 2: se recorren 15 km sobre la ruta secundaria 7 avenida de la aldea El Carmen en dirección norte, llegando a la ruta departamental RD GUA-21 en dirección noreste, para luego tomar la segunda salida del al redondel contiguo a la aldea El Pueblito.

#### **2.2.4. Levantamiento topográfico**

La topografía tiene como objetivo medir extensiones de tierra, tomando los datos necesarios para poder representar en un plano a escala, su forma y accidentes de manera más exacta. El levantamiento topográfico consiste en medir, calcular y dibujar para poder determinar la posición relativa de los puntos que conforman la extensión de tierra de interés.

Para el levantamiento topográfico del sistema de alcantarillado sanitario del sector La Comunidad, zona 2 de la cabecera municipal, se utilizó una estación total LEICA TC-407, trípode, prisma, estacas, machete y un marcador. Como el equipo utilizado fue una estación total, por medio de coordenadas geográficas se obtuvo la libreta topográfica.

##### **2.2.4.1. Planimetría**

La planimetría consiste en determinar la situación de los puntos del terreno de interés en el plano horizontal, el cual se considera como la superficie media de la tierra y se considera cuando se miden distancias horizontales.

#### **2.2.4.2. Altimetría**

La altimetría, por medio del proceso denominado nivelación, busca determinar la diferencia de los niveles existentes entre los distintos puntos de un terreno.

#### **2.2.5. Período de diseño**

El período de diseño es el tiempo en el cual se considera que el sistema a diseñar funcionará de manera eficiente cumpliendo los parámetros respecto a los cuales se ha diseñado. El período de diseño varía de acuerdo al crecimiento de la población, capacidad de la administración para la operación y mantenimiento, y a la vida económica del proyecto.

El Instituto de Fomento Municipal (Infom) recomienda que para proyectos de alcantarillado el período de diseño sea de 20 a 40 años, es por ello que para el presente alcantarillado sanitario el período de diseño será de 20 años.

#### **2.2.6. Población futura**

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

Para el cálculo de la población futura se determinó el número de viviendas que se encuentran ubicadas en el sector La Comunidad, ascendiendo a 471 viviendas en total, con una densidad de población de 5/habitantes/vivienda. Según datos estadísticos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística

(INE), la tasa de crecimiento del municipio de Santa Catarina Pinula corresponde al 2,45 % (0,0245).

El número de la población futura se calculó por el método geométrico y está dado por la siguiente fórmula:

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

Donde

$P_f$ = población futura

$P_o$ = población inicial

$r$  = tasa de crecimiento poblacional

$n$  = período de diseño

Por lo tanto

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

$$P_f = 2\,355 * (1 + 0,0245)^{20}$$

$$P_f = 3\,822 \text{ habitantes}$$

### **2.2.7. Dotación de agua potable**

El Infom recomienda que para el área urbana la dotación de agua potable mínima sea de 150 L/hab/día, y para el área rural sea de 120 L/hab/día. Debido a que el sector La Comunidad se encuentra en el área urbana se utilizará una dotación de agua potable de 150 L/hab/día.

### 2.2.8. Factor de retorno

El factor de retorno es el porcentaje de agua que ingresa al alcantarillado sanitario, después de ser utilizada; este factor oscila entre 70 % y 90 %. El resto del agua no ingresa por diversas razones, tales como actividades de riego, evaporación, lavado de prendas de vestir, entre otros.

Para el diseño del alcantarillado sanitario del sector La Comunidad, zona 2 de la cabecera municipal, se considerará un factor de retorno del 80 % (0,80).

### 2.2.9. Factor de Harmon

El factor de Harmon o flujo instantáneo representa la probabilidad de que múltiples accesorios sanitarios de las viviendas estén siendo utilizados simultáneamente. Este factor actúa principalmente en las horas pico, es decir, en las horas en que más se utiliza el sistema de agua potable y el alcantarillado sanitario.

El factor de Harmon se debe calcular para cada tramo de la red de alcantarillado, mediante la siguiente fórmula:

$$FH = \left( \frac{18 + \sqrt{\frac{Población}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{Población}{1000}}} \right)$$

Donde

$FH$  = factor de Harmon

$P$  = población del tramo en estudio

$$FH_{actual} = \left( \frac{18 + \sqrt{\frac{2\ 355}{1\ 000}}}{4 + \sqrt{\frac{2\ 355}{1\ 000}}} \right)$$

$$FH_{actual} = 3,53$$

$$FH_{futuro} = \left( \frac{18 + \sqrt{\frac{3\ 822}{1\ 000}}}{4 + \sqrt{\frac{3\ 822}{1\ 000}}} \right)$$

$$FH_{futuro} = 3,35$$

### 2.2.10. Cálculo de caudales

El detalle correspondiente a los cálculos de caudales se detalla en los siguientes subtítulos.

#### 2.2.10.1. Caudal domiciliar

El caudal domiciliar es el caudal de agua que, luego de ser utilizada en actividades domésticas como preparación de alimentos, aseo personal, uso de sanitarios, lavado de ropa, entre otros, es evacuado y conducido hacia la red de alcantarillado sanitario.

El caudal domiciliar se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q_{dom} = \frac{Dotación * No. Hab * Fr}{86\ 400}$$

Donde

$Q_{dom}$  = caudal domiciliar (L/s)

$Dotación$  = dotación de agua potable (L/hab/día)

$Núm. Hab$  = número de habitantes futuros

$Fr$  = factor de retorno (en decimales)

$$Q_{dom} = \frac{150 \text{ L/hab/día} * 3\ 822 * 0,80}{86\ 400}$$
$$Q_{dom} = 5,30 \text{ L/s}$$

### 2.2.10.2. Caudal comercial

El caudal comercial es producido por locales comerciales y negocios ubicados en la localidad donde se esté realizando el diseño de un sistema de alcantarillado. En el sector La Comunidad, zona 2 de la cabecera municipal, únicamente existen abarroterías, librerías y ferreterías ubicadas dentro de la misma vivienda, por lo cual este caudal no se ha tomado en consideración.

El caudal comercial puede calcularse mediante la siguiente fórmula:

$$Q_{com} = \frac{Núm. Com * Dot}{86\ 400}$$

Donde

$Q_{com}$  = caudal comercial (L/s)

$No. Com$  = número de comercios

$Dot$  = dotación de agua potable (L/hab/día)



### 2.2.10.3. Caudal industrial

El caudal industrial proviene de la operación de industrias en el sector donde se diseña el sistema de alcantarillado sanitario. Según la Dirección de Servicios Públicos de la municipalidad de Santa Catarina Pinula en el sector La Comunidad, zona 2 de la cabecera municipal no existen industrias actualmente, por lo cual no se ha considerado este caudal en el presente diseño. En caso de entrar en operaciones alguna fábrica o industria, ésta debe poseer su propio sistema de alcantarillado sanitario con su respectivo tratamiento para poder obtener autorización municipal para entrar en funcionamiento.

El caudal industrial puede calcularse mediante la siguiente fórmula:

$$Q_{ind} = \frac{No. Ind * Dot}{86\ 400}$$

Donde:

$Q_{ind}$  = caudal industrial (L/s)

$Núm. Ind$  = número de industrias

$Dot$  = dotación de agua potable (L/hab/día)

### 2.2.10.4. Caudal de infiltración

El caudal de infiltración está conformado por la cantidad de agua que penetra a través de las paredes de la tubería, y se ve afectado por factores como la permeabilidad de la tubería, la transmisibilidad del suelo, la longitud de la tubería y la profundidad a la que ésta se coloca.

Debido a que en el presente diseño se trabajará con tubería de PVC ASTM F-949, el caudal de infiltración es despreciable.

#### **2.2.10.5. Caudal por conexiones ilícitas**

En un sistema de alcantarillado sanitario el caudal por conexiones ilícitas está constituido por el agua de lluvia que llega a las tuberías del drenaje como consecuencia de que algunos usuarios conectan las bajadas de aguas pluviales al sistema de alcantarillado sanitario. Este caudal es perjudicial para la red y debe evitarse para impedir el mal funcionamiento del sistema y/o del método de tratamiento de aguas residuales.

Para el cálculo de este caudal se estima un porcentaje del total de conexiones, en función del área de techos y patios, y de la permeabilidad, así como de la intensidad de lluvia. El Instituto de Fomento Municipal permite utilizar un valor estimado del 10 % del caudal domiciliar, o un valor más alto en áreas donde aún no se cuente con una red de alcantarillado pluvial. Para el presente diseño se estimará el caudal por conexiones ilícitas como un 10% del caudal domiciliar.

#### **2.2.10.6. Caudal medio**

El caudal medio es la sumatoria de todos los caudales que contribuyen al sistema de alcantarillado, definidos anteriormente.

El caudal medio del sistema de alcantarillado puede calcularse mediante la siguiente fórmula:

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

Donde:

$Q_{med}$  = caudal medio (L/s)

$Q_{dom}$  = caudal domiciliar (L/s)

$Q_{com}$  = caudal comercial (L/s)

$Q_{ind}$  = caudal industrial (L/s)

$Q_{inf}$  = caudal de infiltración (L/s)

$Q_{ci}$  = caudal por conexiones ilícitas (L/s)

Los caudales comercial, industrial y de infiltración no están considerados en el presente diseño, tal y como se estableció anteriormente, por lo que la ecuación del caudal medio quedaría definida de la siguiente manera:

$$Q_{med} = 5,30 \text{ L/s} + 0 \text{ L/s} + 0 \text{ L/s} + 0 \text{ L/s} + (0,10 * 5,30 \text{ L/s})$$

$$Q_{med} = 5,83 \text{ L/s}$$

#### **2.2.10.7. Factor de caudal medio**

Este factor se obtiene al distribuir el caudal medio del área a drenar, entre el número de habitantes a servir, y debe estar en un rango entre 0,002 a 0,005. Cuando el resultado del factor se encuentra en este rango se utiliza el valor obtenido, de lo contrario, si es inferior o superior, se utiliza el límite más cercano según el resultado obtenido.

El factor de caudal medio se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$fqm = \frac{Q_{med}}{P_f}$$

Donde:

$fqm$  = factor de caudal medio (L/hab/s)

$Q_{med}$  = caudal medio (L/s)

$P_f$  = población futura (habitantes)

$$fqm = \frac{5,83 \text{ L/s}}{3\ 822 \text{ habitantes}}$$

$$fqm = 0,0015 \text{ L/hab/s}$$

Debido a que el factor de caudal medio queda fuera del rango, se tomará el valor del límite más cercano que es 0,002.

#### **2.2.10.8. Caudal de diseño**

Es el caudal con el que se diseñará cada tramo de la red de alcantarillado sanitario y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$q_{diseño} = fqm * FH * P_{f.acum}$$

Donde:

$q_{diseño}$  = caudal de diseño (L/s)

$fqm$  = factor de caudal medio

$FH$  = factor de Harmond

$P_{f.acum}$  = población futura acumulada

$$q_{diseño} = 0,002 \text{ L/hab/s} * 3,35 * 3\ 822 \text{ hab}$$

$$q_{diseño} = 25,61 \text{ L/s}$$

### **2.2.11. Velocidad de diseño**

El Infom recomienda que la velocidad mínima dentro del alcantarillado sanitario, para tuberías de PVC, debe ser 0,60 m/s. La velocidad máxima de diseño debe ser de 2,5 m/s, velocidades mayores a este límite pueden ser perjudiciales, ya que los sólidos en suspensión producen un efecto abrasivo en la tubería.

#### **2.2.11.1. Velocidad de arrastre**

La velocidad de arrastre es la mínima velocidad que debe tener el flujo para evitar la sedimentación de los sólidos, y así prevenir la obstrucción de la red y asegurar su óptimo funcionamiento.

Se definió anteriormente que la velocidad mínima permitida para alcantarillados sanitarios es de 0,60 m/s, sin embargo, para los tramos iniciales con poco caudal se permite una velocidad mínima de 0,40 m/s; una velocidad menor a esta permite que ocurra decantación de sólidos.

### **2.2.12. Relaciones hidráulicas $q/Q$ , $d/D$ , $v/V$**

Son las relaciones de los términos de la tubería trabajando a sección totalmente llena con los de la tubería trabajando a sección parcialmente llena.

Para calcular la velocidad a sección llena se debe utilizar la fórmula de Manning la cual es la siguiente:

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

Donde:

$V$  = velocidad a sección llena (m/s)

$n$  = coeficiente de rugosidad de la tubería (0,010 para PVC)

$D$  = diámetro de tubería (pulg)

$S$  = pendiente de tubería (decimales)

Con el valor de la velocidad obtenido en la fórmula anterior se puede determinar el caudal utilizando la siguiente fórmula:

$$Q = V * A$$

Donde:

$Q$  = caudal (m<sup>3</sup>/s)

$V$  = velocidad (m/s)

$A$  = área (m<sup>2</sup>)

El Infom recomienda que los resultados de las relaciones hidráulicas oscilen entre los siguientes rangos:

- El caudal de diseño debe ser menor que el caudal a sección llena ( $q < Q$ )
- La relación  $q/Q$  deberá ser menor o igual a 0,75

- La relación d/D deberá ser mayor o igual a 0,10 y menor o igual a 0,75

Por lo general cuando la velocidad de diseño chequea, no es necesario que la relación d/D chequee al cien por ciento, ya que la misma fuerza que ejerce la velocidad de diseño hace circular los desechos y sólidos dentro de la tubería sin ningún problema.

### 2.2.13. Cotas invert

Es la cota que identifica la localización de la parte inferior interior de la tubería con respecto a la rasante del suelo. La cota invert debe ser al menos igual al recubrimiento mínimo necesario de la tubería, según se detalla en la tabla XXXVII.

Tabla XXXVII. **Profundidad mínima para la tubería según el tráfico vehicular**

DIÁMETRO DE TUBERÍA (Pulg)	PROFUNDIDAD PARA TRÁFICO NORMAL (m)	PROFUNDIDAD PARA TRÁFICO PESADO (m)
4	1,11	1,31
6	1,17	1,37
8	1,22	1,42
10	1,28	1,48
12	1,33	1,53
15	1,41	1,61
18	1,50	1,70

Fuente: CABRERA RIEPELE, Ricardo Antonio. *Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2*, p.35.

Las cotas invert se pueden calcular mediante las siguientes fórmulas:

$$CT_f = CT_i - DH * \%S_{terreno}$$

$$CIS.PV_i = CT_i - H_{pozo}$$

$$CIE.PV_f = CIS.PV_i - DH * \%S_{tubo}$$

$$CIS.PV_f = CIE.PV_f - 0,03m$$

$$H_{pozo} = CT_i - CIS.PV_i$$

Donde

$CT_i$  = cota del terreno inicial

$CT_f$  = cota del terreno final

$CIS.PV_i$  = cota invert de salida pozo de visita inicial

$CIE.PV_f$  = cota invert de entrada pozo de visita final

$CIS.PV_f$  = cota invert de salida pozo de visita final

$DH$  = distancia horizontal

$\%S_{terreno}$  = pendiente del terreno o tubería

$H_{pozo}$  = profundidad del pozo (para el presente diseño se utilizará una profundidad mínima de 1,20m).

#### **2.2.14. Pozos de visita**

Los pozos de visita forman parte de la red de alcantarillado, proporcionan acceso a esta con el objetivo de efectuar trabajos de supervisión o mantenimiento. Están contruidos con concreto o mampostería.

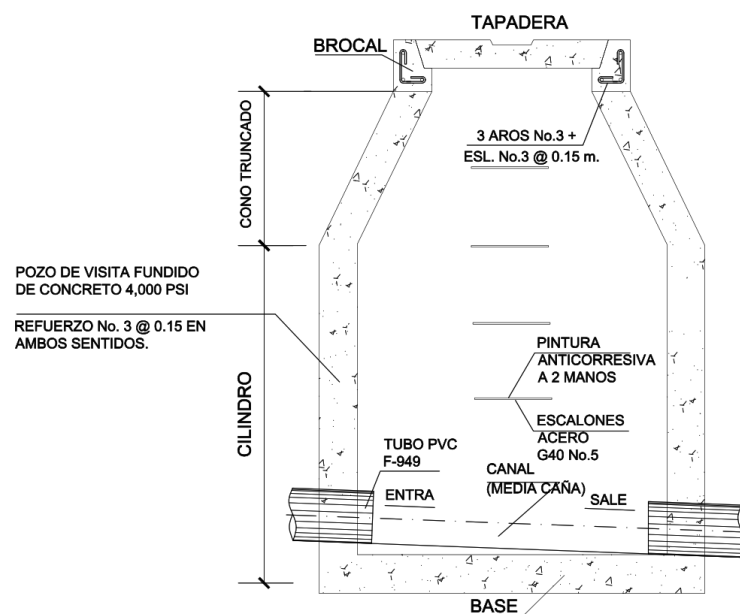
Se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones para su construcción:

- El ingreso debe ser circular con un diámetro entre 0,60 a 0,75 metros.



- La tapadera debe descansar sobre un brocal, ambos deben fabricarse con concreto reforzado.
- Las paredes del pozo están impermeabilizadas con repello más un cernido liso.
- El fondo del pozo debe estar construido con concreto reforzado, con la pendiente necesaria para que corra el agua; la dirección en que se dirigirá estará determinada por medio de canales, constituidos por tubería cortada transversalmente.
- Los pozos profundos deben contar con escalones de hierro empotrados a la pared para poder realizar la inspección o limpieza.

Figura 28. Detalles de un pozo de visita



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

### **2.2.14.1. Especificaciones de colocación**

El Infom recomienda colocar un pozo de visita cuando se presente alguno de los siguientes casos:

- Cambio de diámetro en la tubería.
- Cambio de pendiente de la tubería.
- Cambios de dirección horizontal para diámetros menores a 24”.
- En intersecciones de tuberías colectoras.
- En los extremos superiores de los ramales iniciales.
- A distancias no mayores de 100 metros en línea recta en tuberías de hasta 24” de diámetro.
- A distancias no mayores de 300 metros en diámetros superiores a 24”.

### **2.2.14.2. Especificaciones físicas**

Al diseñar un sistema de alcantarillado sanitario se deben considerar los siguientes aspectos que se refieren a las cotas invert de entrada y salida de las tuberías en los pozos de visita, así como 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 cm debajo de la cota invert de entrada.

$$\varnothing A = \varnothing B$$

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

- 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.

$$\varnothing A < \varnothing B$$

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

- 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 0,03m debajo de la cota de entrada más baja.

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

$$\text{Cota invert}_{\text{salida}} = \text{Cota invert}_{\text{entradamásbaja}} - 0,03\text{m}$$

- Cuando en un pozo de visita la tubería de salida es de diferente diámetro que las que ingresan en este, 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.

#### **2.2.14.3. Profundidad mínima de pozos de visita**

La profundidad del pozo de visita en el inicio del tramo está definida por la cota invert de salida previamente determinada. Una cota invert menor indica mayor profundidad y una cota invert mayor indica menor profundidad, mientras que con la profundidad del pozo ocurre lo contrario, una profundidad de pozo menor es realmente una profundidad menor y una profundidad de pozo mayor, es realmente una profundidad mayor.

#### **2.2.15. Conexiones domiciliarias**

Las conexiones domiciliarias tienen como objetivo fundamental descargar las aguas provenientes de las viviendas y dirigirlas hacia el colector central. Constan de las siguientes partes:

Caja o candela domiciliar: la conexión se realiza por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de concreto colocados de manera vertical. El lado menor de la caja será de 45 cm, en caso de ser circular tendrá un diámetro no menor de 12"; se debe impermeabilizar por dentro e instalar una tapadera para realizar inspecciones.

Tubería secundaria: la conexión de la candela domiciliar con el colector central se realiza por medio de la tubería secundaria, la cual debe tener un

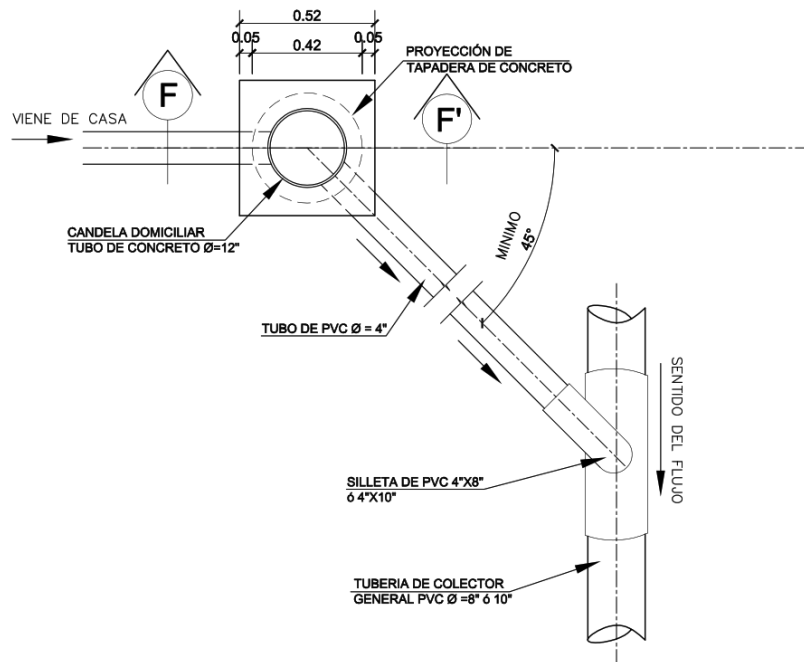
diámetro mínimo de 6" para tubería de concreto y de 4" para tubería PVC. Debe tener una pendiente mínima del 2 % para evacuar adecuadamente el agua de las viviendas. La conexión con el colector central se hará en el medio diámetro superior del mismo, a un ángulo de 45 grados aguas abajo.

Al realizar el diseño del alcantarillado deben considerarse las alturas en las cuales se encuentran las casas con relación al colector central, a fin de no profundizar demasiado la conexión domiciliar; sin embargo, en algunos casos esto resulta imposible por la topografía del terreno, debiendo considerar otras formas de realizar dicha conexión.

Los sistemas que permitan un mejor funcionamiento del alcantarillado se emplearán en situaciones en las cuales el diseñador lo considere conveniente, según las características del sistema que se diseñe y las condiciones físicas donde se construirá. Algunos de estos sistemas son: tubería de ventilación, tanques de lavado, sifones invertidos, disipadores de energía, pozos de luz, derivadores de caudal, entre otros.

En el sistema de alcantarillado sanitario para el sector La Comunidad, zona 2 de la cabecera municipal, se utilizarán tubos de concreto de 12" para las candelas domiciliarias, la tubería secundaria será PVC de 4" de diámetro y se unirá con el colector central por medio de silletas tipo yee.

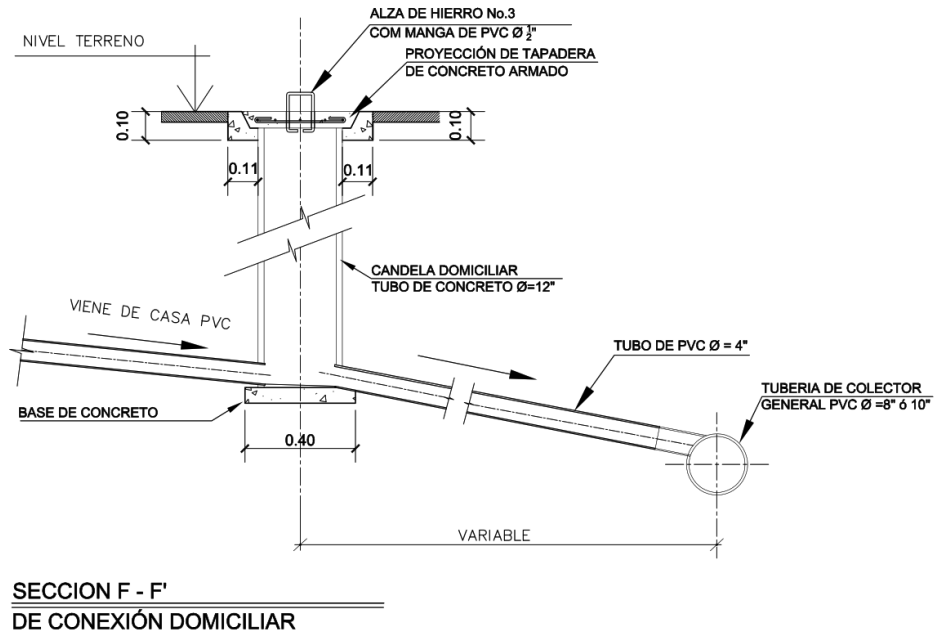
Figura 29. **Detalle en planta de conexión domiciliar**



PLANTA DE CONEXIÓN DOMICILIAR

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 30. Detalle en sección de conexión domiciliar



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

### 2.2.16. Diámetro de colector

El Infom recomienda que para tuberías de concreto el diámetro mínimo sea de 8", y para tubería de PVC un diámetro mínimo de 6". Para el presente diseño de alcantarillado sanitario se utilizará tubería PVC de 8" para la mayor parte de la línea, utilizando tubería de 10" en el tramo final del colector central, esto es debido a parámetros ya establecidos de la municipalidad de Santa Catrina Pinula.

### 2.2.17. Volumen de excavación

El volumen de tierra que se removerá para colocar la tubería está comprendido a partir de la profundidad de los pozos de visita, el ancho de la zanja, el cual depende del diámetro de la tubería que se va a instalar, y la longitud entre pozos. El volumen de excavación se puede obtener mediante la siguiente fórmula:

$$V = \left[ \left( \frac{H_1 + H_2}{2} \right) * d * t \right]$$

Donde:

$V$  = volumen de excavación (m<sup>3</sup>)

$H_1$  = profundidad primer pozo (m)

$H_2$  = profundidad segundo pozo (m)

$d$  = distancia entre pozos (m)

$t$  = ancho de la zanja (m)

Tabla XXXVIII. Ancho libre de zanja según el diámetro de tubería

Diámetro nominal		Ancho de zanja	
mm	pulg	Metros	pulg
100	4	0,50	20
150	6	0,55	22
200	8	0,62	24
250	10	0,67	26
300	12	0,75	28
375	15	0,80	32
450	18	0,90	36
600	24	1,10	44
675	27	1,16	46
750	30	1,25	48

Fuente: Manual de diseño, tubería AMANCO para alcantarillado sanitario y pluvial, 2018. p. 31.



Para los cálculos hidráulicos del presente alcantarillado sanitario se utilizará un ancho de zanja de 70cm.

### 2.2.18. Cálculo de un tramo del sistema de alcantarillado sanitario

A continuación, se presenta el diseño del tramo comprendido entre el pozo de visita PV-1 a PV-2.

Tabla XXXIX. Datos para el cálculo de tramo

Descripción	Cantidad	Unidad
Período de diseño (n)	20	años
Población inicial (Po)	10	habitantes
Dotación de agua potable	150	L/hab/día
Tasa de crecimiento (r)	2,45	%
Factor de retorno (Fr)	80	%
Diámetro propuesto de tubería PVC	8	pulgadas
Cota terreno PV-1 (CT1)	1 544,58	m
Cota terreno PV-2 (CT2)	1 544,88	m
Distancia horizontal de PV-1 a PV-2 (DH)	11,23	m
Altura de PV-1	1,40	m
Número de casas en el tramo	2	casas

Fuente: elaboración propia.

- Población futura ( $P_f$ )

$$P_f = 10 * (1 + 0,0245)^{20}$$

$$P_f = 17 \text{ habitantes}$$

- Factor de Harmond (FH)

$$FH_{actual} = \left( \frac{18 + \sqrt{\frac{10}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{10}{1\,000}}} \right) = 4,41$$

$$FH_{futuro} = \left( \frac{18 + \sqrt{\frac{17}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{17}{1\,000}}} \right) = 4,39$$

- Caudal domiciliar

$$Q_{dom.actual} = \frac{150 \text{ L/hab/día} * 10 * 0,80}{86\,400} = 0,013 \text{ L/hab/día}$$

$$Q_{dom.futura} = \frac{150 \text{ L/hab/día} * 17 * 0,80}{86\,400} = 0,023 \text{ L/hab/día}$$

- Caudal medio

$$Q_{med.actual} = 0,013 \text{ L/s} + (0,10 * 0,013 \text{ L/s}) = 0,015 \text{ L/s}$$

$$Q_{med.futura} = 0,023 \text{ L/s} + (0,10 * 0,023 \text{ L/s}) = 0,026 \text{ L/s}$$

- Factor de caudal medio

$$fqm_{actual} = \frac{0,015 \text{ L/s}}{10 \text{ habitantes}} = 0,0015 \text{ L/hab/s}$$

$$fqm_{futura} = \frac{0,026 \text{ L/s}}{17 \text{ habitantes}} = 0,0015 \text{ L/hab/s}$$

En ambos casos el factor de caudal medio a utilizar será de 0,002, debido a que no se encuentra dentro del rango de 0,002-0,005.

- Caudal de diseño

$$q_{dis.actual} = 0,002 \text{ L/hab/s} * 4,41 * 10 \text{ hab} = 0,088 \text{ L/s}$$

$$q_{dis.futuro} = 0,002 \text{ L/hab/s} * 4,39 * 17 \text{ hab} = 0,149 \text{ L/s}$$

- Velocidad a sección llena

$$V = \frac{1}{0,010} * 0,03429 * 8^{\frac{2}{3}} * 0,032^{\frac{1}{2}} = 2,45 \text{ m/s}$$

- Caudal a sección llena

$$Q = 2,45 \text{ m/s} * \left( \frac{\pi}{4} * (8 * 0,0254)^2 \right) * 1000 \text{ L/m}^3 = 79,57 \text{ L/s}$$

- Relaciones hidráulicas  $q/Q$ ,  $d/D$ ,  $v/V$

$$q_{actual}/Q = \frac{0,088 \text{ L/s}}{79,57 \text{ L/s}} = 0,0011$$

$$v_{actual}/V = 0,1631$$

$$d_{actual}/D = 0,0250$$

$$q_{futuro}/Q = \frac{0,149 \text{ L/s}}{79,57 \text{ L/s}} = 0,0019$$

$$v_{futura}/V = 0,1919$$

$$d_{futuro}/D = 0,0320$$

Conociendo las relaciones hidráulicas se puede verificar la velocidad en cada tramo.

$$v_{actual} = 0,1631 * 2,45 \text{ m/s} = 0,40 \text{ m/s}$$

$$v_{futura} = 0,1919 * 2,45 \text{ m/s} = 0,47 \text{ m/s}$$

Por ser un tramo inicial, se permite tener velocidades mayores a 0,40 m/s, para que exista tracción y arrastre de sólidos.

- Cota Invert

$$CIS.PV_i = 1\,544,58 - 1,40 = 1\,543,18 \text{ m}$$

$$CIE.PV_f = 1\,543,18 \text{ m} - (11,23 * 0,032) = 1\,542,82 \text{ m}$$

$$CIS.PV_f = 1\,542,82 \text{ m} - 0,03 \text{ m} = 1\,542,79 \text{ m}$$

- Alturas de pozos de visita

$$H_{PV-1} = 1,40 \text{ m}$$

$$H_{PV-2} = 1\,544,58 - 1\,542,79 = 1,79 \text{ m}$$

- Volumen de excavación

$$V = \left[ \left( \frac{1,40 + 1,79}{2} \right) * 11,23 * 0,70 \right] = 12,53 \text{ m}^3$$

El cálculo hidráulico de todo el sistema de alcantarillado sanitario se encuentra en el apéndice 2.

### 2.2.19. Obras de protección

Las obras de protección son elementos que tienen como objetivo garantizar el buen funcionamiento del alcantarillado durante todo el período de

diseño. La operación y mantenimiento del mismo será responsabilidad de la municipalidad de Santa Catarina Pinula.

Debido a que se trata de un alcantarillado sanitario y por lo tanto en él corren aguas con desechos sólidos, se recomiendan períodos no mayores a un mes para realizar la inspección de su funcionamiento.

El diseño del alcantarillado sanitario en sí es una obra de protección comunitaria, pero necesita de algunos dispositivos que ayuden a cumplir la vida útil del mismo. Las obras de protección son dispositivos colocados en lugares específicos para que las personas sepan dónde ubicarlos al momento de exista necesidad de su uso.

Las obras de protección que se utilizaron para el diseño del alcantarillado sanitario en el sector La Comunidad, zona 2 de la cabecera municipal, fueron las siguientes:

- Pozos de visita para supervisión y mantenimiento
- Tubería PVC en toda la red para evitar filtraciones
- Escaleras para tener acceso a los pozos de visita
- Candelas domiciliarias
- Tapaderas de concreto con jalador

### **2.2.20. Planos del proyecto**

Los planos constructivos para el sistema de alcantarillado sanitario se presentan en el apéndice 6; y están conformados por los siguientes planos:

- Planta de conjunto
- Planta-perfil de tramos
- Detalle conexión domiciliar
- Detalle pozo de visita

### **2.2.21. Presupuesto**

El resumen del presupuesto del alcantarillado sanitario se elaboró según los precios unitarios. Se tomaron en consideración los siguientes aspectos: materiales, mano de obra, maquinaria, prestaciones, factores de gastos indirectos como utilidad, gastos administrativos e impuestos. Para el precio de mano de obra, materiales y gastos indirectos se tomaron como referencia los utilizados por la municipalidad de Santa Catarina Pinula para proyectos similares. El presupuesto se detalla en la tabla XL.

Tabla XL. Presupuesto sistema de alcantarillado sanitario

PRESUPUESTO					
Sistema de Alcantarillado Sanitario para el Sector de La Comunidad, zona 2 de la Cabecera Municipal					
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
<b>1</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>Q16,098.75</b>
1.01	TRAZO Y NIVELACION	4.77	KM	Q3,375.00	Q16,098.75
<b>2</b>	<b>ALCANTARILLADO</b>				<b>Q1,550,931.08</b>
2.01	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.00m), H. INT.=1.25m, (12 UNIDAD)	13.20	m3	Q4,089.12	Q53,976.38
2.02	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.00m), H. INT.=1.40m, (16 UNIDAD)	19.14	m3	Q4,083.02	Q78,149.00
2.03	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.00m), H. INT.=1.45m, (12 UNIDAD)	14.74	m3	Q4,110.94	Q60,595.26
2.04	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.00m), H. INT.=1.60m, (6 UNIDAD)	7.95	m3	Q4,089.48	Q32,511.37
2.05	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.00m), H. INT.=1.76m, (10 UNIDAD)	14.28	m3	Q4,096.42	Q58,496.88
2.06	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.00m), H. INT.=1.90m, (6 UNIDAD)	9.10	m3	Q4,103.44	Q37,341.30
2.07	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.00m), H. INT.=2.25m, (15 UNIDAD)	26.15	m3	Q4,082.17	Q106,748.75
2.08	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.00m), H. INT.=2.76m, (8 UNIDAD)	16.57	m3	Q4,077.77	Q67,568.65
2.09	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.00m), H. INT.=3.30m, (11 UNIDAD)	26.60	m3	Q4,065.02	Q108,129.53
2.10	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.00m), H. INT.=3.72m, (5 UNIDAD)	13.44	m3	Q4,055.12	Q54,500.81
2.11	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.00m), H. INT.=4.55m, (1 UNIDAD)	3.36	m3	Q4,951.40	Q16,636.70
2.12	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.00m), H. INT.=6.68m, (2 UNIDAD)	9.74	m3	Q3,940.68	Q38,382.22
2.13	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.00m), H. INT.=7.40m, (4 UNIDAD)	21.33	m3	Q3,473.17	Q74,082.72
2.14	TUBERIA PVC Ø 8", NORMA ASTM F949	4546.53	m	Q156.17	Q710,031.59
2.15	TUBERIA PVC Ø 10", NORMA ASTM F949	232.00	m	Q231.81	Q53,779.92
<b>3</b>	<b>TRABAJOS VARIOS</b>				<b>Q2,424,092.05</b>
3.01	EXCAVACION EN LINEA DE ALCANTARILLADO Y POZOS DE VISITA	7525.00	m3	Q78.30	Q589,207.50
3.02	RELLENO Y COMPACTACION CON MATERIAL SELECTO EN LINEA DE ALCANTARILLADO	2101.00	m3	Q191.50	Q402,341.50
3.03	RELLENO Y COMPACTACION CON MATERIAL GRANULAR EN LINEA DE ALCANTARILLADO	397.00	m3	Q280.27	Q111,267.19
3.04	RELLENO Y COMPACTACION CON MATERIAL EXTRAIDO EN LINEA DE ALCANTARILLADO	4692.00	m3	Q52.21	Q244,969.32
3.05	CONEXIONES DOMICILIARES	471.00	Unidad	Q1,253.60	Q590,445.60
3.06	REPARACION DE PAVIMENTO, ASFALTO	1186.30	m2	Q238.37	Q282,778.33
3.07	REPARACION DE PAVIMENTO, CONCRETO 3,000 PSI	650.00	m2	Q255.91	Q166,341.50
3.08	REPARACION DE PAVIMENTO, ADOQUIN	165.90	m2	Q152.55	Q25,308.05
3.09	LIMPIEZA Y RETIRO DE MATERIAL SOBRENTE	3343.00	m2	Q3.42	Q11,433.06
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>				<b>Q3,991,121.88</b>	

Fuente: elaboración propia.

## 2.2.22. Cronograma de inversión física y financiera

El cronograma para la ejecución del sistema de alcantarillado sanitario se presenta en la tabla XLI.

Tabla XLI. Cronograma físico-financiero

SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL SECTOR DE LA COMUNIDAD, ZONA 2 DE LA CABECERA MUNICIPAL, SANTA CATARINA PINULA.																											
CRONOGRAMA DE INVERSIÓN Y DE EJECUCIÓN																											
No.	DESCRIPCIÓN	cant.	unidad	% Inv	% acu.	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6	Avance Financiero															
						1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4						
<b>1</b>	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>																										
1.01	TRAZO Y NIVELACION	semana Q.	4.77	KM	0.40%	0.40%																			Q16,098.75		
<b>2</b>	<b>ALCANTARILLADO</b>																										
2.01	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.00m), H. INT.=1.25m, (12 UNIDAD)	semana Q.	13.20	m3	1.35%	1.75%																			Q53,976.38		
2.02	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.00m), H. INT.=1.40m, (16 UNIDAD)	semana Q.	19.14	m3	1.96%	3.71%																			Q78,149.00		
2.03	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.00m), H. INT.=1.45m, (12 UNIDAD)	semana Q.	14.74	m3	1.52%	5.23%																			Q60,595.26		
2.04	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.00m), H. INT.=1.60m, (6 UNIDAD)	semana Q.	7.95	m3	0.81%	6.04%																			Q32,511.37		
2.05	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.00m), H. INT.=1.76m, (10 UNIDAD)	semana Q.	14.28	m3	1.47%	7.51%																			Q58,496.88		
2.06	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.00m), H. INT.=1.90m, (6 UNIDAD)	semana Q.	9.10	m3	0.94%	8.45%																			Q37,341.30		
2.07	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.00m), H. INT.=2.25m, (15 UNIDAD)	semana Q.	26.15	m3	2.67%	11.12%																			Q106,748.75		
2.08	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.00m), H. INT.=2.76m, (8 UNIDAD)	semana Q.	16.57	m3	1.69%	12.81%																			Q67,568.65		
2.09	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.00m), H. INT.=3.30m, (11 UNIDAD)	semana Q.	26.60	m3	2.71%	15.52%																			Q108,129.53		
2.10	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.00m), H. INT.=3.72m, (5 UNIDAD)	semana Q.	13.44	m3	1.37%	16.89%																			Q54,500.81		
2.11	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.00m), H. INT.=4.55m, (1 UNIDAD)	semana Q.	3.36	m3	0.42%	17.31%																			Q16,636.70		
2.12	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.00m), H. INT.=6.68m, (2 UNIDAD)	semana Q.	9.74	m3	0.96%	18.27%																			Q38,382.22		
2.13	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.00m), H. INT.=7.40m, (4 UNIDAD)	semana Q.	21.33	m3	1.86%	20.13%																			Q74,082.72		
2.14	TUBERIA PVC Ø 8", NORMA ASTM F949	semana Q.	4,546.53	m	17.79%	37.92%																			Q710,031.59		
2.15	TUBERIA PVC Ø 10", NORMA ASTM F949	semana Q.	232.00	m	1.35%	39.27%																			Q53,779.92		
<b>3</b>	<b>TRABAJOS VARIOS</b>																										
3.01	EXCAVACION EN LINEA DE ALCANTARILLADO Y POZOS DE VISITA	semana Q.	7,525.00	m3	14.76%	54.03%																			Q589,207.50		
3.02	RELLENO Y COMPACTACION CON MATERIAL SELETO EN LINEA DE ALCANTARILLADO	semana Q.	2,101.00	m3	10.08%	64.11%																			Q402,341.50		
3.03	RELLENO Y COMPACTACION CON MATERIAL GRANULAR EN LINEA DE ALCANTARILLADO	semana Q.	397.00	m3	2.79%	66.90%																			Q111,267.19		
3.04	RELLENO Y COMPACTACION CON MATERIAL EXTRAIDO EN LINEA DE ALCANTARILLADO	semana Q.	4,692.00	m3	6.14%	73.04%																			Q244,969.32		
3.05	CONEXIONES DOMICILIARES	semana Q.	471.00	Unidad	14.79%	87.83%																			Q590,445.60		
3.06	REPARACION DE PAVIMENTO, ASFALTO	semana Q.	1,186.30	m2	7.09%	94.92%																			Q282,778.33		
3.07	REPARACION DE PAVIMENTO, CONCRETO 3,000 PSI	semana Q.	650.00	m2	4.17%	99.09%																			Q166,341.50		
3.08	REPARACION DE PAVIMENTO, ADOQUIN	semana Q.	165.90	m2	0.63%	99.72%																			Q25,308.05		
3.09	LIMPIEZA Y RETIRO DE MATERIAL SOBRENTE	semana Q.	3,343.00	m2	0.29%	100.0%																			Q11,433.06		
<b>Avance Financiero</b>		Q.					Q109,355.63	Q778,698.02	Q1,428,565.02	Q886,023.62	Q670,824.62	Q117,654.97															
<b>Avance Financiero Acumulado</b>		Q.			100.0%		Q109,355.63	Q888,053.65	Q2,316,618.67	Q3,202,642.29	Q3,873,466.91	Q3,991,121.88	<b>Q3,991,121.88</b>														

Fuente: elaboración propia.



### **2.2.23. Evaluación de impacto ambiental inicial**

La evaluación ambiental inicial correspondiente al proyecto del sistema de alcantarillado sanitario para el sector de La Comunidad, zona 2 de la cabecera municipal, se encuentra en el apéndice 4 .

### **2.2.24. Evaluación socioeconómica**

Esta evaluación se detalla en los siguientes subtítulos.

#### **2.2.24.1. Valor presente neto (VPN)**

El valor presente neto (VPN) es el procedimiento que permite calcular el valor presente de todos los movimientos monetarios de un proyecto a través del tiempo, para determinar la rentabilidad al término del período de funcionamiento. Para que el proyecto en análisis sea factible, el VPN debe ser mayor al costo total del proyecto.

Costo del proyecto = Q 3 991 121,88

Ingreso por conexión inicial =  $471 * Q. 2\ 200,00 = Q. 1\ 036\ 200,00$

Gastos administrativos por operación y mantenimiento anual =  $Q. 3\ 000,00 * 12$   
= Q. 36 000,00

Ingreso anual por tarifa =  $471 * Q10,00 * 12 = Q. 56\ 520,00$

Diferencia entre gastos e ingresos anuales =  $Q. 36\ 000,00 - Q. 56\ 520,00$   
= Q. -20 520,00

Tasa de interés activa de Guatemala = 12,75 %

Tiempo de operación del proyecto = 20 años

$$VPN = Ingreso\ inicial - Costo\ anual(1 + i)^n + ingreso\ anual(1 + i)^n \\ - Costo\ inicial$$

VPN = valor presente neto

i = interés activo

n = número de años de operación del proyecto

$$VPN = 1\ 036\ 200,00 - 36\ 000(1 + 0,1275)^{20} + 56\ 520,00(1 + 0,1275)^{20} \\ - 3\ 991\ 121,88$$

$$VPN = -Q.2\ 728\ 713,67$$

El VPN es negativo ya que el ingreso es muy bajo y la inversión inicial bastante alta, lo que indica que el proyecto no es económicamente rentable. Sin embargo, como el proyecto es de carácter social y busca el beneficio de los habitantes del sector de La Comunidad, zona 2 de la cabecera municipal, no existe problema al respecto, ya que los costos serán sufragados en su totalidad por la municipalidad de Santa Catarina Pinula.

## CONCLUSIONES

1. En la investigación de tipo monográfica que se realizó en las comunidades a beneficiar, se determinó la necesidad de una pavimentación asfáltica para la calle principal de la aldea El Carmen, así como un sistema de alcantarillado sanitario para el sector de La Comunidad, zona 2 de la cabecera municipal.
2. Para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario se realizó una línea de colector principal de 4 778,17 metros de longitud, para los cuales se diseñaron 108 pozos de visita y 471 conexiones domiciliarias, sirviendo a una población inicial de 2 355 habitantes.
3. Para la pavimentación asfáltica en la aldea El Carmen, se diseñó un tramo carretero con una longitud total de 1 500.0 metros, un ancho de calzada de 5,50 metros y una estructura de pavimento conformada por una carpeta de rodadura de 8 centímetros y una capa base y subbase de 20 y 15 centímetros respectivamente.
4. Se realizó el diseño hidráulico correspondiente para el sistema de alcantarillado sanitario, así como el diseño geométrico y estructural para la pavimentación asfáltica, incluyendo en cada uno de ellos planos constructivos, presupuestos, cronogramas y evaluaciones ambientales.



## RECOMENDACIONES

A la municipalidad de Santa Catarina Pinula, Guatemala.

1. Garantizar la supervisión técnica a través de un profesional de la ingeniería civil, durante la ejecución de los proyectos, para que se cumplan con todas las especificaciones y requerimientos contenidos en los planos.
2. Velar por la calidad de los materiales de construcción que se empleen en las obras, a tal manera de garantizar la vida útil de las mismas y su buen funcionamiento.
3. Proveer el mantenimiento rutinario y periódico a la superficie de rodadura de la carretera, antes y después del invierno, además de realizar la limpieza de los drenajes de la carretera al inicio y al final de la época lluviosa.
4. Dar el mantenimiento respectivo al sistema de alcantarillado sanitario, una vez construido, para que no se acumulen materiales que puedan obstruir el alcantarillado y los pozos de visita.
5. Hacer conciencia en la población para el uso adecuado de las obras, ya que esto prolongará la vida útil de las mismas, siendo de beneficio para todos los habitantes.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES, 2010. 75 p.
2. CORONADO, Jorge, *Manual Centroamericano para diseño de pavimentos*, SIECA, 2002. 140 p.
3. Dirección General de Caminos Ministerio de Comunicaciones. *Infraestructura y Vivienda. Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: DGC MCIV, 2000. 361 p.
4. GRAJEDA FERNÁNDEZ, Carlos Alberto. *Diseño de un edificio escolar de dos niveles para la aldea El Carmen y una red de alcantarillado sanitario para el sector El Riíto de la aldea El Pajón, Santa Catarina Pinula, Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2017. 192 p.
5. Instituto de Fomento Municipal. *Normas generales para el diseño de alcantarillados*. Guatemala: INFOM, 2001. 25 p.
6. *Manual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras, con Enfoque de Gestión de Riesgo y Seguridad Vial*, 3a ed. SIECA, 2011. 75 p.





## APÉNDICES

### Apéndice 1. Corrección de curvas verticales

Curva núm. 2

Estación	Elemento	Pendiente	Elevación Subrasante	Corrección	Subrasante corregida
0+544,14	PCV	13,37	1 236,37	0,000	1 236,37
0+560,00			1 265,49	-0,231	1 265,26
0+53,91	PIV	3,08	1 267,11	-0,720	1 266,39
0+580,00			1 267,35	-0,372	1266,98
0+600,00			1 267,97	0,000	1 267,97
0+600,14	PTV		1 267,97	0,000	1 267,97

Curva núm. 3

Estación	Elemento	Pendiente	Elevación Subrasante	Corrección	Subrasante corregida
0+615,02	PCV	3,08	1 268,43	0,000	1 268,43
0+620,00			1 268,58	0,017	1 268,60
0+640,00			1 269,20	0,425	1 269,62
0+660,00			1 269,81	1,379	1 271,19
0+680,00			1 270,43	2,878	1 273,31
0+683,27	PIV	21,69	1 270,53	3,175	1 273,71
0+700,00			1 274,16	1,809	1 275,97
0+720,00			1 278,50	0,677	1 279,18
0+740,00			1 282,83	0,090	1 282,92
0+751,52	PTV		1 285,33	0,000	1 285,33

Curva núm. 4

Estación	Elemento	Pendiente	Elevación Subrasante	Corrección	Subrasante corregida
0+837,03	PCV	21,69	1 303,89	0,000	1 303,89
0+840,00			1 304,53	-0,004	1 304,53
0+860,00			1 308,87	-0,266	1 308,60
0+880,00			1 313,21	-0,931	1 312,28

Continuación del apéndice 1.

0+900,00			1 317,55	-1,998	1 315,55
0+918,78	PIV		1 321,62	-3,368	1 318,25
0+920,00		5,21	1 321,68	-3,367	1 318,31
0+940,00			1 322,73	-1,847	1 320,88
0+960,00			1 323,77	-0,828	1 322,94
0+980,00			1 324,81	-0,212	1 324,60
0+1 000,00			1 325,85	-0,0001	1 325,84
0+1 000,53	PTV		1 325,88	0,000	1 325,88

Curva núm. 5

Estación	Elemento	Pendiente	Elevación Subrasante	Corrección	Subrasante corregida
1+283,44	PCV	5,21	1 340,62	0,000	1 340,62
1+300,00			1 341,48	0,224	1 341,70
1+320,00			1 342,52	1,094	1 343,61
1+330,94	PIV		1 343,09	1,847	1 344,91
1+340,00		20,56	1 344,97	1,209	1 346,18
1+360,00			1 349,12	0,278	1 349,40
1+378,44	PTV		1 352,95	0,000	1 352,95

Curva núm. 6

Estación	Elemento	Pendiente	Elevación Subrasante	Corrección	Subrasante corregida
1+403,36	PCV	20,76	1 358,12	0,000	1 358,12
1+420,00			1 361,58	-0,420	1 361,16
1+433,11	PIV		1 364,30	-1,343	1 362,96
1+440,00		2,70	1 364,49	-0,793	1 363,70
1+460,00			1 365,03	-0,012	1 365,01
1+462,86	PTV		1 365,10	0,000	1 365,10

Fuente: elaboración propia.



Continuación del apéndice 2.

ANEXO 11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
ANEXO 11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
ANEXO 12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
ANEXO 13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Evaluación ambiental inicial pavimento asfáltico para la calle principal de la aldea El Carmen**



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

**EVALUACION AMBIENTAL INICIAL**

**ACTIVIDADES DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL**

(ACUERDO GUBERNATIVO 137-2016, REGLAMENTO DE EVALUACIÓN, CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL Y SU REFORMA)

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<p>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario ventanilla única no lo aceptará.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial, colocando una X en las casillas donde corresponda y <b>debe</b> ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera.</li> <li>• Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información.</li> <li>• La información <b>debe</b> ser completada, utilizando letra de molde legible o a máquina de escribir.</li> <li>• Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: <a href="mailto:yunica@marn.gob.gt">yunica@marn.gob.gt</a></li> <li>• Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera).</li> <li>• Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN.</li> </ul>	<p>No. Expediente:</p> <p>Clasificación del Listado Taxativo</p> <p>Firma y Sello de Recibido</p>
<p><b>I. INFORMACION LEGAL</b></p>	
<p>I.1. Nombre del proyecto, obra, industria o actividad (<b>OBLIGATORIAMENTE</b> que tenga relación con la actividad a realizar):</p>	
<p style="text-align: center;">Diseño del pavimento asfáltico para la calle principal de la aldea El Carmen</p>	
<p>I.1.2 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento. El proyecto consta de la construcción de 1 500 metros de pavimento asfáltico con espesor de 8 centímetros, 4 cajas transversal con tubería de 30 pulgadas bajo la norma F949, cunetas y bordillos. Para satisfacer a la población de la aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula.</p>	
<p>I.2. Información legal:</p>	
<p>A) Persona Individual:</p>	
<p>A.1. Representante Legal: Lic. Victor Gonzalo Alvarzaes Monteroso</p>	
<p>B) De la empresa:</p>	
<p>Razón social: Organización Gubernamental</p>	
<p>Nombre Comercial: Municipalidad de Santa Catarina Pinula</p>	
<p>No. De Escritura Constitutiva: N/A</p>	
<p>Fecha de constitución: N/A</p>	
<p>Patente de Sociedad Registro No. N/A Folio No. N/A Libro No. N/A</p>	
<p>Patente de Comercio Registro No. N/A Folio No. N/A Libro No. N/A</p>	
<p>C) De la Propiedad:</p>	
<p>No. De Finca N/A Folio No. N/A Libro No. N/A de</p>	
<p>Es de dominio público común dónde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad.</p>	
<p>D) De la Empresa y/o persona individual:</p>	
<p>Número de Identificación Tributaria (NIT): 618069-8</p>	

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500



Continuación del apéndice 3.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN						
<p>I.3 Teléfono 2411 1000 Correo electrónico: contacto@scp.go.gt</p>								
<p>I.4 Dirección de donde se ubica la actividad: (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; <b>OBLIGATORIAMENTE</b> indicar el municipio y departamento)</p> <p>Sector norte I El Caminero hasta llegar a la colonia Santa Sofía II aldea El Carmen zona 10, municipio de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala</p> <p>Especificar Coordenadas Geográficas</p> <p style="text-align: center;"><b>Coordenadas Geográficas Datum WGS84</b></p> <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Inicia en:</th> <th style="width: 50%;">Finaliza en:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Latitud 14° 33' 25.71" N</td> <td>Latitud 14° 33' 16.39" N</td> </tr> <tr> <td>Longitud 90° 30' 12.58" O</td> <td>Longitud 90° 30' 51.06" O</td> </tr> </tbody> </table>			Inicia en:	Finaliza en:	Latitud 14° 33' 25.71" N	Latitud 14° 33' 16.39" N	Longitud 90° 30' 12.58" O	Longitud 90° 30' 51.06" O
Inicia en:	Finaliza en:							
Latitud 14° 33' 25.71" N	Latitud 14° 33' 16.39" N							
Longitud 90° 30' 12.58" O	Longitud 90° 30' 51.06" O							
<p>I.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal) (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; <b>OBLIGATORIAMENTE</b> indicar el municipio y departamento)</p> <p style="text-align: center;">1ra calle 5-50, zona 1 Santa Catarina Pinula</p>								
<p>I.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por un profesional, por favor anote el nombre, profesión, número de teléfono y correo electrónico del mismo</p>								
<p><b>II. INFORMACIÓN GENERAL</b></p> <p>Se debe proporcionar una descripción de las actividades que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad según etapas siguientes:</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">II.1 Etapa de Construcción</th> <th style="width: 33%;">Operación</th> <th style="width: 33%;">Abandono</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Actividades a realizar</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Limpieza, chapeo y destronque</li> <li>2. Trazo y nivelación</li> <li>3. Movimiento de tierras</li> <li>4. Retiro de material</li> <li>5. Colocación de tubería</li> <li>6. Fundición de cajas, losa y cunetas</li> <li>7. Relleno y compactación</li> <li>8. Retiro de material sobrante</li> </ol> </li> <li>• <b>Insumos necesarios</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Agua potable</li> <li>2. Energía eléctrica</li> <li>3. Combustible</li> </ol> </li> <li>• <b>Maquinaria</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Compactadores de mano</li> <li>2. Camiones de volteo</li> <li>3. Rodos vibratorios</li> </ol> </li> <li>• <b>Otros de relevancia</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bodegas</li> <li>2. Inodoros portátiles</li> </ol> </li> </ul> </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Actividades o procesos</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Limpieza y mantenimiento</li> </ol> </li> <li>• <b>Materia prima e insumos</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Agua potable</li> </ol> </li> <li>• <b>Maquinaria</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Camiones</li> </ol> </li> <li>• <b>Productos y Subproductos (bienes y servicios)</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Servicio de limpieza</li> </ol> </li> <li>• <b>Horario de Trabajo</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 8 horas</li> </ol> </li> <li>• <b>Otros de relevancia</b></li> </ul> </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Acciones a tomar en caso de cierre</b></li> </ul> <p>En caso la municipalidad de Santa Catarina Pinula decida el cierre de operaciones de estos espacios deberá acercarse al ministerio de ambiente de recursos naturales para definir el procedimiento a cumplir. Sin embargo la ocurrencia de que suceda el abandono es improbable debido a que este tipo de proyectos están sujetos a la demandas de las poblaciones.</p> </td> </tr> </tbody> </table>			II.1 Etapa de Construcción	Operación	Abandono	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Actividades a realizar</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Limpieza, chapeo y destronque</li> <li>2. Trazo y nivelación</li> <li>3. Movimiento de tierras</li> <li>4. Retiro de material</li> <li>5. Colocación de tubería</li> <li>6. Fundición de cajas, losa y cunetas</li> <li>7. Relleno y compactación</li> <li>8. Retiro de material sobrante</li> </ol> </li> <li>• <b>Insumos necesarios</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Agua potable</li> <li>2. Energía eléctrica</li> <li>3. Combustible</li> </ol> </li> <li>• <b>Maquinaria</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Compactadores de mano</li> <li>2. Camiones de volteo</li> <li>3. Rodos vibratorios</li> </ol> </li> <li>• <b>Otros de relevancia</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bodegas</li> <li>2. Inodoros portátiles</li> </ol> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Actividades o procesos</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Limpieza y mantenimiento</li> </ol> </li> <li>• <b>Materia prima e insumos</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Agua potable</li> </ol> </li> <li>• <b>Maquinaria</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Camiones</li> </ol> </li> <li>• <b>Productos y Subproductos (bienes y servicios)</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Servicio de limpieza</li> </ol> </li> <li>• <b>Horario de Trabajo</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 8 horas</li> </ol> </li> <li>• <b>Otros de relevancia</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Acciones a tomar en caso de cierre</b></li> </ul> <p>En caso la municipalidad de Santa Catarina Pinula decida el cierre de operaciones de estos espacios deberá acercarse al ministerio de ambiente de recursos naturales para definir el procedimiento a cumplir. Sin embargo la ocurrencia de que suceda el abandono es improbable debido a que este tipo de proyectos están sujetos a la demandas de las poblaciones.</p>
II.1 Etapa de Construcción	Operación	Abandono						
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Actividades a realizar</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Limpieza, chapeo y destronque</li> <li>2. Trazo y nivelación</li> <li>3. Movimiento de tierras</li> <li>4. Retiro de material</li> <li>5. Colocación de tubería</li> <li>6. Fundición de cajas, losa y cunetas</li> <li>7. Relleno y compactación</li> <li>8. Retiro de material sobrante</li> </ol> </li> <li>• <b>Insumos necesarios</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Agua potable</li> <li>2. Energía eléctrica</li> <li>3. Combustible</li> </ol> </li> <li>• <b>Maquinaria</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Compactadores de mano</li> <li>2. Camiones de volteo</li> <li>3. Rodos vibratorios</li> </ol> </li> <li>• <b>Otros de relevancia</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bodegas</li> <li>2. Inodoros portátiles</li> </ol> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Actividades o procesos</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Limpieza y mantenimiento</li> </ol> </li> <li>• <b>Materia prima e insumos</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Agua potable</li> </ol> </li> <li>• <b>Maquinaria</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Camiones</li> </ol> </li> <li>• <b>Productos y Subproductos (bienes y servicios)</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Servicio de limpieza</li> </ol> </li> <li>• <b>Horario de Trabajo</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 8 horas</li> </ol> </li> <li>• <b>Otros de relevancia</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Acciones a tomar en caso de cierre</b></li> </ul> <p>En caso la municipalidad de Santa Catarina Pinula decida el cierre de operaciones de estos espacios deberá acercarse al ministerio de ambiente de recursos naturales para definir el procedimiento a cumplir. Sin embargo la ocurrencia de que suceda el abandono es improbable debido a que este tipo de proyectos están sujetos a la demandas de las poblaciones.</p>						
<p>II.3 Área</p> <p>a) Área total de terreno en metros cuadrados: dependerá de lo contratado al final.</p> <p>b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: dependerá de lo contratado al final.</p> <p>Área total de construcción en metros cuadrados: 7,374.00 metros cuadrados constructivos.</p>								

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500



Continuación del apéndice 3.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN
<b>II.4 Actividades colindantes al proyecto:</b>		
<b>NORTE</b> <b>ESTE</b>	Parajes del lago Residenciales las Ilusiones	<b>SUR</b> <b>OESTE</b>
		Altos del Carmen las Tinajas
Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):		
DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL PROYECTO
Parajes del lago	Norte	Contigua
Altos del Carmen	Sur	Contigua
Residenciales las Ilusiones	Este	Contigua
las Tinajas	Oeste	Contigua
<b>II.5 Dirección del viento:</b>		
Dirección Sureste (SE), según www.windy.com		
<b>II.6 En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo ha estado o está expuesto?</b>		
a) inundación ( <input checked="" type="checkbox"/> )	b) explosión ( <input type="checkbox"/> )	c) deslizamientos ( <input type="checkbox"/> )
d) derrame de combustible ( <input type="checkbox"/> )	e) fuga de combustible ( <input type="checkbox"/> )	d) Incendio ( <input type="checkbox"/> )
e) Otro ( <input type="checkbox"/> )		
Detalle la información: En la calle principal de la aldea El Carmen, acorde a la topografía es muy susceptible a inundaciones por cambios de nivel.		
<b>II.7 Datos laborales</b>		
a) Jornada de trabajo: Diurna ( <input checked="" type="checkbox"/> ) Nocturna ( <input type="checkbox"/> ) Mixta ( <input type="checkbox"/> ) Horas Extras _____		
c) Número de empleados por jornada: dependerá del contratista adjudicado, sin embargo, se estima un número de empleados de 30 personas distribuidas en varios puestos de trabajo.		
Total, empleados: 30 colaboradores		
<b>II.8 USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTRO...</b>		
Sí		

Continuación del apéndice 3.



DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

FORMATO DVGA-GA-002

INSTRUCCIONES				PARA USO INTERNO DEL MARN			
CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...							
	Tipo	Si/No	Cantidad/(m <sup>3</sup> día y hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
Agua	Servicio publico	si	10m <sup>3</sup> /mes	Público	Etapa de construcción	Dependerá de los renglones de trabajo a realizar por el contratista	El contratista se conectara a lugares autorizados por la municipalidad para su abastecimiento, según sus actividades.
	Pozo	No	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Agua especial	No	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Superficial	No	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Combustible	Otro	No	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Gasolina	No	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Diésel	Si	Dependerá de la maquinaria y equipo a utilizar y la frecuencia	Estación de servicio más cercana	Etapa de construcción	Todo requerimiento de combustible estará sujeto al requerimiento del uso de la maquinaria y equipo.	El contratista deberá de llevar sus equipos y maquinaria a la estación a ser abastecidos según requerimiento. No se debe de almacenar en áreas temporales de trabajo.
	Bunker	No	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Glp	No	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Otro	No	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Lubricantes	Solubles	No	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	No solubles	No	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Refrigerantes		No	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500



Continuación del apéndice 3.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

Otros		No	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
-------	--	----	-----	-----	-----	-----	-----

NOTA: si se cuenta con licencia extendida por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, para comercialización o almacenaje de combustible. Adjuntar copia

**III. IMPACTO AL AIRE**  
**GASES Y PARTICULAS**  
III.1 Las acciones u operaciones de la Actividad, producen gases o partículas (Ejemplo: polvo, vapores, humo, niebla, material particulado, etc.) que se dispersan en el aire? ¿Ampliar la información e indicar la fuente de donde se generan?

Durante la etapa de construcción si se producirán partículas en suspensión por la naturaleza de las actividades constructivas a desarrollar, y por ello, se deberá regar agua continuamente para evitar que los vecinos se vean afectados. Se consideran los gases como efecto del uso de automotores, sin embargo, las condiciones del área consideran a los mismos que no afectaran.

**MITIGACION**  
III.2 ¿Qué se está haciendo o qué se hará para evitar que los gases o partículas impacten el aire, el vecindario o a los trabajadores?

Se deberá de regar continuamente las áreas en proceso donde se estén desarrollando las actividades constructivas.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<b>RUIDO Y VIBRACIONES</b>	
III.3 ¿Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones?	
Durante la etapa de construcción, las actividades si generaran sonidos resultantes de las mismas, las cuales estarán sujetas a horario diurno. Todo el proyecto tiene contemplado un tiempo de 3 meses de los cuales 2 son los que se estiman si van a ocasionar sonidos sujetos al uso de equipo y maquinaria.	
III.4 En donde se genera el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, etc.)	
El ruido a ser generado estará sujeto al uso de maquinaria, equipo y vehículos, que estarán siendo utilizados para la ejecución de las actividades constructivas.	
III.5 ¿Qué se está haciendo o que acciones se tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten al vecindario y a los trabajadores? En el caso del contratista, los colaboradores deberán de utilizar EPP, sujeto al contratista. En el caso de los sectores y vecinos, el contratista deberá de señalizar el área de paso, y restringir lo necesario. Para ello también se debe de cumplir el uso de equipos y maquinaria en horario diurno para evitar alguna incomodidad de los vecinos.	
<b>OLORES</b>	
III.6 Si como resultado de sus actividades se emiten olores (ejemplo: cocción de alimentos, aromáticos, solventes, etc.), explicar con detalles la fuente de generación y el tipo o características del o los olores:	
Los olores que se podrían generar provienen del mal manejo de los desechos. Los desechos previstos corresponden al uso de sanitarios (los cuales deberán ser portátiles, a razón de 1 por cada 20 colaboradores), alimentación, capa orgánica (generada en trabajos preliminares, primera actividad de la etapa constructiva), y pocos desechos resultados de las actividades propias de la etapa de construcción. Para ello, en los sectores deberán de seleccionarse espacios avalados por la municipalidad de uso temporal para el almacenamiento temporal de los mismos además del olor que despiden la mezcla asfáltica utilizada para el pavimento, pero dada que esta es puntual y temporal no tiene efectos sobre la población y los colaboradores. Para ello, los desechos deberán ser descartados en toneles u otros medios, garantizando que no existirá contacto directo con el suelo. Esto evitara los malos olores. Respecto al uso de sanitarios portátiles el contratista deberá de encargarse de su mantenimiento con el proveedor y llevar constancias de los mismos.	

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500



Continuación del apéndice 3.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

**III.7 Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente?**

Esta acción estará muy limitada por la naturaleza de la etapa constructiva a desarrollar. Las posibles fuentes de generación de olores pueden ser controlables, y pueden ser supervisadas a diario. Se recomienda que el contratista cumpla a cabalidad el orden, mantenimiento, y otras actividades que generen la seguridad en el área, tanto para los visitantes como vecinos, y otros que estén de paso por los sectores.

---

**IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA**  
**AGUAS RESIDUALES**

**CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES**

IV.1 Con base en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, Reglamento de las Descargas y Re-uso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos,  
qué tipo de aguas residuales (aguas negras) se generan?

- a) Ordinarias (aguas residuales generadas por las actividades domésticas)
- b) Especiales (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias)
- c) Mezcla de las anteriores
- d) Otro,

Cualquiera que fuera el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de aguas residuales generado

Se tienen contemplado que este proyecto será licitado a nivel público por la Municipalidad de Santa Catarina Pinula, y el adjudicado deberá de cumplir normas y requerimientos de la municipalidad. Por el momento, se tiene estimado un total de colaboradores de 20, lo que requerirá la contratación temporal y necesaria de sanitarios portátiles, a razón de 1 por cada 20 colaboradores. Este proveedor a quien le sean contratados deberá de brindar el mantenimiento de los mismos, lo que dure la etapa de construcción. Sera responsabilidad del contratista llevar el registro de los mantenimientos como cumplimiento al tema de aguas residuales durante etapa de construcción.

IV.2 Indicar el número de servicios sanitarios: 1 por cada 20 colaboradores.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<b>TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</b>	
IV.3 Describir que tipo de tratamiento se da o se propone dar a las aguas residuales generadas por la actividad. (usar hojas adicionales)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>a) sistema de tratamiento: Baños portátiles</li> <li>b) Capacidad: 200 usos</li> <li>c) Operación y mantenimiento: Como medida de mitigación ante dicho impacto, se utilizará un sanitario portátil para el uso de los colaboradores, es importante enfatizar que la empresa contratada para prestar el servicio de sanitarios portátiles será la encargada del correcto tratamiento y disposición final de las aguas generadas en el proyecto.</li> <li>d) Caudal a tratar: Aproximadamente 200 litros/día</li> <li>e) Etc.</li> </ul>	
<b>DESCARGA FINAL DE AGUAS RESIDUALES</b>	
IV. 4 Indique el punto de descarga de las aguas residuales, por ejemplo, en pozo de absorción, colector municipal, río, lago, mar u otro e indicar si se le efectuó tratamiento de acuerdo con el numeral anterior	
Dependerá del proveedor a quien se le será contratado el servicio de sanitarios portátiles. Este proveedor será el encargado de darle la correcta disposición de las aguas residuales generadas.	
<b>AGUA DE LLUVIA (AGUAS PLUVIALES)</b>	
IV.5 Explicar la forma de captación de agua de lluvia y el punto de descarga de la misma (zanjones, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, etc.)	

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500

Continuación del apéndice 3.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

Como parte de las mejoras a implementar, que es el alcance del proyecto, se estarán Implementando sistemas de drenaje pluvial en los sectores mencionados de la Aldea El Carmen. Por lo tanto, no existirá durante la construcción, formas de captación de agua de lluvia y puntos de descarga definidos, ya que conforme avancen las actividades constructivas así avanzaran los mejoramientos de la calle.

V. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL SUELO (Sistema edáfico y lítico)

DESECHOS SÓLIDOS

VOLUMEN DE DESECHOS

V.1 Especifique el volumen de desechos o desperdicios genera la actividad desarrollada:

- a) Similar al de una residencia 11 libras/día
- b) Generación entre 11 a 222 libras/día
- c) Generación entre 222 libras y 1000 libras/día
- d) Generación mayor a 1000 libras por día

V.2 Además de establecer la cantidad generada de desechos sólidos, se deben caracterizar e indicar el tipo de desecho (basura común, desechos de tipo industrial o de proceso, desechos hospitalarios, orgánicos, etc.):

El proyecto generara únicamente desechos sólidos con características ordinarias, y desechos orgánicos (según las condiciones físicas de los sectores).

V.3. Partiendo de la base que todos los Desechos Peligrosos, son todos aquellos que posean una o más de las características siguientes: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables, biológico infecciosos, se genera en su actividad algún tipo de desecho con estas características y en qué cantidad?

Por la naturaleza del proyecto se estarán generando desechos sólidos ordinarios particularmente.

V.4 Se efectúa algún tipo de tratamiento de los desechos (comunes o peligrosos), Explicar el método y/o equipo utilizado

Por la naturaleza de los desechos posibles a generar, los mismos no recibirán tratamiento. Lo que si se recomienda es llevar un correcto manejo de los mismos.

V.5 Si los desechos se trasladan a otro lugar, para tratamiento o disposición final, indicar el tipo de transporte utilizado

El punto donde serán llevados los desechos como punto final, lo definirá la Municipalidad de Santa Catarina Pinula. Siendo un vertedero autorizado.

V.6 Contempla la empresa algún mecanismo o actividad para disminuir la cantidad o el tipo de desechos generados, o bien evitar que éstos sean dispuestos en un botadero?

El contratista deberá de contemplar el acto de reutilizara los desechos cuando sea necesario. Asimismo, la forma de almacenarlos temporalmente estará sujeta a las condiciones del área y del aval del supervisor de la Municipalidad de Santa Catarina Pinula, así como el volumen de almacenamiento temporal.

V.7 Indicar el sitio de disposición final de los desechos generados (comunes y peligrosos)

Dependerá de cada sector, y las condiciones físicas de cada uno. Esto deberá de ser platicado y avalado por el supervisor de la Municipalidad de Santa Catarina Pinula.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<b>VI. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGIA</b>	
<b>CONSUMO</b>	
Vi.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes): se estima en 120 KW/mes. Sin embargo, estará sujeto al uso de maquinaria y equipo	
Vi. 2 Forma de suministro de energía	
a) Sistema público: (en puntos de requerir y de ser autorizado, también se considera el que se utilice el sistema público como abastecimiento de energía).	

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500



Continuación del apéndice 3.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

b) Sistema privado  
c) generación propia: (esto estará sujeto a las condiciones del área y el uso de maquinaria y equipos, por medio de un generador pequeño y sencillo, de uso temporal).

VI.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos?  
**No aplica.**

VI.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía?  
**Se propone que el contratista utilice únicamente lo necesario de energía, y al concluir las actividades desconectar todo para evitar consumos no esperados. También cuando termine el horario de trabajo se deberán de apagar toda fuente de abastecimiento.**

**VII. POSIBILIDAD DE AFECTAR LA BIODIVERSIDAD (ANIMALES, PLANTAS, BOSQUES, ETC.)**

VII.1 En el sitio donde se ubica la empresa o actividad, existen:  
- Bosques  
- Animales  
- Otros  \_\_\_\_\_

Especificar Información:  
En el sector donde se desarrollará el proyecto es un área donde se encuentra la presencia de viviendas de todo tipo, con poco concreto internamente, con pocos muros o paredes entre ellas. También se cuenta con presencia de áreas verdes, arboles, pero ya son áreas intervenidas antropogenicamente.

VII.2 La operación de la empresa requiere efectuar corte de árboles?  
**No. Las áreas ya están intervenidas.**

VII.3 ¿Las actividades de la empresa, pueden afectar la biodiversidad del área? **SI ( ) NO (X) Por qué?**  
**No.**  
Se estarán efectuando actividades en la etapa constructiva en áreas ya intervenidas.

**VIII. TRANSPORTE**

VIII.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:  
a) Número de vehículos: **un estimado de 8 automotores.**  
b) Tipo de vehículo: **se consideran automotores del contratista, como particulares, automotores, otros.**  
c) sitio para estacionamiento y área que ocupa: **dentro de las áreas de los sectores.**  
d) Horario de circulación vehicular: **diurno.**  
e) Vías alternas: **deberán ser establecidas por la municipalidad de Santa Catarina Pinula.**

**IX. EFECTOS SOCIALES, CULTURALES Y PAISAJÍSTICOS**

**ASPECTOS CULTURALES**

IX.1 En el área donde funciona la actividad, existe alguna (s) etnia (s) predominante, ¿cuál?  
**Ladino**

Continuación del apéndice 3.



DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

FORMATO DVGA-GA-002

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<p><b>RECURSOS ARQUEOLOGICOS Y CULTURALES</b></p> <p>IX.2 Con respecto de la actividad y los recursos culturales, naturales y arqueológicos, Indicar lo siguiente:</p> <p>a) <input checked="" type="checkbox"/> La actividad no afecta a ningún recurso cultural, natural o arqueológico_____</p> <p>b) <input type="checkbox"/> La actividad se encuentra adyacente a un sitio cultural, natural o arqueológico_____</p> <p>c) <input type="checkbox"/> La actividad afecta significativamente un recurso cultural, natural o arqueológico_____</p> <p>Ampliar información de la respuesta seleccionada</p>	
<p><b>ASPECTOS SOCIAL</b></p> <p>IX.3. ¿En algún momento se han percibido molestias con respecto a las operaciones de la empresa, por parte del vecindario? SI ( ) NO (X) Los vecinos han solicitado el apoyo a la municipalidad para la ejecución de este proyecto.</p> <p>IX.4 Qué tipo de molestias? No aplica.</p> <p>IX.5 Qué se ha hecho o se propone realizar para no afectar al vecindario? Implementar señalización en todo momento, sobre todo en áreas de paso peatonal. Asimismo, brindar en todo momento que sea necesario comunicación a los vecinos, y seguimiento a consultas que tengan sobre las actividades a realizar durante la etapa de construcción.</p>	
<p><b>PAISAJE</b></p> <p>IX.6 Cree usted que la actividad afecta de alguna manera el paisaje? ¿Explicar por qué? Sí, solamente en la fase de construcción.</p>	
<p><b>X. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD</b></p> <p>X.1 Efectos en la salud humana de la población circunvecina:</p> <p>a) <input checked="" type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio</p> <p>b) <input type="checkbox"/> la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores</p> <p>c) <input type="checkbox"/> la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores</p> <p>Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serian las actividades riesgosas:</p> <p>Las actuales condiciones del sector propuesto a mejoras, no son las adecuadas debido a que las personas caminan sobre la calle en condiciones severas, sujetas a muchos riesgos en el paso de las mismas. Por lo tanto, el proyecto en su etapa constructiva si podría generar riesgos controlables y mitigables, que están sujetos a condiciones de orden sobre todo. Pero ya en etapa de operación, los mejoramientos brindaran condiciones seguras para las personas que habitan el área.</p>	
<p>X.3 riesgos ocupacionales:</p> <p><input type="checkbox"/> Existe alguna actividad que representa riesgo para la salud de los trabajadores</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> No existen riesgos para los trabajadores</p> <p>Ampliar información:</p> <p>Puede que, durante las actividades constructivas, los colaboradores del contratista vean muchos desechos y espacios contaminados, ya que ha pasado mucho tiempo con espacios que han almacenado aguas residuales y esto ha provocado mal olor. Asimismo, el resto de actividades a desarrollar puede generar espacios de riesgos, pero todo puede ser mitigable utilizando su EPP adecuado, señalización, comunicación, y regir normas de inicio de actividades como fin de actividades diariamente..</p>	



Continuación del apéndice 3.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

**Equipo de protección personal**  
X.4 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI (X) NO ( )  
X.5 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona:  
  
Deberá de brindarse cascos, zapatos de puntas de acero, lentes, mascarillas cuando sea necesario, guantes, arneses.  
Deberán de utilizar algún tipo de camisa que identifique que son colaboradores realizando las actividades del mejoramiento.  
X.6 ¿Qué medidas ha realizado ó que medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores?  
  
Hablar con la población para que conozcan de la fecha de inicio del proyecto y tiempos de trabajo en los cuales no deben exponerse a la actividad o interrumpir en la misma, así como también por su seguridad y salud. A los trabajadores se les dará la protección industrial adecuada y se les capacitará sobre la misma y equipos a emplear.

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4.

**Evaluación ambiental inicial sistema de alcantarillado sanitario para el sector de La Comunidad, zona 2 de la cabecera municipal**



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

**EVALUACION AMBIENTAL INICIAL**

**ACTIVIDADES DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL**

(ACUERDO GUBERNATIVO 137-2016, REGLAMENTO DE EVALUACIÓN, CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL Y SU REFORMA)

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<p>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario ventanilla única no lo aceptará.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial, colocando una X en las casillas donde corresponda y <b>debe</b> ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera.</li> <li>Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información.</li> <li>La información <b>debe</b> ser completada, utilizando letra de <b>molde legible</b> o a máquina de escribir.</li> <li>Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: <a href="mailto:vunica@marn.gob.gt">vunica@marn.gob.gt</a></li> <li>Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera).</li> <li>Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o log(s) que no sean del MARN.</li> </ul>	<p>No. Expediente:</p> <p>Clasificación del Listado Taxativo</p> <p>Firma y Sello de Recibido</p>
<b>I. INFORMACION LEGAL</b>	
<p><b>I.1. Nombre del proyecto, obra, industria o actividad (OBLIGATORIAMENTE que tenga relación con la actividad a realizar):</b></p> <p style="text-align: center;">Diseño de sistema de alcantarillado sanitario</p>	
<p><b>1.1.2 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento.</b> El proyecto consta de la instalación de 4,788 metros de tubería PVC de 8 y 10 pulgadas con norma F949, 108 pozos de visita de concreto armado y 471 conexiones domiciliarias para satisfacer a la población del sector La Comunidad, Zona 2 De Cabecera Municipal, Santa Catarina Pinula.</p>	
<b>I.2. Información legal:</b>	
<b>A) Persona Individual:</b>	
<b>A.1. Representante Legal:</b>	
Lic. Víctor Gonzalo Alvarizaes Monterroso	
<b>B) De la empresa:</b>	
Razón social: Organización Gubernamental	
Nombre Comercial: Municipalidad de Santa Catarina Pinula	
No. De Escritura Constitutiva: N/A	
Fecha de constitución: N/A	
Patente de Sociedad	Registro No. N/A Folio No. N/A Libro No. N/A
Patente de Comercio	Registro No. N/A Folio No. N/A Libro No. N/A
<b>C) De la Propiedad:</b>	
No. De Finca	N/A Folio No. N/A Libro No. N/A
Es de dominio público común de dónde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad.	
<b>D) De la Empresa y/o persona individual:</b>	
Número de Identificación Tributaria (NIT): 618069-8	

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500



Continuación del apéndice 4.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN
I.3 Teléfono 2411 1000 Correo electrónico: contacto@scp.go.gt		
I.4 Dirección de donde se ubica la actividad: (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; <b>OBLIGATORIAMENTE</b> indicar el municipio y departamento)		
Sector la comunidad, zona 2 de cabecera municipal, Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala.		
Especificar Coordenadas Geográficas		
<b>Coordenadas Geográficas Datum WGS84</b>		
<b>Inicia en:</b>		<b>Finaliza en:</b>
Latitud 14° 34' 11.33" N		Latitud 14° 34.41' 06" N
Longitud 90° 30.02' 59" O		Longitud 90° 30.22' 03" O
I.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal) (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; <b>OBLIGATORIAMENTE</b> indicar el municipio y departamento)		
1ra calle 5-50, zona 1 Santa Catarina Pinula		
I.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por un profesional, por favor anote el nombre, profesión, número de teléfono y correo electrónico del mismo		
<b>II. INFORMACION GENERAL</b>		
Se debe proporcionar una descripción de las actividades que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad según etapas siguientes:		
<b>II.1 Etapa de Construcción</b>	<b>Operación</b>	<b>Abandono</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Actividades a realizar</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Trazo y nivelación</li> <li>2. Excavación en línea de alcantarillado y pozos de visita</li> <li>3. Retiro de material</li> <li>4. Colocación de tubería</li> <li>5. Fundición de pozos de visita</li> <li>6. Relleno y compactación</li> <li>7. Reparación de asfalto</li> <li>8. Retiro de material sobrante</li> </ol> </li> <li>• <b>Insumos necesarios</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Agua potable</li> <li>2. Energía eléctrica</li> <li>3. Combustible</li> </ol> </li> <li>• <b>Maquinaria</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Compactadores de mano</li> <li>2. Camiones de volteo</li> <li>3. Rodos vibratorios</li> </ol> </li> <li>• <b>Otros de relevancia</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bodegas</li> <li>2. Inodoros portátiles</li> </ol> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Actividades o procesos</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Limpieza de conexiones domiciliarias y pozos</li> <li>2. Mantenimiento</li> </ol> </li> <li>• <b>Materia prima e insumos</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Agua potable</li> </ol> </li> <li>• <b>Maquinaria</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Camiones</li> </ol> </li> <li>• <b>Productos y Subproductos (bienes y servicios)</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Servicio de limpieza</li> </ol> </li> <li>• <b>Horario de Trabajo</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 8 horas</li> </ol> </li> <li>• <b>Otros de relevancia</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Acciones a tomar en caso de cierre</b></li> </ul> <p>No se contempla el abandono del proyecto dado que el proyecto lo constituyen el sistema de alcantarillado por donde circulan el agua residual y tomando en cuenta que los vecinos vierten desde sus viviendas los residuos líquidos; siendo de vital importancia para evitar el riesgo de contraer enfermedades de origen hídrico, así como la preservación del ambiente. No obstante, en el momento de llegado su vida útil se recomienda realizar las ampliaciones o nuevos diseño del sistema.</p>
II.3 Área		
a) Área total de terreno en metros cuadrados: dependerá de lo contratado al final.		
b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: dependerá de lo contratado al final.		
Área total de construcción en metros cuadrados: 3,343.00 metros cuadrados constructivos.		

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500



Continuación del apéndice 4.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN
<b>II.4 Actividades colindantes al proyecto:</b>		
<b>NORTE</b> <b>ESTE</b>	Finca las Moritas Colonia Villas Catarina	<b>SUR</b> <b>OESTE</b>
		Estadio Municipal Finca las Moritas
Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):		
DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL PROYECTO
Finca las Moritas	Norte	Contigua
Estadio Municipal	Sur	Contigua
Colonia Villas Catarina	Este	Contigua
Finca las Moritas	Oeste	Contigua
<b>II.5 Dirección del viento:</b> Norte a suroeste, datos obtenidos del atlas climatológico, mapa de velocidad del viento promedio anual INSIVUMEH		
<b>II.6 ¿En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo ha estado o está expuesto?</b>		
a) inundación ( X )	b) explosión ( )	c) deslizamientos ( X )
d) derrame de combustible ( )	e) fuga de combustible ( )	d) Incendio ( )
		e) Otro ( )
Detalle la información: en el sector la comunidad, zona 2 de cabecera municipal, municipio de Santa Catarina Pinula, acorde a la topografía es muy susceptible a inundaciones y deslizamientos por cambios de nivel.		
<b>II.7 Datos laborales</b>		
a) Jornada de trabajo: Diurna ( X ) Nocturna ( ) Mixta ( ) Horas Extras _____		
c) Número de empleados por jornada: dependerá del contratista adjudicado, sin embargo, se estima un número de empleados de 30 personas distribuidas en varios puestos de trabajo.		
Total, empleados: 30 colaboradores		
<b>II.8 USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTRO...</b>		
Si		

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500

Continuación del apéndice 4.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES				PARA USO INTERNO DEL MARN			
CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...							
	Tipo	Si/No	Cantidad/(mes día y hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
Agua	Servicio publico	si	1,0m <sup>3</sup> /mes	Público	Eta de construcción	Dependerá de los renglones de trabajo a realizar por el contratista	El contratista se conectara a lugares autorizados por la municipalidad para su abastecimiento, según sus actividades.
	Pozo	No	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Agua especial	No	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Superficial	No	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Combustible	Otro	No	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Gasolina	Si	Pickup: capacidad del tanque: 20 galones/mes	Estación de servicio más cercana	Funcionamiento de vehículos y operación de equipo menor (concretaras)	Para uso de los vehículos asignados al proyecto y equipo menor	No se almacenará
	Diésel	Si	Camión de volteo. Capacidad de tanque: 100 galones/mes Camión cisterna, capacidad de tanque: 80 galones/mes Cargador frontal capacidad del tanque: 35 gal/mes En promedio: 215 gal/mes	Estación de servicio más cercana	Eta de construcción	Todo requerimiento de combustible estará sujeto al requerimiento del uso de la maquinaria y equipo.	No se almacenará

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500

Continuación del apéndice 4.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

	Bunker	No	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Glp	No	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Otro	No	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Lubricantes	Solubles	No	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	No solubles	No	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Refrigerantes		No	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Otros		No	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

NOTA: si se cuenta con licencia extendida por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, para comercialización o almacenaje de combustible. Adjuntar copia

III. IMPACTO AL AIRE

GASES Y PARTICULAS

III.1 Las acciones u operaciones de la Actividad, producen gases o partículas (Ejemplo: polvo, vapores, humo, niebla, material particulado, etc.) que se dispersan en el aire? ¿Ampliar la información e indicar la fuente de donde se generan?

Durante la etapa de construcción si se producirán partículas en suspensión por la naturaleza de las actividades constructivas a desarrollar, y por ello, se deberá regar agua continuamente para evitar que los vecinos se vean afectados. Se consideran los gases como efecto del uso de automotores, sin embargo, las condiciones del área consideran a los mismos que no afectaran.

MITIGACION

III.2 ¿Qué se está haciendo o qué se hará para evitar que los gases o partículas impacten el aire, el vecindario o a los trabajadores?

Se deberá de regar continuamente las áreas en proceso donde se estén desarrollando las actividades constructivas.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<p><b>RUIDO Y VIBRACIONES</b></p> <p>III.3 ¿Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones?</p> <p>Durante la etapa de construcción en la actividad de movimiento de tierras, que consiste en la excavación de zanjas, relleno y compactación, retiro de material sobrante, se puede generar polvo y partículas sueltas, por lo que se tiene contemplado el riego de agua de manera constante, asignando el riego mediante camión cisterna. Así también durante la etapa de instalación de tuberías se tiene contemplado acondicionar el fondo de zanja, lo que eventualmente puede generar polvo. Durante la etapa de operación el proyecto en si mismo no genera ningún gas o partícula, así también tomando en cuenta la cantidad de vehículos que circulan internamente se considera un mínimo en la producción de monóxido de carbono, como fuente difusa por el tránsito interno de vehículos, ya que no es calle principal sino los trabajos a realizar corresponden a las calles de la colonia. Sin embargo, ninguna de las emisiones es significativa.</p> <p>III.4 En donde se genera el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, etc.)</p> <p>El ruido a ser generado estará sujeto al uso de maquinaria, equipo y vehículos, que estarán siendo utilizados para la ejecución de las actividades constructivas.</p> <p>III.5 ¿Qué se está haciendo o que acciones se tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten al vecindario y a los trabajadores? En el caso del contratista, los colaboradores deberán de utilizar EPP, sujeto al contratista. En el caso de los sectores y vecinos, el contratista deberá de señalizar el área de paso, y restringir lo necesario. Para ello también se debe de cumplir el uso de equipos y maquinaria en horario diurno para evitar alguna incomodidad de los vecinos.</p>	

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500



www.mam.gob.gt

Síguenos en:



Continuación del apéndice 4.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

**OLORES**

**III.6 Si como resultado de sus actividades se emiten olores (ejemplo: cocción de alimentos, aromáticos, solventes, etc.), explicar con detalles la fuente de generación y el tipo o características del o los olores:**  
 Los olores que se podrían generar provienen del mal manejo de los desechos. Los desechos previstos corresponden al uso de sanitarios (los cuales deberán ser portátiles, a razón de 1 por cada 20 colaboradores), alimentación, capa orgánica (generada en trabajos preliminares, primera actividad de la etapa constructiva), y pocos desechos resultados de las actividades propias de la etapa de construcción. Para ello, en los sectores deberán de seleccionarse espacios avalados por la municipalidad de uso temporal para el almacenamiento temporal de los mismos además del olor que desprende la mezcla asfáltica utilizada para el pavimento, pero dada que esta es puntual y temporal no tiene efectos sobre la población y los colaboradores. Para ello, los desechos deberán ser descartados en toneles u otros medios, garantizando que no existirá contacto directo con el suelo. Esto evitara los malos olores. Respecto al uso de sanitarios portátiles el contratista deberá de encargarse de su mantenimiento con el proveedor y llevar constancias de los mismos.

**III.7 Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente?**  
 Esta acción estará muy limitada por la naturaleza de la etapa constructiva a desarrollar. Las posibles fuentes de generación de olores pueden ser controlables, y pueden ser supervisadas a diario. Se recomienda que el contratista cumpla a cabalidad el orden, mantenimiento, y otras actividades que generen la seguridad en el área, tanto para los visitantes como vecinos, y otros que estén de paso por los sectores.

**IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA**

**AGUAS RESIDUALES**

**CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES**

**IV.1 Con base en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, Reglamento de las Descargas y Re-uso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos,**  
 qué tipo de aguas residuales (aguas negras) se generan?  
 a) Ordinarias (aguas residuales generadas por las actividades domésticas)  
 b) Especiales (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias)  
 c) Mezcla de las anteriores  
 d) Otro;  
 Cualquiera que fuera el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de aguas residuales generado

En la etapa de construcción: El agua residual que se producirá será únicamente la que se genere por las personas que hacen uso del servicio sanitario que se instalará en el proyecto. Por lo que únicamente se producirán aguas residuales de tipo ordinario. si se considera que son 16 personas en promedio, con una dotación de 40 litros/hab/ día, con un factor de retorno de 0.80, da un volumen de 0.51 m3/día. No se producirán aguas residuales especiales.

En la etapa de operación, una vez el sistema de alcantarillado sanitario este en funcionamiento, recibirá todos los aportes de residuales líquidos de las viviendas y los canalizará hasta la planta de tratamiento que se construirá en el terreno propuesto, dicha planta comprenderá de lo siguiente: Canal de rejas, desarenador, como pretratamiento Fosa séptica, como tratamiento primario, filtro percolador y sedimentador secundario, como tratamiento secundario; así también para el manejo de lodos se tiene contemplado la construcción de un digestor de lodos y el patio de secado de lodos.

**IV.2 Indicar el número de servicios sanitarios:** 1 por cada 20 colaboradores.

**INSTRUCCIONES PARA USO INTERNO DEL MARN**

**TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

**IV.3 Describir que tipo de tratamiento se da o se propone dar a las aguas residuales generadas por la actividad. (usar hojas adicionales)**  
 a) **sistema de tratamiento:**

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500



Continuación del apéndice 4.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

Para la etapa de construcción: se utilizará un biodigestor y un pozo de absorción

Para la etapa de operación: Se construirá una planta de tratamiento de aguas residuales de tipo convencional: que comprende de un Pretratamiento: a través de canal de rejas y desarenador, Tratamiento primario: Se propone una fosa séptica, como Tratamiento Secundario se propone un filtro percolador y un sedimentador secundario, para el tratamiento de lodos se propone un digestor de lodos y un patio de secado de lodos.

b) **Capacidad:** El sistema propuesto tiene una capacidad de atender 2,355 personas actuales y 3,822 habitantes futuros, con 20 años de vida útil.

c) **Operación y mantenimiento:** Como medida de mitigación ante dicho impacto, se utilizará un sanitario portátil para el uso de los colaboradores, es importante enfatizar que la empresa contratada para prestar el servicio de sanitarios portátiles será la encargada del correcto tratamiento y disposición final de las aguas generadas en el proyecto.

d) **Caudal a tratar:** 5,30 lts/seg a caudal medio, el sistema cumple con lo preceptuado en el Acuerdo Gubernativo No. 236-2006

e) Etc.

**DESCARGA FINAL DE AGUAS RESIDUALES**

IV. 4 Indique el punto de descarga de las aguas residuales, por ejemplo, en pozo de absorción, colector municipal, río, lago, mar u otro e indicar si se le efectuó tratamiento de acuerdo con el numeral anterior

Las aguas ya tratadas conforme el sistema descrito, se descargarán en quebrada adyacente.

**AGUA DE LLUVIA (AGUAS PLUVIALES)**  
IV.5 Explique la forma de captación de agua de lluvia y el punto de descarga de la misma (zanjones, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, etc.)

La precipitación en el Municipio de Santa Catarina Pinula tiene un promedio anual de 1,326.00 mm, principalmente los meses de lluvia corresponden a los meses de mayo a octubre. En ese sentido se propone realizar la etapa de construcción de zanjeo y colocación de tubería, en los meses de verano; como parte de la ejecución del alcantarillado sanitario se realizará la instalación de tuberías, además se configurarán el terreno, se preverán conforme el avance las derivaciones del agua pluvial para que escurra y no se estanque en las calles, conforme el diseño hidráulico contenido en los planos. Durante la fase de operación el agua pluvial escurrirá por las calles y se canalizará en las cunetas, para finalmente canalizarla a desfogues correspondientes.

**V. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL SUELO (Sistema edáfico y lítico)**

**DESECHOS SÓLIDOS**  
**VOLUMEN DE DESECHOS**  
V.1 Especifique el volumen de desechos o desperdicios genera la actividad desarrollada:

a) Similar al de una residencia 11 libras/día

b) Generación entre 11 a 222 libras/día

c) Generación entre 222 libras y 1000 libras/día

d) Generación mayor a 1000 libras por día

V.2 Además de establecer la cantidad generada de desechos sólidos, se deben caracterizar e indicar el tipo de desecho (basura común, desechos de tipo industrial o de proceso, desechos hospitalarios, orgánicos, etc.):

Los desechos sólidos generados durante la etapa de construcción son aquellos generados por cuenta propia de los trabajadores del proyecto como lo son restos de comida, empaques plásticos o material particular que se estiman en aproximadamente 40 lb/día en total. Por otra parte, durante la etapa de construcción habrá retiro de material sobrante, ripio o maleza, la cual se trasladará en camiones de volteo hacia los vertederos controlados estipulados por la municipalidad, estos se estiman en un volumen mayor de 150 lb/día y hasta un máximo de 12 m3/día por camión. Ambos serán apilados en lugares específicos y llevados al sitio de disposición final estipulado por la Municipalidad. Dentro de estos residuos sólidos se considera que el 5% y el 10% son reciclables. Durante la etapa de operación el proyecto en sí mismo no genera desechos sólidos sin embargo la municipalidad en coordinación con el comité de vecinos implementará el ornato en las calles para evitar que exista basura en las calles. En el sitio donde se ubica la planta de tratamiento se producirán aproximadamente 2 lb/día de residuos domésticos que son los que produce el operador de la planta y aproximadamente 5 libras por material sólidos retenidos y arenas retenidos en la planta de tratamiento.

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500

Continuación del apéndice 4.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

**V.3. Partiendo de la base que todos los Desechos Peligrosos, son todos aquellos que posean una o más de las características siguientes: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables, biológico infecciosos, se genera en su actividad algún tipo de desecho con estas características y en qué cantidad?**

El proyecto en su etapa de construcción y etapa de operación no genera ningún desecho peligroso. En el caso de los combustibles utilizados son de uso común tales como gasolina y diesel; en la etapa de construcción se utilizarán bajo condiciones controladas ya que servirán para el funcionamiento de vehículos. En el caso de aceite y lubricantes los mantenimientos menores y mayores de vehículos y maquinaria se realizarán en talleres de la empresa constructora, recolectando los mismos adecuadamente.

**V.4 Se efectúa algún tipo de tratamiento de los desechos (comunes o peligrosos), Explicar el método y/o equipo utilizado**

Los desechos sólidos que se producen en el proyecto se recopilarán en recipientes dispuestos específicamente para ello en los lugares previamente señalados por la administración de la obra, quien se encargará de recolectarlos y entregarlos a la empresa recolectora, no haciendo en el proyecto ningún tratamiento de los mismos..

**V.5 Si los desechos se trasladan a otro lugar, para tratamiento o disposición final, indicar el tipo de transporte utilizado**

El punto donde serán llevados los desechos como punto final, lo definirá la Municipalidad de Santa Catarina Pinula. Siendo un vertedero autorizado.

**V.6 Contempla la empresa algún mecanismo o actividad para disminuir la cantidad o el tipo de desechos generados, o bien evitar que éstos sean dispuestos en un botadero?**

En la etapa de construcción la cantidad generada de los desechos (material sobrante, ripio, desechos comunes) se retirará del lugar y será trasladada al sitio de disposición final indicado por la municipalidad. En la etapa de operación el proyecto en sí mismo no genera ningún desecho sólido, sin embargo se debe procurar el ornato de las calles para que estos no lleguen al sistema en ese sentido la municipalidad realizará en los barrios, colonias y en conjunto con asociaciones de vecinos campañas de conciencia ambiental referente a las repercusiones que conlleva botar basura en sitios no apropiados y a su vez notificando a los vecinos de cancelar su cuota mensual de recolección de basura. Para el caso de la planta de tratamiento se retiran en el canal de rejas todos los sólidos gruesos los cuales se ponen en depósitos (toneles) para luego ser llevados a su disposición final.

**V.7 Indicar el sitio de disposición final de los desechos generados (comunes y peligrosos)**

Dependerá de cada sector, y las condiciones físicas de cada uno. Esto deberá de ser platicado y avalado por el supervisor de la Municipalidad de Santa Catarina Pinula.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<b>VI. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGIA</b>	
<b>CONSUMO</b>	
VI.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes): se estima en 120 KW/mes. Sin embargo, estará sujeto al uso de maquinaria y equipo	
VI. 2 Forma de suministro de energía	
a) Sistema público: (en puntos de requerir y de ser autorizado, también se considera el que se utilice el sistema público como abastecimiento de energía).	
b) Sistema privado	
c) generación propia: (esto estará sujeto a las condiciones del área y el uso de maquinaria y equipos, por medio de un generador pequeño y sencillo, de uso temporal).	
VI.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos?	
No aplica.	
VI.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía?	
Se propone que el contratista utilice únicamente lo necesario de energía, y al concluir las actividades desconectar todo para evitar consumos no esperados. También cuando termine el horario de trabajo se deberán de apagar toda fuente de abastecimiento.	

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500

Continuación del apéndice 4.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

<b>VII. POSIBILIDAD DE AFECTAR LA BIODIVERSIDAD (ANIMALES, PLANTAS, BOSQUES, ETC.)</b>	
VII.1 En el sitio donde se ubica la empresa o actividad, existen: - Bosques - Animales - Otros <input checked="" type="checkbox"/>	
Especificar Información: En el sector donde se desarrollará el proyecto es un área donde se encuentra la presencia de viviendas de todo tipo, con poco concreto internamente, con pocos muros o paredes entre ellas. También se cuenta con presencia de áreas verdes, árboles, pero ya son áreas intervenidas antropogénicamente.	
VII.2 La operación de la empresa requiere efectuar corte de árboles? No. Las áreas ya están intervenidas.	
VII.3 ¿Las actividades de la empresa, pueden afectar la biodiversidad del área? SI ( ) NO (X) Por qué? No. Se estarán efectuando actividades en la etapa constructiva en áreas ya intervenidas.	
<b>VIII. TRANSPORTE</b>	
VIII.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes: a) Número de vehículos: un estimado de 6 automotores. b) Tipo de vehículo: se consideran automotores del contratista, como particulares, automotores, otros. c) sitio para estacionamiento y área que ocupa: dentro de las áreas de los sectores. d) Horario de circulación vehicular: diurno. e) Vías alternas: deberán ser establecidas por la municipalidad de Santa Catarina Pinula.	
<b>IX. EFECTOS SOCIALES, CULTURALES Y PAISAJÍSTICOS</b>	
<b>ASPECTOS CULTURALES</b>	
IX.1 En el área donde funciona la actividad, existe alguna (s) etnia (s) predominante, ¿cuál? Ladino	

<b>INSTRUCCIONES</b>	<b>PARA USO INTERNO DEL MARN</b>
<b>RECURSOS ARQUEOLÓGICOS Y CULTURALES</b>	
IX.2 Con respecto de la actividad y los recursos culturales, naturales y arqueológicos, indicar lo siguiente:	
a) <input checked="" type="checkbox"/> La actividad no afecta a ningún recurso cultural, natural o arqueológico _____ b) <input type="checkbox"/> La actividad se encuentra adyacente a un sitio cultural, natural o arqueológico _____ c) <input type="checkbox"/> La actividad afecta significativamente un recurso cultural, natural o arqueológico _____	
Ampliar información de la respuesta seleccionada: No se encuentra ningún recurso cultural, natural o arqueológico en el área del proyecto.	

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500

Continuación del apéndice 4.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

**ASPECTOS SOCIAL**

IX.3. ¿En algún momento se han percibido molestias con respecto a las operaciones de la empresa, por parte del vecindario? SI ( ) NO (X)  
Los vecinos han solicitado el apoyo a la municipalidad para la ejecución de este proyecto.

IX.4 Qué tipo de molestias?  
No aplica.

IX.5 Qué se ha hecho o se propone realizar para no afectar al vecindario?  
A) Se proponen campañas de sociabilización del proyecto por parte de la Municipalidad, b) Reuniones de trabajo con el Comité de Vecinos respecto a divulgar el proyecto y la importancia de implementación. c) Se informará periódicamente respecto del avance de los trabajos en la etapa de construcción y. d) Los lugares de trabajos serán señalizados y se avisará con anticipación los tramos que serán trabajados

---

**PAISAJE**

IX.6 Cree usted que la actividad afecta de alguna manera el paisaje? ¿Explicar por qué?  
El paisaje del sitio no se ve afectado, dado que no se está alterando el entorno. Con el proyecto se mejorarían, el ornato, y la salud de los vecinos, aumentando la plusvalía de los terrenos.

---

**X. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD**

X.1 Efectos en la salud humana de la población circunvecina:  
a)  la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio  
b)  la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores  
c)  la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores

Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serían las actividades riesgosas:  
En cuanto a los efectos en la salud humana, se dan positivamente ya que se mejora el ornato, la viabilidad, y el ambiente ya que se eliminan las calles lodosas, ya que se eliminaría el escurrimiento de aguas residuales a flor de tierra, reduciendo el riesgo de las personas por contaminación debido a enfermedades hídricas y el mal olor en las calles. Durante los trabajos se señalarán los trabajos.

X.3 riesgos ocupacionales:  
 Existe alguna actividad que representa riesgo para la salud de los trabajadores  
 La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores  
 La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores  
 No existen riesgos para los trabajadores

Ampliar información:  
Se contratará personal con experiencia y mano de obra calificada para este tipo de obra, así también se les brindará una inducción sobre las medidas de seguridad a implementar en la obra, ya que en la ejecución de los trabajos se les brindará equipo de seguridad apropiado para reducir los riesgos a su salud. Se brindará servicios de primeros auxilios y se señalarán el área donde se realicen los trabajos.

**Equipo de protección personal**

X.4 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI (X) NO ( )  
X.5 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona:  
Deberá de brindarse cascos, zapatos de puntas de acero, lentes, mascarillas cuando sea necesario, guantes, arneses.  
Deberán de utilizar algún tipo de camisa que identifique que son colaboradores realizando las actividades del mejoramiento.

X.6 ¿Qué medidas ha realizado ó que medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores?  
Hablar con la población para que conozcan de la fecha de inicio del proyecto y tiempos de trabajo en los cuales no deben exponerse a la actividad o interrumpir en la misma, así como también por su seguridad y salud. A los trabajadores se les dará la protección industrial adecuada y se les capacitará sobre la misma y equipos a emplear.

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500



Fuente: elaboración propia.

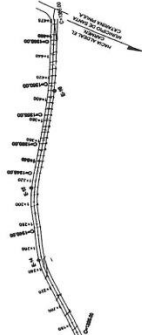


Apéndice 5. **Planos constructivos pavimento asfáltico para la calle principal de la aldea El Carmen**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2016.



PARAMETROS DE DISEÑO	
UNIDAD DEL TRAMO	1. TRINCHERA
TIPO DE PAVIMENTO	PAVIMENTO RIGIDO
TIPO DE CIMENTACION	CIMENTACION EN CEMENTO PORTLAND
INDICACION DE BARRAS	
ACCIONES	
PUNTO DE DISEÑO	70
VELOCIDAD	80 KM/H
ANCHO DE CARRETERA	20.00 M
ANCHO DE CALZADA	12.00 M
ANCHO DE PASE	2.00 M
ANCHO DE CARRETERA	24.00 M
ANCHO DE PASE	2.00 M
ANCHO DE CARRETERA	26.00 M



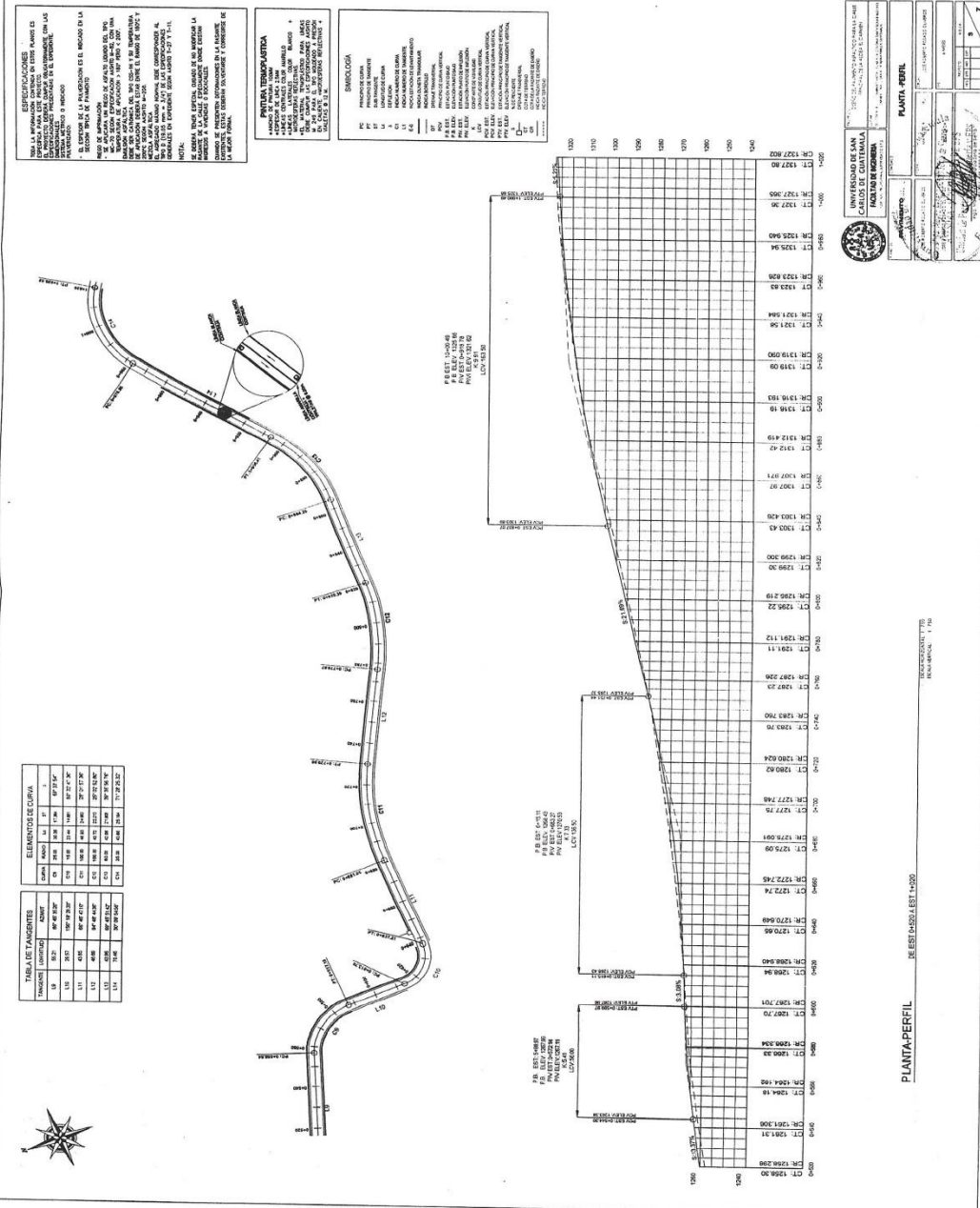
LIBRETA TOPOGRAFICA			
ESTACION	P.S.	ESTACION	
0+00	000.00	0+10	100.00
0+10	100.00	0+20	200.00
0+20	200.00	0+30	300.00
0+30	300.00	0+40	400.00
0+40	400.00	0+50	500.00
0+50	500.00	0+60	600.00
0+60	600.00	0+70	700.00
0+70	700.00	0+80	800.00
0+80	800.00	0+90	900.00
0+90	900.00	1+00	1000.00
1+00	1000.00	1+10	1100.00
1+10	1100.00	1+20	1200.00
1+20	1200.00	1+30	1300.00
1+30	1300.00	1+40	1400.00
1+40	1400.00	1+50	1500.00
1+50	1500.00	1+60	1600.00
1+60	1600.00	1+70	1700.00
1+70	1700.00	1+80	1800.00
1+80	1800.00	1+90	1900.00
1+90	1900.00	2+00	2000.00

NOTA:  
 1. PAVIMENTO SERA DE CONCRETO AZUFADO EL CUAL TIENDRA UN ESPESOR DE 4 CM. SOBRE UNA BASE DE MATERIAL GRANULAR DE 20 CM. Y UNA CUBIERTA DE 2 CM.  
 2. COLUMNA CEMENTA A LOS LADOS DEL PAVIMENTO ESTA CEMENTA SERA DE 10 CM. DE ALTO Y 10 CM. DE ANCHO.  
 3. COLUMNA CEMENTA EN EL PUNTO DE DISEÑO DE 10 CM. DE ALTO Y 10 CM. DE ANCHO.  
 4. COLUMNA CEMENTA EN EL PUNTO DE DISEÑO DE 10 CM. DE ALTO Y 10 CM. DE ANCHO.  
 5. COLUMNA CEMENTA EN EL PUNTO DE DISEÑO DE 10 CM. DE ALTO Y 10 CM. DE ANCHO.  
 6. COLUMNA CEMENTA EN EL PUNTO DE DISEÑO DE 10 CM. DE ALTO Y 10 CM. DE ANCHO.  
 7. COLUMNA CEMENTA EN EL PUNTO DE DISEÑO DE 10 CM. DE ALTO Y 10 CM. DE ANCHO.  
 8. COLUMNA CEMENTA EN EL PUNTO DE DISEÑO DE 10 CM. DE ALTO Y 10 CM. DE ANCHO.  
 9. COLUMNA CEMENTA EN EL PUNTO DE DISEÑO DE 10 CM. DE ALTO Y 10 CM. DE ANCHO.  
 10. COLUMNA CEMENTA EN EL PUNTO DE DISEÑO DE 10 CM. DE ALTO Y 10 CM. DE ANCHO.

UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS - PUERTO RICO		ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL	
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL		MATERIA DE DISEÑO DE OBRAS DE FERROCARRIL	
NOMBRE DEL ESTUDIANTE		FECHA	
NOMBRE DEL PROFESOR		TITULO	
CARRERA		CATEGORIA	
NOMBRE DEL ESTUDIANTE		FECHA	
NOMBRE DEL PROFESOR		TITULO	
CARRERA		CATEGORIA	

PLANTA GENERAL





**TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA**

ESTACION	TIPO DE CURVA	RAIO (M)	ANGULO (GR)	LONGITUD (M)	ORDENADA (M)
0+00	1	100	90	100	0
0+100	2	200	45	200	100
0+200	3	300	30	300	150
0+300	4	400	22.5	400	200
0+400	5	500	18	500	250
0+500	6	600	15	600	300
0+600	7	700	13.5	700	350
0+700	8	800	12	800	400
0+800	9	900	10.8	900	450
0+900	10	1000	9.5	1000	500
1+000	11	1100	8.2	1100	550



**ESPECIFICACIONES**

1. SELECCION DE LA TIPOLOGIA DE LA CARRETERA DE ACUERDO A LA CLASIFICACION DE LOS AUTOMOVILES QUE SE ESPERA CIRCULAR EN LA CARRETERA.

2. EL TIPO DE LA PAVIMENTACION DE LA CARRETERA DE ACUERDO A LA CLASIFICACION DE LOS AUTOMOVILES QUE SE ESPERA CIRCULAR EN LA CARRETERA.

3. EL TIPO DE LA PAVIMENTACION DE LA CARRETERA DE ACUERDO A LA CLASIFICACION DE LOS AUTOMOVILES QUE SE ESPERA CIRCULAR EN LA CARRETERA.

4. EL TIPO DE LA PAVIMENTACION DE LA CARRETERA DE ACUERDO A LA CLASIFICACION DE LOS AUTOMOVILES QUE SE ESPERA CIRCULAR EN LA CARRETERA.

5. EL TIPO DE LA PAVIMENTACION DE LA CARRETERA DE ACUERDO A LA CLASIFICACION DE LOS AUTOMOVILES QUE SE ESPERA CIRCULAR EN LA CARRETERA.

6. EL TIPO DE LA PAVIMENTACION DE LA CARRETERA DE ACUERDO A LA CLASIFICACION DE LOS AUTOMOVILES QUE SE ESPERA CIRCULAR EN LA CARRETERA.

7. EL TIPO DE LA PAVIMENTACION DE LA CARRETERA DE ACUERDO A LA CLASIFICACION DE LOS AUTOMOVILES QUE SE ESPERA CIRCULAR EN LA CARRETERA.

8. EL TIPO DE LA PAVIMENTACION DE LA CARRETERA DE ACUERDO A LA CLASIFICACION DE LOS AUTOMOVILES QUE SE ESPERA CIRCULAR EN LA CARRETERA.

9. EL TIPO DE LA PAVIMENTACION DE LA CARRETERA DE ACUERDO A LA CLASIFICACION DE LOS AUTOMOVILES QUE SE ESPERA CIRCULAR EN LA CARRETERA.

10. EL TIPO DE LA PAVIMENTACION DE LA CARRETERA DE ACUERDO A LA CLASIFICACION DE LOS AUTOMOVILES QUE SE ESPERA CIRCULAR EN LA CARRETERA.

**PRUEBA TERMOGRAFICA**

1. OBJETIVO: VERIFICAR LA TEMPERATURA DE LA CARRETERA EN DIFERENTES PUNTOS DE LA CARRETERA.

2. METODOLOGIA: SE USARA UN TERMOMETRO DE CONTACTO PARA MEDIR LA TEMPERATURA DE LA CARRETERA EN DIFERENTES PUNTOS DE LA CARRETERA.

3. EQUIPO: TERMOMETRO DE CONTACTO, CABLE DE CONEXION, BATERIA.

4. PROCEDIMIENTO: SE USARA UN TERMOMETRO DE CONTACTO PARA MEDIR LA TEMPERATURA DE LA CARRETERA EN DIFERENTES PUNTOS DE LA CARRETERA.

5. RESULTADOS: SE OBTENDRA LA TEMPERATURA DE LA CARRETERA EN DIFERENTES PUNTOS DE LA CARRETERA.

6. CONCLUSIONES: SE OBTENDRA LA TEMPERATURA DE LA CARRETERA EN DIFERENTES PUNTOS DE LA CARRETERA.

7. RECOMENDACIONES: SE OBTENDRA LA TEMPERATURA DE LA CARRETERA EN DIFERENTES PUNTOS DE LA CARRETERA.

**EMBOLOGIA**

1. OBJETIVO: VERIFICAR LA TEMPERATURA DE LA CARRETERA EN DIFERENTES PUNTOS DE LA CARRETERA.

2. METODOLOGIA: SE USARA UN TERMOMETRO DE CONTACTO PARA MEDIR LA TEMPERATURA DE LA CARRETERA EN DIFERENTES PUNTOS DE LA CARRETERA.

3. EQUIPO: TERMOMETRO DE CONTACTO, CABLE DE CONEXION, BATERIA.

4. PROCEDIMIENTO: SE USARA UN TERMOMETRO DE CONTACTO PARA MEDIR LA TEMPERATURA DE LA CARRETERA EN DIFERENTES PUNTOS DE LA CARRETERA.

5. RESULTADOS: SE OBTENDRA LA TEMPERATURA DE LA CARRETERA EN DIFERENTES PUNTOS DE LA CARRETERA.

6. CONCLUSIONES: SE OBTENDRA LA TEMPERATURA DE LA CARRETERA EN DIFERENTES PUNTOS DE LA CARRETERA.

7. RECOMENDACIONES: SE OBTENDRA LA TEMPERATURA DE LA CARRETERA EN DIFERENTES PUNTOS DE LA CARRETERA.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PLANTA PERFIL**

PROYECTO: [...]

FECHA: [...]

ELABORADO POR: [...]

REVISADO POR: [...]

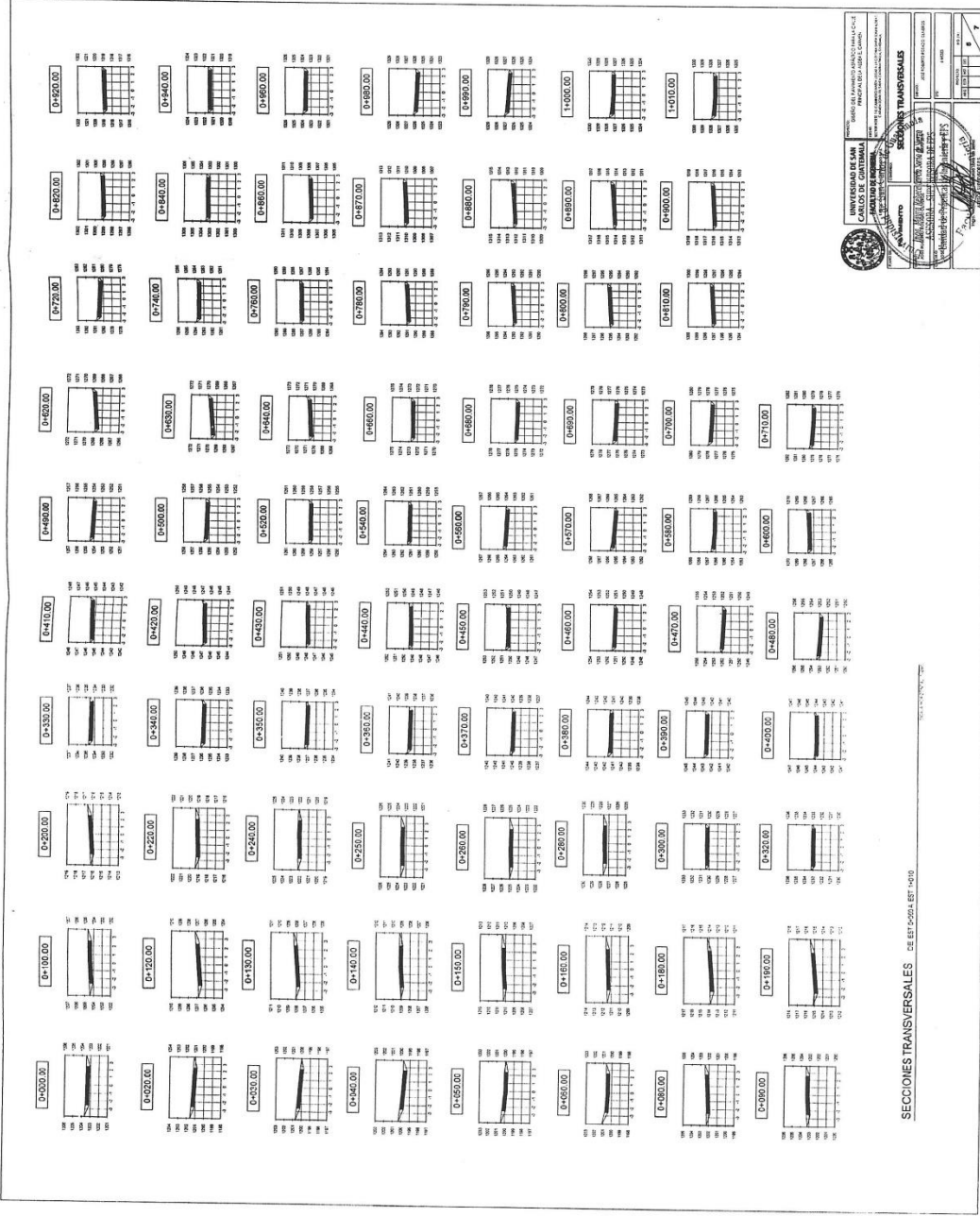
APROBADO POR: [...]

**PLANTA PERFIL**

DE ESTACION 0+000 A 1+000

ESCALA: 1:100





**INSTITUCION DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL  
SECCION TRANSVERSALES

*(Seal with signature and stamps)*

SECCIONES TRANSVERSALES DE EPI-5264 (ET-340)





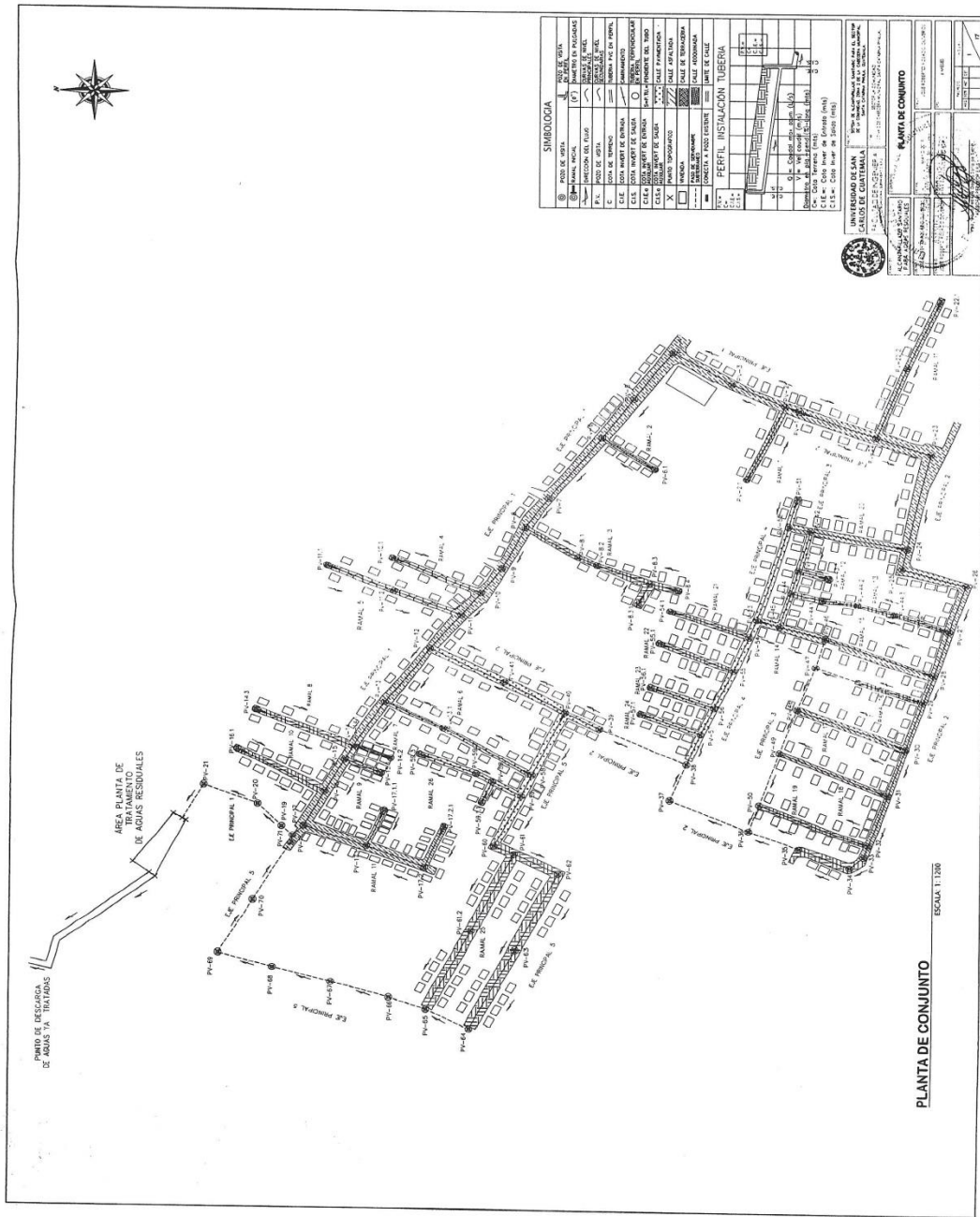




Apéndice 6 **Planos constructivos sistema de alcantarillado sanitario para el sector de La Comunidad, zona 2 de la cabecera municipal**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD Civil 3D 2016.





**SINBOLOGIA**

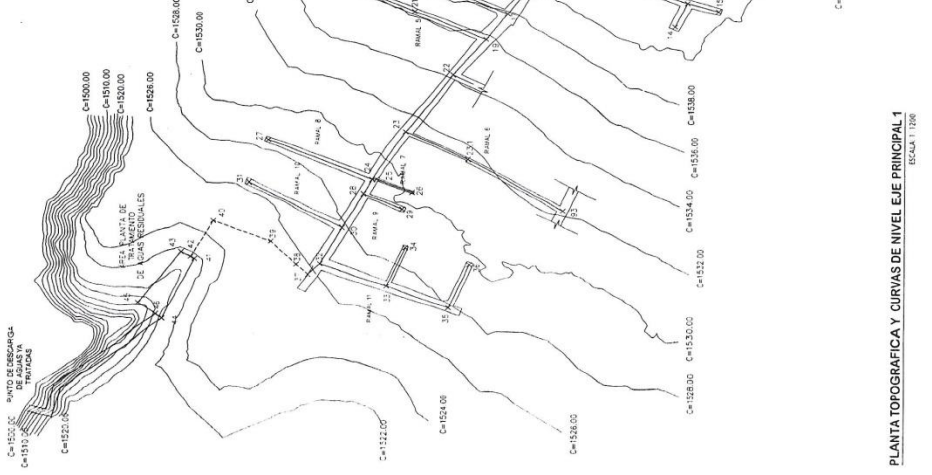
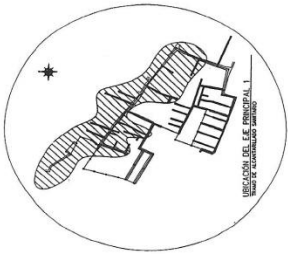
⊙	POSO DE AGUA	▤	NOSE DE AGUA
⊕	RAMAL VITAL	▥	VALVE DE PASADIZO
⊖	DIRECCION DEL ALIVIO	▦	VALVE DE VUELTA
⊗	POSO DE AGUA	▧	VALVE DE VUELTA
⊘	POSO DE AGUA	▨	VALVE DE VUELTA
⊙	POSO DE AGUA	▩	VALVE DE VUELTA
⊚	POSO DE AGUA	▭	VALVE DE VUELTA
⊛	POSO DE AGUA	▮	VALVE DE VUELTA
⊜	POSO DE AGUA	▯	VALVE DE VUELTA
⊝	POSO DE AGUA	▰	VALVE DE VUELTA
⊞	POSO DE AGUA	▱	VALVE DE VUELTA
⊠	POSO DE AGUA	▲	VALVE DE VUELTA
⊡	POSO DE AGUA	△	VALVE DE VUELTA
⊣	POSO DE AGUA	▴	VALVE DE VUELTA
⊤	POSO DE AGUA	▵	VALVE DE VUELTA
⊥	POSO DE AGUA	▶	VALVE DE VUELTA
⊦	POSO DE AGUA	▷	VALVE DE VUELTA
⊧	POSO DE AGUA	▸	VALVE DE VUELTA
⊩	POSO DE AGUA	▹	VALVE DE VUELTA
⊫	POSO DE AGUA	►	VALVE DE VUELTA
⊭	POSO DE AGUA	▻	VALVE DE VUELTA
⊮	POSO DE AGUA	▼	VALVE DE VUELTA
⊰	POSO DE AGUA	▽	VALVE DE VUELTA
⊲	POSO DE AGUA	▾	VALVE DE VUELTA
⊳	POSO DE AGUA	▿	VALVE DE VUELTA

**PERFIL INSTALACION TUBERIA**

1. TUBERIA		2. VALVE	
3. BOYER		4. TUBERIA	
5. VALVE		6. TUBERIA	
7. BOYER		8. TUBERIA	
9. VALVE		10. TUBERIA	
11. BOYER		12. TUBERIA	
13. VALVE		14. TUBERIA	
15. BOYER		16. TUBERIA	
17. VALVE		18. TUBERIA	
19. BOYER		20. TUBERIA	
21. VALVE		22. TUBERIA	
23. BOYER		24. TUBERIA	
25. VALVE		26. TUBERIA	
27. BOYER		28. TUBERIA	
29. VALVE		30. TUBERIA	
31. BOYER		32. TUBERIA	
33. VALVE		34. TUBERIA	
35. BOYER		36. TUBERIA	
37. VALVE		38. TUBERIA	
39. BOYER		40. TUBERIA	
41. VALVE		42. TUBERIA	
43. BOYER		44. TUBERIA	
45. VALVE		46. TUBERIA	
47. BOYER		48. TUBERIA	
49. VALVE		50. TUBERIA	
51. BOYER		52. TUBERIA	
53. VALVE		54. TUBERIA	
55. BOYER		56. TUBERIA	
57. VALVE		58. TUBERIA	
59. BOYER		60. TUBERIA	
61. VALVE		62. TUBERIA	
63. BOYER		64. TUBERIA	
65. VALVE		66. TUBERIA	
67. BOYER		68. TUBERIA	
69. VALVE		70. TUBERIA	
71. BOYER		72. TUBERIA	
73. VALVE		74. TUBERIA	
75. BOYER		76. TUBERIA	
77. VALVE		78. TUBERIA	
79. BOYER		80. TUBERIA	
81. VALVE		82. TUBERIA	
83. BOYER		84. TUBERIA	
85. VALVE		86. TUBERIA	
87. BOYER		88. TUBERIA	
89. VALVE		90. TUBERIA	
91. BOYER		92. TUBERIA	
93. VALVE		94. TUBERIA	
95. BOYER		96. TUBERIA	
97. VALVE		98. TUBERIA	
99. BOYER		100. TUBERIA	

PLANTA DE CONJUNTO ESCALA 1:1200





**TABLA DE PUNTOS**

Punto	Nombre	Nota	Descripción	Punto	Nombre	Nota	Descripción
1	1524.00	1524.00	AMBIENTE	PA1	1524.00	1524.00	AMBIENTE
2	1524.00	1524.00	AMBIENTE	PA2	1524.00	1524.00	AMBIENTE
3	1524.00	1524.00	AMBIENTE	PA3	1524.00	1524.00	AMBIENTE
4	1524.00	1524.00	AMBIENTE	PA4	1524.00	1524.00	AMBIENTE
5	1524.00	1524.00	AMBIENTE	PA5	1524.00	1524.00	AMBIENTE
6	1524.00	1524.00	AMBIENTE	PA6	1524.00	1524.00	AMBIENTE
7	1524.00	1524.00	AMBIENTE	PA7	1524.00	1524.00	AMBIENTE
8	1524.00	1524.00	AMBIENTE	PA8	1524.00	1524.00	AMBIENTE
9	1524.00	1524.00	AMBIENTE	PA9	1524.00	1524.00	AMBIENTE
10	1524.00	1524.00	AMBIENTE	PA10	1524.00	1524.00	AMBIENTE
11	1524.00	1524.00	AMBIENTE	PA11	1524.00	1524.00	AMBIENTE
12	1524.00	1524.00	AMBIENTE	PA12	1524.00	1524.00	AMBIENTE
13	1524.00	1524.00	AMBIENTE	PA13	1524.00	1524.00	AMBIENTE
14	1524.00	1524.00	AMBIENTE	PA14	1524.00	1524.00	AMBIENTE
15	1524.00	1524.00	AMBIENTE	PA15	1524.00	1524.00	AMBIENTE
16	1524.00	1524.00	AMBIENTE	PA16	1524.00	1524.00	AMBIENTE
17	1524.00	1524.00	AMBIENTE	PA17	1524.00	1524.00	AMBIENTE
18	1524.00	1524.00	AMBIENTE	PA18	1524.00	1524.00	AMBIENTE
19	1524.00	1524.00	AMBIENTE	PA19	1524.00	1524.00	AMBIENTE
20	1524.00	1524.00	AMBIENTE	PA20	1524.00	1524.00	AMBIENTE
21	1524.00	1524.00	AMBIENTE	PA21	1524.00	1524.00	AMBIENTE
22	1524.00	1524.00	AMBIENTE	PA22	1524.00	1524.00	AMBIENTE
23	1524.00	1524.00	AMBIENTE	PA23	1524.00	1524.00	AMBIENTE
24	1524.00	1524.00	AMBIENTE	PA24	1524.00	1524.00	AMBIENTE
25	1524.00	1524.00	AMBIENTE	PA25	1524.00	1524.00	AMBIENTE

**SIEMBOLOGIA**

(C) PUNTO DE OBRERA  
 (T) PUNTO DE TRINIDAD  
 (P) PUNTO DE OBRERA  
 (L) LINEA DE TUBERIA  
 (S) SERVIDOR  
 (M) MANGUERA  
 (C) CONECTOR  
 (V) VALVULA  
 (E) EQUIPO  
 (A) AREA DE PROTECCION  
 (R) RAMAL  
 (B) BARRERA  
 (D) DRENAJE  
 (I) INSTALACION  
 (N) NIVEL

**PERFIL DE INSTALACION TUBERIA**

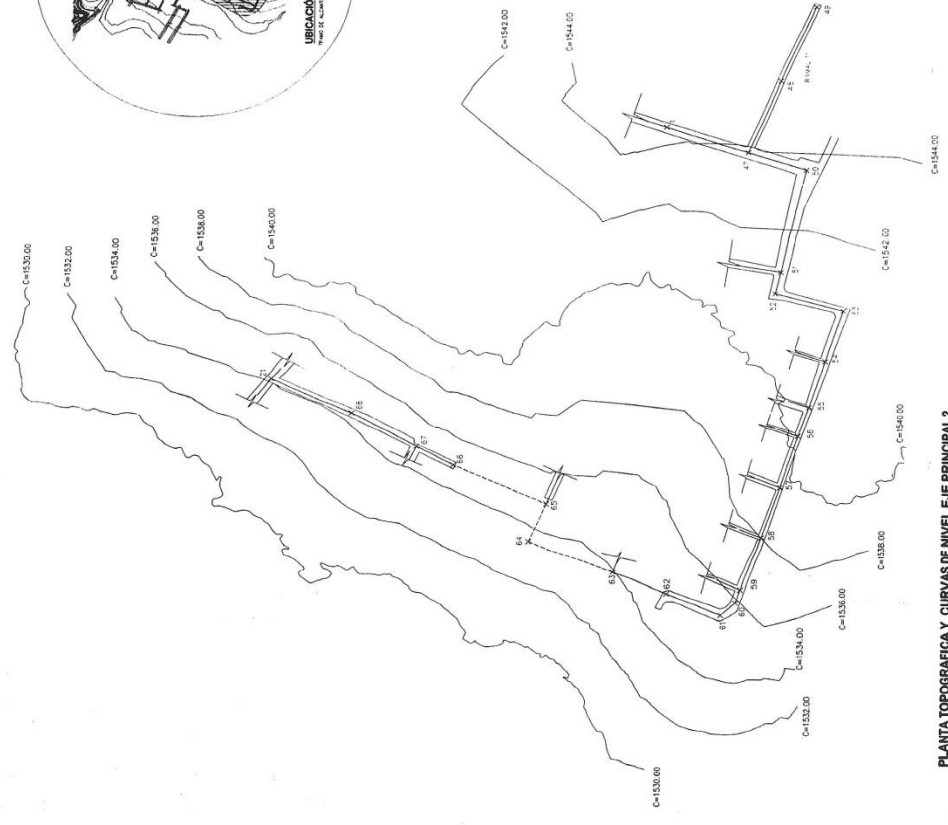
C.E.C. - Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos  
 INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES Y DESENVOLUPAMIENTO TECNOLÓGICO  
 FACULTAD DE INGENIERIA Y SISTEMAS DE COMPUTACION  
 ESCUELA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE COMPUTACION  
 GUATEMALA, GUATEMALA

**PLANTA TOPOGRAFICA Y CURVAS DE NIVEL EJE PRINCIPAL 1**  
ESCALA 1:1000



**TABLA DE PUNTOS**

Punto #	Descripción	Nota	Elev	Descripción
47	1533.00	911050.03	400045.08	PN22
48	1533.00	911050.15	400045.20	PN23
49	1544.00	911050.04	400045.09	PN24
50	1544.00	911050.00	400045.00	PN25
51	1544.00	911050.17	400045.09	PN26
52	1544.00	911050.28	400045.20	PN27
53	1544.00	911050.07	400045.20	PN28
54	1544.00	911050.20	400045.20	PN29
55	1544.00	911050.19	400045.08	PN30
56	1544.00	911050.19	400045.08	PN31
57	1544.00	911050.17	400045.08	PN32
58	1544.00	911050.17	400045.08	PN33
59	1544.00	911050.17	400045.08	PN34
60	1544.00	911050.17	400045.08	PN35
61	1544.00	911050.17	400045.08	PN36
62	1544.00	911050.17	400045.08	PN37
63	1544.00	911050.17	400045.08	PN38
64	1544.00	911050.17	400045.08	PN39
65	1544.00	911050.17	400045.08	PN40
66	1544.00	911050.17	400045.08	PN41
67	1544.00	911050.17	400045.08	PN42
68	1544.00	911050.17	400045.08	PN43
69	1544.00	911050.17	400045.08	PN44
70	1544.00	911050.17	400045.08	PN45



**PERFIL INSTALACION TUBERIA**

UNIVERSIDAD DE CALDAS  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRANZA DE GUATAMA

PLANTA TOPOGRAFICA Y CURVAS DE NIVEL

PROYECTO: ...

FECHA: ...

PROFESOR: ...

ESTUDIANTE: ...

GRUPO: ...

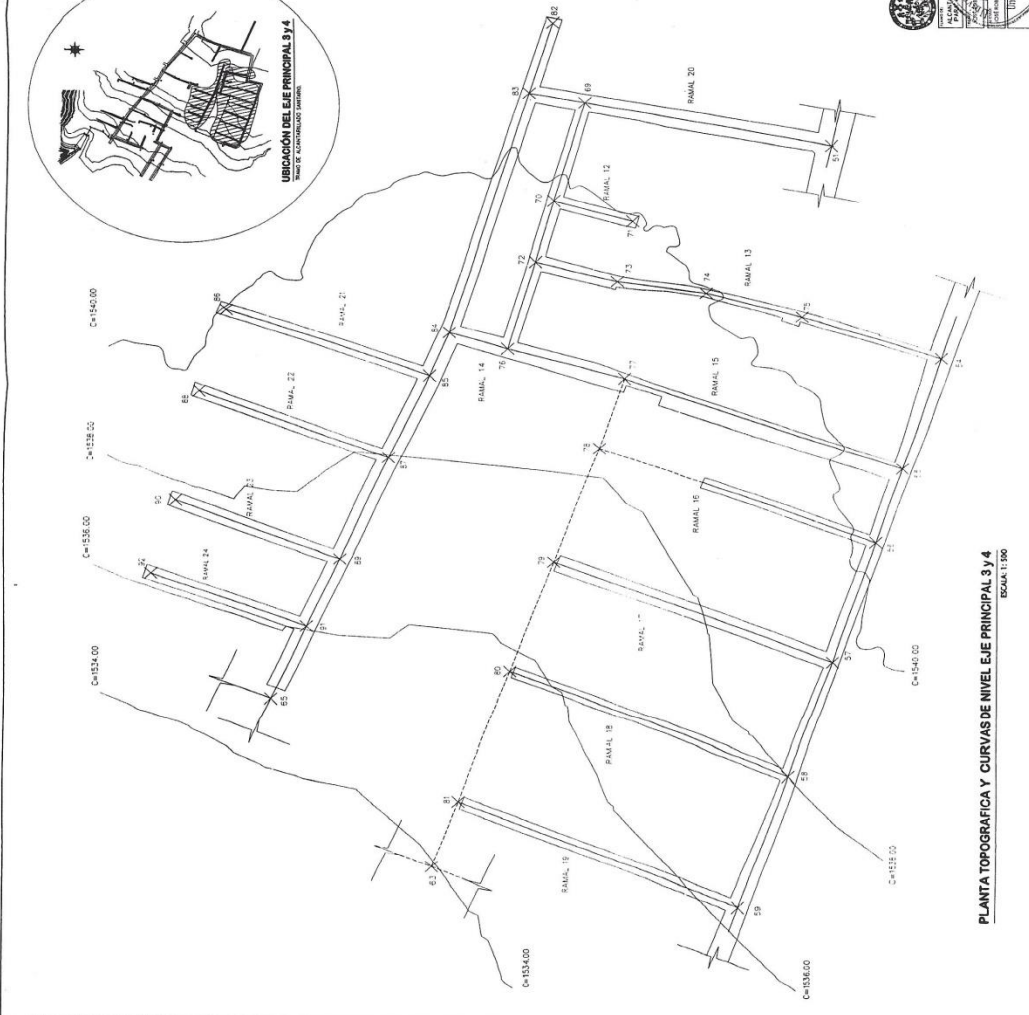
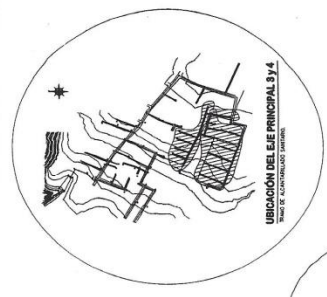
... (Detailed technical drawing of the pipe installation profile with various annotations and symbols)

**PLANTA TOPOGRAFICA Y CURVAS DE NIVEL EJE PRINCIPAL 2**  
BOQUA 1:1200



**TABLA DE PUNTOS**

Punto	Descripcion	Nota	Dato
01	STACION 22		144.00
02	STACION 23		138.00
03	STACION 24		132.00
04	STACION 25		126.00
05	STACION 26		120.00
06	STACION 27		114.00
07	STACION 28		108.00
08	STACION 29		102.00
09	STACION 30		96.00
10	STACION 31		90.00
11	STACION 32		84.00
12	STACION 33		78.00
13	STACION 34		72.00
14	STACION 35		66.00
15	STACION 36		60.00
16	STACION 37		54.00
17	STACION 38		48.00
18	STACION 39		42.00
19	STACION 40		36.00
20	STACION 41		30.00
21	STACION 42		24.00
22	STACION 43		18.00
23	STACION 44		12.00
24	STACION 45		6.00
25	STACION 46		0.00
26	STACION 47		-6.00
27	STACION 48		-12.00
28	STACION 49		-18.00
29	STACION 50		-24.00
30	STACION 51		-30.00
31	STACION 52		-36.00
32	STACION 53		-42.00
33	STACION 54		-48.00
34	STACION 55		-54.00
35	STACION 56		-60.00
36	STACION 57		-66.00
37	STACION 58		-72.00
38	STACION 59		-78.00
39	STACION 60		-84.00
40	STACION 61		-90.00
41	STACION 62		-96.00
42	STACION 63		-102.00
43	STACION 64		-108.00
44	STACION 65		-114.00
45	STACION 66		-120.00
46	STACION 67		-126.00
47	STACION 68		-132.00
48	STACION 69		-138.00
49	STACION 70		-144.00



**SMBOLOGIA**

(Symbol)	POZO DE AGUA
(Symbol)	PONTE SOBRE TORRENA
(Symbol)	ESTACION DE BOMBEO
(Symbol)	ESTACION DE TRANSFORMACION
(Symbol)	ESTACION DE REGULACION
(Symbol)	ESTACION DE ALMACENAMIENTO
(Symbol)	ESTACION DE RELEVAMIENTO
(Symbol)	ESTACION DE MONITOREO
(Symbol)	ESTACION DE CONTROL
(Symbol)	ESTACION DE SEÑALIZACION
(Symbol)	ESTACION DE ALIMENTACION
(Symbol)	ESTACION DE PROTECCION
(Symbol)	ESTACION DE MANTENIMIENTO
(Symbol)	ESTACION DE REPARACION
(Symbol)	ESTACION DE REEMPLAZO
(Symbol)	ESTACION DE RECONSTRUCCION
(Symbol)	ESTACION DE REFORMA
(Symbol)	ESTACION DE REAJUSTE
(Symbol)	ESTACION DE RECORRECCION
(Symbol)	ESTACION DE RECORRECCION DE ALIQUILAS
(Symbol)	ESTACION DE RECORRECCION DE ALIQUILAS Y ALIQUILAS
(Symbol)	ESTACION DE RECORRECCION DE ALIQUILAS Y ALIQUILAS Y ALIQUILAS
(Symbol)	ESTACION DE RECORRECCION DE ALIQUILAS Y ALIQUILAS Y ALIQUILAS Y ALIQUILAS

**PERFIL INSTALACION TUBERIA**

**PERFIL DE NIVEL**

**PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DEL CANAL DE LA CIUDAD DE GUATEMALA**

**COMITE DIRECTIVO**

**COMISIONADO**

**COMISIONADO EN JEFE**

**COMISIONADO ENCARGADO**

**COMISIONADO ASISTENTE**

**COMISIONADO DE OBRAS**

**COMISIONADO DE MATERIALES**

**COMISIONADO DE MANTENIMIENTO**

**COMISIONADO DE SEGURIDAD**

**COMISIONADO DE TRABAJO**

**COMISIONADO DE VIGILANCIA**

**COMISIONADO DE CALIDAD**

**COMISIONADO DE AMBIENTE**

**COMISIONADO DE SOCIAL**

**COMISIONADO DE CULTURA**

**COMISIONADO DE EDUCACION**

**COMISIONADO DE SALUD**

**COMISIONADO DE DEPORTES**

**COMISIONADO DE TURISMO**

**COMISIONADO DE TRANSPORTES**

**COMISIONADO DE TELECOMUNICACIONES**

**COMISIONADO DE ENERGIA**

**COMISIONADO DE AGRICULTURA**

**COMISIONADO DE GANADERIA**

**COMISIONADO DE PESQUERIA**

**COMISIONADO DE MINERIA**

**COMISIONADO DE INDUSTRIA**

**COMISIONADO DE COMERCIO**

**COMISIONADO DE SERVICIOS**

**COMISIONADO DE TIPOLOGIA**

**COMISIONADO DE PLANIFICACION**

**COMISIONADO DE ECONOMIA**

**COMISIONADO DE FINANZAS**

**COMISIONADO DE TRABAJO SOCIAL**

**COMISIONADO DE LEGISLACION**

**COMISIONADO DE JUSTICIA**

**COMISIONADO DE EDUCACION SUPERIOR**

**COMISIONADO DE EDUCACION MEDIA**

**COMISIONADO DE EDUCACION PRIMARIA**

**COMISIONADO DE EDUCACION INFANTIL**

**COMISIONADO DE EDUCACION ESPECIAL**

**COMISIONADO DE EDUCACION DE ADULTOS**

**COMISIONADO DE EDUCACION DE LA JUVENTUD**

**COMISIONADO DE EDUCACION DE LA TERCERA EDAD**

**COMISIONADO DE EDUCACION DE LA MUJER**

**COMISIONADO DE EDUCACION DE LA RURALIDAD**

**COMISIONADO DE EDUCACION DE LA URBANIDAD**

**COMISIONADO DE EDUCACION DE LA SIERRA**

**COMISIONADO DE EDUCACION DE LA COSTA**

**COMISIONADO DE EDUCACION DE LA TIERRA INTERIOR**

**COMISIONADO DE EDUCACION DE LA TIERRA EXTERIOR**

**COMISIONADO DE EDUCACION DE LA TIERRA Y DEL MAR**

**COMISIONADO DE EDUCACION DE LA TIERRA Y DEL MAR Y DE LA TIERRA Y DEL MAR**

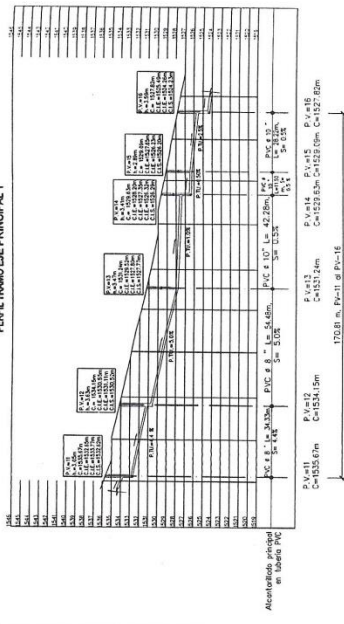
PLANTA TOPOGRAFICA Y CURVAS DE NIVEL EJE PRINCIPAL 3 y 4  
ESCALA 1:500





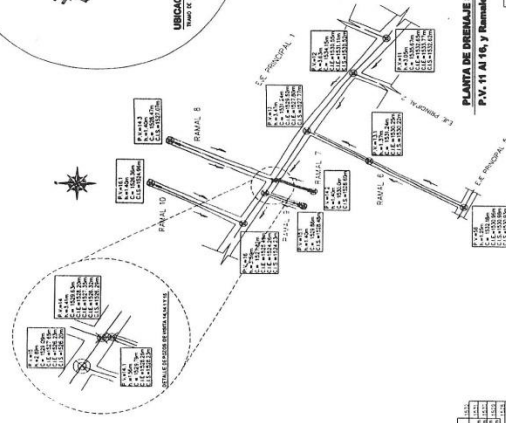






**PERFIL TRAMO EJE PRINCIPAL 1, PV-11 AL PV-16**  
 ESCALA VERTICAL: 1:200

Alcantarilla principal  
 en tubería PVC



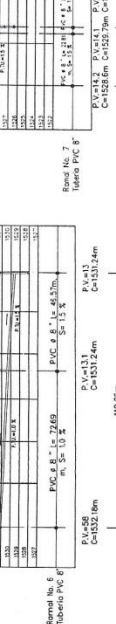
**PERFIL RAMAL 6**

**PERFIL RAMAL 7**

**PERFIL RAMAL 8**

**PERFIL RAMAL 9**

**PERFIL RAMAL 10**



**PERFIL PV-59 AL PV-13**  
 ESCALA VERTICAL: 1:200

Ramal No. 6  
 Tubería PVC 8"

**PERFIL RAMAL 7**

**PERFIL RAMAL 8**

**PERFIL RAMAL 9**

**PERFIL RAMAL 10**

**PLANTA DE DRENAJE SANITARIO TRAMO EJE P. 1, PV-11 AL PV-16 y Ramales auxiliares 6,7,8,9 y 10. ESCALA 1:200**

**PERFIL INSTALACIÓN TUBERÍA**

**RED DRENAJE SANITARIO, PLANTA Y PERFIL.**

SIMBOLOGÍA	
⊙	POZO DE AGUA
⊕	POZO DE AGUA
⊖	POZO DE AGUA
⊗	POZO DE AGUA
⊙	POZO DE AGUA
⊕	POZO DE AGUA
⊖	POZO DE AGUA
⊗	POZO DE AGUA
⊙	POZO DE AGUA
⊕	POZO DE AGUA
⊖	POZO DE AGUA
⊗	POZO DE AGUA
⊙	POZO DE AGUA
⊕	POZO DE AGUA
⊖	POZO DE AGUA
⊗	POZO DE AGUA
⊙	POZO DE AGUA
⊕	POZO DE AGUA
⊖	POZO DE AGUA
⊗	POZO DE AGUA
⊙	POZO DE AGUA
⊕	POZO DE AGUA
⊖	POZO DE AGUA
⊗	POZO DE AGUA
⊙	POZO DE AGUA
⊕	POZO DE AGUA
⊖	POZO DE AGUA
⊗	POZO DE AGUA

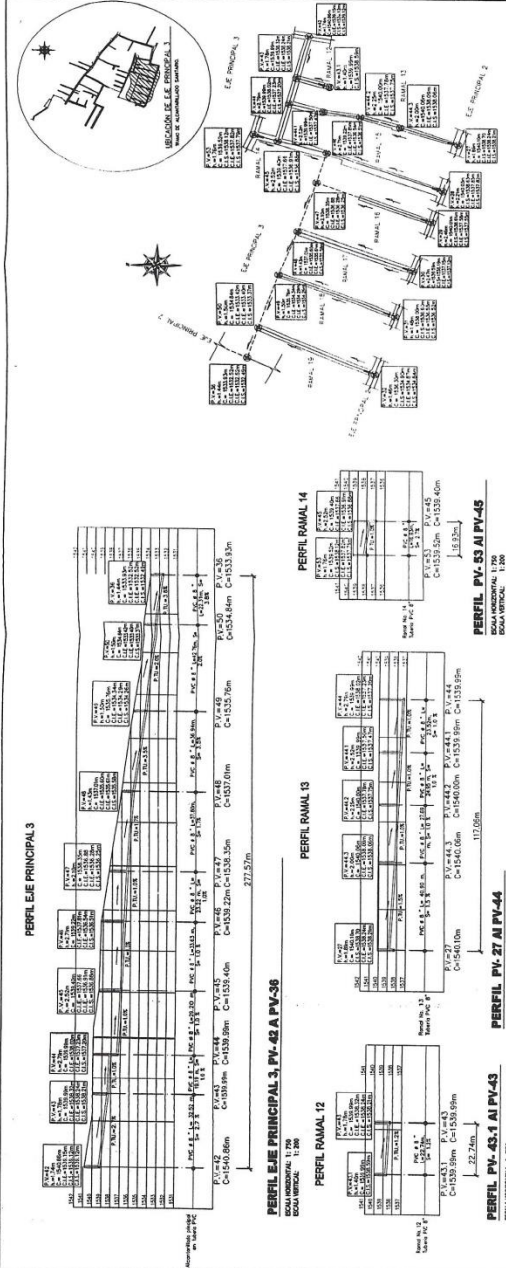
UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS CENTRALES DE GUATEMALA  
 INSTITUTO NACIONAL DE CALIDAD DE CONSTRUCCIÓN CIVIL (INACCC)  
 INACCC GUATEMALA

PROYECTO: DRENAJE SANITARIO  
 UBICACIÓN: CALIFORNIAO SANITARIO  
 FECHA: 15/05/2015  
 ELABORADO POR: [Signature]  
 APROBADO POR: [Signature]









**PLANTA DE DRENAJE SANITARIO EJE P. 3.**  
 P.V. 42 A P.V. 38, y Ramales Auxiliares 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 y 19.

ESCALA 1:100

SINICOLOGIA	
	PERFIL DE PVC
	MANEJO DE MANEJO
	MANEJO DE MANEJO CON REJILLA
	MANEJO DE MANEJO CON REJILLA Y TAPA
	MANEJO DE MANEJO CON REJILLA Y TAPA Y MARCO
	MANEJO DE MANEJO CON REJILLA Y TAPA Y MARCO Y FONDO DE CONCRETO
	MANEJO DE MANEJO CON REJILLA Y TAPA Y MARCO Y FONDO DE CONCRETO Y BORDO
	MANEJO DE MANEJO CON REJILLA Y TAPA Y MARCO Y FONDO DE CONCRETO Y BORDO Y BORDO DE CEMENTO
	MANEJO DE MANEJO CON REJILLA Y TAPA Y MARCO Y FONDO DE CONCRETO Y BORDO Y BORDO DE CEMENTO Y TAPA DE BORDO
	MANEJO DE MANEJO CON REJILLA Y TAPA Y MARCO Y FONDO DE CONCRETO Y BORDO Y BORDO DE CEMENTO Y TAPA DE BORDO Y MARCO DE BORDO
	MANEJO DE MANEJO CON REJILLA Y TAPA Y MARCO Y FONDO DE CONCRETO Y BORDO Y BORDO DE CEMENTO Y TAPA DE BORDO Y MARCO DE BORDO Y TAPA DE MARCO
	MANEJO DE MANEJO CON REJILLA Y TAPA Y MARCO Y FONDO DE CONCRETO Y BORDO Y BORDO DE CEMENTO Y TAPA DE BORDO Y MARCO DE BORDO Y TAPA DE MARCO Y BORDO DE MARCO

**PERFIL RAMAL 12**

**PERFIL RAMAL 13**

**PERFIL RAMAL 14**

**PERFIL RAMAL 15**

**PERFIL RAMAL 16**

**PERFIL RAMAL 17**

**PERFIL RAMAL 18**

**PERFIL RAMAL 19**

**PERFIL PV-43.1 A PV-43**

**PERFIL PV-43.2 A PV-44**

**PERFIL PV-43.3 A PV-45**

**PERFIL PV-43 A PV-47**

**PERFIL PV-28 A PV-46**

**PERFIL PV-29 A PV-47**

**PERFIL PV-30 A PV-48**

**PERFIL PV-31 A PV-49**

**PERFIL PV-32 A PV-50**

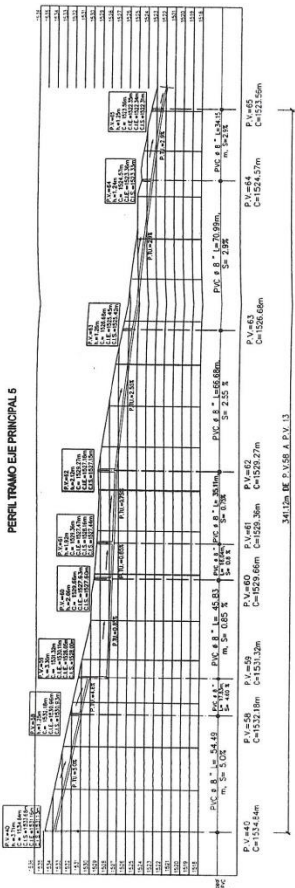
**PERFIL PV-53 A PV-45**

ESCALA HORIZONTAL: 1:700  
 ESCALA VERTICAL: 1:200

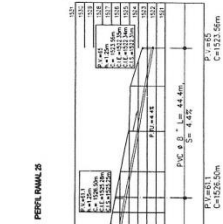
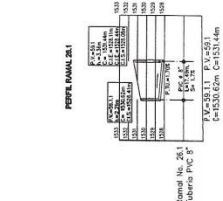
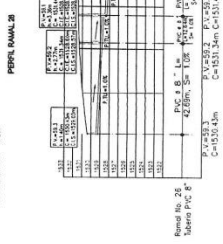
INSTITUTO DE PLANIFICACION Y DISEÑO URBANISTICO Y DE DRENAJE SANITARIO  
 CARLOS DE GUATAMALA







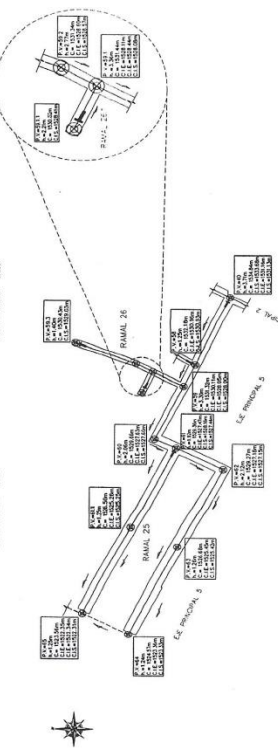
PERFIL TRAMO EJE PRINCIPALS 5. PV-40 A PV-45  
 ESCALA HORIZONTAL: 1:200  
 ESCALA VERTICAL: 1:200



PERFIL PV-40.3 A PV-50  
 ESCALA HORIZONTAL: 1:200  
 ESCALA VERTICAL: 1:200

PERFIL PV-50.1 A PV-55  
 ESCALA HORIZONTAL: 1:200  
 ESCALA VERTICAL: 1:200

PERFIL PV-60 A PV-65  
 ESCALA HORIZONTAL: 1:200  
 ESCALA VERTICAL: 1:200

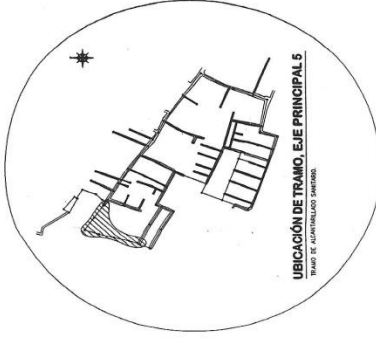
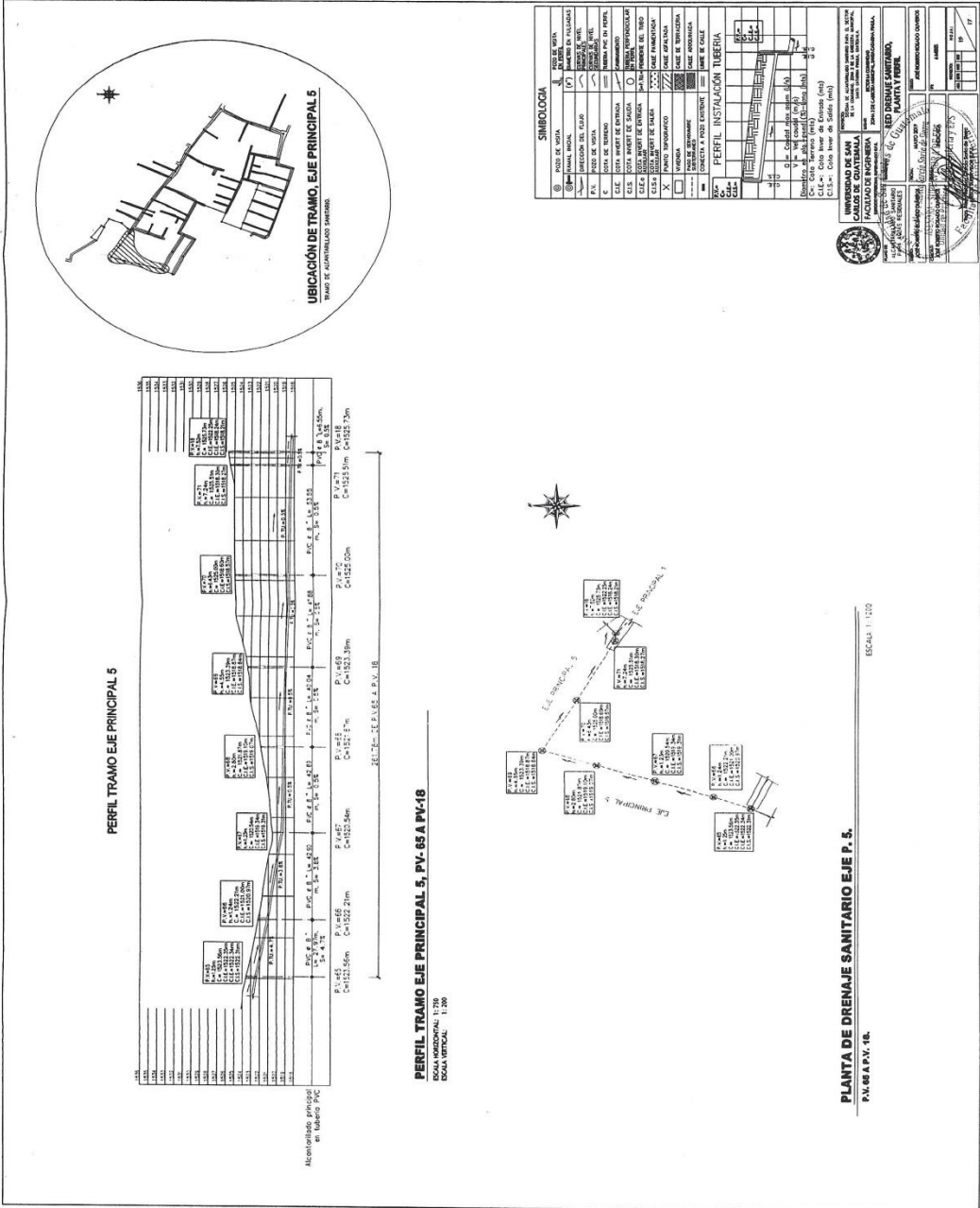


PLANTA DE DRENAJE SANITARIO EJE P. 5.  
 PV-40 A PV-65, y Ramales adicionales 2E, 2A1 y 2A3.

**SIMBOLOGIA**

⊗	POZO DE AYTA	⊗	NO SE USAR
⊙	POZO DE AYTA	⊙	NO SE USAR
⊚	POZO DE AYTA	⊚	NO SE USAR
⊛	POZO DE AYTA	⊛	NO SE USAR
⊜	POZO DE AYTA	⊜	NO SE USAR
⊝	POZO DE AYTA	⊝	NO SE USAR
⊞	POZO DE AYTA	⊞	NO SE USAR
⊠	POZO DE AYTA	⊠	NO SE USAR
⊡	POZO DE AYTA	⊡	NO SE USAR
⊣	POZO DE AYTA	⊣	NO SE USAR
⊥	POZO DE AYTA	⊥	NO SE USAR
⊦	POZO DE AYTA	⊦	NO SE USAR
⊧	POZO DE AYTA	⊧	NO SE USAR
⊨	POZO DE AYTA	⊨	NO SE USAR
⊩	POZO DE AYTA	⊩	NO SE USAR
⊪	POZO DE AYTA	⊪	NO SE USAR
⊫	POZO DE AYTA	⊫	NO SE USAR
⊬	POZO DE AYTA	⊬	NO SE USAR
⊭	POZO DE AYTA	⊭	NO SE USAR
⊮	POZO DE AYTA	⊮	NO SE USAR
⊯	POZO DE AYTA	⊯	NO SE USAR
⊰	POZO DE AYTA	⊰	NO SE USAR
⊱	POZO DE AYTA	⊱	NO SE USAR
⊲	POZO DE AYTA	⊲	NO SE USAR
⊳	POZO DE AYTA	⊳	NO SE USAR
⊴	POZO DE AYTA	⊴	NO SE USAR
⊵	POZO DE AYTA	⊵	NO SE USAR
⊶	POZO DE AYTA	⊶	NO SE USAR
⊷	POZO DE AYTA	⊷	NO SE USAR
⊸	POZO DE AYTA	⊸	NO SE USAR
⊹	POZO DE AYTA	⊹	NO SE USAR
⊺	POZO DE AYTA	⊺	NO SE USAR
⊻	POZO DE AYTA	⊻	NO SE USAR
⊼	POZO DE AYTA	⊼	NO SE USAR
⊽	POZO DE AYTA	⊽	NO SE USAR
⊾	POZO DE AYTA	⊾	NO SE USAR
⊿	POZO DE AYTA	⊿	NO SE USAR
⊠	POZO DE AYTA	⊠	NO SE USAR
⊡	POZO DE AYTA	⊡	NO SE USAR
⊣	POZO DE AYTA	⊣	NO SE USAR
⊥	POZO DE AYTA	⊥	NO SE USAR
⊦	POZO DE AYTA	⊦	NO SE USAR
⊧	POZO DE AYTA	⊧	NO SE USAR
⊨	POZO DE AYTA	⊨	NO SE USAR
⊩	POZO DE AYTA	⊩	NO SE USAR
⊪	POZO DE AYTA	⊪	NO SE USAR
⊫	POZO DE AYTA	⊫	NO SE USAR
⊬	POZO DE AYTA	⊬	NO SE USAR
⊭	POZO DE AYTA	⊭	NO SE USAR
⊮	POZO DE AYTA	⊮	NO SE USAR
⊯	POZO DE AYTA	⊯	NO SE USAR
⊰	POZO DE AYTA	⊰	NO SE USAR
⊱	POZO DE AYTA	⊱	NO SE USAR
⊲	POZO DE AYTA	⊲	NO SE USAR
⊳	POZO DE AYTA	⊳	NO SE USAR
⊴	POZO DE AYTA	⊴	NO SE USAR
⊵	POZO DE AYTA	⊵	NO SE USAR
⊶	POZO DE AYTA	⊶	NO SE USAR
⊷	POZO DE AYTA	⊷	NO SE USAR
⊸	POZO DE AYTA	⊸	NO SE USAR
⊹	POZO DE AYTA	⊹	NO SE USAR
⊺	POZO DE AYTA	⊺	NO SE USAR
⊻	POZO DE AYTA	⊻	NO SE USAR
⊼	POZO DE AYTA	⊼	NO SE USAR
⊽	POZO DE AYTA	⊽	NO SE USAR
⊾	POZO DE AYTA	⊾	NO SE USAR
⊿	POZO DE AYTA	⊿	NO SE USAR
⊠	POZO DE AYTA	⊠	NO SE USAR
⊡	POZO DE AYTA	⊡	NO SE USAR
⊣	POZO DE AYTA	⊣	NO SE USAR
⊥	POZO DE AYTA	⊥	NO SE USAR
⊦	POZO DE AYTA	⊦	NO SE USAR
⊧	POZO DE AYTA	⊧	NO SE USAR
⊨	POZO DE AYTA	⊨	NO SE USAR
⊩	POZO DE AYTA	⊩	NO SE USAR
⊪	POZO DE AYTA	⊪	NO SE USAR
⊫	POZO DE AYTA	⊫	NO SE USAR
⊬	POZO DE AYTA	⊬	NO SE USAR
⊭	POZO DE AYTA	⊭	NO SE USAR
⊮	POZO DE AYTA	⊮	NO SE USAR
⊯	POZO DE AYTA	⊯	NO SE USAR
⊰	POZO DE AYTA	⊰	NO SE USAR
⊱	POZO DE AYTA	⊱	NO SE USAR
⊲	POZO DE AYTA	⊲	NO SE USAR
⊳	POZO DE AYTA	⊳	NO SE USAR
⊴	POZO DE AYTA	⊴	NO SE USAR
⊵	POZO DE AYTA	⊵	NO SE USAR
⊶	POZO DE AYTA	⊶	NO SE USAR
⊷	POZO DE AYTA	⊷	NO SE USAR
⊸	POZO DE AYTA	⊸	NO SE USAR
⊹	POZO DE AYTA	⊹	NO SE USAR
⊺	POZO DE AYTA	⊺	NO SE USAR
⊻	POZO DE AYTA	⊻	NO SE USAR
⊼	POZO DE AYTA	⊼	NO SE USAR
⊽	POZO DE AYTA	⊽	NO SE USAR
⊾	POZO DE AYTA	⊾	NO SE USAR
⊿	POZO DE AYTA	⊿	NO SE USAR

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 MED DRENAJE SANITARIO  
 PLANTA Y PERFIL



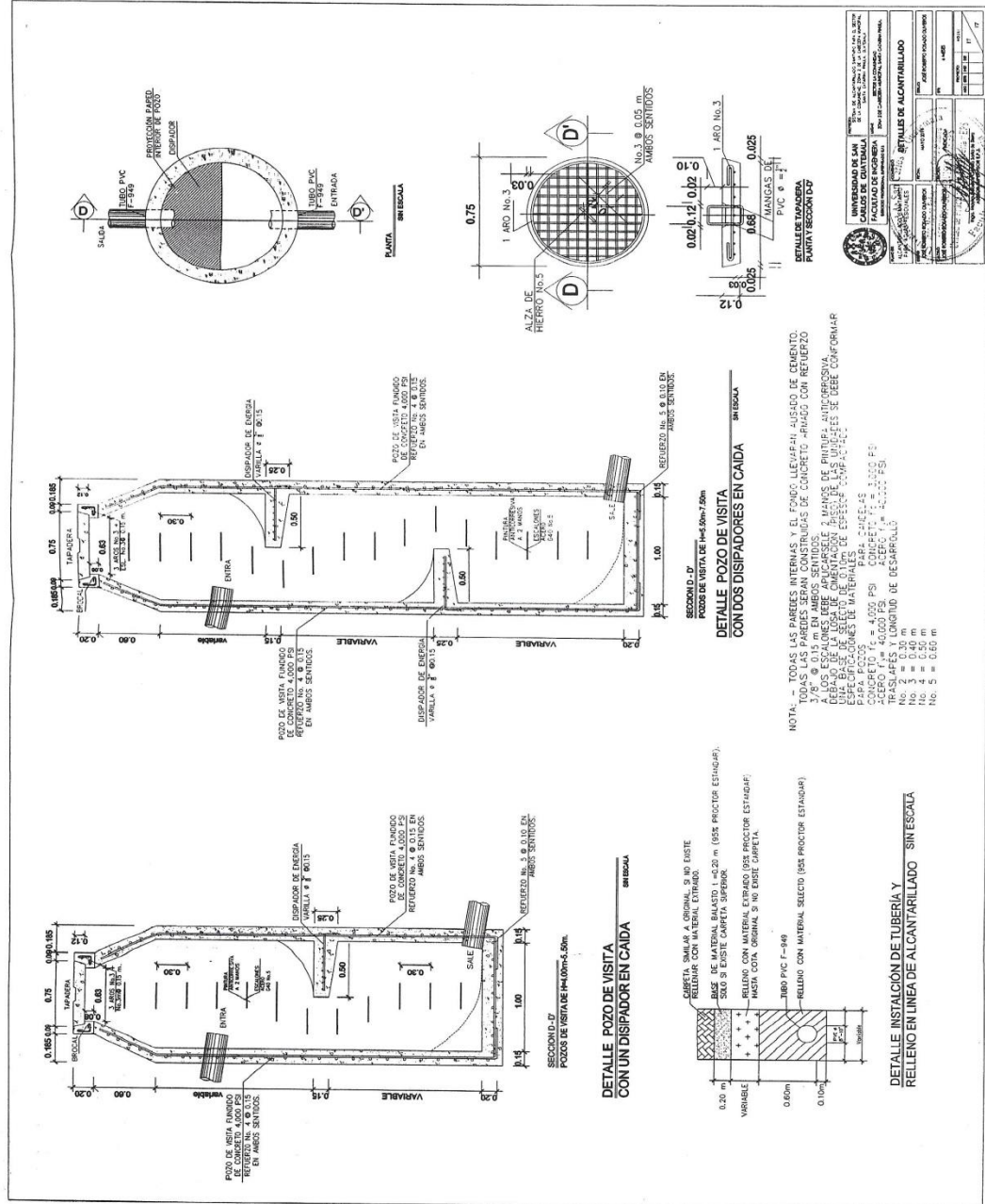
SIMBOLOGIA	
(O)	POZOS DE VISITA
(P)	PUZOS DE VENTILACION
(F)	REDES DE FUGA
(S)	SEÑALES DE FLUJO
(C)	CONEXIONES
(E)	EJE DE VENTILACION
(D)	DESBORDE
(L)	LINEA DE VENTILACION
(V)	VENTILACION
(M)	MEDIDA
(C)	CONEXION A PISO EXTERIOR
(B)	BARRERA
(S)	SERVIDOR
(P)	PERFIL DE INSTALACION TUBERIA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE AGUAS SANITARIAS  
C.I.S. - Centro de Estudios de Sanidad Ambiental

ESCALA 1:100

PLANTA DE DRENAJE SANITARIO EJE P. 5  
P.V. 65 A P.V. 18





**NOTA:** - TODAS LAS PAREDES INTERNAS Y EL FONDO DEBE SER CEMENTO  
 3/8" Ø 0.15 m EN AMBOS SENTIDOS.  
 DEBEN SER LA LOSA DE CONCRETO-ASESADO CON REINFORZO  
 ESPECÍFICO DEBEN SER EN LOS PUNTOS DE ESPEJEC DIFERENCIAL  
 PARA POZOS PARA CHUBASCAS  
 PARA CHUBASCAS PARA CHUBASCAS  
 2.00m Ø 1.00m Ø 1.00m Ø 1.00m Ø 1.00m  
 3.00m 4.00m 5.00m 6.00m 7.00m  
 No. 3 = 0.30 m  
 No. 4 = 0.50 m  
 No. 5 = 0.60 m

**DETALLE POZO DE VISTA  
 CON UN DISPASADOR EN CAIDA  
 SIN ESCALA**

SECCION D'  
 POZOS DE VISTA DE 1.00m x 1.00m x 1.20m  
 1.15m

**DETALLE POZO DE VISTA  
 CON DOS DISPASADORES EN CAIDA  
 SIN ESCALA**

SECCION D'  
 POZOS DE VISTA DE 1.00m x 1.00m x 1.20m  
 1.15m

CARPETA SIMILAR A ORIGINAL SI NO EXISTE  
 RELLENAR CON MATERIAL ENTERRADO.  
 BASE DE MATERIAL BALASTO 1+0.25 (95% PROCTOR ESTADIST.)  
 SÍLO SI EXISTE CARPETA SUPERIOR  
 RELLENAR CON MATERIAL ENTERRADO (95% PROCTOR ESTADIST.)  
 MASA GOTA ORIGINAL SI NO EXISTE CARPETA.

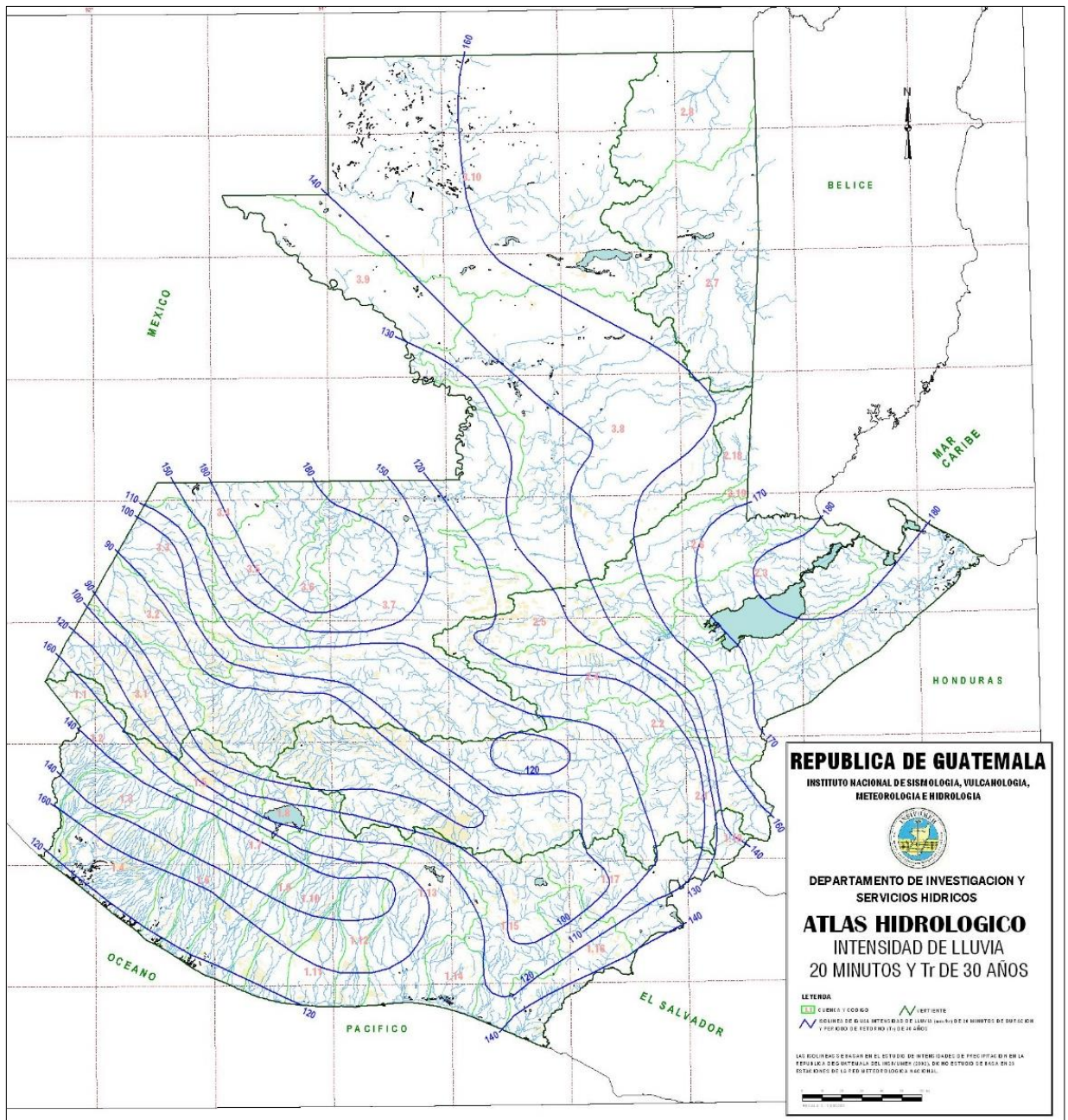
TUBO PVC F-99  
 RELLENAR CON MATERIAL SELECCIONADO (95% PROCTOR ESTADIST.)

**DETALLE INSTALACION DE TUBERIA Y  
 RELLENO EN LINEA DE ALCANTARILLADO  
 SIN ESCALA**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL	
PROFESOR	DR. JUAN CARLOS MORALES
ALUMNO	STEFANO VALENZUELA
FECHA	12/12/2015
PROFESOR	DR. JUAN CARLOS MORALES
ALUMNO	STEFANO VALENZUELA
FECHA	12/12/2015



Apéndice 7. **Mapa de atlas hidrológico, intensidad de lluvia de 20 minutos y un periodo de retorno de 30 años**




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






# ANEXOS

## Anexo 1. Ensayo de análisis granulométrico



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



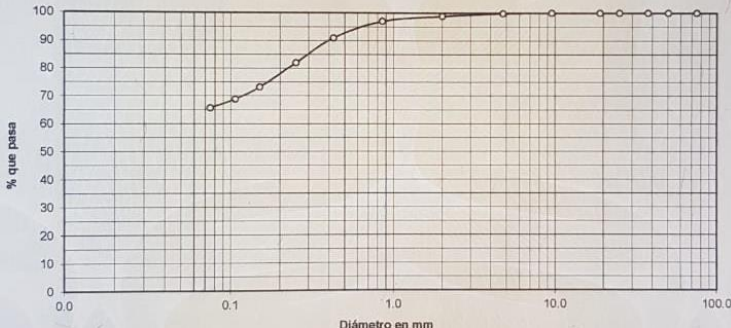
**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

---

Informe No.: 409 S.S.A. O.T.: 38,917 No. 15668

Interesado: José Roberto Rosado Oliveros  
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo  
 Norma: ASTM D6913-04  
 Proyecto: EPS "Diseño del pavimento para la calle principi de la Aldea el Carmen, Santa Catarina Pinula, Guatemala"  
 Ubicación: Aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula, Guatemala  
 Fecha: jueves, 4 de octubre de 2018

Tamiz	Abertura	% que pasa	Tamiz	Abertura	% que pasa
3"	75 mm	100.00	10	2.00 mm	98.87
2"	50 mm	100.00	20	850 µm	97.00
1 1/2"	37.5 mm	100.00	40	425 µm	90.98
1"	25 mm	100.00	60	250 µm	82.01
3/4"	19.0 mm	100.00	100	150 µm	73.23
3/8"	9.5 mm	100.00	140	106 µm	68.91
4	4.75 mm	99.81	200	75 µm	65.77



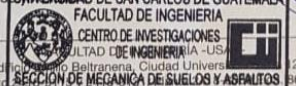
Descripción del suelo: Arcilla con arena color café oscuro

Clasificación: S.C.U.: CL      % de Grava: 0.19      D10: \*  
 P.R.A.: A-4      % de Arena: 34.04      D30: \*  
 % de finos: 65.77      D60: \*

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.  
 \* Diámetro efectivo no aplica.

Atentamente,



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos
Ing. Pablo Christian de León Rodríguez  
DIRECTOR CII/USAC



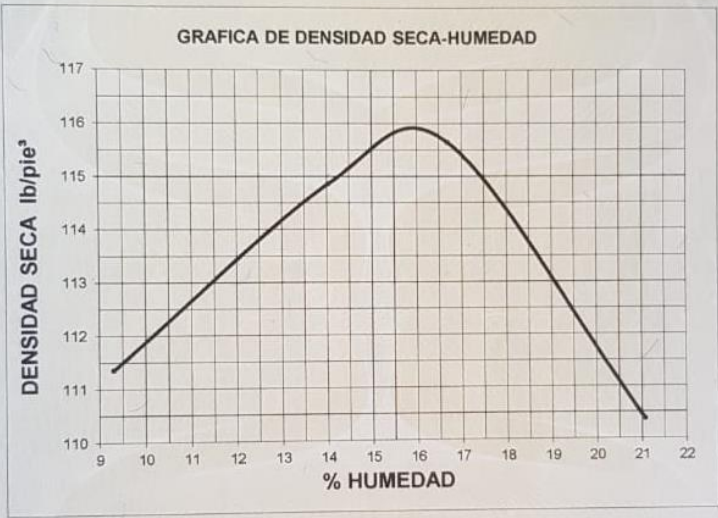
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA -USAC  
Edificio Mario Beltrán, Ciudad Universitaria, Guatemala  
Teléfono directo: 86253 y 86252      Página web: http://cii.usac.edu.gt

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

## Anexo 2. Ensayo de compactación Proctor

	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b>	 <b>USAC</b> TRICENTENARIA <small>Universidad de San Carlos de Guatemala</small>
INFORME No. 410 S.S.A.		O.T.: 38,917
		<b>No. 15669</b>
Interesado:	José Roberto Rosado Oliveros Proctor Estándar: ( ) Norma: A.A.S.H.T.O. T-99	
Asunto:	ENSAYO DE COMPACTACIÓN. Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.H.T.O. T-180	
Proyecto:	EPS "Diseño del pavimento asfáltico para la calle de la aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula, Guatemala"	
Ubicación:	Aldea El Carmen, Municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala	
Fecha:	jueves, 04 de octubre de 2018	

**GRAFICA DE DENSIDAD SECA-HUMEDAD**

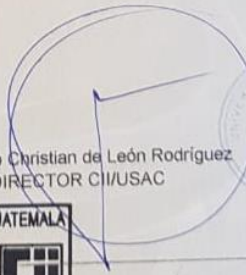



Descripción del suelo:	Arcilla con arena color café oscuro	
Densidad seca máxima $\gamma_d$ :	1,857.52 Kg/m <sup>3</sup>	115.95 lb/pe <sup>3</sup>
Humedad óptima Hop.:	15.95 %	
Observaciones:	Muestra proporcionado por el interesado.	

Atentamente,

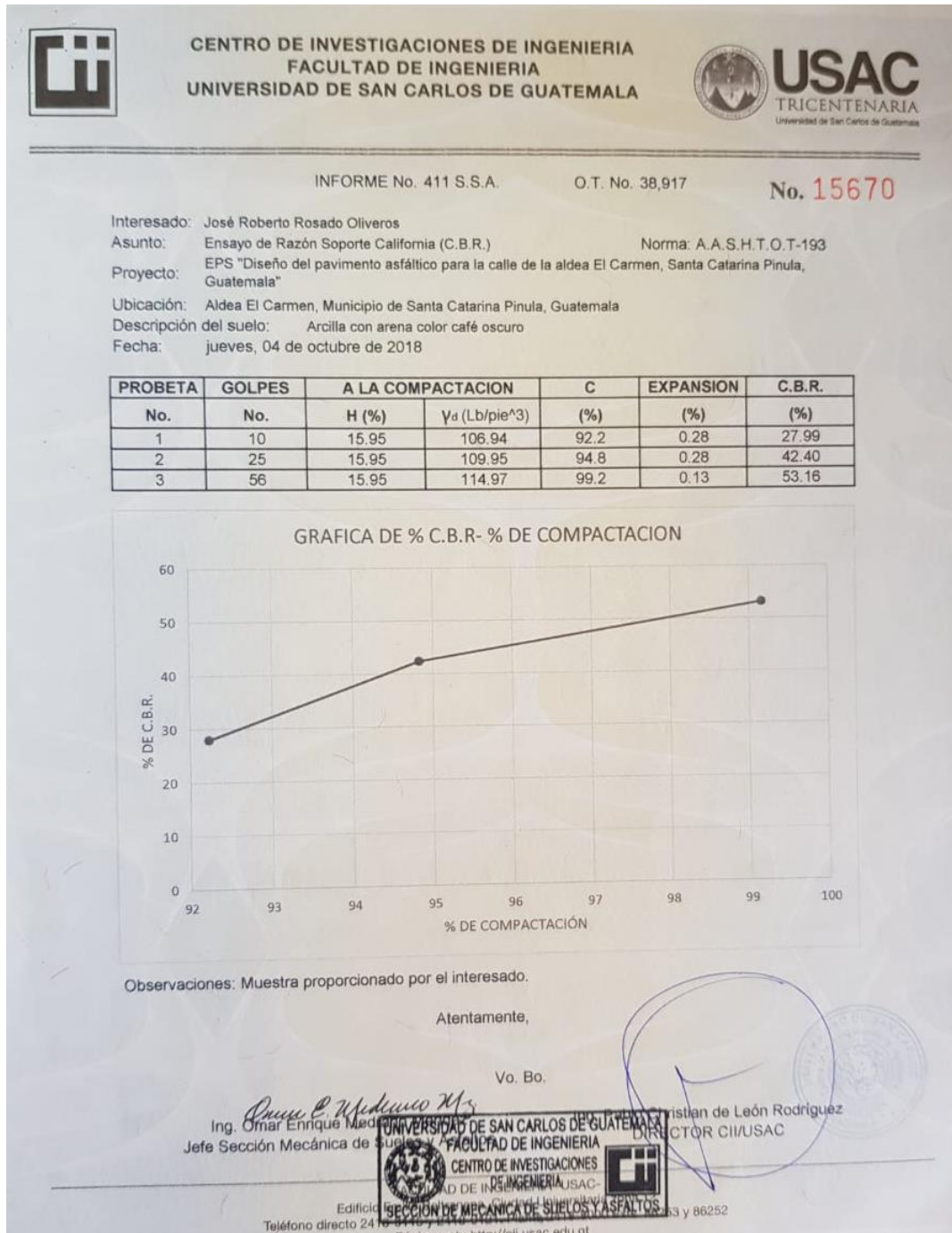
*Omar E. Medrano Méndez*  
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos y Asfaltos

Vo. Bo.  
Ing. Pablo Christian de León Rodríguez  
DIRECTOR CII/USAC

  
  
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA - USAC**  
**SECCION DE MECANICA DE SUELOS Y ASFALTOS**  
Edificio Pablo Beltrán, Ciudad Universitaria, Guatemala  
Teléfono directo 253 y 86252  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>


Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

### Anexo 3. Ensayo de razón soporte California CBR




Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.

## Anexo 4. Ensayo de límites de Atterberg



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



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

---

INFORME No. 408 S.S.A.

O.T.: 38,917

No. 15667

Interesado: José Roberto Rosado Oliveros

Proyecto: EPS "Diseño del pavimento asfáltico para la calle principal de la Aldea El Carmen Santa Catarina Pinula, Guatemala"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Aldea El Carmen, Municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala

FECHA: jueves, 4 de octubre de 2018

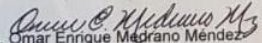
**RESULTADOS:**

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	31.0	10.3	CL	Arcilla con arena color café oscuro

(\*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

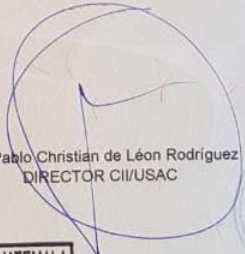
Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,

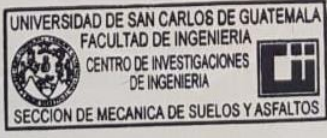


Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos y Asfaltos

Vo.Bo.



Ing. Pablo Christian de León Rodríguez  
DIRECTOR CII/USAC



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
SECCION DE MECANICA DE SUELOS Y ASFALTOS

---

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-  
Edificio Emilio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería.