



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO SECTOR LA TOMATERA,
ALDEA EL CARMEN Y PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA CALLE EL PEDREGAL, ALDEA
PIEDRA PARADA CRISTO REY, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**

Alex Misael Monterroso Contreras

Asesorado por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano

Guatemala, junio de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO SECTOR LA TOMATERA,
ALDEA EL CARMEN Y PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA CALLE EL PEDREGAL, ALDEA
PIEDRA PARADA CRISTO REY, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ALEX MISAEL MONTERROSO CONTRERAS
ASESORADO POR EL ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JUNIO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
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. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADORA	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO SECTOR LA TOMATERA,
ALDEA EL CARMEN Y PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA CALLE EL PEDREGAL, ALDEA
PIEDRA PARADA CRISTO REY, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,
con fecha 16 de octubre del 2018.



Alex Misael Monterroso Contreras

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 04 de abril de 2019
REF.EPS.DOC.327.04.2019

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

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Alex Misael Monteroso Contreras**, Registro Académico 201213067 y CUI 2141 98995 0102 de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO SECTOR LA TOMATERA, ALDEA EL CARMEN Y PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA CALLE EL PEDREGAL, ALDEA PIEDRA PARADA CRISTO REY, 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”

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Asesor/Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil

c.c. Archivo
SJRS/ra



Guatemala,
10 de abril de 2019

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

Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO SECTOR LA TOMATERA, ALDEA EL CARMEN Y PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA CALLE EL PEDREGAL, ALDEA PIEDRA PARADA CRISTO REY, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Alex Misael Monterroso Contreras con CUI 2141989950102 Registro Académico No. 201213067, quien contó con la asesoría del Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la ingeniería nacional 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. civil, Luis Manuel Sandoval Mendoza
Jefe Del Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/mrrm.





Guatemala, 10 de mayo de 2019

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

Estimado Ingeniero Montenegro:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación “**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO SECTOR LA TOMATERA, ALDEA EL CARMEN Y PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA CALLE EL PEDREGAL, ALDEA PIEDRA PARADA CRISTO REY, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**” desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Alex Misael Monterroso Contreras con registro académico 201213067 y CUI 2141 98995 0102, quien contó con la asesoría del Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

Considero que este trabajo está bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad 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



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 15 de mayo de 2019
REF.EPS.D.187.05.2019

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO SECTOR LA TOMATERA, ALDEA EL CARMEN Y PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA CALLE EL PEDREGAL, ALDEA PIEDRA PARADA CRISTO REY, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Alex Misael Monterroso Contreras, CUI 2141 98995 0102 y Registro Académico 201213067**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación por parte del Asesor-Supervisor, 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 del Asesor Ing. Silvio José Rodríguez Serrano y del Coordinador de E.P.S. Ing. Oscar Argueta Hernández, al trabajo de graduación del estudiante Alex Misael Monterroso Contreras **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO SECTOR LA TOMATERA, ALDEA EL CARMEN Y PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA CALLE EL PEDREGAL, ALDEA PIEDRA PARADA CRISTO REY, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA** da por éste medio su aprobación a dicho trabajo.



Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco

Guatemala, junio 2019
/mrrm.



Universidad de San Carlos
de Guatemala

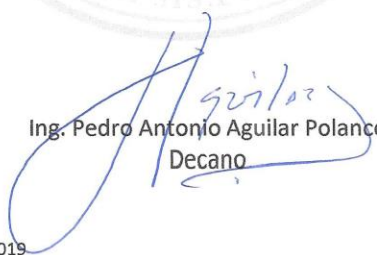


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 284.2019

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO SECTOR LA TOMATERA, ALDEA EL CARMEN Y PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA CALLE EL PEDREGAL, ALDEA PIEDRA PARADA CRISTO REY, SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Alex Misael Monterroso Contreras**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, junio de 2019



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por las bendiciones que me da día a día y el haberme permitido cumplir esta meta.
Mis padres	Carlos Monterroso y Esperanza Contreras de Monterroso, por su apoyo, amor incondicional y ser siempre mi mayor ejemplo de vida.
Mis hermanos	Francisco, Bairon y Kevin Monterroso Contreras, por su apoyo, ayuda y comprensión que me han brindado en todo momento.
Mi tía	Sandra Monterroso, por ser una importante influencia en mi vida, y como mi segunda madre.
Paola Girón	Por todo lo que significas para mí, ya que me brindas la felicidad más grande de mi vida, te amo y gracias por estar a mi lado.
Mis familiares y amigos	Por sus consejos y apoyo que me han brindado a lo largo de este proceso.
Ibis Tobar (q. e. p. d)	Por ser una persona muy importante en mi vida y estudios, así como también por haberme brindado su apoyo y cariño incondicional.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por acompañarme todos los días, iluminarme y darme las fuerzas para seguir adelante.
Mis padres	Por el esfuerzo y sacrificio que han hecho para darme lo mejor y apoyarme siempre en todo lo realizo hasta el día de hoy.
Mis hermanos	Por su ayuda, apoyo y darme motivaciones para alcanzar esta meta.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios y formarme como profesional.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme los conocimientos y herramientas en el desarrollo como Ingeniero Civil.
Municipalidad de Santa Catarina Pinula	Por darme la oportunidad de realizar el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) y en especial a la Dirección de Planificación, por el apoyo y amistad que me brindaron durante ese tiempo.

2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	13
2.1.	Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el sector La Tomatera aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula.....	13
2.1.1.	Descripción del proyecto	13
2.1.2.	Ubicación geográfica del proyecto	14
2.1.3.	Levantamiento topográfico	15
2.1.3.1.	Planimetría	16
2.1.3.2.	Altimetría	16
2.1.4.	Trazo de la red	16
2.1.5.	Parámetros de diseño	16
2.1.5.1.	Periodo de diseño	17
2.1.5.2.	Población de diseño	17
2.1.5.2.1.	Método de crecimiento geométrico	17
2.1.5.3.	Dotación	18
2.1.5.4.	Factor de retorno (FR)	19
2.1.5.5.	Factor de Harmond (FH).....	19
2.1.6.	Diseño	20
2.1.6.1.	Cálculo de caudales	20
2.1.6.1.1.	Caudal domiciliar.....	20
2.1.6.1.2.	Caudal de infiltración.....	21
2.1.6.1.3.	Caudal por conexiones ilícitas	21
2.1.6.2.	Caudal medio	22
2.1.6.3.	Factor de caudal medio	23
2.1.6.4.	Caudal de diseño	23
2.1.6.5.	Velocidad de diseño	24
2.1.6.5.1.	Velocidad de arrastre	24

2.1.6.6.	Relaciones hidráulicas q/Q , d/D , v/V ...	25
2.1.6.7.	Formula de Manning.....	26
2.1.6.8.	Cotas invert.....	27
2.1.6.9.	Componentes del sistema de alcantarillado sanitario	28
2.1.6.9.1.	Pozos de visita	28
2.1.6.9.2.	Colectores principales ..	29
2.1.6.10.	Conexión domiciliar	30
2.1.6.11.	Volumen de excavación.....	30
2.1.6.12.	Obras de protección	31
2.1.6.13.	Diseño de la red de alcantarillados sanitario	32
2.1.7.	Planos del proyecto	38
2.1.8.	Presupuesto.....	38
2.1.8.1.	Resumen de presupuesto.....	39
2.1.9.	Cronograma de ejecución física y financiera	40
2.1.10.	Estudio de impacto ambiental.....	42
2.2.	Diseño de pavimento rígido para la calle El Pedregal aldea Piedra Parada Cristo Rey, Santa Catarina Pinula	43
2.2.1.	Descripción del proyecto	43
2.2.2.	Ubicación geográfica del proyecto.....	44
2.2.3.	Definición de pavimentos.....	45
2.2.3.1.	Pavimentos flexibles	45
2.2.3.2.	Pavimentos rígidos	45
2.2.4.	Levantamiento topográfico	46
2.2.4.1.	Planimetría.....	46
2.2.4.2.	Altimetría.....	46
2.2.5.	Estudio de suelos	46
2.2.5.1.	Ensayo de límites de Atterberg.....	47

	2.2.5.1.1.	Límite líquido.....	48
	2.2.5.1.2.	Límite plástico	48
	2.2.5.1.3.	Índice de Plasticidad	49
	2.2.5.2.	Ensayo de granulometría	50
	2.2.5.3.	Ensayo de compactación Proctor	51
	2.2.5.4.	Ensayo de capacidad soporte del suelo (CBR).....	52
	2.2.5.5.	Análisis de resultados	55
2.2.6.		Diseño geométrico	55
	2.2.6.1.	Alineamiento horizontal	56
	2.2.6.1.1.	Elementos de una curva horizontal.....	57
	2.2.6.1.2.	Curvas de transición	61
	2.2.6.1.3.	Peralte de bombeo.....	61
	2.2.6.1.4.	Sobreechancho.....	63
	2.2.6.2.	Alineamiento vertical	66
	2.2.6.2.1.	Subrasante.....	67
	2.2.6.2.2.	Pendientes	67
	2.2.6.2.3.	Curvas verticales y correcciones.....	68
2.2.7.		Movimiento de tierras	75
	2.2.7.1.	Cálculo de área de secciones transversales	75
	2.2.7.2.	Volumen de movimiento de tierras	75
	2.2.7.3.	Balance y diagrama de masas	77
2.2.8.		Diseño de pavimento.....	78
	2.2.8.1.	Método Portland Cement Association (PCA).....	78
	2.2.8.2.	Pavimento rígido	79

2.2.8.3.	Componentes estructurales de un pavimento	80
2.2.8.3.1.	Carpeta de rodadura	81
2.2.8.3.2.	Base	81
2.2.8.3.3.	Subrasante	81
2.2.8.3.4.	Bombeo	82
2.2.8.4.	Parámetros de diseño.....	82
2.2.8.4.1.	Período de diseño	82
2.2.8.4.2.	Transito promedio diario.....	82
2.2.8.4.3.	Velocidad de diseño	84
2.2.8.4.4.	Diseño de la base.....	87
2.2.8.4.5.	Diseño de espesor del pavimento	89
2.2.8.4.6.	Juntas.....	91
2.2.8.4.7.	Estructura final del pavimento	95
2.2.8.4.8.	Diseño de mezcla de concreto.....	95
2.2.9.	Diseño de drenaje.....	101
2.2.9.1.	Método racional	101
2.2.9.2.	Diseño de drenaje transversal	103
2.2.9.3.	Diseño de cunetas	104
2.2.10.	Planos del proyecto	106
2.2.11.	Presupuesto.....	107
2.2.11.1.	Resumen de presupuesto.....	107
2.2.12.	Cronograma de ejecución física y financiera	109
2.2.13.	Evaluación ambiental.....	110

3.	DIAGNÓSTICO DE SANEAMIENTO	111
3.1.	Agua para consumo humano	111
3.2.	Disposición de desechos sólidos	111
3.3.	Disposición de excretas y aguas residuales.....	112
3.4.	Servicio de alcantarillado pluvial	112
	CONCLUSIONES.....	113
	RECOMENDACIONES	115
	BIBLIOGRAFÍA.....	117
	APÉNDICES.....	119
	ANEXOS.....	158

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa de zonas y aldeas municipio Santa Catarina Pinula.....	4
2.	Municipio de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala.....	5
3.	Mapa de red hidrológica Santa Catarina Pinula	8
4.	Ubicación de aldea El Carmen, municipio de Santa Catarina Pinula ...	15
5.	Ubicación de aldea Piedra Parada Cristo Rey, municipio de Santa Catarina Pinula.....	44
6.	Estados del suelo.....	47
7.	Elementos de curva circular	60
8.	Elementos de curva vertical	66
9.	Tipos de curvas verticales convexas y cóncavas.....	68
10.	Corte y relleno, distancia de paso	76
11.	Curva masa de todo el proyecto	78
12.	Sección transversal de la estructura de un pavimento rígido	80
13.	Características geométricas.....	86
14.	Relación entre la clasificación del suelo y los valores de CBR y K	87

TABLAS

I.	Servicios públicos.....	9
II.	Centros educativos.....	10
III.	Presupuesto alcantarillado sanitario en el sector La Tomatera, aldea El Carmen.	39
IV.	Cronograma físico-financiero	41

V.	Clasificación típica para el uso de diferentes materiales	54
VI.	Peralte y longitud de espiral recomendados	62
VII.	Especificaciones de sobreebanco.....	63
VIII.	Resumen diseño de alineamiento horizontal	65
IX.	Valores de k.....	70
X.	Resumen de la corrección de subrasante, curva .1	73
XI.	Resumen diseño de alineamiento vertical	74
XII.	Categorías de carga por eje	83
XIII.	Clasificación del terreno en función de las pendientes naturales	85
XIV.	Tipos de suelos de subrasante y valores aproximados de k.....	88
XV.	Valores de k para diseño sobre bases granulares (PCA)	89
XVI.	TPPD permisible, carga por eje categoría 1, pavimentos con junta de trabazón de agregado (no necesita pasajuntas)	91
XVII.	Revenimientos recomendados para varios tipos de construcción	96
XVIII.	Requerimientos de agua para mezcla y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales del agregado grueso.....	97
XIX.	Dependencia entre la relación agua-material cementante y la resistencia a compresión del concreto.....	98
XX.	Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto.....	98
XXI.	Valores de coeficiente de escorrentía.....	102
XXII.	Presupuesto pavimentación calle El Pedregal.....	108
XXIII.	Cronograma físico-financiero	109

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Δ	Ángulo de deflexión
A	Área
Q	Caudal
cm	Centímetro
C	Coeficiente de escorrentía
n	Coeficiente de rugosidad
Yest	Corrección de estación
CIE	Cota invert entrada
CIS	Cota invert salida
CM	Cuerda máxima
D	Diámetro de tubería
D.H	Distancia horizontal
Dot	Dotación
E	Externa
fqm	Factor de caudal medio
FH	Factor Harmon
FR	Factor retorno
gal	Galón
G	Grado de curvatura
Ha	Hectáreas
I	intensidad de lluvia
kg	Kilogramo
kg/cm²	Kilogramo por centímetro cuadrado

kg/m³	Kilogramo por metro cúbico
km	Kilómetro
km/h	Kilómetro por hora
lb/plg²	Libra por pulgada cuadrada
PSI	Libra sobre pulgada cuadrada
L/hab/día	Litro por habitante por día
l/m³	Litro por metro cúbico
LC	Longitud de curva
LCV	Longitud de curva vertical
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
m³/s	Metro cúbicos sobre sobre segundo
MR	Módulo de ruptura
mm	Milímetro
mm/hr	Milímetros por hora
OM	Ordenada media
PEND	Pendiente
S	Pendiente
Pe	Pendiente de entrada
Ps	Pendiente de salida
Pi	Población inicial
Pf	Población final
PVC	Policloruro de vinilo
PV	Pozo de visita
%	Porcentaje
“	Pulgada
pulg	Pulgada
PC	Punto de inicio de curva

PCV	Punto de inicio de curva vertical
PI	Punto de intersección
PIV	Punto de intersección de curva vertical
PT	Punto de tangencia
PTV	Punto de tangencia de curva vertical
R	Radio
Rh	Radio hidráulico
q/Q	Relación de caudales
d/D	Relación de diámetros
v/V	Relación de velocidades
f'c	Resistencia a compresión
ST	Subtangente
r	Tasa de crecimiento poblacional
V	Velocidad
y	Tirante hidráulico
Z	Talud

GLOSARIO

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
ASTM	American Society for Testing and Materials.
CBR	California Bearing Ratio.
Caudal de diseño	Caudal con el que se diseñará la red de alcantarillado.
Caudal domiciliar	Caudal de aguas residuales utilizada en actividades domésticas.
Conexión domiciliar	Tubería que conduce las aguas residuales desde la candela hasta el colector principal.
Cota invert	Cota o altura de la parte inferior del tubo ya instalado.
Dotación	Demanda de agua que puede consumir en un día cada habitante.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal.
PCA	Portland Cement Association.

Período de diseño	Tiempo en años donde cumplirá la obra su función.
Pozo de visita	Obra de arte de un Sistema de alcantarillado que permite el acceso al colector y cuya finalidad es facilitar el mantenimiento del sistema para que funcione eficientemente.
Relaciones hidráulicas	Relación de los términos de la tubería trabajando a sección llena con los de la tubería.
Alcantarillado	Red de tuberías, canales, pozos de visita y obras accesorios que sirven para desfogar aguas residuales
Subrasante	El área sobre la que se construye las capas de subbase, base, superficie y los hombros.
TPDA	Tránsito promedio diario anual.
TPPD	Tránsito pesado promedio diario.
Velocidad de arrastre	Velocidad mínima para que los sólidos no se sedimenten en la alcantarilla.
Velocidad de diseño	Velocidad máxima en la que un vehículo de diseño puede transitar con seguridad, en una carretera trazada con determinadas características.

RESUMEN

En el municipio de Santa Catarina Pinula, se llevó a cabo el ejercicio Profesional Supervisado, EPS, durante el tiempo que se realizó, se diagnosticó y evaluó las necesidades de las aldeas El Carmen y Piedra Parada Cristo Rey.

Planteando los problemas de los proyectos; alcantarillado sanitario y pavimento rígido en las aldeas El Carmen y Piedra Parada Cristo Rey del municipio de Santa Catarina Pinula. Se consideraron las necesidades de la población, tales como saneamiento y una circulación eficaz.

Para fines de comprensión e interpretación, se dividió en tres capítulos: fase de investigación, fase de servicio técnico profesional y un diagnóstico de saneamiento. En el capítulo uno se definió la información monográfica del municipio y aldeas a beneficiar con los proyectos a ejecutar. En el capítulo dos se estableció paso a paso los procedimientos, cálculos y diseño de los proyectos; alcantarillado sanitario y pavimentación basándose en normas, tales como INFOM, la Dirección General de Caminos y manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales. Y en el capítulo tres se determinó los servicios con los cuales cuenta el municipio los cuales son: agua potable, disposición de desechos sólidos y disposición de aguas residuales.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario sector la tomatera, aldea El Carmen y pavimento rígido para la calle El Pedregal, aldea Piedra Parada Cristo Rey, Santa Catarina Pinula, Guatemala.

Específicos

1. Efectuar la monografía y priorización de las necesidades de las aldeas El Carmen y Piedra Parada Cristo Rey.
2. Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario en el sector La Tomatera, aldea El Carmen conforme a las normas y especificaciones técnicas establecidas por el INFOM.
3. Diseñar la pavimentación de calle El Pedregal, aldea Piedra Parada Cristo Rey según método Portland Cement Association (PCA) y especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes de la Dirección General de Caminos.
4. Llevar acabo la planificación de los proyectos, como: elaborar planos, presupuesto, cronograma y evaluación de impacto ambiental de los mismos.

INTRODUCCIÓN

En el presente documento se comunica en forma general la necesidad de un diseño de alcantarillado sanitario para el sector La Tomatera, aldea El Carmen para brindar un servicio básico adecuado, cubriendo las necesidades de los vecinos; así como salubridad, infraestructura eficiente y ordenamiento adecuado de una red de drenaje. Por ende, se llevará acabo el diseño del alcantarillado sanitario cubriendo las necesidades de los pobladores, así como la demanda actual y futura del sector, mejorando así la calidad de vida a los habitantes, reduciendo el riesgo de contraer enfermedades gastrointestinales.

Asimismo, se diseñará un pavimento rígido en la aldea Piedra Parada Cristo Rey. Este sector demanda un mejoramiento en la vía de comunicación El Pedregal y acceso a otros sectores. Se planificará y diseñará el tramo carretero, brindando una facilidad de ingreso y egreso al sector, seguridad y una mejor circulación en la calle El Pedregal, mejorando la circulación de los vehículos y quienes transiten por el sector.

La información contenida será de uso para la realización de los diseños más convenientes cubriendo las necesidades que se establecen.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de Santa Catarina Pinula

Se dará una descripción del municipio sobre las aldeas, reseña histórica, localización, extensión territorial, accesos y comunicación, aspectos climatológicos y población e idiomas entre otros, del municipio.

1.1.1. Generalidades

A continuación se describen las generalidades del proyecto.

1.1.1.1. Nombre de las aldeas

Aldea El Carmen y Piedra Parada Cristo Rey del municipio de Santa Catarina Pinula.

1.1.1.2. Reseña histórica

Santa Catarina Pinula es uno de los 17 municipios que conforman el departamento de Guatemala.

Su historia se remonta desde la época prehispánica, cuando los indígenas de ese entonces fundaron el pueblo de Pankaj o Pinola. El pueblo debe su nombre a la lengua indiana Pancac, cuyo significado etimológico es: Pan que significa dentro o entre, y Cac que tiene 3 significados, el primero, fuego, el

segundo nigua y el tercero guayaba. Se puede suponer que el significado que corresponde es Entre guayabas.

Durante la conquista, los españoles, trajeron muchos indígenas mexicanos, quienes trajeron consigo gran cantidad de elementos culturales, que fueron apropiados por los grupos locales.

La palabra Pinula tiene un sentido etimológico, Pinul que significa harina y a que significa agua, en la lengua Pipil significa harina de agua. Esto muy bien podría 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, quién influyó en ponerle el nombre de Santa Catarina al pueblo de Pankaj o Pinola en honor a Catarina Mártir de Alejandría.

1.1.1.3. Fiesta titular

En el Municipio de Santa Catarina Pinula, la fiesta de la patrona inicia ocho días antes de que se inicie la feria, se celebran trece albas, las cuales simbolizan los trece días de martirio que sufrió la virgen culminado estas el 25 de noviembre. Este día se realizan los actos litúrgicos en la iglesia de la localidad, durante todo el día. Por la noche se lleva a cabo un baile llamado noche de recuerdo en la cual participan marimbas de renombre, dichas fiestas hacen honor a la reina de la comunidad, también se realizan jaripeos, palenques, juegos mecánicos, entre otras cosas.

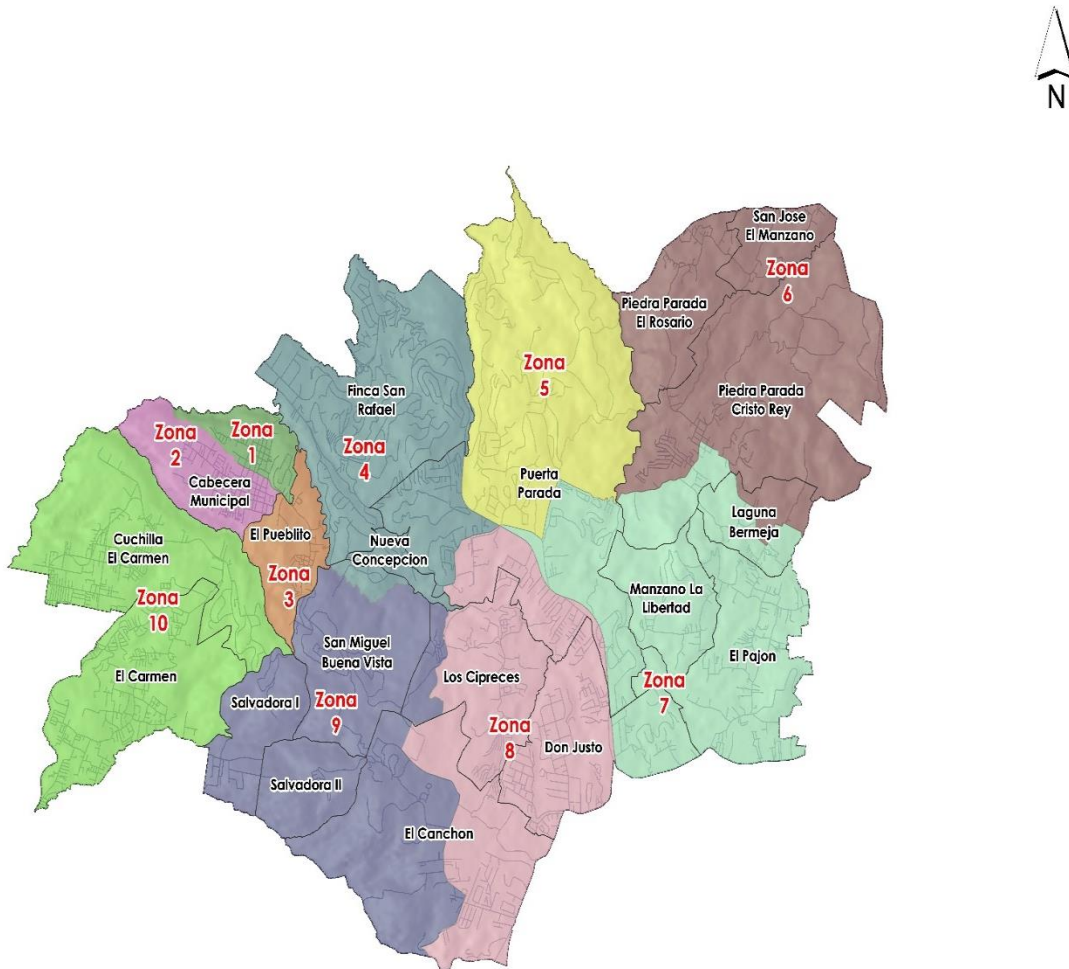
Celebración de ferias patronales en las aldeas de El Carmen y Piedra Parada Cristo Rey del municipio de Santa Catarina Pinula, 16 de julio, Virgen del Carmen y 20 de noviembre, Cristo Rey, respectivamente.

1.1.1.4. Localización y extensión territorial

El municipio de Santa Catarina Pinula se localiza a 9,5 km de la ciudad capital y tiene una extensión territorial de 51,95 km². El municipio cuenta con un pueblo que es la cabecera municipal y catorce aldeas que están distribuidas en 10 zonas geográficas, las cuales son:

- Zona 1, cabecera municipal.
- Zona 2, cabecera municipal.
- Zona 3, aldea El Pueblito.
- Zona 4, aldea Nueva Concepción.
- Zona 5, aldea Puerta Parada.
- Zona 6, aldea San José El Manzano.
- Zona 6, aldea Piedra Parada Cristo Rey.
- Zona 6, aldea Piedra Parada El Rosario.
- Zona 7, aldea Laguna Bermeja.
- Zona 7, aldea El Pajón.
- Zona 7, aldea Manzano La Libertad.
- Zona 8, aldea Don Justo.
- Zona 8, aldea El Canchón.
- Zona 9, aldea Salvadora I.
- Zona 9, aldea Salvadora II
- Zona 10, aldea Cuchilla del Carmen
- Zona 10, aldea El Carmen

Figura 1. **Mapa de zonas y aldeas municipio Santa Catarina Pinula**



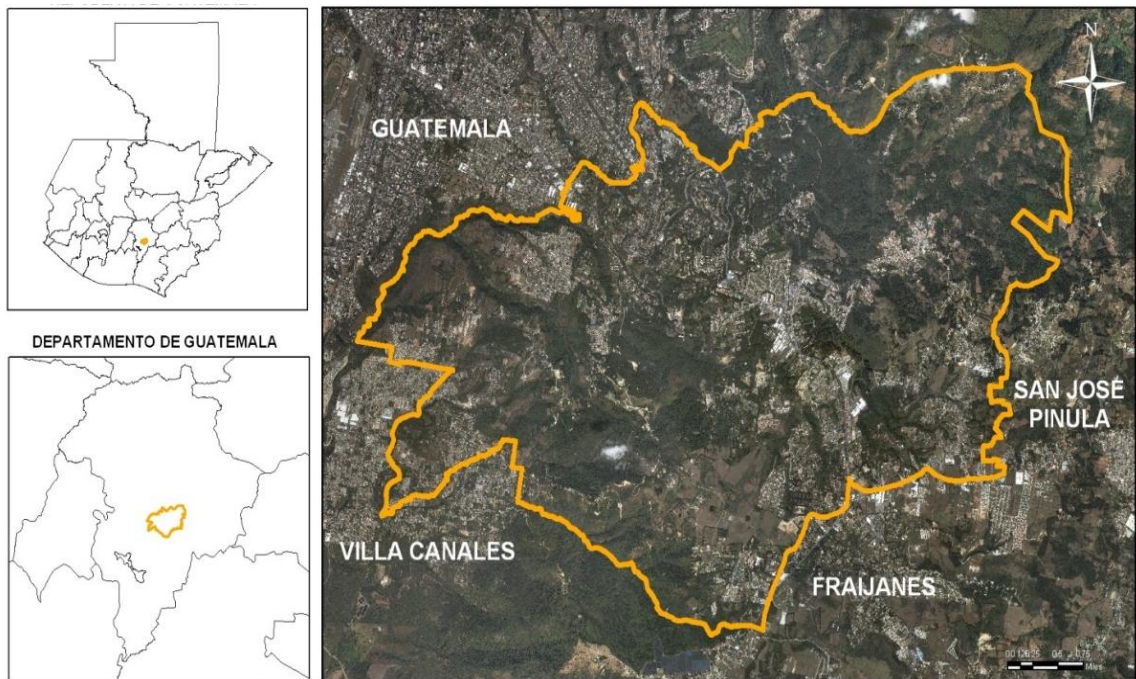
Fuente: Departamento de Desarrollo Urbano y Territorial. Dirección Municipal de Planificación, Municipalidad de Santa Catarina Pinula.

1.1.1.5. **Ubicación geográfica y colindancias**

El Municipio de Santa Catarina Pinula está situado en las coordenadas 14° 34' 13" latitud y -90° 29' 45" longitud. Se encuentra ubicado en la Sierra Canales y limita con:

- Norte ciudad de Guatemala.
- Sur Fraijanes y Villa Canales.
- Este San José Pinula y Fraijanes.
- Oeste Villa Canales y ciudad de Guatemala.

Figura 2. **Municipio de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala**



Fuente: Departamento de Desarrollo Urbano y Territorial. Dirección Municipal de Planificación, Municipalidad de Santa Catarina Pinula.

1.1.1.6. **Accesos y comunicación**

Una de las vías más directas es siguiendo la 12 avenida zona 1, dirección Sur, se llega a la 6ta avenida, zona 10, la cual se debe de recorrer hasta llegar a la 20 calle, de la misma zona; se sigue por la 20 calle, en dirección oriente y

se llega a la carretera a Santa Catarina Pinula RD-21, haciendo un recorrido total de 12,6 Km.

Otra vía es por la 12 avenida, zona 1, dirección sur, luego se debe tomar el boulevard Vista Hermosa, hasta llegar al trébol de Vista Hermosa, incorporarse a la carretera a El Salvador CA-1, en dirección oriente, se desvía por carretera Muxbal RD-53 y, por último, se sigue por la carretera a Santa Catarina Pinula RD-21, recorriendo un total de 21,9 Km.

1.1.1.7. Aspectos climatológicos e hidrográficos

El municipio de Santa Catarina Pinula está ubicado a 1 550 metros sobre el nivel del mar y tiene un clima templado entre 15 °C y 29 °C.

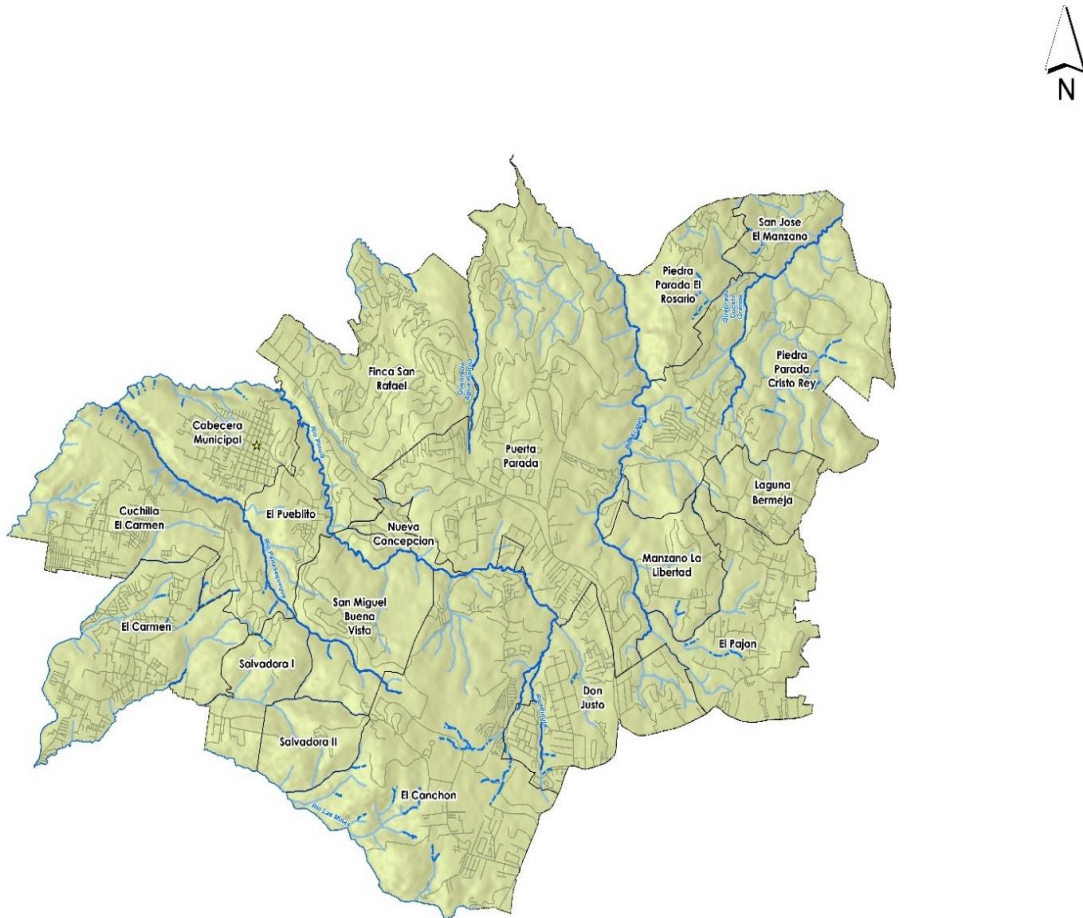
Santa Catarina Pinula cuenta con los siguientes hechos hidrográficos:

- 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: 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: 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.

Santa Catarina Pinula también cuenta con una serie de quebradas entre sus hechos hidrográficos las cuales son: Agua Bonita, Agua Fría, Cuesta Ancha, Cuesta Grande, Del Manzano, El Anono, El Cangrejito, El Chorro, El Guayabo, El Mezcal, El Riíto, La Esperanza, La Palma, Piedra Marcada y Seca.

Figura 3. **Mapa de red hidrológica Santa Catarina Pinula**



Fuente: Departamento de Desarrollo Urbano y Territorial. Dirección Municipal de Planificación, Municipalidad de Santa Catarina Pinula.

1.1.1.8. Población e idiomas

Santa Catarina Pinula tiene una población total de 101 096 habitantes, 49 538 hombres y 51 558 mujeres, correspondiendo el 4 % a la población indígena y 96 % a la población no indígena, ubicándose el 70 % en un área urbana y un 30 % en el área rural. Según el Instituto Nacional de Estadística

(INE), posee una tasa de crecimiento del 2,45 % anual. El idioma que predomina es el español.

1.1.2. Servicios

El municipio de Santa Catarina Pinula, cuenta con varios servicios básicos para demandar las necesidades sociales de los pobladores, los cuales son brindados por la municipalidad.

Tabla I. **Servicios públicos**

Servicios públicos	Cantidad
Servicio de agua	9 301
Servicios de drenaje	1 817
Postes de luz	6 387
Cabinas telefónicas autorizadas	224
Pozos mecánicos	22
Plantas de tratamiento	9
Tanques de distribución y almacenamiento	11
vallas	370

Fuente: . Departamento de Organización Comunitaria. Salud. Municipalidad de Santa Catarina Pinula.

Hospitales: 1 hospital Concepción.

Centro de salud: 1 Santa Catarina Pinula.

Puesto de salud: 1 Piedra Parada Cristo Rey.

Puestos de salud fortalecidos: 1 El Pajón, 1 El Carmen.

Natalidad 8 % y mortalidad 1,91 %

1.1.3. Educación

El 27 de noviembre del 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. Constituyéndose este en uno de los mayores logros de la Administración Municipal.

Según información proporcionada por la Dirección de Desarrollo Económico y Social, la tasa de analfabetismo actual es del 2,5 %.

Tabla II. **Centros educativos**

Centros educativos	
Niveles de educación	Cantidad de centros educativos
Pre-primaria	53
Primaria	46
Básicos	29
Diversificado	20
Universitario	2 extensión universidad Galileo, Extensión universidad Rural.

Fuente: . Departamento de Organización Comunitaria. Salud. Municipalidad de Santa Catarina Pinula.

1.1.4. Priorización de las necesidades de las aldeas El Carmen y Piedra Parada Cristo Rey del municipio de Santa Catarina Pinula

En el sector La Tomatera, aldea El Carmen no cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario, por ende, los habitantes no pueden evacuar adecuadamente las aguas residuales debido a que las aguas desfogan a flor de tierra provocando insalubridad.

Los habitantes que transitan en la calle El Pedregal de la aldea Piedra Parada Cristo Rey no tienen una circulación adecuada. Esto trae consecuencias como lo es: el tránsito, accidentes, problemas mecánicos, tiempo. Debido a una falta de pavimentación.

Se enfatizó en la planificación de los proyectos de alcantarillado sanitario y una adecuada vía de circulación, satisfaciendo las demandas de servicio, mejorando las condiciones de vida de los pobladores y obteniendo el desarrollo del municipio.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el sector La Tomatera aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula

A continuación se realiza la descripción del proyecto del sistema del alcantarillado sanitario para el sector La Tomatera, aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula.

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto consistirá en el diseño de una red de alcantarillado sanitario en el sector La Tomatera, municipio de Santa Catarina Pinula. Para brindar una mejor calidad de vida a los habitantes, contemplando el desarrollo integral de los vecinos y de la aldea.

El sistema de alcantarillado está compuesto de la manera siguiente: tiene una longitud total de 2 013,78 metros de línea de conducción, en los cuales se diseñaron 64 pozos y 352 conexiones domiciliarias, la tubería a utilizar será de PVC cumpliendo la Norma ASTM F949, y tendrá un diámetro de 4 pulgadas en las conexiones domiciliarias y de 8 pulgadas para el receptor central. Las pendientes de la tubería van en función de la pendiente del terreno según la topografía, basándose en las Normas Generales de Diseño de Alcantarillados del Instituto de Fomento Municipal (INFOM) y Norma ASTM F949 según la tubería a utilizar, cumpliendo con los límites de velocidad máximas y mínimas, así como también los caudales permitidos.

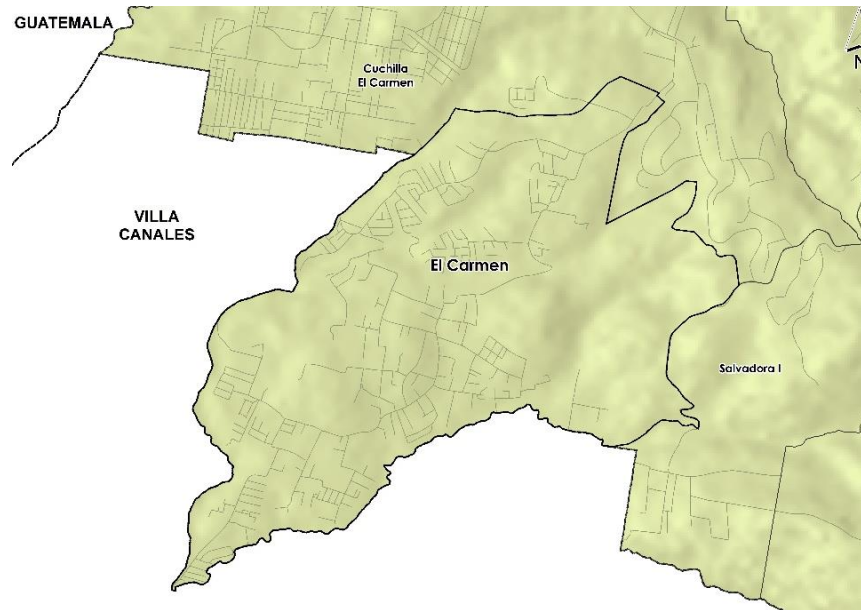
Tendrá un periodo de diseño de 20 años, de acuerdo a la dotación diaria de 150 L/hab/día con un factor de retorno de 0,80. Las viviendas a servir son de 352, con una densidad poblacional de 5 habitantes por vivienda y una tasa de crecimiento de 2,45 %.

2.1.2. Ubicación geográfica del proyecto

La aldea El Carmen se localiza a 6,9 km de la cabecera municipal, ubicada con las coordenadas 14° 33' 00,32" latitud y -90° 30' 39,05" longitud. Tiene una extensión territorial de 3,118 km² a 1 420 metros sobre el nivel del mar. Y un clima entre 13 °C y 27 °C. Las colindancias de la aldea El Carmen son:

- Norte: Cuchilla del Carmen.
- Sur: Villa Canales.
- Este: La Salvadora I.
- Oeste: Villa Canales.

Figura 4. **Ubicación de aldea El Carmen, municipio de Santa Catarina Pinula**



Fuente: Departamento de Desarrollo Urbano y Territorial. Dirección Municipal de Planificación, Municipalidad de Santa Catarina Pinula.

2.1.3. Levantamiento topográfico

La topografía estudia los métodos y procedimientos para hacer mediciones sobre el terreno y su representación gráfica o analítica a una escala determinada.

En el levantamiento topográfico de la red de alcantarillado sanitario del sector La Tomatera, aldea El Carmen, se utilizó una estación total SOUTH NTS-375R6, trípode, prisma, bipode, clavos, aerosol y un machete.

2.1.3.1. Planimetría

Es una de las divisiones de la topografía. Consiste en proyectar sobre un plano horizontal los puntos de interés en el terreno sin considerar su diferencia de altura.

2.1.3.2. Altimetría

Es la parte de la topografía que estudia las diferencias de elevación de los puntos sobre la superficie terrestre, proyectada sobre un plano vertical y referida a un plano de comparación cualquiera o a una superficie de comparación como el nivel medio del mar.

2.1.4. Trazo de la red

El trazo de la red se realizó al centro de la calle, indicando los pozos en las intersecciones de calle, en las curvas manteniendo la dirección y basándose en el criterio de la distancia no mayor a 100 metros entre pozos.

También se tomó en cuenta que el recorrido se debe iniciar en los puntos de cotas altas y dirigir el flujo hacia las cotas bajas. En el diseño se trata de seguir la pendiente del terreno, para evitar excavaciones profundas.

2.1.5. Parámetros de diseño

Son alineamientos que se consideran para el diseño de un proyecto verificando el cumplimiento del sistema de recolección y transporte de aguas residuales, tramo a tramo bajo condiciones de flujo uniforme y la comprobación

de diseño del sistema de alcantarillado trabajando en conjunto, bajo condiciones de flujo gradualmente variado.

2.1.5.1. Periodo de diseño

Según el Instituto de Fomento Municipal (INFOM), los sistemas de alcantarillado serán proyectados para llenar adecuadamente su función durante el período de 30 a 40 años a partir de la fecha en que se desarrolle el diseño.

El período de diseño para el presente alcantarillado sanitario será de 20 años de acuerdo a las políticas de la Municipalidad de Santa Catarina Pinula.

2.1.5.2. Población de diseño

En un diseño de un sistema de alcantarillado sanitario de aguas residuales, se debe calcular el caudal, por ello se debe conocer la población actual y futuro, proyectado al período de diseño.

Para el cálculo de la población se determinó el número de viviendas que hay en el sector La Tomatera, aldea El Carmen, siendo estas 352 viviendas en total, con una densidad de población de 5/habitantes/vivienda. La tasa de crecimiento del municipio de Santa Catarina Pinula concierne al 2,45 % según el Instituto Nacional de Estadística (INE).

2.1.5.2.1. Método del crecimiento geométrico

Se utilizó este método para el cálculo estimado de una población futura tomando en cuenta la población actual, basándose en las viviendas

determinadas (352 viviendas equivalente a 1 760 habitantes) y una tasa de crecimiento poblacional de 2,45 % según INE.

La fórmula de este método es la siguiente:

$$P_f = P_0 * (1 + r)^n$$

Donde:

P_f = población futura

P_0 = población inicial

r = tasa de crecimiento poblacional

n = período de diseño

Por lo tanto:

$$P_f = 1760 * (1 + 0,0245)^{20}$$

$$P_f = 2\ 856 \text{ habitantes}$$

2.1.5.3. Dotación

Es la demanda de agua que puede consumir en un día cada habitante para satisfacer sus necesidades y se expresa en litros por habitante al día (L/hab/día). La dotación del sector La Tomatera, aldea El Carmen fue asignada por la municipalidad de Santa Catarina Pinula, es de 150 L/hab/día.

2.1.5.4. Factor de retorno (*FR*)

Es el porcentaje de consumo de agua de la dotación que retorna al sistema de alcantarillado después de ser utilizada y está en un rango de 70 % al 90 %. El restante de agua no ingresa al sistema, utilizándose en actividades en las cuales se consume, evapora o se desvía a otro lugar.

En el diseño del alcantarillado sanitario del sector La Tomatera, aldea El Carmen, se empleó un factor de retorno del 80 %.

2.1.5.5. Factor de Harmon (*FH*)

Es un valor estadístico que determina la probabilidad del número de usuarios que estará haciendo uso del servicio o que múltiples artefactos sanitarios de las viviendas se estén usando simultáneamente. Está en función del número de habitantes localizados en el tramo de aporte, el factor procede principalmente en las horas que más se utiliza el sistema. Se determina con la fórmula:

$$FH = \frac{\left(18 + \sqrt{\frac{P}{1\,000}}\right)}{\left(4 + \sqrt{\frac{P}{1\,000}}\right)}$$

Donde:

FH = factor de Harmon

P = población del tramo en aporte

El factor de Hardmon se encuentra entre los valores de 1,5 a 4,5, según sea el tamaño de la población a la que se piensa atender.

2.1.6. Diseño

Un sistema de alcantarillado cual fuese su función, pluvial, sanitario o combinado, va a consistir en el cálculo de los diámetros óptimos de tubería, las pendientes de las tuberías en función de la topografía del terreno, velocidades máximas y mínimas permitidas y caudales permitidos.

2.1.6.1. Cálculo de caudales

Se emplea en varias funciones caudales tales como: domiciliario, comercial, industrial, de infiltración y por conexiones ilícitas.

En este proyecto se calculó únicamente el caudal domiciliario, de infiltración y por conexiones ilícitas debido a que en el sector La Tomatera, aldea El Carmen donde se diseñará la red de alcantarillado sanitario es una red doméstica.

2.1.6.1.1. Caudal domiciliario

Es el caudal de aguas residuales que luego de ser utilizada en actividades domésticas se evacua en la red de alcantarillado, está relacionada con la dotación y suministro de agua potable. Se calcula con base en el número de habitantes, la dotación y el factor de retorno, se representa en litros por segundo.

Se determina con la fórmula:

$$Q_{dom} = \frac{N_{.hab} * Dot * FR}{86\ 400}$$

Donde:

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

$N_{.hab}$ = número de habitantes futuros

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

FR = factor de retorno

2.1.6.1.2. 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 los factores como permeabilidad de la tubería, transmisibilidad del suelo, la longitud de la tubería y la profundidad a la que está se coloca.

En el presente diseño se trabajará con tubería de PVC ASTM F949, el caudal de infiltración se desprecia.

2.1.6.1.3. Caudal por conexiones ilícitas

Es el conformado por el agua de lluvia que llega a las tuberías del alcantarillado como consecuencia de que los usuarios conectan las bajadas de agua pluvial a la red del alcantarillado sanitario.

Según el INFOM se agrega un 10 % del caudal domiciliar, sin embargo, en áreas donde hay alcantarillado pluvial se usa un valor más alto.

2.1.6.2. Caudal medio

Es la sumatoria de los caudales descritos anteriormente, cálculo de caudales, se integra el caudal medio del sector a drenar.

Los caudales son los siguientes:

$$Q_{med} = Q_{dom} + Q_{com} + Q_{ind} + Q_{inf} + Q_{c. i}$$

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)

$Q_{c. i}$ = caudal de conexiones ilícitas (L/s)

En el alcantarillado sanitario del sector La Tomatera, aldea El Carmen no se consideró el caudal: comercial, industrial y de infiltración, debido a que es una red doméstica y tubería de PVC ASTM F949, con lo cual el caudal de infiltración es despreciable.

2.1.6.3. Factor de caudal medio

Es el factor que regula la aportación del caudal en la tubería. Es la suma de los caudales: domestico, comercial, industrial, de infiltración y por conexión ilícita.

Según el INFOM el factor debe estar entre los rangos de 0,002 a 0,005. Si da un valor menor se tomará 0,002 y si fuese mayor se tomará 0,005, considerando siempre que los valores estén en los límites.

Se determina con la siguiente formula:

$$fqm = \frac{Q_{med}}{N_{hab}}$$

Donde:

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

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

N_{hab} = número de habitantes futuros

2.1.6.4. Caudal de diseño

Debe calcularse para cada tramo del sistema, es el caudal con el que se diseñará la red de alcantarillado sanitario y es igual a la multiplicación del factor de caudal medio, el factor de Harmon y número de habitantes.

Se determina con la siguiente fórmula:

$$Q_{dis} = fqm * FH * N_{hab}$$

Donde:

Q_{dis} = caudal de diseño (L/seg)

f_{qm} = factor de caudal medio

FH = factor de Harmon

N_{hab} = número de habitantes futuros

2.1.6.5. Velocidad de diseño

Se refiere a la velocidad con la que fluirán las aguas residuales a lo largo de los colectores o tuberías principales.

El INFOM establece un rango de velocidades mínimas y máximas para tubería de PVC, siendo estas la velocidad mínima con el caudal de diseño de 0,6 m/s y la velocidad máxima con el caudal de diseño de 2,5 m/s. Sin embargo, estos rangos no siempre se cumplen debido a que existen ramales para pocas viviendas lo que produce flujos muy bajos.

Debido a estas condiciones que se puedan presentar, se establece según norma ASTM F949 un rango de velocidades permisibles, las cuales son:

- velocidad mínima con el caudal de diseño de 0,4 m/s.
- velocidad máxima con el caudal de diseño de 5,0 m/s.

2.1.6.5.1. Velocidad de arrastre

Es la velocidad mínima que debe tener el flujo de aguas residuales evitando sedimentación de sólidos y previniendo la obstrucción del sistema,

asegurando un funcionamiento óptimo cuando funcione a su límite más bajo, (un tirante de 0,10).

Por Norma del INFOM la velocidad mínima es de 0,60 m/s, sin embargo, para ramales iniciales y con bajo caudal es permisible una velocidad mínima de 0,40 m/s y según Norma ASTM F949. Una velocidad menor causaría una decantación de sólidos.

2.1.6.6. Relaciones hidráulicas q/Q , d/D , v/V

Es la relación de los términos de la tubería trabajando a sección 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.

Para obtener las relaciones hidráulicas por medio de las tablas, se establece la relación q/Q , el valor se busca en las tablas y si no está el valor exacto, se selecciona uno aproximado, en la columna de la izquierda se ubica la relación d/D y v/V este último valor obtenido se multiplica por la velocidad en una sección llena y así obtener la velocidad de la sección parcial. Considerándose las siguientes especificaciones hidráulicas:

- El caudal de diseño debe ser menor que el caudal a sección llena $q < Q$ y deberá ser menor o igual a 0,75.
- La relación d/D deberá ser mayor o igual a 0,10 y menos o igual a 0,75.

La relación d/D no se cumple en muchas ocasiones debido a que existen ramales que sirven a sólo unas cuantas casas, pero la pendiente lo compensa. Con los parámetros anteriores se evita que la tubería trabaje a presión.

2.1.6.7. Fórmula de Manning

Se emplea para determinar 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)

Posterior a obtener el valor de la velocidad se determina el caudal, mediante la siguiente fórmula:

$$Q = V * A$$

Donde:

Q = caudal (m³/s)

V = velocidad (m/s)

A = área (m²)

2.1.6.8. Cotas invert

Indican la profundidad que existe entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel inferior de la tubería, se debe verificar que la cota invert sea como mínimo el recubrimiento necesario de la tubería. Las cotas invert se calculan en función de la pendiente y la distancia entre pozos.

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

El INFOM establece la profundidad mínima de coronamiento de la tubería con respecto a la superficie del terreno de 1,00 m

Se determinan con las siguientes fórmulas:

$$CT_f = CT_i - (D.H * \% S_{Terreno})$$

$$\% S_{Terreno} = \frac{Cota\ inicial - Cota\ final}{Distancia} * 100$$

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

$$CIE = CIS - D.H * \% S_{tubo}$$

$$CIS = CIE - 0,03m$$

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

Donde:

CT_i = cota del terreno inicial (m)

CT_f = cota del terreno final (m)

CIS = cota inver de la tubería de salida (m)

CIE = cota inver de la tubería de entrada (m)

$D.H$ = distancia horizontal (m)

$\% S$ = pendiente del terreno o tubería (%)

H_{pozo} = profundidad del pozo (se utilizó profundidad mínima de 1,20m y de 1,40m)

2.1.6.9. Componentes del sistema de alcantarillado sanitario

Se integran por los pozos de visita, los cuales se instalan según especificaciones: de acuerdo a la topografía del terreno, empalme, variación de diámetro, material y controles de limpieza. Y los colectores principales (tuberías) que transportan los fluidos de un punto a otro.

2.1.6.9.1. Pozos de visita

Se ubican en la línea del alcantarillado con el objetivo de facilitar la limpieza y mantenimiento del sistema, y así mismo evitar que colapsen debido a una acumulación excesiva de sedimentos. Están contruidos de concreto o mampostería.

Los pozos de visita se proyectan en:

- En el inicio de ramal.
- En intersección de dos o más tuberías.
- En cambios de dirección y pendiente.
- En cambios de diámetro.
- En cambios de material.
- En lugares donde sea necesario por razones de inspección y limpieza.
- A distancias no mayores de 100 metros en línea recta en tuberías de hasta 24" de diámetro.

En este proyecto los pozos de visita serán de concreto armado, con un diámetro 1,20m; el brocal y la tapadera también serán de concreto armado, cimentados en una plancha de concreto.

En el interior tendrán un revestimiento de repello y un canal en la parte inferior que dirigirán los caudales hacia el tubo de salida.

Cuando la diferencia de cota invert, entre la tubería de entrada y salida sea superior a 0,75m se proyectará una caída de media caña que une el colector con el fondo del pozo y cuando sea mayor a 1,20m se construirá disipadores de energía.

2.1.6.9.2. Colectores principales

Son las tuberías por las que fluyen las aguas residuales. El diámetro mínimo que se utiliza según el INFOM para tubería de concreto es de 8" y tubería de PVC de 6", sin embargo, según políticas de la municipalidad de Santa Catarina Pinula, en este proyecto se utilizará tubería de PVC de 8".

2.1.6.10. Conexión domiciliar

Es un punto de descarga donde el agua residual de la vivienda desfogará en la tubería que lo conduce al colector principal. Se integra de la siguiente forma:

- Caja de registro: es construida de mampostería o con tubos de concreto colocados verticalmente. En el lado menor de la caja será de 45 cm, y si es circular el diámetro mínimo es de 12", se debe impermeabilizar por dentro e instalar tapadera y brocal, de concreto reforzado.
- Tubería secundaria: el INFOM rige un diámetro mínimo de 6 pulgadas para una tubería de concreto o de 4" para tubos de PVC. Debe tener una pendiente del 2 % para evacuar adecuadamente las aguas residuales. La conexión al colector principal se hará en el medio diámetro superior, a un ángulo de 45 grados.

En la red de alcantarillado sanitario del sector La Tomatera, aldea El Carmen, se emplearán tubos de concreto de 12" para la acometida domiciliar, y una tubería secundaria PVC de 4", unida al colector principal mediante yee de PVC.

2.1.6.11. Volumen de excavación

El suelo a remover para la colocación de la tubería se calcula a partir de la profundidad del pozo, el ancho de zanja, que está en función del diámetro de la tubería que se va a instalar y la longitud horizontal. Se obtiene con la siguiente fórmula:

$$V = \left[\left(\frac{H_1 + H_2}{2} \right) * D * H * a \right]$$

Donde:

V = volumen de excavación (m^3)

H_1 = profundidad primer pozo (m)

H_2 = profundidad segundo pozo (m)

$D.H$ = distancia horizontal entre pozos (m)

a = ancho de zanja (m)

El ancho de zanja utilizado en el siguiente proyecto fue de 0,70m.

2.1.6.12. Obras de protección

Todo el diseño del alcantarillado sanitario es una obra de protección comunitaria, en el cual integra algunos puntos de conexión que ayudan a que funcione en conjunto la red. Se colocan en lugares específicos cumpliendo la función necesaria.

En el sector La Tomatera, aldea El Carmen se emplearon las siguientes obras de protección:

- Pozos de visita
- Tubería PVC
- Cajas de registro
- Tapaderas de concreto

2.1.6.13. Diseño de la red de alcantarillados sanitario

Para realizar el diseño de la red de alcantarillado sanitario se deben tomar en cuenta los siguientes detalles:

- Parámetros de diseño

Periodo de diseño

Población actual

Población futura

Tasa de crecimiento

Habitantes por vivienda

Dotación

Factor de retorno

Diámetro de tubería

Tipo de tubería

20 años

1 760

2 856

2,45 %

5

120 L/hab/día

0,80

8 pulgadas

Tubería de PVC

- Cálculo de tramo PV-7 a PV-8

Cota de terreno inicial (CT_i) = 1 394,45 m

Cota de terreno final (CT_f) = 1 394,29 m

Distancia entre pozos ($D.H$) = 78,182 m

Población actual en el tramo = 290

- población futura

$$P_f = 290 * (1 + 0,0245)^{20}$$

$$P_f = 471 \text{ habitantes}$$

- Pendiente de terreno (% S)

$$\% S_{Terreno} = \frac{1\ 394,45 - 1\ 394,29}{78,182} * 100$$

$$\% S_{Terreno} = 0,2047 = 1$$

- Factor de Harmon

$$FH_{actual} = \frac{\left(18 + \sqrt{\frac{290}{1\ 000}}\right)}{\left(4 + \sqrt{\frac{290}{1\ 000}}\right)}$$

$$FH_{actual} = 4,08$$

$$FH_{futuro} = \frac{\left(18 + \sqrt{\frac{471}{1\,000}}\right)}{\left(4 + \sqrt{\frac{471}{1\,000}}\right)}$$

$$FH_{futuro} = 3,99$$

- Caudal domiciliar (Q_{dom})

$$Q_{dom.actual} = \frac{290 * 150 \text{ L/hab/día} * 0,80}{86\,400}$$

$$Q_{dom.actual} = 0,4027 \text{ L/s}$$

$$Q_{dom.futuro} = \frac{472 * 150 \text{ L/hab/día} * 0,80}{86\,400}$$

$$Q_{dom.futuro} = 0,6541 \text{ L/s}$$

- Caudal medio (Q_{med})

$$Q_{med.actual} = 0,4027 + (0,4027 * 1,1)$$

$$Q_{med.actual} = 0,4430 \text{ L/s}$$

$$Q_{med.futuro} = 0,6541 + (0,4027 * 1,1) = 0,7195 \text{ L/s}$$

- Factor de caudal medio (f_{qm})

$$f_{qm_{actual}} = \frac{0,4430}{290} = 0,00153$$

$$f_{qm_{actual}} = 0,00153$$

$$f_{qm_{futuro}} = \frac{0,7195}{471}$$

$$f_{qm_{futuro}} = 0,00153$$

Debido a que el factor actual y futuro es menor a lo establecido por el INFOM (0,002 – 0,005), se utiliza el factor 0,002.

- Caudal de diseño (Q_{dis})

$$Q_{dis_{actual}} = 0,002 * 4,08 * 290$$

$$Q_{dis_{actual}} = 2,36 \text{ L/s}$$

$$Q_{dis_{actual}} = 0,002 * 3,99 * 471$$

$$Q_{dis_{actual}} = 3,76 \text{ L/s}$$

- Velocidad a sección llena

$$V = \frac{0,03429 * 8^{2/3} * 0,01^{1/2}}{0,010} = 1,3716 \text{ m/s}$$

- Caudal a sección llena

$$Q = 1,3716 * \frac{\pi}{4} (8 * 0,0254)^2 * 1\,000 = 44,48 \text{ L/s}$$

- Relaciones hidráulicas q/Q , d/D , v/V

$$\frac{q_{actual}}{Q} = \frac{2,36}{44,48} = 0,0532$$

$$\frac{v_{actual}}{V} = 0,5293$$

$$\frac{d_{actual}}{D} = 0,156$$

$$\frac{q_{futuro}}{Q} = \frac{3,76}{44,48} = 0,0844$$

$$\frac{v_{futuro}}{V} = 0,6077$$

$$\frac{d_{futuro}}{D} = 0,196$$

Obteniendo las relaciones hidráulicas se corrobora que cumplan con las especificaciones.

$$v_{actual} = 0,5293 * 1,3716 \text{ m/s} = 0,7260 \text{ m/s}$$

$$v_{futuro} = 0,6077 * 1,3716 \text{ m/s} = 0,8335 \text{ m/s}$$

$$d_{actual} = 0,156$$

$$d_{futuro} = 0,196$$

La velocidad actual y futura al igual que el tirante actual y futuro están en los límites permisibles de los rangos del INFOM y las especificaciones ASTM F949.

- Cotas invert

$$CIS = 1\,392,40m - 0,03m = 1\,392,37m$$

$$CIE = 1\,392,37m - 78,182m * 0,01 = 1\,391,59m$$

$$H_{pozo7} = 1\,394,45m - 1\,392,37m = 2,08m$$

$$H_{pozo8} = 1\,394,29m - 1\,391,59m = 2,70m$$

- Volumen de excavación

$$V = \left[\left(\frac{2,08 + 2,70}{2} \right) * 78,182 * 0,70 \right] = 130,79 m^3$$

2.1.7. Planos del proyecto

Los planos del diseño de la red de alcantarillado sanitario en el sector La Tomatera, aldea El Carmen se ubican en el apéndice y están integrados por:

- Planta conjunto
- Planta-perfil de tramos
- Detalle de pozos de visita y conexión domiciliar

2.1.8. Presupuesto

Se integra con base en precios unitarios. Los salarios de la mano de obra se tomaron según los que se manejan en la dirección de planificación de la municipalidad de Santa Catarina Pinula y los precios de los materiales fueron considerados de acuerdo a cotizaciones realizadas en diferentes empresas dedicadas a la materia en el lugar. El presupuesto se detalla en la tabla III.

2.1.8.1. Resumen de presupuesto

A continuación en la tabla III se presente el presupuesto para el alcantarillado sanitario en el sector La Tomatera, aldea El Carmen.

Tabla III. **Presupuesto alcantarillado sanitario en el sector La Tomatera, aldea El Carmen**

PRESUPUESTO					
PROYECTO:		CONSTRUCCIÓN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL SECTOR LA TOMATERA, ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA.			
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	TRABAJOS PRELIMINARES				Q6 783,75
1.01	TRAZO Y NIVELACION	2,01	km	Q3 375,00	Q6 783,75
2	ALCANTARILLADO				Q992 307,29
2.01	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1,2m), H. INT.=1,30m, (4 UNIDAD)	5,39	m3	Q4 933,60	Q26 592,10
2.02	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1,20m), H. INT.=1,40m, (12 UNIDAD)	17,05	m3	Q5 277,99	Q89 989,73
2.03	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1,20m), H. INT.=1,60m, (8 UNIDAD)	12,55	m3	Q5 300,66	Q66 523,28
2.04	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1,20m), H. INT.=1,70m, (6 UNIDAD)	9,86	m3	Q5 293,32	Q52 192,14
2.05	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1,20m), H. INT.=1,80m, (5 UNIDAD)	8,59	m3	Q5 335,53	Q45 832,20
2.06	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1,20m), H. INT.=1,95m, (3 UNIDAD)	5,49	m3	Q5 360,72	Q29 430,35
2.07	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1,20m), H. INT.=2,10m, (7 UNIDAD)	13,58	m3	Q5 346,45	Q72 604,79
2.08	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1,20m), H. INT.=2,20m, (5 UNIDAD)	10,07	m3	Q5 376,55	Q54 141,86

Continuación de la tabla III.

2.09	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1,20m), H. INT.=2,40m, (7 UNIDAD)	15,14	m3	Q5 372,33	Q81 337,08
2.10	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1,20m), H. INT.=2,65m, (1 UNIDAD)	2,35	m3	Q5 362,73	Q12 602,42
2.11	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1,20m), H. INT.=3,05m, (2 UNIDAD)	5,29	m3	Q5 416,88	Q28 655,30
2.12	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1,20m), H. INT.=3,25m, (2 UNIDAD)	5,59	m3	Q5 452,93	Q30 481,88
2.13	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1,20m), H. INT.=4,15m, (2 UNIDAD)	6,92	m3	Q5 461,41	Q37 792,96
2.14	TUBERIA PVC Ø 8", NORMA ASTM F949	2 014,00	m	Q180,80	Q364 131,20
3	TRABAJOS VARIOS				Q1,521 378,39
3.01	EXCAVACION EN LINEA DE ALCANTARILLADO Y POZOS DE VISITA	2 983,50	m3	Q107,28	Q320 069,88
3.02	RELLENO Y COMPACTACIÓN CON MATERIAL SELECTO EN LINEA DE ALCANTARILLADO	921,55	m3	Q168,77	Q155 529,99
3.03	RELLENO Y COMPACTACION CON MATERIAL GRANULAR EN LINEA DE ALCANTARILLADO (Asfalto)	282,00	m3	Q277,39	Q78 223,98
3.04	RELLENO Y COMPACTACION CON MATERIAL EXTRAIDO EN LINEA DE ALCANTARILLADO	1 548,45	m3	Q65,00	Q100 649,25
3.05	CONEXIONES DOMICILIARES	352,00	UNIDAD	Q1 474,75	Q519 112,00
3.06	REPARACIÓN DE ASFALTO	1 050,60	m2	Q322,48	Q338 797,49
3.07	LIMPIEZA Y RETIRO DE MATERIAL SOBRANTE	1 410,00	m2	Q6,38	Q8 995,80
COSTO TOTAL DEL PROYECTO				Q2 520 469,43	

Fuente: elaboración propia.

2.1.9. 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 IV. Cronograma fisico-financiero

CONSTRUCCIÓN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL SECTOR LA TOMATERA, ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA.																			
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	
1 TRABAJOS PRELIMINARES																			
1	TRAZO Y NIVELACION	2.010	km	Q 6,783.75	0.27%	0.27%	█											Q 6,783.75	
2 ALCANTARILLADO																			
2	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.2m), H. INT.=1.30m, (4)	5.39	m3	Q 26,592.10	1.06%	1.33%		█	█									Q 26,592.10	
2	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.20m), H. INT.=1.40m, (12)	17.05	m3	Q 89,989.73	3.57%	4.90%		█	█	█								Q 89,989.73	
2	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.20m), H. INT.=1.60m, (8)	12.55	m3	Q 66,523.28	2.64%	7.54%		█	█	█								Q 66,523.28	
2	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.20m), H. INT.=1.70m, (6)	9.86	m3	Q 52,192.14	2.07%	9.61%		█	█	█								Q 52,192.14	
2.1	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.20m), H. INT.=1.80m, (6)	8.59	m3	Q 45,832.20	1.82%	11.43%		█	█	█								Q 45,832.20	
2.1	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.20m), H. INT.=1.95m, (3)	5.49	m3	Q 29,430.35	1.17%	12.60%		█	█	█								Q 29,430.35	
2.1	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.20m), H. INT.=2.10m, (7)	13.58	m3	Q 72,604.79	2.88%	15.48%		█	█	█								Q 72,604.79	
2.08	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.20m), H. INT.=2.20m, (5)	10.07	m3	Q 54,141.86	2.15%	17.63%		█	█	█								Q 54,141.86	
2.09	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.20m), H. INT.=2.40m, (7)	15.14	m3	Q 81,337.08	3.23%	20.86%		█	█	█								Q 81,337.08	
2.10	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.20m), H. INT.=2.65m, (1)	2.35	m3	Q 12,602.42	0.50%	21.36%		█	█	█								Q 12,602.42	
2.11	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.20m), H. INT.=3.05m, (2)	5.29	m3	Q 28,655.30	1.14%	22.50%		█	█	█								Q 28,655.30	
2.12	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.20m), H. INT.=3.25m, (2)	5.59	m3	Q 30,481.88	1.21%	23.71%		█	█	█								Q 30,481.88	
2.13	POZO DE VISITA DE CONCRETO ARMADO (DIAM. INT. = 1.20m), H. INT.=4.15m, (2)	6.92	m3	Q 37,792.96	1.50%	25.21%		█	█	█								Q 37,792.96	
2.14	TUBERIA PVC Ø 8", NORMA ASTM F949	2,014.00	m	Q 364,131.20	14.45%	39.66%		█	█	█	█	█	█					Q 364,131.20	
3 TRABAJOS VARIOS																			
3	EXCAVACION EN LINEA DE ALCANTARILLADO Y POZOS DE VISITA	2,983.50	m3	Q 320,069.88	12.70%	22.31%		█	█	█								Q 320,069.88	
3	RELLENO Y COMPACTACION CON MATERIAL SELECTO EN LINEA DE ALCANTARILLADO	921.55	m3	Q 155,529.99	6.17%	28.48%		█	█	█								Q 155,529.99	
3	RELLENO Y COMPACTACION CON MATERIAL GRANULAR EN LINEA DE ALCANTARILLADO (Asfalto)	282.00	m3	Q 78,223.98	3.10%	31.58%		█	█	█								Q 78,223.98	
3	RELLENO Y COMPACTACION CON MATERIAL EXTRAIDO EN LINEA DE ALCANTARILLADO	1,548.45	m3	Q 100,649.25	3.99%	35.57%		█	█	█								Q 100,649.25	
3.05	CONEXIONES DOMICILIARES	352.00	UNIDAD	Q 519,112.00	20.60%	56.17%		█	█	█								Q 519,112.00	
3.06	REPARACION DE ASFALTO	1,050.60	m2	Q 338,797.49	13.44%	69.61%					█	█	█					Q 338,797.49	
3.07	LIMPIEZA Y RETIRO DE MATERIAL SOBRENTE	1,410.00	m2	Q 8,995.80	0.36%	69.97%									█	█		Q 8,995.80	
Avance Financiero				Q 2,520,469.43	100.0%			Q 982,809.85	Q 1,359,265.04	Q 178,394.54							Q 2,520,469.43		
Avance Financiero Acumulado							Q 982,809.85	Q 2,342,074.89	Q 2,520,469.43										

Fuente: elaboración propia.

2.1.10. Estudio de impacto ambiental

Es un análisis que pronostica futuros impactos ambientales derivado de las acciones humanas, llevando acabo alternativas que permitan atenuar los impactos que llegasen a ocurrir. El propósito es detectar las consecuencias significativas para tomar decisiones que determinen soluciones eficaces a los efectos que ocurran.

Cumpliendo la Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente, Decreto No. 68-66, artículo No 4; el estado de Guatemala velará porque la planificación del desarrollo nacional sea compatible con la necesidad de proteger, conservar y mejorar el medio ambiente. Y el acuerdo ministerial No. 199-2016 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) que contiene un listado taxativo para la clasificación de proyectos de bajo impacto ambiental. En el cual la categoría para este proyecto es la C que corresponde a actividades de bajo impacto ambiental, se llena el formulario de Evaluación Ambiental Inicial (formato DVGA-GA-R-002).

En el apéndice 2 se adjunta el formulario de Evaluación Ambiental Inicial del proyecto de alcantarillado sanitario sector La Tomatera, aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula, Guatemala.

2.2. Diseño de pavimento rígido para la calle El Pedregal aldea Piedra Parada Cristo Rey, Santa Catarina Pinula

Para realizar el diseño del pavimento rígido para la calle El Pedregal, se necesita hacer una descripción del proyecto, su ubicación geográfica, un levantamiento topográfico entre otros.

2.2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consistirá en el diseño de pavimento rígido para la calle El Pedregal aldea Piedra Parada, municipio de Santa Catarina Pinula. Para brindar una mejor calidad de vida a los habitantes, contemplando el desarrollo integral de los vecinos y de la aldea.

La pavimentación está compuesta de la manera siguiente: tiene una longitud total de 1 017,24 metros, en los cuales se diseñaron 5 tragantes, la tubería a utilizar será de PVC cumpliendo la Norma ASTM F949, y tendrá un diámetro de 30 pulgadas. El diseño de la carretera tendrá un período de 20 años, será tipo F ondulada y una velocidad de 30 kilómetros por hora, se estableció un ancho de calzada de 5,00 metros debido a la orografía del lugar, y el ancho de calle que ya está determinado por las casas existentes, con un espesor de losa de concreto de 0,15 metros. Los parámetros a tomar en cuenta para el diseño son las normas de la Dirección de Caminos y el manual Centroamericano, Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales.

2.2.2. Ubicación geográfica del proyecto

La aldea Piedra Parada Cristo Rey se localiza a 9,82 km de la cabecera municipal, ubicada con las coordenadas 14° 34' 25,37" latitud y -90° 26' 39,79" longitud, con una extensión territorial de 5,798 km² a 1 853 metros sobre el nivel del mar. Y un clima entre 13 °C y 27 °C. Las colindancias de la aldea Piedra Parada Cristo Rey:

- Norte: San José El Manzano.
- Sur: Laguna Bermeja.
- Este: Municipio de San José Pinula.
- Oeste: Piedra Parada El Rosario, Puerta Parada.

Figura 5. **Ubicación de aldea Piedra Parada Cristo Rey, municipio de Santa Catarina Pinula**



Fuente: Departamento de Desarrollo Urbano y Territorial. Dirección Municipal de Planificación, Municipalidad de Santa Catarina Pinula.

2.2.3. Definición de pavimentos

Estructura de los accesos de comunicación terrestre, formada por varias capas de materiales elaborados o naturales, ubicados sobre el terreno acondicionado y tiene como función el permitir el tránsito de vehículos y transmitir sus cargas, se definen dos tipos de pavimento: flexibles y rígidos.

2.2.3.1. Pavimentos flexibles

Están formados por una carpeta bituminosa apoyada sobre dos capas, la capa base y subbase, generalmente son de material granular, estas están sobre una capa de suelo compactado, llamada subrasante, (suelo natural).

Estos resultan ser más económicos en la construcción inicial, tiene un período de vida entre 10 y 20 años y su desventaja es de requerir un mantenimiento constante para cubrir la vida útil.

2.2.3.2. Pavimentos rígidos

Están integrados por una capa de concreto de cemento Portland que se apoya sobre una capa base, constituida por grava, esta capa descansa sobre una capa de suelo compactado, llamada subrasante (suelo natural).

La mayor parte de capacidad estructural es proporcionada por la losa de concreto.

2.2.4. Levantamiento topográfico

La topografía estudia los métodos y procedimientos para hacer mediciones sobre el terreno y su representación gráfica o analítica a una escala determinada.

En el levantamiento topográfico de la pavimentación de la calle El Pedregal, aldea Piedra Parada Cristo Rey, se utilizó una estación total SOUTH NTS-375R6, trípode, prisma, bipode, clavos, aerosol y un machete.

2.2.4.1. Planimetría

Es una de las divisiones de la topografía. Consiste en proyectar sobre un plano horizontal los puntos de interés en el terreno sin considerar su diferencia de altura.

2.2.4.2. Altimetría

Es la parte de la topografía que estudia las diferencias de elevación de los puntos sobre la superficie terrestre, proyectada sobre un plano vertical y referida a un plano de comparación cualquiera o a una superficie de comparación como el nivel medio del mar.

2.2.5. Estudio de suelos

Para el diseño de pavimento y estructura del mismo es necesario conocer las propiedades físico- mecánicas del suelo.

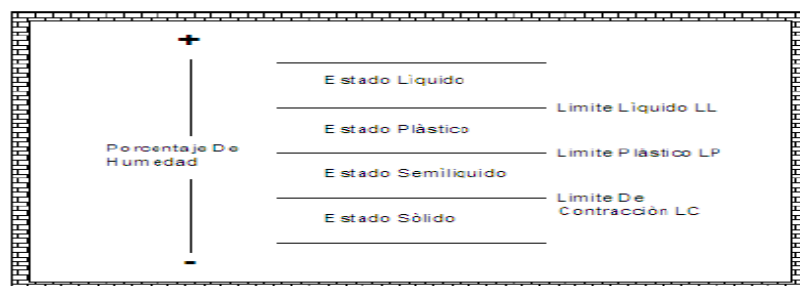
En el proyecto de la calle El Pedregal, aldea Piedra Parada Cristo Rey, se tomó una muestra de pozo a cielo abierto en el cual se realizó la perforación de 1,00 metro de diámetro y una profundidad de 0,50 metros, a partir de dicha profundidad se extrajo una muestra la cual fue de aproximadamente de 50kg de suelo, en la estación 0+500 metros, para realizar los ensayos pertinentes.

2.2.5.1. Ensayo de límites de Atterberg

Se define como los límites de consistencia de los suelos finos, con el fin de caracterizar su comportamiento. Los límites de Atterberg son propiedades índices de los suelos, con que se definen la plasticidad y se utilizan en la identificación y clasificación de un suelo. Atterberg dividió y consideró tres límites o estados de consistencia: el límite de contracción que es la frontera convencional entre el estado sólido y semisólido, el límite plástico que es la frontera entre los estados semisólido y plástico; y el límite líquido que se define como la frontera entre estado plástico y semilíquido.

También se denomina al límite líquido como la frontera entre el estado plástico y líquido.

Figura 6. Estados del suelo



Fuente: BOTÍA DÍAZ, Wilmar Andrés. *Manual de procedimientos de ensayos de suelos y memoria de cálculo.* p 40.

2.2.5.1.1. Límite líquido

Es el contenido de humedad en el cual la masa de un suelo se encuentra entre el estado plástico para pasar al estado líquido o semilíquido, en donde el suelo toma las propiedades y apariencias de una suspensión. Puesto que no existe una separación muy clara entre los estados de consistencia semilíquido, plástico y semisólido, se ha ideado el procedimiento estándar para la determinación de éste 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.

En este ensayo el resultado fue de 38,1 %.

Las normas que rigen este ensayo son:

- AASHTO T089-02: Standard Method of Test for Determining the Liquid Limit of Soils.
- ASTM D423-66 (1982): Method of Test for Liquid Limit of Soils.

2.2.5.1.2. Límite plástico

Es la frontera que existe entre los estados plástico y semisólido del suelo. En términos de laboratorio este límite es definido como el momento en términos de contenido de humedad, en que rollitos de aproximadamente 3 mm de diámetro empiezan a presentar desmoronamiento y agrietamiento. Es

importante resaltar que el diámetro de los rollitos fue propuesto por Terzaghi, dado que Atterberg nunca especifico este parámetro.

Las normas que rigen este ensayo son:

- AASHTO T090-00: Standard Method of Test for Determining the Plastic Limit and Plasticity index of Soils.
- ASTM D424-54 (1982): Standard Method of Test for Plastic Limit.

2.2.5.1.3. Índice de plasticidad

El índice de plasticidad es la diferencia entre los valores de límite líquido y límite plástico. Un Índice de plasticidad bajo, significa que un pequeño incremento en el contenido de humedad del suelo, lo transforma de semisólido a la condición de líquido, es decir, resulta muy sensible a los cambios de humedad. Por el contrario, un índice de plasticidad alto, indica que para que un suelo pase del estado semisólido al líquido, se le debe agregar gran cantidad de agua.

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 18,1 % y se clasifica como CL, dicha clasificación indica que es fracción fina del suelo que posee propiedades de plasticidad.

2.2.5.2. Ensayo de granulometría

El análisis granulométrico consiste en la separación de las partículas de suelo por rangos de tamaños, haciendo uso de mallas o tamices con aberturas cuadradas. Mediante procesos de agitado se lleva a cabo la separación de las partículas en porciones, las cuales se pesan expresando dicho retenido como porcentajes en peso de la muestra total y aunque se considera físicamente imposible determinar el tamaño exacto de cada partícula, la prueba de granulometría si permite agruparlas por rangos de tamaño. Universalmente se ha establecido la malla núm. 200 (0,075mm) como medida divisoria en la clasificación de suelos; finos y gruesos.

A través de una curva de distribución, donde el eje de la abscisa corresponde al diámetro de las partículas y el eje de las coordenadas corresponde al porcentaje retenido, se muestra con un alto porcentaje de aproximación a lo real, la variedad de tamaños de partículas que componen el suelo en estudio.

Según los resultados obtenidos del ensayo de granulometría, el suelo posee 10,98 % de grava, 82,23 % de arena y 6,79 % de finos. El suelo se clasificó como arena con presencia de gravas y arcillas color café. Y tienen una clasificación de CSU: SP-SC, PRA: A-2-6.

Las normas que rigen este ensayo son:

- AASHTO T088-00: Standard Method of Test for Particle Size Analysis of Soils.
- ASTM D422-02: Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils.

2.2.5.3. Ensayo de compactación Proctor

El proceso artificial a través del cual las partículas de un suelo son obligadas a estar más cerca y por ende más en contacto unas de otras, produciendo una reducción en su relación de vacíos se le ha dado el nombre de compactación. El proceso de compactación en los suelos produce un mejoramiento considerable en sus propiedades ingenieriles, en el aumento de su resistencia al corte, la disminución en su deformabilidad, un aumento en su peso específico seco y mejoramiento de su condición de permeabilidad. Es importante aclarar que los métodos utilizados para la compactación varían dependiendo las características de los suelos a compactar, habiendo entonces gran variedad de equipos disponibles en la industria para tal fin.

Se busca obtener mediante el análisis de una curva denominada curva de compactación, la relación que existe entre la humedad del suelo y el peso unitario seco del mismo, a partir de una serie de ensayos repetitivos que se realizan en un molde de 4" o 6" de diámetro. Una vez es analizada la gráfica se puede determinar el peso unitario máximo al que se puede llevar el suelo por métodos de compactación, con el porcentaje de humedad al que se logra tal condición. Dichos parámetros se convierten en condicionantes en las obras a los cuales se deben manejar los suelos trabajados, y que una vez conseguidos dichos valores de peso unitario se emitirá la aprobación de las obras que se estén realizando.

El ensayo de Proctor modificado consiste en la compactación de una muestra de suelo en un cilindro metálico de 4". La compactación se realiza por medio de 5 capas compactadas a 25 golpes con un martillo de 10 libras, a una caída libre de 18 pulgadas. Posteriormente se pesa la muestra y se calcula el peso unitario húmedo.

Luego, para encontrar el peso unitario seco primero se calcula el porcentaje de humedad. Después calcular el peso unitario seco.

Se debe repetir este procedimiento con humedades distintas hasta encontrar la densidad máxima. La humedad que la muestra de densidad máxima posea será la humedad óptima.

Las normas que rigen este ensayo son:

- AASHTO T180-01: Standard Method of Test for Moisture-Density Relations of Soils Using a 4.54 kg (10 lb) Rammer and a 457 mm (18 in)
- ASTM D1557-07: Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/m³))

2.2.5.4. Ensayo de capacidad soporte del suelo (CBR)

La abreviación CBR corresponde al California Bearing Ratio, método de análisis de materiales desarrollado en el año de 1929 por la División de Carreteras de California, con el fin de darle una clasificación a la capacidad del suelo para ser utilizado como material de base o subbase. También denominado ensayo de relación de soporte, es el procedimiento por medio del cual mediante pruebas de laboratorio y bajo condiciones de humedad y densidad controlada se puede medir la resistencia al corte de un suelo en el estado que se encuentre en ese momento.

Este ensayo consiste en preparar la muestra del suelo con la humedad óptima encontrada en el ensayo de Proctor modificado. Dicha muestra se compacta en 5 capas, en un cilindro metálico de 0,075 pies cúbicos de

volumen, la compactación se realiza con un martillo de 10 libras a una caída libre de 18 pulgadas.

El material debe estar compactado a diferentes porcentajes, esto se logra compactando 3 muestras en 3 cilindros por separado. Las muestras deben ser compactadas a 10, 30 y 65 golpes con el martillo anteriormente descrito. Esto tiene como fin la obtención de distintos grados de compactación.

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

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

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

La tabla V representa la clasificación general del suelo en función del CBR.

Tabla V. **Clasificación típica para el uso de diferentes materiales**

No. CBR	Clasificación General	Usos	Sistema de Clasificación	
			Unificado	AASHTO
0 - 3	Muy pobre	Subrasante	OH, CH, MH OL	A5, A6, A7
3 - 7	Pobre a Regular	Subrasante	OH, CH, MH OL	A4, A5, A6, A7
7- 20	Regular	Sub-base	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20 - 50	Bueno	Base, sub-base	GM, GC, SW, SM, SP, GP	A1b, A2-5, A3, A2-6
>50	Excelente	Base	GW GM	A1a, A2-4, A3

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

El resultado del ensayo interpolando arroja un valor soporte de 14,59 %, a una compactación de 95 % por ende es un suelo regular y podría ser apto para una subbase.

Las normas que rigen este ensayo son:

- AASHTO T193-99: Standard Method of Test for The California Bearing Ratio
- ASTM D1883-07: Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils

2.2.5.5. Análisis de resultados

El suelo de la calle El Pedregal, aldea Piedra Parada Cristo Rey se clasifica como una arena con presencia de grava y arcilla color café. Por el CBR se considera suelo regular y podría ser apto para una sub-base.

Detalle de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio.

Descripción:	arena con presencia de grava y arcilla color café
Límite líquido:	38,1 %
Índice plástico:	18,1 %
Densidad seca máxima:	1 796,80 kg/m ³
Humedad optima:	15,16 %
CBR:	14,59 %
% de grava	10,98
% de arena	82,23
% de finos	6,79

2.2.6. Diseño geométrico

En el diseño geométrico de una carretera existen diferentes elementos como: planta, perfil y sección transversal. Deben estar relacionados, para garantizar una circulación ininterrumpida de los vehículos, conservando una velocidad continua y acorde a la topografía de la calle.

Rigiéndose a las especificaciones de la Dirección General de Caminos, asegurando en todo el tramo de la carretera una conducción adecuada a la geometría de esta, se establecen valores mínimos que se deben cumplir con el

diseño, sin embargo, hay tramos que estos lineamientos no es posible cumplirlos, por ende, deberán emplearse las mejores características geométricas razonables.

Podrán hacerse excepciones en el diseño geométrico por debajo de las especificaciones mínimas, siempre que se justifique el diseño de dicha carretera.

2.2.6.1. Alineamiento horizontal

Para la conexión entre tangentes es necesario el empleo de curvas horizontales, se debe estudiar el procedimiento para llevarlas a cabo. Estas se calculan según especificaciones y requerimientos de la topografía.

Basándose en las especificaciones de la Dirección General de Caminos, se recomienda emplear radios en función de la velocidad y topografía, sin embargo, hay casos en los cuales no cumple con esas especificaciones debido a la topografía del lugar a diseñar el alineamiento, por ende, se diseñaron de forma que transiten o pasen en una forma gradual.

2.2.6.1.1. Elementos de una curva horizontal

Los siguientes elementos son los que integran una curva circular.

- Grado de curvatura (G)

Ángulo central que define un arco de 20 metros de longitud sobre una circunferencia. Es el ángulo subtendido por un arco de 20 metros.

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

Donde:

G = grado de la curvatura

R = radio de la curva

- Ángulo de deflexión (Δ)

Es el ángulo subtendido por la curva circular. En las curvas circulares simples es igual a la deflexión o cambio de dirección que se da entre las tangentes.

- Longitud de curva (LC)

Es la distancia de la curva desde el PC hasta el PT.

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

Donde:

LC = longitud de la curva

G = grado de la curvatura

Δ = 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

Δ = azimut de entrada menos azimut de salida

- Cuerda máxima (CM)

Es la distancia en línea recta 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

Δ = azimut de entrada menos azimut de salida

- Externa (E)

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

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

Donde:

E = externa

R = radio de la curva

Δ = azimut de entrada menos azimut de salida

- Ordenada media (OM)

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

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

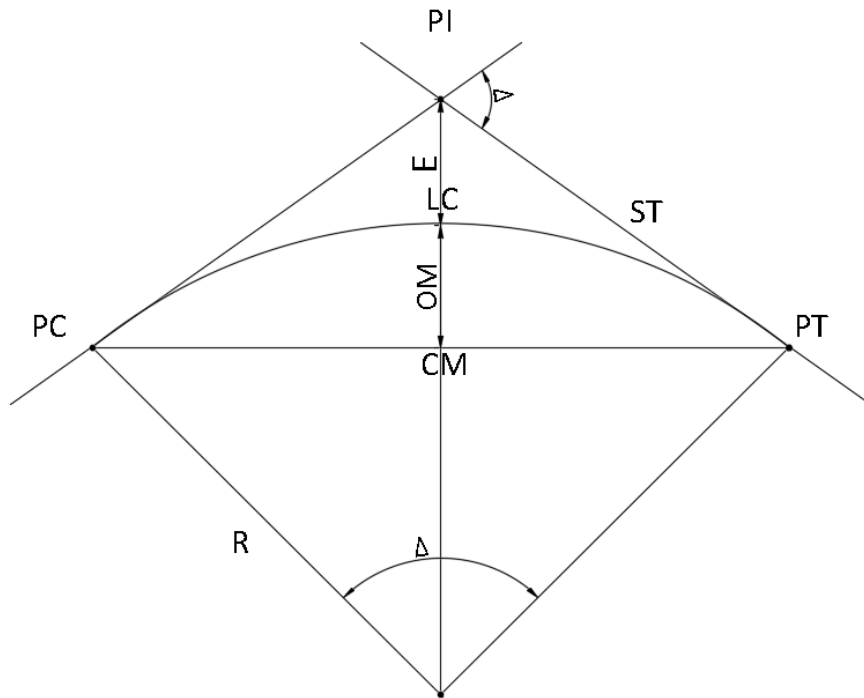
Donde:

OM = ordenada media

R = radio de la curva

Δ = azimut de entrada menos azimut de salida

Figura 7. **Elementos de curva circular**



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

Donde:

PC = punto de inicio de la curva

PI = punto de intersección

PT = punto de tangencia

E = distancia a externa (m)

OM = distancia de la ordenada media (m)

R = longitud del radio de la curva (m)

ST = longitud de la subtangente (PC a PI a PT) (m)

LC = longitud de la curva (m)

CM = cuerda máxima (m)

Δ = ángulo de deflexión

2.2.6.1.2. Curvas de transición

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

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

2.2.6.1.3. Peralte de bombeo

Es la inclinación transversal de la calzada en las curvas horizontales que sirve para contrarrestar la fuerza centrífuga que tiende a desviar radialmente a los vehículos hacia afuera de su trayecto. Esta inclinación, generalmente, gira alrededor del eje de la carretera, ya que de esta forma los cambios de elevación de los bordes producen menos distorsión, por ende, mejor transición.

En la tabla VI se encuentra la medida de la longitud de espiral que debe aplicarse para los distintos grados de curvatura.

De acuerdo a la velocidad de diseño para un G de 10° y una velocidad de diseño de 30 kilómetros por hora, corresponde una longitud de espiral (Ls) de 17 metros.

Tabla VI. Peralte y longitud de espiral recomendados

VELOCIDAD C°	30			40			50			60			70			80			90			100			110			120						
	D=27	Ls	Δ	D=30	Ls	Δ	D=33	Ls	Δ	D=37	Ls	Δ	D=40	Ls	Δ	D=43	Ls	Δ	D=46	Ls	Δ	D=50	Ls	Δ	D=53	Ls	Δ	D=56	Ls	Δ				
1°	1145.92	BN	17	0°51'	BN	23	1°09'	BN	28	1°24'	1.4	34	1°42'	1.9	39	1°57'	2.5	45	2°15'	3.1	50	2°37'	3.8	56	2°48'	4.7	62	3°06'	5.5	67	3°21'			
2°	572.96	BN	17	1°42'	BN	23	2°18'	1.9	28	2°48'	2.8	34	3°24'	3.8	39	3°54'	4.9	45	4°30'	6.2	51	5°06'	7.7	64	6°24'	8.0	79	7°54'	8.9	94	9°24'			
3°	381.97	BN	17	2°38'	BN	23	3°27'	2.9	28	4°12'	4.1	34	5°06'	5.6	40	6°00'	7.3	53	7°57'	8.9	66	10°21'	9.9	88	12°27'									
4°	286.48	1.4	17	3°24'	2.5	23	4°36'	3.8	28	5°36'	5.5	35	7°00'	7.4	41	8°24'	9.4	58	10°00'	11.1	67	12°00'	13.1	81	14°24'									
5°	229.18	1.7	17	4°15'	3.1	23	5°45'	4.8	28	7°00'	6.8	42	10°30'	8.7	58	14°30'	9.9	71	17°45'															
6°	190.99	2.1	17	5°06'	3.7	23	6°54'	5.8	32	9°36'	7.9	48	14°24'	9.6	64	18°12'																		
7°	163.70	2.4	17	5°57'	4.3	24	8°24'	6.6	37	12°57'	8.8	54	18°54'	10.0	67	23°27'																		
8°	143.24	2.8	17	6°48'	4.9	25	10°00'	7.4	41	16°24'	9.4	58	23°12'																					
9°	127.32	3.1	17	7°38'	5.5	28	12°36'	8.1	45	20°15'	9.8	60	27°00'																					
10°	114.59	3.5	17	8°30'	6.1	31	15°30'	8.7	49	24°30'	10.0	61	30°30'																					
11°	104.17	3.8	17	9°21'	6.6	33	18°09'	9.1	51	28°03'																								
12°	96.49	4.2	19	11°24'	7.1	36	21°36'	9.5	53	31°48'																								
13°	88.15	4.5	20	13°00'	7.6	38	24°42'	9.8	55	35°45'																								
14°	81.86	4.8	22	15°24'	8.0	40	28°00'	9.9	56	39°12'																								
15°	76.36	5.2	23	17°15'	8.4	42	31°30'	10.0	56	42°00'																								
16°	71.62	5.5	25	20°00'	8.7	44	35°12'																											
17°	67.41	5.8	26	22°06'	9.0	45	38°15'																											
18°	63.66	6.1	27	24°18'	9.3	47	42°18'																											
19°	60.31	6.4	29	27°33'	9.5	48	45°36'																											
20°	57.30	6.7	30	30°00'	9.7	49	48°00'																											
21°	54.57	7.0	32	33°36'	9.8	49	51°27'																											
22°	52.06	7.2	32	35°12'	9.9	50	55°00'																											
23°	49.82	7.5	34	39°06'	10.0	50	57°30'																											
24°	47.75	7.8	35	42°00'	10.0	50	60°00'																											
25°	45.84	7.9	36	45°00'																														
26°	44.07	8.1	37	48°06'																														
27°	42.44	8.3	37	49°57'																														
28°	40.83	8.5	38	53°12'																														
29°	39.51	8.7	39	56°33'																														
30°	38.20	8.9	40	60°00'																														
31°	36.97	9.0	41	63°33'																														
32°	35.81	9.2	41	65°56'																														
33°	34.73	9.3	42	69°18'																														
34°	33.70	9.4	42	71°24'																														
35°	32.74	9.5	43	75°15'																														
36°	31.83	9.6	43	77°24'																														
37°	30.97	9.7	44	81°24'																														
38°	30.16	9.8	44	83°36'																														

PERALTE RECOMENDADO, MINIMAS LONGITUDES DE TRANSICION Y DELTAS MINIMOS

- 1.- EL PERALTE FUE CALCULADO SEGUN EL METODO "A" RECOMENDADO POR LA AASHO
- 2.- EL PERALTE SE REPARTRA PROPORCIONALMENTE A LA LONGITUD DE LA ESPIRAL USADA, DEBIENDO SER EL PC O PT EL PUNTO MEDIO DE DICHA ESPIRAL
- 3.- EN LAS CURVAS CON PERALTE CALCULADO MENOR QUE LA PENDIENTE DEL BOMBEO SE RECOMIENDA USAR COMO PERALTE LA PENDIENTE DEL BOMBEO
- 4.- EL PASO DEL BOMBEO AL 0% EN EL PRINCIPIO O FINAL DE LA ESPIRAL, (TS O ST) DEBE HACERSE PROPORCIONALMENTE A LA DISTANCIA, SE CALCULA EN BASE AL BOMBEO, EL ANCHO DEL ASFALTO Y LA MITAD DE LA PENDIENTE DE DESARROLLO DEL PERALTE SIN EMBARGO SE RECOMIENDA USAR LAS QUE APARECEN EN ESTE CUADRO QUE SON ALAS CORRESPONDIENTES A UN BOMBEO DE 3%, UN ANCHO ASFALTICO DE 7.20 m. Y LA MITAD DE LAS PENDIENTES INDICADAS.
- 5.- LAS LONGITUDES DE ESPIRAL FUERON CALCULADAS SEGUN LAS PENDIENTES DE DESARROLLO DEL PERALTE INDICADAS ARRIBA Y RECOMENDADAS POR AASHO.
- 6.- LOS MINIMOS VALORES DE LONGITUD DE ESPIRAL SON LOS CORRESPONDIENTES A LAS DISTANCIAS RECORRIDAS EN 2 SEGUNDOS A LA VELOCIDAD DE DISEÑO.
- 7.- VELOCIDAD EN KILOMETROS POR HORA.

Luis Cod

Fuente: Dirección General de Caminos.

2.2.6.1.4. Sobreancho

Es el ancho adicional de la superficie de rodadura de la carretera, en los tramos en curva para compensar el mayor espacio requerido por los vehículos.

En la tabla VII están las especificaciones de sobreancho para los distintos grados de curvatura, considerando el tipo de carretera y velocidad de diseño.

Tabla VII. Especificaciones de sobreancho

VALORES DE DISEÑO PARA SOBRE-ANCHOS DE PAVIMENTO EN CURVAS PARA CARRETERAS DE DOS VIAS																									
ANCHO CALZADA	TÍPICA "E" 6.60			TÍPICA "D" 8.00								TÍPICA "C" 8.60								TÍPICA "B" 7.20					
VELOCIDADES	30	40	50	40	50	60	70	80	90	100	110	120	40	50	60	70	80	90	100	110	120	40	50	60	70
GRADO DE CURVATURA	1°	0.60	0.60	0.60	AN	AN	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	0.60	AN	AN	AN	AN
	2°	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.70	AN	AN	AN	AN	0.60	0.60	0.60	0.60		AN	AN	AN	AN
	3°	0.60	0.60	0.70	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.70	0.70			AN	AN	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60		AN	AN	AN	AN
	4°	0.60	0.70	0.70	0.60	0.60	0.60	0.70	0.70	0.80				AN	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60			AN	AN	AN	AN
	5°	0.70	0.70	0.80	0.60	0.60	0.60	0.70	0.80	0.90					0.60	0.60	0.60	0.60	0.60			AN	AN	AN	AN
	6°	0.80	0.80	0.90	0.60	0.70	0.80	0.90							0.60	0.60	0.60	0.70				AN	AN	AN	AN
	7°	0.80	0.90	1.00	0.70	0.80	0.80	0.90							0.60	0.60	0.60	0.70				AN	AN	AN	0.6
	8°	0.90	1.00	1.00	0.80	0.80	0.90								0.60	0.60	0.70					AN	AN	0.60	
	9°	0.90	1.00	1.10	0.80	0.90	1.00								0.60	0.70	0.80					AN	0.60	0.60	
	10°	1.00	1.10	1.20	0.90	1.00	1.10								0.70	0.80	0.90					AN	0.60	0.60	
	11°	1.00	1.10	1.20	0.90	1.00									0.70	0.80							0.60	0.60	
	12°	1.10	1.20	1.30	1.00	1.10									0.80	0.90							0.60	0.60	
	13°	1.10	1.20	1.30	1.00	1.10									0.80	0.90							0.60	0.60	
	14°	1.20	1.30	1.40	1.10	1.20									0.90	1.00							0.60	0.60	
	15°	1.20	1.40	1.50	1.20	1.20									1.00	1.10							0.60	0.70	
	16°	1.30	1.40		1.20										1.00								0.60		
	17°	1.30	1.50		1.30										1.10								0.70		
	18°	1.40	1.50		1.30										1.10								0.70		
	19°	1.40	1.60		1.40										1.20								0.80		
	20°	1.50	1.60		1.40										1.20								0.80		
	21°	1.50	1.70		1.50										1.30								0.90		
	22°	1.60	1.70		1.50										1.30								0.90		
	23°	1.60	1.80		1.60										1.40								1.00		
	24°	1.70	1.80		1.60										1.40								1.00		
	25°	1.70			1.60																				
	26°	1.80			1.60																				
	27°	1.80			1.60																				
	28°	1.90			1.60																				
	29°	1.90			1.60																				
	30°	2.00			1.60																				
	31°	2.00			1.60																				
	32°	2.10			1.60																				
	33°	2.10			1.60																				
	34°	2.20			1.70																				
	35°	2.20			1.70																				
	36°	2.30			1.80																				
	37°	2.30			1.80																				
	38°	2.40			1.90																				

Fuente: Dirección General de Caminos

- Ejemplo de cálculo de elementos de curva horizontal

Se tomará como ejemplo la curva No.1 de la calle El Pedregal, aldea Piedra Parada Cristo Rey. El grado de curvatura se realizó con base en el radio de curva que se ajusta a la topografía del lugar, para una carretera tipo E, con velocidad de diseño de 30 kilómetros por hora y otras especificaciones.

$$G = \frac{1145,9156}{115} = 9,96^\circ = 10^\circ$$

$$LC = \frac{20(31^\circ 08' 35'')}{9.96} = 62,51 \text{ m}$$

$$ST = 115 \tan\left(\frac{31^\circ 08' 35''}{2}\right) = 32,04 \text{ m}$$

$$CM = 2 * 115 \operatorname{sen}\left(\frac{31^\circ 08' 35''}{2}\right) = 61,74 \text{ m}$$

$$E = \frac{115}{\cos\frac{31^\circ 08' 35''}{2}} - 115 = 4,38 \text{ m}$$

$$OM = 115 * \left(1 - \cos\frac{31^\circ 08' 35''}{2}\right) = 4,22 \text{ m}$$

Tabla VIII. Resumen diseño de alineamiento horizontal

TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA								
No. Curva	Radio	G°	Delta	Sub tangente	Longitud Curva	Cuerda Máxima	Externa	Ordena Máxima
1	115	9.96	31°08'35"	32.05	62.51	61.74	4.38	4.22
2	8.92	128.47	103°56'10"	11.40	16.18	14.05	5.56	3.42
3	100	11.46	16°55'20"	14.88	29.53	29.43	1.10	1.09
4	5	229.18	65°50'39"	3.24	5.75	5.43	0.96	0.80
5	140	8.19	18°31'31"	22.83	45.27	45.07	1.85	1.83
6	100	11.46	39°03'42"	35.47	68.18	66.86	6.11	5.75
7	65	17.63	46°19'31"	27.81	52.55	51.13	5.70	5.24
8	35	32.74	58°59'24"	19.80	36.03	34.46	5.21	4.54
9	385	2.98	6°52'27"	23.12	46.19	46.16	0.69	0.69
10	200	5.73	10°15'48"	17.96	35.83	35.78	0.80	0.80
11	35	32.74	9°56'57"	3.05	6.08	6.07	0.13	0.13
12	15	76.39	15°20'02"	2.02	4.01	4.00	0.14	0.13
13	50	22.92	15°12'03"	6.67	13.27	13.23	0.44	0.44
14	5	229.18	104°08'57"	6.42	9.09	7.89	3.13	1.93
15	20	57.30	90°54'03"	20.32	31.73	28.51	8.51	5.97
16	85	13.48	26°57'46"	20.38	40.00	39.63	2.41	2.34
17	15	76.39	104°52'09"	19.50	27.45	23.78	9.60	5.85
18	495	2.31	4°07'32"	17.83	35.64	35.63	0.32	0.32
19	10	114.59	34°27'35"	3.10	6.01	5.92	0.47	0.45
20	10	114.59	50°09'31"	4.68	8.75	8.48	1.04	0.94
21	50	22.92	43°06'18"	19.75	37.62	36.74	3.76	3.50
22	200	5.73	2°57'56"	5.18	10.35	10.35	0.07	0.07

Fuente. elaboración propia.

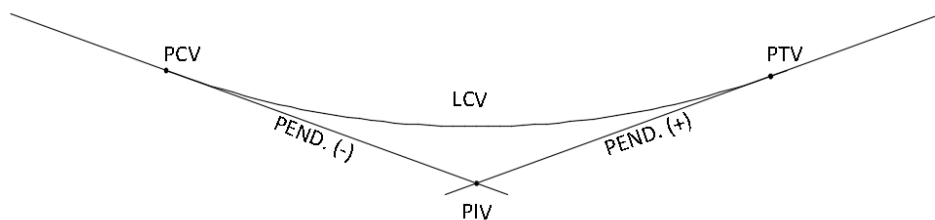
2.2.6.2. Alineamiento vertical

El diseño geométrico en perfil, está conformado de rectas enlazadas por curvas verticales parabólicas, las cuales son rectas tangentes. El sentido de la pendiente se define según el avance del kilometraje, en positivas, aquellas que implican un aumento de cotas y negativas las que producen una disminución de cotas. El alineamiento deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la velocidad de diseño en el mayor tramo posible.

El relieve del terreno es el elemento de control de radio de las curvas verticales que pueden ser cóncavas o convexas, al igual que la velocidad de diseño y controla la distancia de visibilidad.

Un alineamiento vertical está integrado por tangentes y curvas. Las tangentes se caracterizan por su pendiente que sirve para delimitar el diseño de la subrasante.

Figura 8. Elementos de curva vertical



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

Donde:

PCV = punto de inicio de curva vertical

PIV = punto de intersección de curva vertical

PTV = punto de tangencia de curva vertical

LCV = longitud de curva vertical

PEND = pendiente

2.2.6.2.1. Subrasante

Es la línea trazada en perfil que define las cotas de corte o relleno que conforman las pendientes del terreno en su trayectoria. La subrasante está debajo de la base y la capa de rodadura.

Esta define el volumen de movimiento de tierras, por ende, se debe tomar el criterio más apropiado para el diseño de la misma, y así obtener un proyecto económico.

2.2.6.2.2. Pendientes

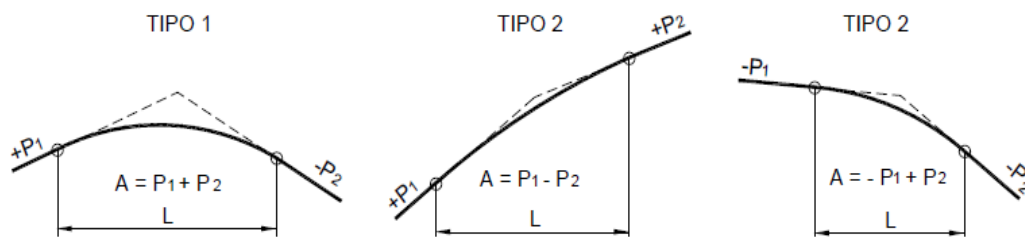
Varían de acuerdo a las condiciones del terreno. Deben cumplir con los parámetros a emplearse para el diseño de la carretera.

La pendiente mínima es la menor permitida. La inclinación de la rasante en cualquier punto de la carretera no deberá ser menor que el 0,5 % para garantizar el correcto funcionamiento de las cunetas y que el agua de la precipitación pluvial pueda ser drenada hasta un punto de descarga.

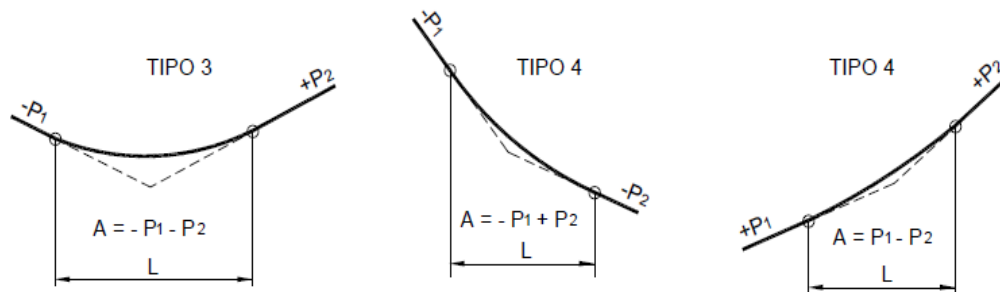
2.2.6.2.3. Curvas verticales y correcciones

Pueden ser circulares o parabólicas, su finalidad es proporcionar suavidad al cambio de pendiente. La Dirección General de Caminos recomienda el uso y empleo de la curva parabólica simple, por la adaptación a la topografía y facilidad en el cálculo.

Figura 9. Tipos de curvas verticales convexas y cóncavas



CURVAS VERTICALES CONVEXAS



CURVAS VERTICALES CONCAVAS

P_1 = Pendiente de entrada
 P_2 = Pendiente de salida

A = Diferencia de pendientes
 L = Longitud de la curva

K = Variación por unidad de pendiente:
 $K = \frac{L}{A}$

Fuente: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. *Manual de Carreteras diseño geométrico DG-2014*. p 194.

Existen 4 criterios a emplear en la determinación de la longitud de las curvas longitudinales.

- Criterio de apariencia: para curvas verticales con visibilidad completa, cóncavas, sirve para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.

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

Donde:

P_s = pendiente de salida

P_e = pendiente de entrada

Δ = diferencia de pendientes

LCV = longitud de curva vertical

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

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

- Criterio de drenaje: para curvas verticales convexas y cóncavas, alojadas en corte. Se utiliza para que la pendiente en cualquier punto de la curva sea la adecuada para que el agua pueda escurrir fácilmente.

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

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

$$LCV = K\Delta$$

En la tabla IX, se muestran los diferentes valores de k para el criterio de visibilidad de parada, según la Dirección General de Caminos.

Tabla IX. **Valores de k**

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

Fuente: PÉREZ MÉNDEZ, Augusto René. *Metodología de actividades para el diseño geométrico de carreteras*. p. 53.

- Correcciones: son las distancias desde la línea de la subrasante hasta la curva de diseño. Es cero en el principio y final, y su valor máximo es en el punto de intersección vertical. Se determinan en las estaciones de cada curva con las siguientes ecuaciones:

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

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

Donde:

OM = ordenada media

P_s = pendiente de salida

P_e = pendiente de entrada

LCV = longitud de curva vertical

Y_{est} = corrección en estación

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

- Ejemplo de cálculo de curva vertical

Se tomará como ejemplo la curva 1 de la calle El Pedregal, aldea Piedra Parada Cristo Rey. La longitud de curva vertical y pendientes se realizó con base en ajustarse a la topografía del lugar, para una carretera tipo E, con velocidad de diseño de 30 kilómetros por hora y otras especificaciones. El diseño se desarrolló con el software AutoCAD Civil 3D, obteniendo los siguientes datos.

Datos

LCV propuesta	Elevación PIV
Pendiente de entrada	100 metros, curva cóncava
Pendiente de salida	-15,90 %
Estación PIV	14,90 %

0+164,21	30 kilómetros por hora
1 825,00	30,80 %
Velocidad de diseño	4
$A = -15,90 - 14,90 $	$\frac{100}{30,80} = 3,25$
K en base a tabla IX	
Constante K de curva = $\frac{LCV}{A}$	

- Aplicación de criterios

Apariencia, $K \geq 30$	$3,25 \geq 30$, no cumple
Comodidad, $k \geq \frac{v^2}{395}$	$3,25 \geq 2,27$, cumple
Drenaje, $K \leq 43$	$3,25 \leq 43$, cumple
Seguridad, $LCV = K * A$	$4 * 30,80 = 123,2$, no cumple

La longitud de curva vertical propuesta es de 100,00 metros es menor a la longitud mínima del criterio de seguridad de 123,20 metros por ende no cumple.

- Cálculo de estaciones y elevaciones en subrasante.

$$\text{Estación PCV} = PIV - \frac{LCV}{2} = (0 + 164,21) - \frac{100}{2} = 114,21$$

$$\text{Estación PTV} = PIV - \frac{LCV}{2} = (0 + 164,21) + \frac{100}{2} = 214,21$$

$$\text{Elevación PCV} = 1 825 - (-0,1591)(164,21 - 114,21) = 1 832,95$$

$$\text{Elevación PTV} = 1 825 + (0,1490)(214,21 - 164,21) = 1 832,45$$

$$\text{Elevación } 0 + 120 = 1 825 - (-0,1590)(164,21 - 120,00) = 1 832,03$$

$$\text{Elevación } 0 + 140 = 1 825 - (-0,1590)(164,21 - 140,00) = 1 828,85$$

$$\text{Elevación } 0 + 160 = 1\ 825 - (-0,1590)(164,21 - 160,00) = 1\ 825,67$$

$$\text{Elevación } 0 + 180 = 1\ 825 + (0,1490)(180,00 - 164,21) = 1\ 827,35$$

$$\text{Elevación } 0 + 200 = 1\ 825 + (0,1490)(200,00 - 164,21) = 1\ 830,33$$

- Cálculo de correcciones

$$Y_{est} = \frac{(14,90 - -15,90) * (120 - 114,21)^2}{200 * 100} = 0,0516$$

$$Y_{est} = \frac{(14,90 - -15,90) * (140 - 114,21)^2}{200 * 100} = 1,0243$$

$$Y_{est} = \frac{(14,90 - -15,90) * (160 - 114,21)^2}{200 * 100} = 3,2300$$

$$OM = \frac{(14,90 - -15,90) * 100}{800} = 3,8525$$

$$Y_{est} = \frac{(14,90 - -15,90) * (214,21 - 180)^2}{200 * 100} = 1,8023$$

$$Y_{est} = \frac{(14,90 - -15,90) * (214,21 - 200)^2}{200 * 100} = 0,3110$$

Tabla X. Resumen de la corrección de subrasante, curva 1

Estación	Elemento	Pendiente	Elevación Subrasante	Corrección	Subrasante corregida
0+114,21	PCV	-15,9	1 832,95	0,0000	1 832,95
0+120,00			1 832,03	0,0516	1 832,08
0+140,00			1 828,85	1,0243	1 829,87
0+160,00			1 825,67	3,2290	1 828,90
0+164,21	PIV		1 825,00	3,8500	1 828,85
0+180,00		14,9	1 827,35	1,8023	1 829,16
0+200,00			1 830,33	0,3110	1 830,64
0+214,21	PTV		1 832,45	0,0000	1 832,45

Fuente. elaboración propia.

Los resultados están en la tabla XI.

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

TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA									
1	2	3	4	5	6	7	No. Curva	Estación PIV	Elevación PIV
0+164,21	0+266,46	0+528,19	0+622,78	0+709,34	0+800,79	0+896,87			
1 825,00	1 840,23	1 80,72	1 804,67	1 786,95	1782,41	1760,00			
-15,90	14,90	-14,71	3,11	-20,47	-4,90	-23,32			
14,90	-14,71	3,11	-20,47	-4,90	-23,32	10,09			
30,80	29,61	17,82	23,58	15,57	18,42	33,41			
Cóncava	Convexa	Cóncava	Convexa	Cóncava	Convexa	Cóncava			
100,00	70,00	105,00	35,00	115,00	40,00	110			
No	No	No	No	No	No	No			
Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple			
Cumple	Cumple	Cumple	No	Cumple	No	Cumple			
Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple			
Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple			
3,8500	2,5909	2,3389	1,0316	2,2382	0,9210	4,593875			
0+114,21	0+231,46	0+475,69	0+605,28	0+651,84	0+780,79	0+841,87			
1 832,95	1 835,02	1 809,44	1 804,12	1 798,72	1783,4	1772,83			
0+214,21	0+301,46	0+580,69	0+640,28	0+766,84	0+820,79	0+951,87			
1 832,45	1 835,08	1 803,35	1 801,08	1 784,09	1777,74	1765,55			

Fuente. elaboración propia.

2.2.7. Movimiento de tierras

Es la actividad de transportar de un lugar a otro una superficie de tierra de acuerdo a la topografía, y diseño de la carretera. Se reutiliza en la construcción de terraplenes, conformación de terracería, entre otros. Esta es una actividad de suma importancia en la construcción debido al costo que demanda, por ende, debe lograrse un balance optimo entre corte y relleno, y así obtener el costo mínimo.

2.2.7.1. Cálculo de área de secciones transversales

En el cálculo del siguiente proyecto se determinaron secciones transversales a cada 20 metros en tangentes y en curvas a cada 10 metros. Con ambas secciones de corte o relleno es factible calcular el área por el método de determinantes, en el que se calcula el área en coordenadas de los puntos que delimitan las áreas.

2.2.7.2. Volumen de movimiento de tierras

El volumen de movimiento de tierras se realiza en función de las secciones transversales, calculadas con el método de determinantes, y con el método de un prisma irregular. El área de sus bases entre dos por la distancia, que es la diferencia de estaciones, se determina el volumen, y se representa con la siguiente fórmula.

$$V = \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) * d$$

Donde:

V = volumen de excavación (m^3)

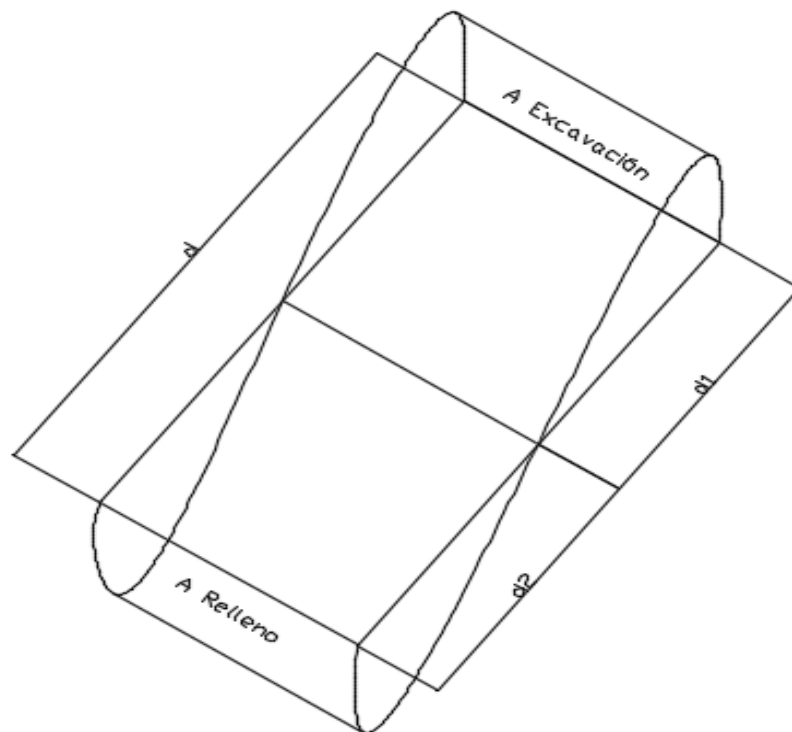
A_1 = área de sección transversal (m^2)

A_2 = área de sección transversal (m^2)

d = distancia horizontal entre pozos (m)

En las secciones hay áreas de corte y relleno, por ende, se debe calcular la distancia de paso, estos son puntos donde el área de la sección entre estaciones cambia de relleno a corte o viceversa.

Figura 10. **Corte y relleno, distancia de paso**



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

En la determinación de la distancia de paso se efectúa una relación de triángulos que relaciona: cortes, rellenos y distancia entre estaciones para obtener el movimiento de tierras correspondiente.

$$D_1 = \frac{C * D}{C + R} \qquad D_2 = \frac{R * D}{R + C}$$

Donde:

D_1 = distancia de paso (m)

D_2 = distancia de paso (m)

C = área de corte (m²)

R = área de relleno (m²)

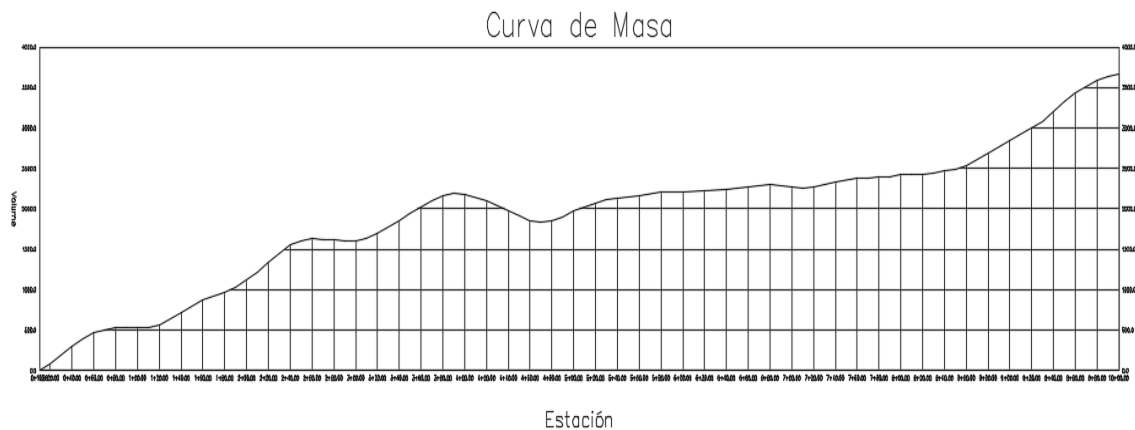
$$Vol_C = \frac{C}{2} * D_1 \qquad Vol_R = \frac{R}{2} * D_2$$

Con el software AutoCAD Civil 3D 2016, se realizaron los cálculos pertinentes del movimiento de tierras, con base en las secciones que se determinaron en el mismo acorde a la topografía del lugar. Los planos se adjuntan en el apéndice.

2.2.7.3. Balance y diagrama de masas

Posterior a determinar los volúmenes de corte y relleno, se procede a calcular los valores de balance, multiplicando los volúmenes de corte acumulado por el factor de contracción y restándole el volumen de relleno. Estos servirán para formar una curva que, combinada con el diseño de las líneas de balance, permitirá calcular las cantidades finales de movimiento de tierras.

Figura 11. **Curva masa de todo el proyecto**



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

2.2.8. **Diseño de pavimento**

A continuación se describe el diseño de pavimento a utilizarse.

2.2.8.1. **Método Portland Cement Association (PCA)**

Es un método para el dimensionamiento del espesor de losa de un pavimento rígido, hay dos métodos para el cálculo del espesor de pavimentos rígidos apropiados para soportar las cargas de tráfico.

- Método de capacidad: se emplea cuando existen posibilidades de datos de distribución de carga por eje de tránsito. Este método asume datos representativos y detallados de carga por eje.

- Método simplificado: se utiliza cuando no se tienen datos de carga por eje y se basa en tablas representativas de distribución compuesta de tráfico clasificado en diferentes categorías de carreteras y calles.

2.2.8.2. Pavimento rígido

Se conforma de una losa de concreto de cemento Portland que se apoya sobre la capa base o subrasante directamente. Debido a la consistencia de la carpeta de rodadura se produce una distribución uniforme de las cargas, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante.

La resistencia del concreto utilizada usualmente es alta, de clase 281 kg/cm² (4 000 psi) o mayor. Pueden ser de concreto simple, reforzado o presforzado.

Existen diferentes tipos de pavimentos rígidos los cuales son:

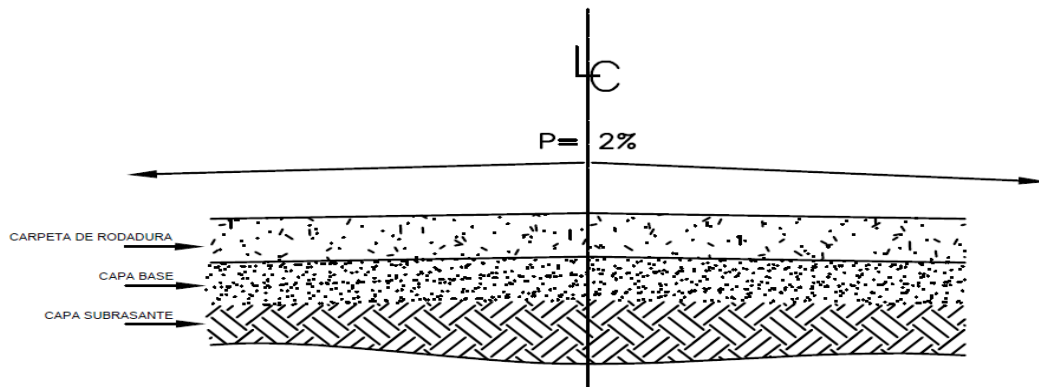
- Pavimentos de concreto simple se construyen sin acero de refuerzo o varillas de transferencia de carga en las juntas. Dicha transferencia se logra a través de la trabazón entre los agregados de las caras agrietadas de las losas contiguas. Para que la transferencia de carga sea efectiva, es preciso disponer espaciamientos de corta longitud entre las juntas.
- Pavimentos de concreto simple con varillas de transferencia de carga también llamados pasadores o dovelas, se construyen sin acero de refuerzo; sin embargo, en ellos se disponen varillas lisas en cada junta de construcción, las cuales actúan como dispositivos de transferencia de carga.

- Pavimentos reforzados: contienen acero de refuerzo y pasadores en las juntas de construcción se construyen con separaciones entre juntas superiores a las utilizadas en pavimentos convencionales, por eso entre las juntas se producen una o más fisuras transversales, las cuales se mantienen prácticamente cerradas a causa del acero de refuerzo, lográndose una excelente transferencia de carga a través de ellas.
- Pavimentos de refuerzo continuo se construyen sin juntas de construcción. Debido a su relativamente pesado y continuo refuerzo en dirección longitudinal, estos pavimentos desarrollan fisuras transversales a intervalos muy cortos. Sin embargo, por la presencia del refuerzo, se desarrolla un alto grado de transferencia de carga en las fisuras.

2.2.8.3. Componentes estructurales de un pavimento

La estructura integra las capas de subrasante, base y carpeta de rodadura, destinadas a sostener las cargas vehiculares.

Figura 12. Sección transversal de la estructura de un pavimento rígido



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

2.2.8.3.1. Carpeta de rodadura

Superficie de rodamiento constituida de concreto rígido, losas, las cuales transmiten las cargas de los vehículos a las capas inferiores, uniformemente.

También cumple la función de proteger la base, impermeabilizando la superficie, para evitar así posibles infiltraciones del agua de lluvia que podrían saturarla parcial o totalmente las capas inferiores. Además, ayuda en aumentar la capacidad soporte del pavimento.

2.2.8.3.2. Base

Es la capa que se compone generalmente de áridos, que han sido tratados o no, con cemento Portland, cal, asfalto u otros agentes estabilizantes.

Esta capa permite reducir los espesores de carpeta de rodadura, debido a su función estructural, que sirve como apoyo a la carpeta de rodadura y transmite los esfuerzos producidos por el tránsito a las capas inferiores y su vez drena el agua atrapada dentro del cuerpo del pavimento.

2.2.8.3.3. Subrasante

Es el suelo preparado y compactado para soportar la estructura de un pavimento. Esta capa puede ser el suelo natural libre de materia orgánica, y está conformada en corte o relleno, y una vez compactada, al 95 % del proctor modificado, debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos de diseño.

2.2.8.3.4. Bombeo

Es la pendiente necesaria para evacuar el agua hacia las orillas de la carretera y conducir el flujo hacia los drenajes o cunetas. La pendiente de bombeo en el presente proyecto será del 2 %.

2.2.8.4. Parámetros de diseño

Para determinar el diseño de un pavimento rígido, es necesario conocer las condiciones del lugar, así como varias características descritas posteriormente, en el presente proyecto se empleó el método PCA simplificado.

2.2.8.4.1. Período de diseño

El período de diseño empleado en la pavimentación de la calle El Pedregal, aldea Piedra Parada Cristo Rey será de 20 años.

2.2.8.4.2. Transito promedio diario

Un factor esencial para determinar el diseño del pavimento, es el tránsito promedio diario TPDA y el tránsito pesado promedio diario TPPD.

El TPPD admisible corresponde exclusivamente a vehículos de dos ejes con seis llantas o mayores. Se excluyen los ligeros (paneles, camionetas tipo pick-up, entre otros). Así, el total de vehículos podrá ser mayor.

Debido a que no se cuenta con un aforo vehicular, basándose en la tabla XII que contiene las diferentes categorías de tránsito, se determina a utilizar la categoría 1 en función del tipo de tránsito al cual estará sometido el pavimento.

Tabla XII. **Categorías de carga por eje**

Categorías de tráfico en función de cargas por eje						
Cat. carga por eje	Descripción	Tráfico			Carga máxima por eje	
		TPDA	TPPD		Eje sencillo	Ejes dobles
			%	por día		
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (baja a mediana)	200 - 800	1 - 3	Hasta 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (alta). Calles arteriales y carreteras primarias (baja)	700 – 5 000	5 - 18	40 - 1 000	26	44
3	Calles arteriales y carreteras primarias (mediana). Vías expresa e interestatales urbanos y rurales (baja a mediana)	3,000 - 12,000 en 2 carriles 3 000 - 50,000 en 4 carriles	8 - 30	500 – 1 000	30	52
4	Calles arteriales y carreteras primarias (mediana). Vía expresa (alta). Interestatales urbanos y rurales (mediana a alta)	3 000 – 20 000 en 2 carriles 3 000 – 150 000 en 4 carriles o más	8 - 30	1,500 - 8,000	34	60

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.* p 148.

2.2.8.4.3. Velocidad de diseño

Determinado el TPDA, se prosigue a definir el tipo de carretera a diseñar en función de la topografía del lugar.

La topografía del terreno atravesado tiene influencia en el alineamiento de calles y carreteras. Para caracterizar sus variaciones, generalmente se clasifican en tres tipos de acuerdo con la pendiente del terreno, así:

- Terreno plano: es esa condición donde las distancias de visibilidad de diseño vial, en cuanto están gobernadas por las restricciones horizontales y verticales, son generalmente largas o podrían ser así, sin ocasionar mayores dificultades ni grandes gastos de construcción o grandes gastos de construcción.
- Terreno ondulado: es la condición donde las pendientes naturales son ascendentes y descendentes y en consecuencia las pendientes de la calle o carretera se elevan y bajan, y donde ocasionalmente las pendientes fuertes provocan algunas restricciones a los alineamientos horizontal y vertical.
- Terreno montañoso: es aquel que presenta dificultades y altos costos de construcción por la frecuencia de cortes y rellenos, los cuales se requieren para lograr alineamientos horizontales y verticales aceptables.

Las clasificaciones del terreno pertenecen al carácter general de un corredor específico, debido a lo cual, las rutas en valles o zonas montañosas que tienen todas las características de las calles o carreteras que atraviesan un terreno plano u ondulado, deben clasificarse como planas u ondulado. En general, los terrenos ondulados generan pendientes más fuertes causando la reducción de las velocidades de los camiones debajo de las de vehículos de

pasajeros; en el terreno montañoso la situación es más grave, resultando en algunos camiones con velocidades muy bajas.

Tabla XIII. **Clasificación del terreno en función de las pendientes naturales**

Tipo de Terreno	Rango de Pendiente P(%)
Llano o Plano	$P \leq 5$
Ondulado	$5 > P \leq 15$
Montañoso	$15 > P \geq 30$

Fuente: SIECA. *Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras, con enfoque de gestión de riesgo y de seguridad vial.* p 116.

Para este proyecto se determinó un terreno ondulado en referencia a las pendientes naturales del terreno establecidas en la tabla XIII, y seleccionando una carretera tipo F ondulada con una velocidad de diseño de 30 kilómetros por hora, basándose en la figura 13.

Figura 13. Características geométricas

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 5000	TIPO "A"		2 * 7.20	25.00	24.00	50.00							
	REGIONES:												
	LLANAS	100					375	3	160	200	700	750	
	ONDULADAS	80					225	4	110	150	520	550	
	MONTAÑOSAS	60					110	5	70	100	350	400	
1500 A 3000	TIPO "B"		7.20	13.00	12.00	25.00							
	REGIONES:												
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550	
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400	
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200	
900 A 1500	TIPO "C"		6.50	12.00	11.00	25.00							
	REGIONES:												
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550	
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400	
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200	
500 A 900	TIPO "D"		6.00	11.00	10.00	25.00							
	REGIONES:												
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550	
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400	
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200	
100 A 500	TIPO "E"		5.50	9.50	8.50	25.00							
	REGIONES:												
	LLANAS	50					75	8	55	70	260	300	
	ONDULADAS	40					47	9	40	50	180	200	
	MONTAÑOSAS	30					30	10	30	35	110	150	
10 A 100	TIPO "F"		5.50	9.50	8.50	15.00							
	REGIONES:												
	LLANAS	40					47	10	40	50	180	200	
	ONDULADAS	30					30	12	30	35	110	150	
	MONTAÑOSAS	20					18	14	20	25	50	100	

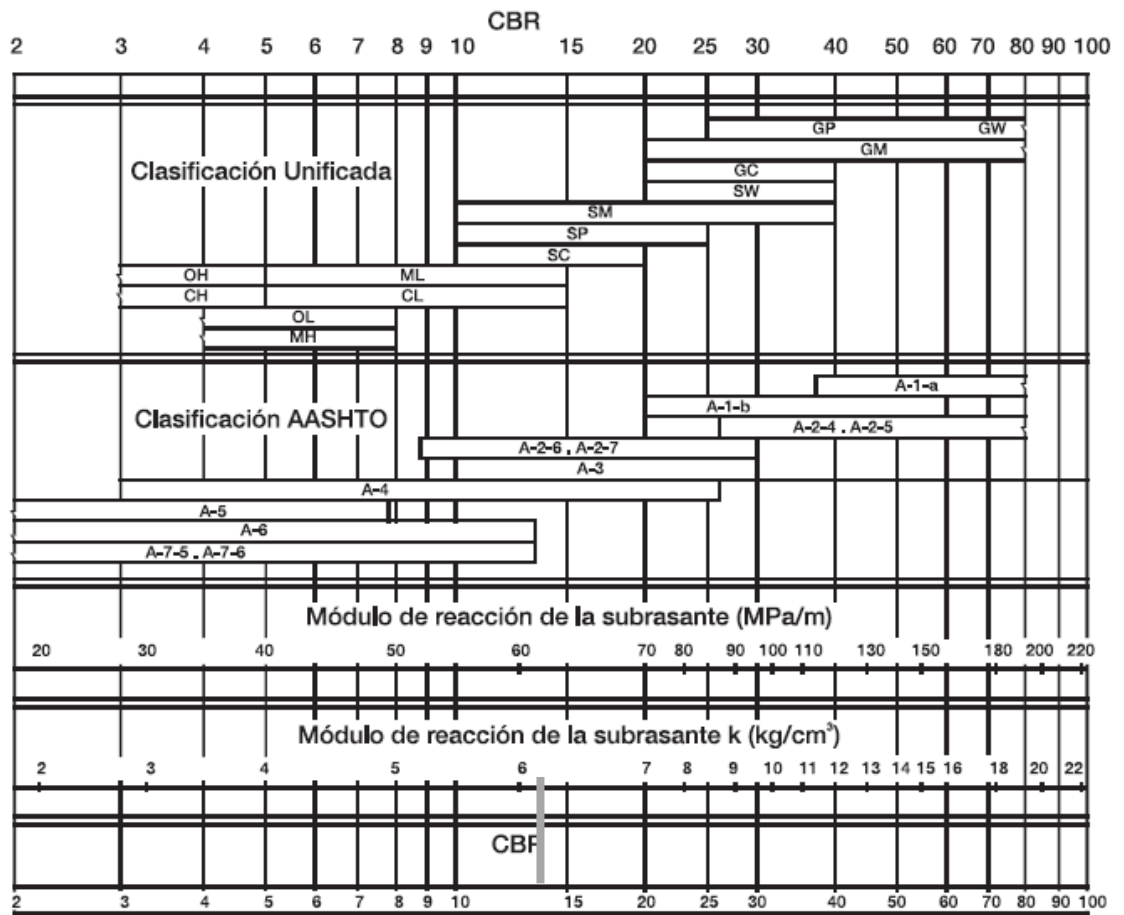
ESTRUCTURAS:	CARGA	H-15-S-12	NOTAS:
	ALTURA LIBRE	4.75 m	1) T.P.D.: Promedio de Tráfico Diario
	ANCHO RODADURA	7.90 m	2) La sección típica para carreteras tipo "A", incluye isla central de 1.5 m de ancho.
ESFUERZOS UNITARIOS	CONCRETO CLASE "A"		3) Las características de las estructuras son generales para todos los tipos de carretera, con excepción de la tipo "A", en donde el ancho es doble.
	ACERO DE REFUERZO		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.
	ACERO ESTRUCTURAL		
	* 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.*

2.2.8.4.4. Diseño de la base

Considerando los resultados de los ensayos realizados en laboratorio, se obtuvo un valor de CBR de 14,59 % al 95 %, con lo cual en la figura 14, determinando la relación se obtiene un módulo de reacción de la subrasante K igual a 6,20 kg/cm³.

Figura 14. Relación entre la clasificación del suelo y los valores de CBR y K



Fuente: LONDOÑO NARANJO, Cipriano y ÁLVAREZ PABÓN, Jorge Alberto. *Manual de diseño de pavimentos de concreto: para vías con bajos y altos volúmenes de tránsito.* p 77.

Comprobando el valor k de 6,20 Kg/cm³ en la tabla XIV, está en un rango de 5,0 - 6,0 de los módulos de reacción, se determina que el suelo tiene una condición de apoyo alto, debido al valor aproximado k, con lo cual se utilizará como subrasante.

Tabla XIV. **Tipos de suelos de sub-rasante y valores aproximados de k**

Tipos de suelos	Condición de apoyo	Rango en los módulos de reacción en Kg/cm ³
Limos y arcillas plásticas	Bajo	2,0 – 3,35
Arenas y mezclas de arena y gravas con cantidades moderadas de limo y arcilla	Medio	3,6 – 4,7
Arenas y mezclas de arena y gravas prácticamente libre de finos	Alto	5,0 – 6,0
Sub-bases estabilizadas con cemento	Muy alto	6,9 – 11,0

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos.* p 149.

Es importante conocer los esfuerzos combinados de la subrasante y base, debido a que mejora la estructura de un pavimento. En la tabla XV se representa el aumento en el módulo de reacción de la subrasante al incluir una base granular el valor de k aumenta de 62 a 66 Mpa/m y corresponde a una condición de apoyo alto, determinando un espesor de 15 centímetros. Cumpliendo con los espesores mínimos que especifica la Dirección General de Caminos sección 304.05.

Tabla XV. **Valores de k para diseño sobre bases granulares (PCA)**

Valor de K para subrasante		Valor de K para la base							
		100 mm		150 mm		225 mm		100 mm	
Mpa/m	Lb/pulg ³	Mpa/m	Lb/pulg ³	Mpa/m	Lb/pulg ³	Mpa/m	Lb/pulg ³	Mpa/m	Lb/pulg ³
20	73	23	85	26	96	32	117	38	140
40	147	45	165	49	180	57	210	66	245
60	220	64	235	66	245	76	280	90	330
80	295	87	320	90	330	100	370	117	430

Fuente: LONDOÑO NARANJO, Cipriano y ÁLVAREZ PABÓN, Jorge Alberto. *Manual de diseño de pavimentos de concreto: para vías con bajos y altos volúmenes de tránsito.* p 81.

2.2.8.4.5. **Diseño de espesor del pavimento**

Para el diseño de espesor del pavimento se consideran los siguientes parámetros:

- Determinar módulo de ruptura (MR)

El paso de vehículos sobre las losas de concreto produce esfuerzos de flexión y compresión. Los esfuerzos de compresión son mínimos y no influyen en el grosor de la losa, pero los de flexión se determinan por módulo de ruptura. El Módulo de ruptura presenta valores que varían entre un 10 % - 20 % de la resistencia a la compresión.

En el diseño presente se calcula tomando un porcentaje de la resistencia a compresión de 15 % $f'c$. El $f'c$ tiene un valor de 281 kg/cm² y el módulo de ruptura es de 42 kg/cm².

- Determinar el tipo de junta para el pavimento

Debido a que el TPPD permisible, carga por eje es de categoría 1, es un pavimento con junta de trabazón de agregado (no necesita pasajuntas).

No es necesario pasajuntas debido a que es un volumen bajo de tráfico tabulado en la categoría 1. Cuando no se utilicen pasajuntas, el espaciamiento de la junta debe ser corto.

Considerando que es una calle de categoría 1, en la tabla XVI se busca a la izquierda el MR de 42 kg/cm², luego se establece si la calle será con o sin hombro de concreto o bordillo. Con lo cual se indica que será sin hombros de concreto o bordillo, y se determina el espesor de losa en función del soporte de la subrasante-base. Lo cual demuestra que es un valor de apoyo alto y el TPPD de hasta 25. Se establece un espesor de losa de 15 centímetros para soportar 25 vehículos pesados.

Tabla XVI. **TPPD permisible, carga por eje categoría 1, pavimentos con junta de trabazón de agregado (no necesita pasajuntas)**

Sin Hombros de concreto o bordillo				Con hombros de concreto o bordillo					
Espesor de losa (cm)		Soporte Subrasante - Subbase			Espesor de losa (cm)		Soporte Subrasante - Subbase		
		Bajo	Medio	Alto			Bajo	Medio	Alto
MR = 46 kg/cm²	11,5	0,1			10,0	0,2 0,9			
	12,5	0,1	0,8	3	11,5	2	8	25	
	14,0	3	15	45	12,5	30	130	330	
	15,0	40	160	430	14,5	320			
	16,5	330							
MR = 42 kg/cm²	12,5	0,1 0,4			10,0	0,1			
	14,0	0,5	3	9	11,5	0,2	1	5	
	15,0	8	36	98	12,5	6	27	75	
	16,5	76	300	760	14,5	73	290	730	
	17,8	520			15,0	610			
MR = 39 kg/cm²	14,0	0,1	0,3	1	11,5	0,2 0,6			
	15,0	1	6	18	12,5	0,8	4	13	
	16,5	13	60	160	14,0	13	57	150	
	17,8	110	400		15,0	130	480		
	19,0	620							

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. p 149.

2.2.8.4.6. Juntas

Los esfuerzos más críticos en el pavimento rígido ocurren cuando las ruedas de los vehículos están ubicadas en/o cerca del borde del pavimento y a media distancia entre las juntas. Son necesarias debido a las siguientes funciones:

- Controla el agrietamiento transversal y longitudinal
- Divide el pavimento en secciones adecuadas para el proceso constructivo
- Permite el movimiento y alabeo de las losas por efecto de las cargas de tránsito
- Permite transferencia de cargas entre losas

Los mayores esfuerzos en las losas de concreto, generados por la circulación de vehículos, se presentan en las esquinas; pero los más frecuentes y los que generalmente controlan el diseño del espesor son los de borde. Esto obliga a dotar a las juntas, especialmente a las transversales, de mecanismos de transmisión de cargas, de una losa a otra, para que se desarrollen esfuerzos con magnitud similar a los generados por las cargas colocadas en el centro de las losas. Entre estos mecanismos de transmisión de cargas están:

- Pasadores: son barras de acero liso que conectan entre sí las losas separadas por juntas. Este tipo de mecanismo transmite tanto fuerzas de cizalladura como momento flector, pero debe permitir el libre movimiento horizontal de las losas, por lo cual, al menos una mitad del pasador debe engrasarse, a fin de evitar su adherencia con el concreto que lo rodea.
- Trabazón de agregados: cuando se produce la ruptura de la sección del pavimento debido a una reducción en el espesor de la losa, por hendidura sobre el concreto fresco, o por una fisura espontánea, se presenta transmisión de cargas entre los tramos de losa o las losas vecinas, debido a la trabazón de agregados, siempre y cuando la fisura no tenga un ancho superior a un milímetro. Este mecanismo de transmisión de cargas es adecuado en pavimentos que cumplan simultáneamente con los requisitos siguientes: la longitud de las losas sea menor que cinco metros y su

soporte no sea susceptible de ser sometido al fenómeno de bombeo. La junta de trabe por agregados o se construyen insertando una barra de acero para hacer la interconexión entre dos losas separadas. Este tipo de junta es más sencillo en su construcción, pero requiere de espesores más altos de la losa de concreto.

Las juntas se crean con el fin de evitar que las grietas inducidas por secado, temperatura y cambios en los contenidos de agua se presenten de manera desordenada. Existen cinco tipos:

- Juntas transversales de contracción son las que se construyen ortogonalmente al eje de trazo del pavimento. Su espaciamiento es para evitar agrietamiento provocado por los esfuerzos debidos a cambios de temperatura, humedad y secado.
- Juntas transversales de construcción son las ejecutadas al final de cada día de labores, o aquéllas realizadas por necesidades de proyecto en instalaciones o estructuras existentes. Ejemplo: cambios de pendientes para dar el gálibo en puentes, así como en aproches de puentes. Normalmente se planea con toda oportunidad desde la etapa de planeación.
- Juntas transversales de expansión/ aislantes son aquéllas que permiten el movimiento horizontal o los desplazamientos del pavimento respecto a estructuras existentes como estribos de puentes, losas de aproches, alcantarillas, entre otros.

- Juntas longitudinales de contracción: son aquellas juntas que dividen a los carriles en la dirección longitudinal, o las ejecutadas en donde se construyen dos o más anchos de carriles al mismo tiempo.
- Juntas longitudinales de construcción: son aquellas juntas existentes entre dos carriles contruidos en diferentes etapas. La principal función de las juntas transversales es evitar la formación aleatoria de agrietamientos así mismo determinar el ancho del carril. En vías transitadas en ambas direcciones y con ancho de pavimento menor a 7,60 metros, se debe construir una junta longitudinal para dividir el pavimento en dos franjas o carriles de igual ancho. En vías más amplías se deben construir tres juntas longitudinales

En pavimentos de concreto simple, el espaciamiento entre juntas no debe exceder los 4,50 metros, para que las losas tengan un buen comportamiento. En pavimentos con dovelas, las losas no deben ser mayores de 6,00 metros y en pavimentos reforzados las losas no deben ser mayores de 12,00 metros, lo cual permite un buen comportamiento, ya que espaciamientos mayores a los mencionados, produce problemas tanto en las juntas como en las fisuras transversales intermedias. La profundidad de la ranura superior de las juntas debe ser igual a $\frac{1}{3}$ del espesor de la losa.

Los espaciamientos de juntas comúnmente usados y que trabajan bien son, que la longitud de las losas no sea mayor a 25 veces el espesor ni mayor a 1,3 veces el ancho de la misma.

En el proyecto se empleará un espaciamiento de juntas transversales que no sea mayor a 25 veces el espesor de losa, por ende, da como resultado una distancia de 3,75, para fines constructivos se establece un espaciamiento de

3,00 metros y una junta longitudinal para dividir el pavimento en dos franjas o carriles de igual ancho y una profundidad de ranura de 1/3 del espesor de la losa.

2.2.8.4.7. Estructura final del pavimento

La estructura final del pavimento se establece de la siguiente manera:

Carpeta de rodadura de 15 centímetros. Con una resistencia a la compresión de 281 kg/cm² y un módulo de ruptura de 42 kg/cm². Se utilizan estos valores de resistencia a la compresión y a la flexión en función a que el tránsito promedio diario es bajo, cumpliendo las especificaciones límites que dictamina la Dirección General de Caminos.

Base granular de 15 centímetros. Con un valor soporte de mínimo, 70 al 95 % de compactación.

Subrasante, se empleará el suelo natural debido a que según ensayos de laboratorio se determinó un valor de apoyo alto. Juntas longitudinal y transversal a 2,50 metros y 3,00 metros, respectivamente.

2.2.8.4.8. Diseño de mezcla de concreto

Es el proceso para determinar las proporciones adecuadas basado en las especificaciones correspondientes; se requiere un concreto para pavimento con resistencia a compresión, $f'c$ de 281 kg/cm² (4000 PSI), sin aire incluido. El revenimiento debe ser de 75 mm y un agregado de tamaño máximo nominal de 25 mm.

El diseño de la mezcla puede hacerse utilizando dos métodos según el *American Concrete Institute (ACI)*. Estos son: el método del peso (basado en un peso estimado del concreto por volumen unitario) y del volumen absoluto (basado en el cálculo del volumen absoluto ocupado por los componentes del concreto). Para este proyecto se utilizará el método del peso.

Se establece la relación agua-cemento que sea pertinente al diseño, posteriormente, se emplearán tablas para obtener los datos correspondientes al concreto especificado anteriormente. Determinando la estructura a realizar, la tabla XVII especifica un revenimiento de 75 mm para pavimentos y losas.

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

Construcciones de concreto	Revenimiento mm (plg.)	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzado	75 (3)	25 (1)
Zapatas, cajones y muros de subestructuras sin refuerzo	75 (3)	25 (1)
Vigas y muros reforzados	100 (4)	25 (1)
Columnas de edificios	100 (4)	25 (1)
Pavimentos y losas	75 (3)	25 (1)
Concreto masivo	75 (3)	25 (1)

Fuente: PCA. *Diseño y control de mezclas de concreto*. p 191.

El tamaño máximo nominal del agregado grueso no debe exceder un tercio del espesor del pavimento. En la pavimentación de la calle El Pedregal se utilizará agregado grueso de 25 mm. Y estimando un módulo de finura para el agregado fino de 3,0.

La cantidad de agua a utilizar para un metro cubico de concreto sin aire incluido, en función del revenimiento y el agregado grueso, se estable que será de 193 litros, con base en la tabla XVIII.

Tabla XVIII. **Requerimientos de agua para mezcla y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales del agregado grueso**

Revenimiento (asentamiento mm)	Agua, kilogramos por metro cúbico de concreto para los tamaños de agregados							
	9,5 mm (3/8")	12,5 mm (1/2")	19 mm (3/4")	25 mm (1")	37,5 mm (1/2")	50 mm (2")	75 mm (3")	150 mm (6")
Concreto sin aire incluido								
25 a 50	207	199	190	179	166	154	130	113
75 a 100	228	216	205	193	181	169	145	124
150 a 175	243	228	216	202	190	178	160	--
Cantidad aproximada de aire atrapado en un concreto sin aire incluido, porcentaje.	3	2.5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
Concreto con aire incluido								
25 a 50	181	175	168	160	150	142	122	107
75 a 100	202	193	184	175	165	157	133	119
150 a 175	216	205	197	184	174	166	154	--
Promedio del contenido de aire total recomendado, para el nivel de exposición, porcentaje								
Exposición blanda	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
Exposición moderada	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5	3,0
Exposición severa	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0

Fuente: PCA. *Diseño y control de mezclas de concreto*. p. 190.

En el proyecto se seleccionó una relación agua/cemento de 0,57 sin aire incluido con base en un $f'c$ a los 28 días de 281 kg/cm² (4 000 PSI), basándose en la tabla XIX.

Tabla XIX. **Dependencia entre la relación agua-material cementante y la resistencia a compresión del concreto**

Resistencia a compresión a los 28 días, en lbs/pulg ² (kg/cm ²)	Relación agua/material cementante en masa	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
7 000 (492)	0,33	---
6 000 (420)	0,41	0,32
5 000 (350)	0,48	0,40
4 000 (281)	0,57	0,48
3 000 (210)	0,68	0,59
2 000 (140)	0,82	0,74

Fuente: PCA. Diseño y control de mezclas de concreto. p 187.

El agregado grueso se determinó en la tabla XX, con un valor de 0,65

Tabla XX. **Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto**

Tamaño máximo nominal del agregado mm (pulg.)	Volumen del agregado grueso varillado en seco por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura del agregado fino			
	2,40	2,60	2,80	3,00
9,5 (3/8)	0,50	0,48	0,46	0,44
12,5 (1/2)	0,59	0,57	0,55	0,53
19,00 (3/4)	0,66	0,64	0,62	0,60
25,00 (1)	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5 (1 1/2)	0,75	0,73	0,71	0,69
50 (2)	0,78	0,76	0,74	0,72
75 (3)	0,82	0,80	0,78	0,76
150 (6)	0,87	0,85	0,83	0,81

Fuente: PCA. Diseño y control de mezclas de concreto. p 188.

Se calcula la cantidad de cemento: dividiendo la cantidad de agua entre la relación agua-cemento.

$$\text{Cemento} = \frac{193 \text{ l/m}^3}{0,57} = 338,59 \text{ kg/m}^3$$

La cantidad de agregado se determina con la resta del peso del agua más cemento del peso específico del concreto que es 2 400 kg/m³.

$$\text{Peso agregados} = 2\,400 - (193 + 338,59) = 1\,868,41 \text{ kg/m}^3$$

El agregado grueso y fino se calcula en función del peso específico de los mismo, el cual tiene un rango de 1 400 kg/m³ a 1 600 kg/m³. Con base en la tabla XX se estableció un valor de 0,65 para el volumen del agregado grueso, el cual se multiplica por el peso de agregados y determina la proporción necesaria.

$$\text{Proporcion de agregado grueso} = 1\,868,41 * 0,65 = 1\,214,46 \text{ kg/m}^3$$

La proporción del agregado fino, se calcula con la resta del peso total de los agregados y el peso del agregado grueso.

$$\text{Proporcion de agregado fino} = 1\,868,41 - 1\,214,46 = 643,95 \text{ kg/m}^3$$

Obtenidos todos los pesos de los componentes de la mezcla para un metro cúbico de concreto. Se determina el diseño teórico en función de las proporciones, dividiendo la cantidad de cada material entre la cantidad de cemento calculada.

$$\frac{\text{Cemento}}{\text{Cemento}} : \frac{\text{Arena}}{\text{Cemento}} : \frac{\text{Piedrín}}{\text{Cemento}} : \frac{\text{Agua}}{\text{Cemento}}$$

$$\frac{338,59}{338,59} : \frac{643,95}{338,59} : \frac{1\ 214,46}{338,59} : \frac{193}{338,59}$$

Las proporciones en función de la resistencia requerida son:

$$1 : 1,90 : 3,58 : 0,57$$

Para obtener la relación en volumen para un metro cúbico de concreto, se multiplica por la proporción y se divide entre el peso específico de cada material.

$$\text{Cemento} = 338,59 \text{ kg/m}^3 * 1\text{m}^3 = \frac{338,59 \text{ kg}}{42,5 \frac{\text{kg}}{\text{saco}}} = 8 \text{ sacos}$$

$$\text{Piedrín} = 1\ 214,46 \text{ kg/m}^3 * 1\text{m}^3 = \frac{1\ 214,46 \text{ kg}}{1\ 600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,76 \text{ m}^3$$

$$\text{Arena} = 643,95 \text{ kg/m}^3 * 1\text{m}^3 = \frac{643,95 \text{ kg}}{1\ 400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,46 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = 193 \text{ l/m}^3 * 1\text{m}^3 = \frac{193 \text{ l}}{3,785 \frac{\text{l}}{\text{gal}}} = 51 \text{ gal}$$

La conversión de la relación de peso a relación en volumen, se toma en cuenta que un saco de cemento tiene un volumen de un pie cúbico.

$$\text{Cemento} = 1 \text{ pie}^3 * \left(\frac{1 \text{ m}}{3,28 \text{ pies}} \right)^3 = 0,02833 \text{ m}^3$$

$$\text{Arena} = (1,90 * 42,5 \text{ kg}) / 1400 \text{ kg/m}^3 = 0,058 \text{ m}^3$$

$$\text{Piedrín} = (3,58 * 42,5 \text{ kg}) / 1600 \text{ kg/m}^3 = 0,095 \text{ m}^3$$

$$\begin{array}{c} \text{Cemento: Arena: Piedrín} \\ \hline 0,02833 \quad 0,05767 \quad 0,09509 \\ \hline 0,02833 \quad 0,02833 \quad 0,02833 \end{array}$$

$$\text{Proporción volumen } 1 : 2,035 : 3,35 : 51 \text{ gal/m}^3$$

La proporción esta en volumen. Una bolsa de cemento tiene un volumen de un pie cúbico, por ende, para cada bolsa de cemento se utilizará 2 035 pies cúbicos de arena y 3,35 pies cúbicos de piedrín.

2.2.9. Diseño de drenaje

Los drenajes longitudinales como transversales son indispensables, tienen como objetivo la evacuación del agua superficial en la carretera, para evitar daños en las capas de la pavimentación, regulando la vida útil de la carretera.

2.2.9.1. Método racional

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

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

Donde:

Q = caudal máximo (m^3/s)

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de lluvia (mm/hr)

A = área de la cuenca (Ha)

En la tabla XXI 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 XXI. **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. Hydrology.* p. 86.

El tiempo de concentración de la cuenca se determina mediante un mapa del INSIVUMEH, determinando una intensidad de lluvia de 90 mm/hr.

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

$$Q = \frac{0,30 * 90 * 1,6}{360} = 0,12 \text{ m}^3/\text{s}$$

2.2.9.2. Diseño de drenaje transversal

Se construyen 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 5 cajas debido que se desfogará del mismo lado, tomando un valor de escorrentía de 0,30 y un factor de rugosidad de 0,010. Y se determinó de la siguiente manera el diámetro a emplear.

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

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

Empleando la ecuación del radio hidráulico de la sección y sustituyendo en la ecuación de Manning, se determina el diámetro a emplear.

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

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

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

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

$$D = \left(\frac{0,12 * 4^{5/3} * 0,010}{\pi * 0,0311^{1/2}} \right)^{3/8}$$

$$D = 0,238 \text{ m} = 9,38 \text{ pulgadas}$$

El diámetro mínimo a usar en carreteras es de 30 pulgadas por ello, se utilizará ese diámetro, debido a que no cumple el diámetro que se obtuvo.

2.2.9.3. 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 3,11 %. El área a drenar es de 1,6 Ha.

Se emplea la fórmula de Manning para determinar del flujo a sección llena y está en función del diámetro, la pendiente y el coeficiente de rugosidad. La fórmula es:

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

Donde:

V = velocidad a sección llena (m/s)

D = diámetro de la tubería (m)

S = pendiente de la tubería (decimales)

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

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

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.

$$0,12 = \left[\frac{1}{0,01} * \left(\frac{1 * y^2}{2y\sqrt{1+1^2}} \right)^{\frac{2}{3}} (0,0311)^{\frac{1}{2}} \right] * 1 * y^2$$

$$0,12 = \left[100 * \left(\frac{y}{2\sqrt{2}} \right)^{\frac{2}{3}} * 0,1764 \right] * y^2$$

$$0,12 = \left[(8,82)y^{\frac{2}{3}} \right] * y^2$$

$$0,12 = (8,82)y^{\frac{8}{3}}$$

$$y = \left(\frac{0,12}{8,82} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$$y = 0,1996 \text{ m}$$

El fondo de la cuneta a construir es de 0,20 m.

2.2.10. Planos del proyecto

Los planos del diseño de la carreta El Pedregal, aldea Piedra Parada Cristo Rey se ubican en el apéndice y están integrados por:

- Planta conjunto
- Planta-perfil en secciones
- Secciones

- Detalles constructivos

2.2.11. Presupuesto

Se integra con base en precios unitarios. Los salarios de la mano de obra se tomaron según los que se manejan en la dirección de planificación de la municipalidad de Santa Catarina Pinula y los precios de los materiales fueron considerados de acuerdo a cotizaciones realizadas en diferentes empresas dedicadas a la materia en el lugar. El presupuesto se detalla en la tabla XXII.

2.2.11.1. Resumen de presupuesto

A continuación se presenta un resumen del presupuesto de pavimentación de calle El Pedregal.

Tabla XXII. Presupuesto pavimentación calle El Pedregal

PRESUPUESTO					
PROYECTO:		CONSTRUCCION DE PAVIMENTO DE LA CALLE EL PEDREGAL, ALDEA PIEDRA PARADA CRISTO REY, SANTA CATARINA PINULA			
No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	TRABAJOS PRELIMINARES				Q12,724.18
1.01	LIMPIEZA, CHAPEO Y DESTRONQUE	1,000	Ha	Q3 113,53	Q3,113,53
1.02	TRAZO Y NIVELACION	1 017,00	m	Q9,45	Q9,610,65
1.03	TOPOGRAFÍA	1,02	Km	Q17 550,00	Q17,901,00
2	PAVIMENTACIÓN				Q2,991,208,63
2.01	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA DESPERDICIO	4 585,20	m3	Q107,55	Q493,138,26
2.02	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA	502,25	m3	Q105,52	Q52,997,42
2.03	BASE CON MATERIAL GRANULAR COMPACTADO AL 95% SEGÚN AASHTO T-180, espesor 0.15m	991,58	m3	Q259,59	Q257,404,25
2.04	APLICACIÓN DE CONCRETO HIDRAULICO DE 4000 PSI, espesor 0.15m	5 085,00	m2	Q430,22	Q2,187,668,70
3	TRABAJOS VARIOS				Q348,940,49
3.01	CONSTRUCCIÓN DE CUNETAS TIPO TRIANGULAR	926,00	m	Q167,57	Q155,169,82
3.02	BORDILLO PREFABRICADO	1 108,00	m	Q116,25	Q128,805,00
3.03	EXCAVACION (RELLENO)	47,50	m3	Q169,97	Q8,073,58
3.04	CAJAS	5,00	Unidad	Q4 909,26	Q24,546,30
3.05	TUBERÍA	24,00	m	Q1 061,71	Q25,481,04
3.06	LIMPIEZA Y RETIRO DE MATERIAL SOBRANTE	2 542,50	m2	Q2,70	Q6,864,75
COSTO TOTAL DEL PROYECTO		Q3 352 873,30			

Fuente: elaboración propia.

2.2.12. 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 XXIII. Cronograma físico-financiero

CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO DE LA CALLE EL PEDREGAL, ALDEA PIEDRA PARADA CRISTO REY, SANTA CATARINA PINULA.																			
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	12	
1 TRABAJOS PRELIMINARES																			
1.01	LIMPIEZA, CHAPEO Y DESTRONQUE	1.000	Ha	Q 3,113.53	0.09%	0.09%	■											Q 3,113.53	
1.02	TRAZO Y NIVELACION	1,017.00	m	Q 9,610.65	0.29%	0.38%	■	■										Q 9,610.65	
1.03	TOPOGRAFÍA	1.02	Km	Q 17,901.00	0.53%	0.91%	■	■										Q 17,901.00	
2 PAVIMENTACIÓN																			
2.01	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA DESPERDICIO	4,585.20	m3	Q 493,138.26	14.63%	15.01%	■	■	■									Q 493,138.26	
2.02	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA	502.25	m3	Q 52,997.42	1.57%	16.58%		■	■	■								Q 52,997.42	
2.03	BASE CON MATERIAL GRANULAR COMPACTADO AL 95% SEGÚN AASHTO T-180, espesor 0.15m	991.58	m3	Q 257,404.25	7.64%	24.22%				■	■							Q 128,702.125	
2.04	APLICACIÓN DE CONCRETO HIDRAULICO DE 4000 PSI, espesor 0.15m	5,085.00	m2	Q 2,187,668.70	64.90%	89.12%					■	■						Q 2,187,668.70	
3 TRABAJOS VARIOS																			
3.01	CONSTRUCCIÓN DE CUNETAS TIPO TRIANGULAR	926.00	m	Q 155,169.82	4.60%	93.72%							■	■				Q 155,169.82	
3.02	BORDILLO PREFABRICADO	1,108.00	m	Q 128,805.00	3.82%	97.54%								■	■			Q 128,805.00	
3.03	EXCAVACION (RELLENO)	47.50	m3	Q 8,073.58	0.24%	97.78%		■										Q 8,073.58	
3.04	CAJAS	5.00	Unidad	Q 24,546.30	0.73%	98.51%		■	■									Q 24,546.30	
3.05	TUBERÍA	24.00	m	Q 25,481.04	0.76%	99.27%		■										Q 25,481.04	
3.06	LIMPIEZA Y RETIRO DE MATERIAL SOBRENTE	2,542.50	m2	Q 6,864.75	0.20%	99.47%										■		Q 6,864.75	
Avance Financiero				Q 3,370,774.30	100.0%		Q 763,563.91	Q 2,316,370.83	Q 290,839.57									Q 3,370,774.30	
Avance Financiero Acumulado							Q 763,563.91	Q 3,079,934.74	Q 3,370,774.31									Q 3,370,774.30	

Fuente: elaboración propia.

2.2.13. Evaluación ambiental

Es un análisis que pronostica futuros impactos ambientales derivado de las acciones humanas, llevando acabo alternativas que permitan atenuar los impactos que llegasen a ocurrir. El propósito es detectar las consecuencias significativas para tomar decisiones que determinen soluciones eficaces a los efectos que ocurran.

Cumpliendo la Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente, Decreto núm. 68-66, artículo núm 4; el estado de Guatemala velará porque la planificación del desarrollo nacional sea compatible con la necesidad de proteger, conservar y mejorar el medio ambiente. Y el acuerdo ministerial núm. 199-2016 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) que contiene un listado taxativo para la clasificación de proyectos de bajo impacto ambiental. En el cual la categoría para este proyecto es la C que corresponde a actividades de bajo impacto ambiental, se llena el formulario de Evaluación Ambiental Inicial (formato DVGA-GA-R-002).

En el apéndice 5 se adjunta el formulario de evaluación ambiental inicial del proyecto de pavimento rígido para la calle El Pedregal, aldea Piedra Parada Cristo Rey, Santa Catarina Pinula, Guatemala.

3. DIAGNÓSTICO DE SANEAMIENTO

3.1. Agua para consumo humano

El municipio de Santa Catarina Pinula se abastecen por medio de un sistema de distribución de agua potable. Existen tres nacimientos o puntos de filtración de agua natural, los cuales son Las Minas, Las tortugas y La Salvadora. También cuenta con 24 pozos mecánicos distribuidos en las aldeas y zonas que conforman el municipio, con lo cual brindan la cantidad de 9 301 servicios.

Antes los pozos se perforaban a 800 pies, pero en la actualidad se cavan a 1 mil 600 pies, debido a que el nivel freático ha bajado considerablemente en los últimos años por la demanda que representa el crecimiento urbano, industrial y del sector vivienda.

3.2. Disposición de desechos solidos

Hoy en día la recolección, traslado, tratamiento y almacenamiento de los residuos es un gran reto, debido a que se tiene un manejo inadecuado, y trae consecuencias que afectan al medio ambiente y la calidad de vida de los seres humanos. Esto se debe a la poca importancia de los pobladores, y a veces a las autoridades municipales que no brindan un servicio adecuado.

El municipio de Santa Catarina Pinula, no cuenta con un servicio de extracción de basura municipal, pero si cuenta con la limpieza de calles y callejones de todo el municipio, en los cuales sus colaboradores son los

encargados de mantener un municipio limpio, mejorando la calidad de vida de los pobladores. Los desechos sólidos son transportados a botaderos fuera del municipio, autorizados.

Existe la recolección de desechos sólidos privada, pero muchas personas no pagan ese servicio por diferentes razones, y por ende no se tiene una disposición adecuada. Generando acumulación de basura y botaderos clandestinos sin ningún tratamiento o manejo adecuado de los mismos.

3.3. Disposición de excretas y aguas residuales

El municipio brinda 2 300 servicios con sistemas de alcantarillado sanitario lo que representa el 25 % y una parte restante que son en pozos de absorción para el desalojo de las aguas residuales, sin embargo, no se cumple en su totalidad este servicio debido a que, en algunos sectores, desfogan a flor de tierra, con lo cual genera insalubridad y contamina el medio ambiente.

Por ello es de suma importancia la construcción de sistemas de alcantarillado sanitario adecuados para satisfacer las necesidades de los pobladores, y promoviendo el desarrollo integral del municipio.

3.4. Servicio de alcantarillado pluvial

En el municipio no se cuenta con alcantarillado pluvial en las viviendas, debido a que se conectan en el drenaje sanitario, sin embargo, en las calles, avenidas y callejones existe el servicio de rejillas, tragantes, en los cuales se desfogan las aguas pluviales.

CONCLUSIONES

1. El diseño del sistema de alcantarillado sanitario en el sector La Tomatera, aldea El Carmen y pavimento rígido para la calle El Pedregal, aldea Piedra Parada Cristo Rey, Santa Catarina Pinula, beneficiarán a la población de las aldeas antes mencionadas, debido a que aportan al desarrollo del municipio y mejoran las condiciones de vida de los pobladores.
2. Al llevar acabo la monografía del municipio se determinó la priorización de los dos proyectos con los cuales se solucionará el problema de alcantarillado sanitario y pavimentación de las aldeas, El Carmen y Piedra Parada Cristo Rey.
3. Con el diseño del sistema de alcantarillado sanitario en el sector La Tomatera, aldea El Carmen, se estableció 2,013 metros de línea de conducción, 64 pozos de visita y 352 conexiones domiciliarias.
4. En el diseño de la pavimentación de calle El Pedregal, aldea Piedra Parada Cristo Rey, se estipuló una longitud de 1 017 metros, con un espesor de 15 centímetros de pavimento rígido y 5 tragantes.
5. Con los conocimientos, y herramientas adquiridas en la carrera de ingeniería civil, enfocándose en ingeniería sanitaria y vías terrestres, y cumpliendo con las especificaciones establecidas, se llevó acabo los diseños más factibles, estableciéndose un tiempo de tres meses de ejecución para cada proyecto y un presupuesto de Q2 520 469,43 para el alcantarillado sanitario y de Q3 352 873,30 para la pavimentación.

RECOMENDACIONES

1. Iniciar la construcción del sistema de alcantarillado sanitario lo antes posible, para brindar salubridad e higiene a los pobladores y no se continúe afectando el medio ambiente.
2. Supervisar las obras de construcción, que cumplan con las especificaciones determinadas y empleando los métodos constructivos apropiados.
3. Cuidar por la calidad de los materiales de construcción que se empleen y realizar los ensayos pertinentes, garantizando la vida útil de los mismos y un buen funcionamiento.
4. Implementar normas, manuales del cuidado y uso correcto a las instalaciones del sistema de alcantarillado sanitario e infraestructura vial, dándole un adecuado mantenimiento a las obras y hacer conciencia a los pobladores el no arrojar basura en el alcantarillado y medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALCANTARA GARCÍA, Dante. *Topografía*. 1a ed. México: McGraw-Hill:Interamericana de México, 1990. 579 p.
2. BERDUCIDO ARANA, Sergio David. *Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la aldea El Manzano La Libertad y carretera hacia la aldea San José El Manzano*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2017. 184 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. 723 p.
4. Empresas Públicas de Medellín E.S.P. *Normas de Diseño de Sistemas de alcantarillado de EPM*. Colombia: EPM, 2009. 240 p.
5. HERNÁNDEZ CANALES, Juan Carlos. *Características físicas y propiedades mecánicas de los suelos y sus métodos de medición*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 550 p.

6. HERNÁNDEZ XET, Otoqui Junajpú. *Diseño del pavimento rígido para la aldea Potrerillos y sistema de agua potable para la zona 2, Zaragoza, Chimaltenango*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2015. 274 p.
7. Instituto de Fomento Municipal. *Normas generales para el diseño de alcantarillados*. Guatemala: INFOM, 2001. 25 p.
8. LECLAIR, Raúl. *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras*. 2a ed. Según convenio No. 596-0184.20, PROALCA II, SIECA, 2004. 322 p.
9. PCA. *Diseño y control de mezclas de concreto*. Illinois: PCA, 2004. 448 p. ISBN: 0-89312-233-5.
10. PORRES VELÁSQUEZ, Edgar Leonel. *Santa Catarina Pinula. El Municipio que está avanzando*. [en línea]. <<http://scp.gob.gt/dam/municipalidad-scp/documentos/MONOGRAFIA/monografia.pdf>>. [Consulta: enero 2019].
11. SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. 2a ed. México: M. en A. Soledad Moliné Venanzi, 2015 Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C, 2015. 217 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Diseño hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario en el sector La Tomatera, aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula, Guatemala**

The table is a detailed hydraulic design spreadsheet. It contains columns for stationing (e.g., 0+00, 0+10, 0+20), pipe diameter (e.g., 150, 200, 250 mm), slope (e.g., 0.005, 0.010), and flow characteristics (e.g., velocity, discharge). The data is organized into several vertical sections, likely representing different segments of the sewer line. On the left side, there is a title block with the following text: 'Municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala', 'Sector La Tomatera, Aldea El Carmen', 'Diseño del Sistema de Alcantarillado Sanitario', 'Escala: 1:100', and 'Fecha: 2010'. The table is filled with numerical values and small schematic symbols representing pipe fittings and manholes.

Fuente. elaboración propia.

Apéndice 2. **Evaluación Ambiental Inicial del Proyecto de alcantarillado sanitario sector La Tomatera, aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula, Guatemala**



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"> • Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial, colocando una X en las casillas donde corresponda y debe ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera. • Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información. • La información debe ser completada, utilizando letra de molde legible o a máquina de escribir. • 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: vunica@marn.gob.gt • 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). • Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN. 	<p>No. Expediente:</p> <p>Clasificación del Listado Taxativo</p> <p>Firma y Sello de Recibido</p>
I. INFORMACION LEGAL	
I.1. Nombre del proyecto, obra, industria o actividad (OBLIGATORIAMENTE que tenga relación con la actividad a realizar):	
Diseño de alcantarillado sanitario	
1.1.2 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento.	
El proyecto consta de la instalación de 2 013,78 m de tubería PVC de 8 pulgadas con norma F949, 64 pozos de visita de concreto armado y 352 conexiones domiciliarias para satisfacer a la población del sector La Tomatera, aldea El Carmen.	
I.2. Información legal:	
A) Persona Individual:	
A.1. Representante Legal:	
Lic. Victor Gonzalo Alvarizaes Monterroso	
B) De la empresa:	
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	
C) De la Propiedad:	
No. De Finca N/A Folio No. N/A Libro No. N/A de	
Es de dominio público común dónde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad.	
D) De la Empresa y/o persona individual:	
Número de Identificación Tributaria (NIT): 618069-8	

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500



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; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento)		
Sector La Tomatera, aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula, Guatemala.		
Especificar Coordenadas Geográficas		
Coordenadas Geográficas Datum WGS84		
Geográficas		GTM
Latitud 14° 33' 00,32"		Latitud 1609860 m
Longitud 90° 30' 39,05" O		Longitud 498831 m
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; OBLIGATORIAMENTE 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		
II. INFORMACION GENERAL		
Se debe proporcionar una descripción de las actividades que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad según etapas siguientes:		
II.1 Etapa de Construcción	Operación	Abandono
<ul style="list-style-type: none"> • Actividades a realizar <ol style="list-style-type: none"> 1. Trazo y nivelación 2. Excavación en línea de alcantarillado y pozos de visita 3. Retiro de material 4. Colocación de tubería 5. Fundición de pozos de visita 6. Relleno y compactación 7. Reparación de asfalto 8. Retiro de material sobrante • Insumos necesarios <ol style="list-style-type: none"> 1. Agua potable 2. Energía eléctrica 3. Combustible • Maquinaria <ol style="list-style-type: none"> 1. Compactadores de mano 2. Camiones de volteo 3. Rodos vibratorios • Otros de relevancia <ol style="list-style-type: none"> 1. Bodegas 2. Inodoros portátiles 	<ul style="list-style-type: none"> • Actividades o procesos <ol style="list-style-type: none"> 1. Limpieza de conexiones domiciliarias y pozos 2. Mantenimiento • Materia prima e insumos <ol style="list-style-type: none"> 1. Agua potable • Maquinaria <ol style="list-style-type: none"> 1. Camiones • Productos y Subproductos (bienes y servicios) <ol style="list-style-type: none"> 1. Servicio de limpieza • Horario de Trabajo <ol style="list-style-type: none"> 1. 8 horas • Otros de relevancia 	<ul style="list-style-type: none"> • Acciones a tomar en caso de cierre <ol style="list-style-type: none"> 1. Entregar planos a la municipalidad 2. Reunión con autoridades locales y municipales 3. Diseño de nuevo sistema de alcantarillado sanitario
II.3 Área		
a) Área total de terreno en metros cuadrados:		85 590
b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados:		12 084
Área total de construcción en metros cuadrados:		2 014

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
 VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN
II.4 Actividades colindantes al proyecto:		
NORTE ESTE	Vivienda Vivienda y carretera	SUR OESTE
		Vivienda y carretera Carretera
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
Viviendas	Norte, Sur, Este y Oeste	2,5 metros
Rio	Sur	50 metros
Carretera	Sur, Este	2 metros
II.5 Dirección del viento:		
II.6 En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo ha estado o está expuesto?		
a) inundación (X)	b) explosión ()	c) deslizamientos ()
d) derrame de combustible ()	e) fuga de combustible ()	d) Incendio () e) Otro ()
Detalle la información: En el sector la tomatara, acorde a la topografía es muy susceptible a inundaciones por cambios de nivel.		
II.7 Datos laborales		
a) Jornada de trabajo: Diurna (X)	Nocturna () Mixta ()	Horas Extras _____
b) Número de empleados por jornada	5	Total empleados 5
II.8 USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTRO...		
Si		

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 público						
	Pozo						
	Agua especial	Sí	100 lt/hr	Privado	Construcción		pipa
	Superficial						
Combustible	Otro						
	Gasolina	Sí	25 gal/mes	Gasolinera	Maquinaria		recipientes
	Diesel	Sí	92 gal/mes	Gasolinera	Maquinaria		recipientes
	Bunker						
	Glp						
	Otro						
Lubricantes	Solubles						
	No solubles	Sí	9 gal/mes		Maquinaria		recipientes
Refrigerantes		No					
Otros							

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?

Si, son generados al realizar la excavación y el transporte del mismo.

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?

Un riego constante para mitigar las partículas en el aire y protección de los camiones de volteo con lonas en la movilización.

**DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-**

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
RUIDO Y VIBRACIONES	
<p>III.3 Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones?</p> <p style="text-align: center;">No.</p>	
<p>III.4 En donde se genera el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, etc.)</p> <p style="text-align: center;">Maquinaria, equipo de trabajo y vehículos.</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?</p> <p style="text-align: center;">Utilización d protección en los oídos para los trabajadores con sentido del oído muy fino.</p>	
OLORES	
<p>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:</p> <p style="text-align: center;">No.</p>	
<p>III.7 Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente?</p> <p style="text-align: center;">No aplica.</p>	
IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA	
AGUAS RESIDUALES	
CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES	
<p>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.</p> <p>que tipo de aguas residuales (aguas negras) se generan?</p> <p>a) <u>Ordinarias</u> (aguas residuales generadas por las actividades domésticas)</p> <p>b) <u>Especiales</u> (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias)</p> <p>c) <u>Mezcla</u> de las anteriores</p> <p>d) Otro;</p> <p>Cualquiera que fuera el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de aguas residuales generado</p> <p style="text-align: center;">No aplica, se emplearán inodoros portátiles lo cuales se limpiarán cada 2 días.</p>	
<p>IV.2 Indicar el número de servicios sanitarios</p> <p style="text-align: center;">2</p>	
INSTRUCCIONES	
PARA USO INTERNO DEL MARN	
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	
<p>IV.3 Describir que tipo de tratamiento se da o se propone dar a las aguas residuales generadas por la actividad. (usar hojas adicionales)</p> <p>a) sistema de tratamiento</p> <p>b) Capacidad</p> <p>c) Operación y mantenimiento</p> <p>d) Caudal a tratar</p> <p>e) Etc.</p>	

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

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

En planta de tratamiento.

AGUA DE LLUVIA (AGUAS PLUVIALES)

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.)

El agua de lluvia escurre a cajas unificadoras las cuales se dirigen a un cuerpo receptor de agua.

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.):

Plástico, papel, cartón, orgánicos.

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?

No aplica.

V.4 Se efectúa algún tipo de tratamiento de los desechos (comunes o peligrosos), Explicar el método y/o equipo utilizado

No aplica.

V.5 Si los desechos se trasladan a otro lugar, para tratamiento o disposición final, indicar el tipo de transporte utilizado

Servicio de extracción de basura privada.

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?

No.

V.7 Indicar el sitio de disposición final de los desechos generados (comunes y peligrosos)

Basurero.

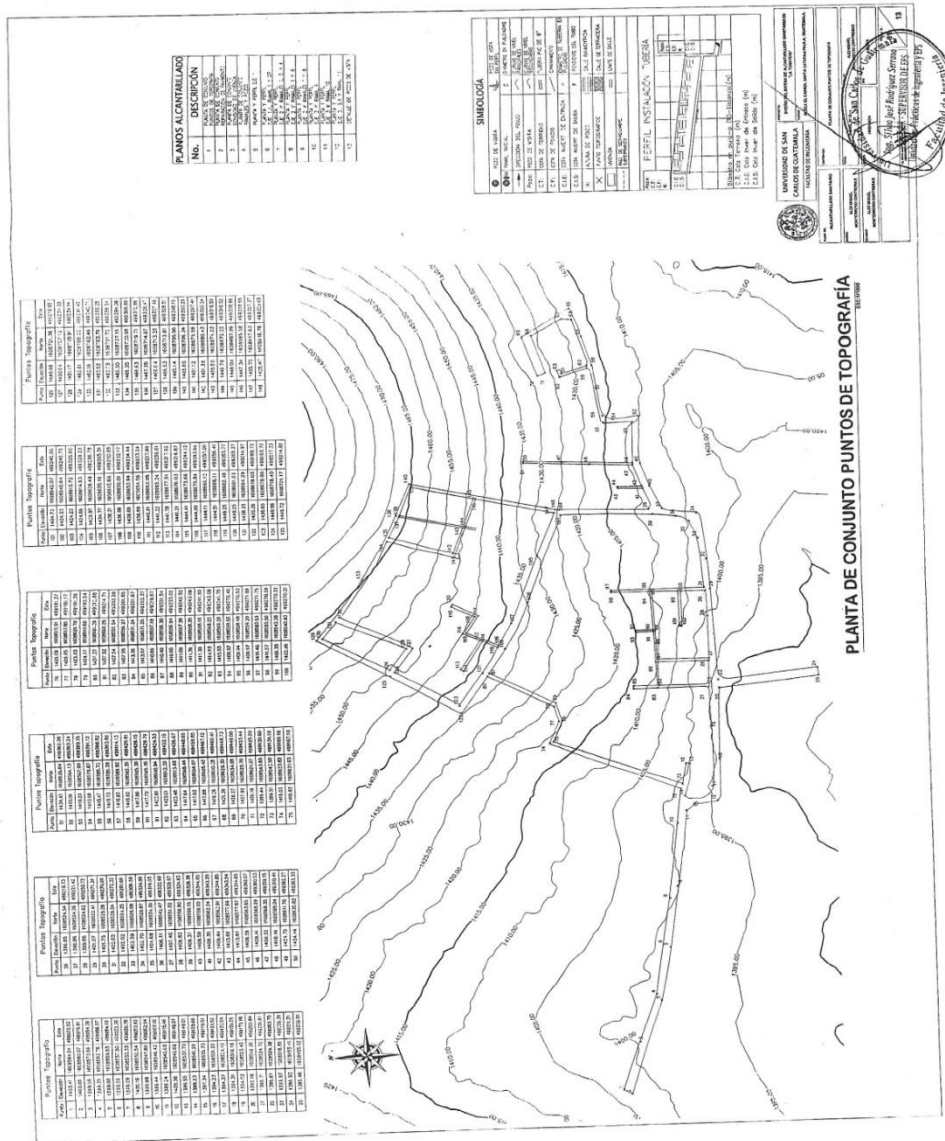
**DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-**

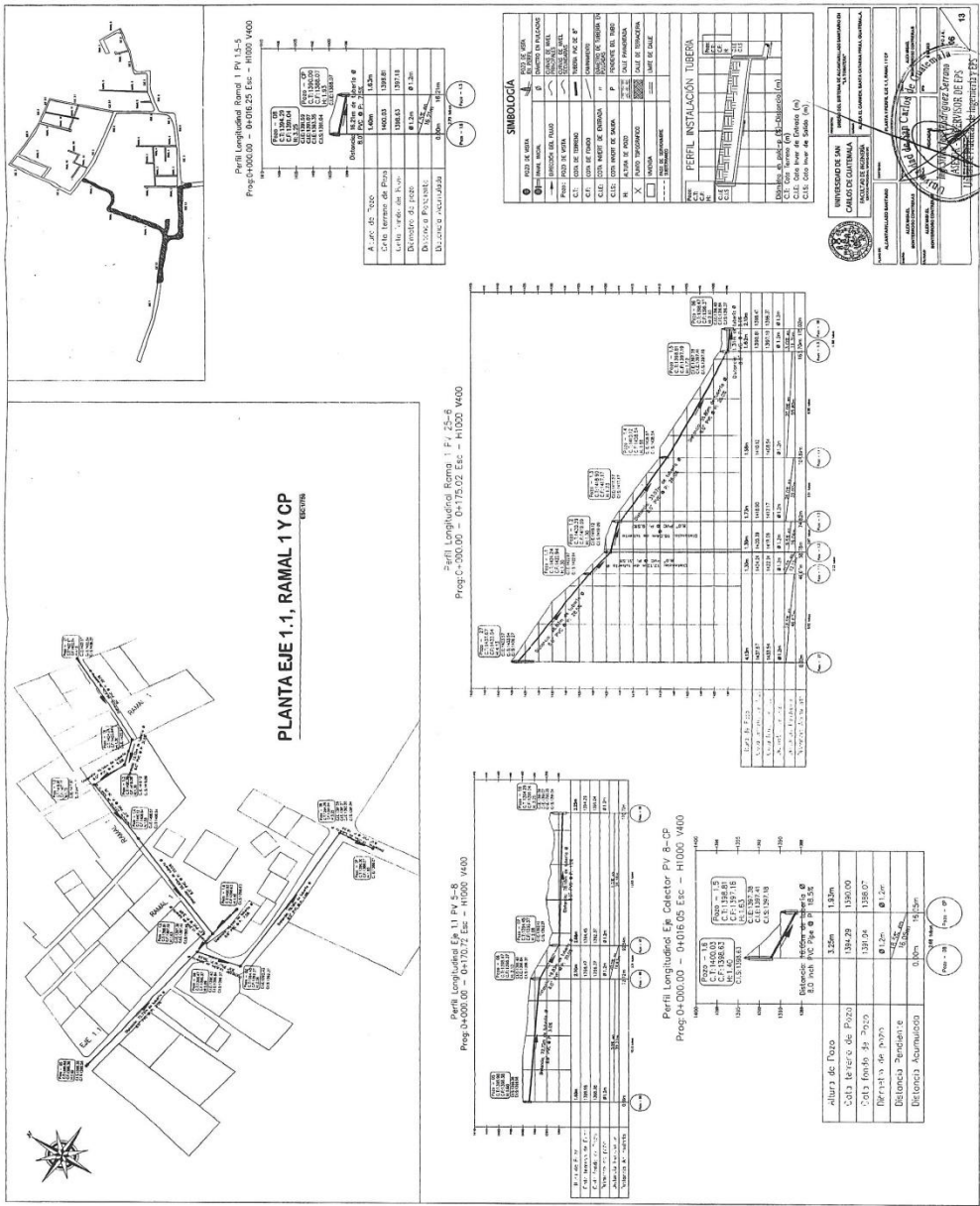
INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
VI. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA	
CONSUMO	
VI.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes) 230	
VI.2 Forma de suministro de energía	
a) Sistema público	
b) Sistema privado	Empresa Eléctrica de Guatemala EEGSA
c) generación propia	
VI.3 Dentro de los 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?	
Uso adecuado de la energía eléctrica y cuando sea en necesaria.	
VII. POSIBILIDAD DE AFECTAR LA BIODIVERSIDAD (ANIMALES, PLANTAS, BOSQUES, ETC.)	
VII.1 En el sitio donde se ubica la empresa o actividad, existen:	
<ul style="list-style-type: none"> - Bosques - Animales - Otros 	
Especificar Información No aplica	
VII.2 La operación de la empresa requiere efectuar corte de árboles?	
No.	
VII.3 Las actividades de la empresa, pueden afectar la biodiversidad del área? SI () NO (X) Por qué?	
Se llevarán a cabo las actividades en zona urbana.	
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	2 vehículos.
b) Tipo de vehículo	Pick up.
c) sitio para estacionamiento y área que ocupa	Terreno municipal
d) Horario de circulación vehicular	Todo el día.
e) Vías alternas	No aplica
IX. EFECTOS SOCIALES, CULTURALES Y PAISAJÍSTICOS	
ASPECTOS CULTURALES	
IX.1 En el área donde funciona la actividad, existe alguna (s) etnia (s) predominante, cuál?	
No.	

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
RECURSOS ARQUEOLÓGICOS Y CULTURALES 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	
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) IX.4 Qué tipo de molestias? <div style="text-align: right;">No aplica.</div> IX.5 Qué se ha hecho o se propone realizar para no afectar al vecindario? <div style="text-align: right;">No aplica.</div>	
PAISAJE IX.6 Cree usted que la actividad afecta de alguna manera el paisaje? Explicar por qué? <div style="text-align: right;">Si, solamente en la fase de construcción.</div>	
X. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD	
X.1 Efectos en la salud humana de la población circunvecina: a) <input checked="" type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio b) <input type="checkbox"/> la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores c) <input type="checkbox"/> 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 serian las actividades riesgosas: <div style="text-align: right;">No aplica.</div>	
X.3 riesgos ocupacionales: <input type="checkbox"/> Existe alguna actividad que representa riesgo para la salud de los trabajadores <input type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores <input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores <input checked="" type="checkbox"/> No existen riesgos para los trabajadores Ampliar información: <div style="text-align: center;">Ninguna de las actividades representa riesgo para los trabajadores, ya que se exige y emplean el equipo de seguridad adecuado.</div>	
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: Casco protector, lentes de protección, botas punta de acero, chalecos reflectivos y protección auditiva. 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? <div style="text-align: center;"> 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. </div>	

Apéndice 3. **Planos del sistema de alcantarillado sanitario sector La Tomatera, aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula, Guatemala**





PLANTA EJE 1.1, RAMAL 1 Y CP

Perfil Longitudinal Ramal 1 P1-15-5
Prog-04000.00 - 0+100.00 Esc. - H1000 W400

Altura de Fudo	1.50m
Cota letero de P220	1342.29
Cota fondo de Pozo	1337.04
Perfil a 0.20m	Ø 12" x 5.0m
Distancia Pendiente	0.00m
Distancia Admisión	0.00m

Perfil Longitudinal Ramal 1 P1-25-6
Prog-C-200.00 - 0+175.02 Esc. - H1000 W400

Perfil Longitudinal Eje 1.1 P1-4-8
Prog-04000.00 - 0+170.7 Esc. - H1000 W400

Altura de Fudo	1.50m
Cota letero de P220	1342.29
Cota fondo de Pozo	1337.04
Perfil a 0.20m	Ø 12" x 5.0m
Distancia Pendiente	0.00m
Distancia Admisión	0.00m

Perfil Longitudinal Eje Colector P1-8-C-CP
Prog-04000.00 - 0+018.05 Esc. - H1000 W400

Altura de Fudo	1.50m
Cota letero de P220	1342.29
Cota fondo de Pozo	1337.04
Perfil a 0.20m	Ø 12" x 5.0m
Distancia Pendiente	0.00m
Distancia Admisión	0.00m

SIMBOLOGIA

0	POZO DE AGUA
1	TRAMO RECTO
2	CURVA DE TRANSICION
3	CURVA DE ALINEACION
4	TRAMO DE ALINEACION
5	TRAMO DE TRANSICION
6	TRAMO DE TRANSICION
7	TRAMO DE TRANSICION
8	TRAMO DE TRANSICION
9	TRAMO DE TRANSICION
10	TRAMO DE TRANSICION
11	TRAMO DE TRANSICION
12	TRAMO DE TRANSICION
13	TRAMO DE TRANSICION
14	TRAMO DE TRANSICION
15	TRAMO DE TRANSICION
16	TRAMO DE TRANSICION
17	TRAMO DE TRANSICION
18	TRAMO DE TRANSICION
19	TRAMO DE TRANSICION
20	TRAMO DE TRANSICION
21	TRAMO DE TRANSICION
22	TRAMO DE TRANSICION
23	TRAMO DE TRANSICION
24	TRAMO DE TRANSICION
25	TRAMO DE TRANSICION
26	TRAMO DE TRANSICION
27	TRAMO DE TRANSICION
28	TRAMO DE TRANSICION
29	TRAMO DE TRANSICION
30	TRAMO DE TRANSICION
31	TRAMO DE TRANSICION
32	TRAMO DE TRANSICION
33	TRAMO DE TRANSICION
34	TRAMO DE TRANSICION
35	TRAMO DE TRANSICION
36	TRAMO DE TRANSICION
37	TRAMO DE TRANSICION
38	TRAMO DE TRANSICION
39	TRAMO DE TRANSICION
40	TRAMO DE TRANSICION
41	TRAMO DE TRANSICION
42	TRAMO DE TRANSICION
43	TRAMO DE TRANSICION
44	TRAMO DE TRANSICION
45	TRAMO DE TRANSICION
46	TRAMO DE TRANSICION
47	TRAMO DE TRANSICION
48	TRAMO DE TRANSICION
49	TRAMO DE TRANSICION
50	TRAMO DE TRANSICION

INSTITUCION DE EDUCACION SUPERIOR
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE AGUAS CALIENTES Y AGUAS CÁLIDAS
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE AGUAS CALIENTES Y AGUAS CÁLIDAS
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE AGUAS CALIENTES Y AGUAS CÁLIDAS

Apéndice 4. **Resumen de la corrección de subrasante**

Curva No. 1

Estación	Elemento	Pendiente	Elevación Subrasante	Corrección	Subrasante corregida
0+114.21	PCV	-15.90	1 832,95	0,0000	1 832,95
0+120.00			1 832,03	0,0516	1 832,08
0+140.00			1 828,85	1,0243	1 829,87
0+160.00			1 825,67	3,2290	1 828,90
0+164.21	PIV	14.90	1 825,00	3,8500	1 828,85
0+180.00			1 827,35	1,8023	1 829,16
0+200.00			1 830,33	0,3110	1 830,64
0+214.21	PTV		1 832,45	0,0000	1 832,45

Curva No. 2

Estación	Elemento	Pendiente	Elevación Subrasante	Corrección	Subrasante corregida
0+231.46	PCV	14.90	1 835,02	0,0000	1 835,02
0+240.00			1 836,29	0,1543	1 836,44
0+260.00			1 839,27	1,7227	1 840,99
0+266.46	PIV	-14.71	1 840,23	2,5909	1 842,82
0+280.00			1 838,24	0,9740	1 839,21
0+300.00			1 835,30	0,0045	1 835,30
0+301.46	PTV		1 835,08	0,0000	1 835,08

Continuación del apéndice 4.

Curva No. 3

Estación	Elemento	Pendiente	Elevación Subrasante	Corrección	Subrasante corregida
0+475.69	PCV	-14.71	1 809,44	0,0000	1 809,44
0+480.00			1 808,81	0,0158	1 808,82
0+500.00			1 805,87	0,5015	1 806,37
0+520.00			1 802,92	1,6661	1 804,59
0+528.19	PIV	3.11	1 801,72	2,3389	1 804,06
0+540.00			1 802,09	1,4050	1 803,49
0+560.00			1 802,71	0,3633	1 803,07
0+580.00			1 803,33	0,0004	1 803,33
0+580.69	PTV		1 803,35	0,0000	1 803,35

Curva No. 4

Estación	Elemento	Pendiente	Elevación Subrasante	Corrección	Subrasante corregida
0+605.28	PCV	3.11	1 804,12	0,0000	1 804,12
0+620.00			1 804,58	0,7299	1 805,31
0+622.78	PIV	-20.47	1 804,67	2,3389	1 807,01
0+640.00			1 801,15	0,0001	1 801,15
0+640.28	PTV		1 801,08	0,0000	1 801,08

Curva No. 5

Estación	Elemento	Pendiente	Elevación Subrasante	Corrección	Subrasante corregida
0+651.84	PCV	-20.47	1 798,72	0,0000	1 798,72
0+660.00			1 797,05	0,0451	1 797,09
0+680.00			1 792,96	0,5368	1 793,49
0+700.00			1 788,86	1,5701	1 790,43
0+709.34	PIV	-4.90	1 786,95	2,2382	1 789,19
0+720.00			1 786,43	1,4852	1 787,91
0+740.00			1 785,45	0,4877	1 785,94
0+760.00			1 784,47	0,0317	1 784,50
0+766.84	PTV		1 784,09	0,0000	1 784,09

Continuación del apéndice 4.

Curva No. 6

Estación	Elemento	Pendiente	Elevación Subrasante	Corrección	Subrasante corregida
0+780.79	PCV	-4.90	1 783,40	0,0000	1 783,40
0+800.00			1 782,55	0,8497	1 783,40
0+800.79	PIV		1 782,41	0,9210	1 783,33
0+820.00		-23.32	1 778,39	0,0014	1 778,40
0+820.79	PTV		1 777,74	0,0000	1 777,74

Curva No. 7

Estación	Elemento	Pendiente	Elevación Subrasante	Corrección	Subrasante corregida
0+841.87	PCV	-23.32	1 772,83	0,0000	1 772,83
0+860.00			1 768,60	0,4992	1 769,10
0+880.00			1 763,93	2,2079	1 766,14
0+896.87	PIV		1 760,00	4,5939	1 764,59
0+900.00		10.09	1 760,32	4,0859	1 764,40
0+920.00			1 762,33	1,5425	1 763,88
0+940.00			1 764,35	0,2140	1 764,57
0+951.87	PTV		1 765,55	0,0000	1 765,55

Fuente. elaboración propia.

Apéndice 5. **Evaluación Ambiental Inicial del Proyecto de pavimento rígido para la calle El Pedregal, aldea Piedra Parada Cristo Rey, Santa Catarina Pinula, Guatemala**



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"> • Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial, colocando una X en las casillas donde corresponda y debe ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera. • Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información. • La información debe ser completada, utilizando letra de molde legible o a máquina de escribir. • 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: vunica@marn.gob.gt • 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). • Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN. 	<p>No. Expediente:</p> <p>Clasificación del Listado Taxativo</p> <p>Firma y Sello de Recibido</p>
I. INFORMACIÓN LEGAL	
<p>1.1. Nombre del proyecto, obra, industria o actividad (OBLIGATORIAMENTE que tenga relación con la actividad a realizar):</p> <p style="text-align: center;">Diseño de pavimentación</p> <p>1.1.2 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento. El proyecto consta de la construcción de 1 017 m de pavimento rígido con espesor de 15 centímetros, 5 cajas transversal con tubería de 30 pulgadas bajo la norma F949, cunetas y bordillos. Para satisfacer a la población de la calle El Pedregal, aldea Piedra Parada Cristo Rey.</p>	
<p>1.2. Información legal:</p> <p>A) Persona Individual:</p> <p>A.1. Representante Legal: Lic. Victor Gonzalo Alvarizaes Monterroso</p> <hr/> <p>B) De la empresa: 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</p> <p>C) De la Propiedad: No. De Finca N/A Folio No. N/A Libro No. N/A de Es de dominio público común dónde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad.</p> <p>D) De la Empresa y/o persona individual: Número de Identificación Tributaria (NIT): 618069-8</p>	

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500

www.marn.gob.gt

Síguenos en:



**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; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento) <p style="text-align: center;">Calle El Pedregal, aldea Piedra Parada Cristo Rey, Santa Catarina Pinula, Guatemala.</p> Especificar Coordenadas Geográficas <p style="text-align: center;">Coordenadas Geográficas Datum WGS84</p> <table border="1" style="width: 100%; margin: 0 auto;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%; text-align: center;">Geográficas</th> <th style="width: 50%; text-align: center;">GTM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Latitud 14° 34' 25.37" N</td> <td style="text-align: center;">Latitud 1611501 m</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Longitud 90° 26' 39.79" O</td> <td style="text-align: center;">Longitud 505992 m</td> </tr> </tbody> </table>		Geográficas	GTM	Latitud 14° 34' 25.37" N	Latitud 1611501 m	Longitud 90° 26' 39.79" O	Longitud 505992 m	
Geográficas	GTM							
Latitud 14° 34' 25.37" N	Latitud 1611501 m							
Longitud 90° 26' 39.79" O	Longitud 505992 m							
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; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento) <p style="text-align: center;">1ra calle 5-50, zona 1 Santa Catarina Pinula</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								
II. INFORMACION GENERAL								
Se debe proporcionar una descripción de las actividades que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad según etapas siguientes:								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">II.1 Etapa de Construcción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> • Actividades a realizar <ol style="list-style-type: none"> 1. Limpieza, chapeo y destronque 2. Trazo y nivelación 3. Movimiento de tierras 4. Retiro de material 5. Colocación de tubería 6. Fundición de cajas, losa y cunetas 7. Relleno y compactación 8. Retiro de material sobrante • Insumos necesarios <ol style="list-style-type: none"> 1. Agua potable 2. Energía eléctrica 3. Combustible • Maquinaria <ol style="list-style-type: none"> 1. Compactadores de mano 2. Camiones de volteo 3. Rodos vibratorios • Otros de relevancia <ol style="list-style-type: none"> 1. Bodegas 2. Inodoros portátiles </td> </tr> </tbody> </table>	II.1 Etapa de Construcción	<ul style="list-style-type: none"> • Actividades a realizar <ol style="list-style-type: none"> 1. Limpieza, chapeo y destronque 2. Trazo y nivelación 3. Movimiento de tierras 4. Retiro de material 5. Colocación de tubería 6. Fundición de cajas, losa y cunetas 7. Relleno y compactación 8. Retiro de material sobrante • Insumos necesarios <ol style="list-style-type: none"> 1. Agua potable 2. Energía eléctrica 3. Combustible • Maquinaria <ol style="list-style-type: none"> 1. Compactadores de mano 2. Camiones de volteo 3. Rodos vibratorios • Otros de relevancia <ol style="list-style-type: none"> 1. Bodegas 2. Inodoros portátiles 	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Operación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> • Actividades o procesos <ol style="list-style-type: none"> 1. Limpieza y mantenimiento • Materia prima e insumos <ol style="list-style-type: none"> 1. Agua potable • Maquinaria <ol style="list-style-type: none"> 1. Camiones • Productos y Subproductos (bienes y servicios) <ol style="list-style-type: none"> 1. Servicio de limpieza • Horario de Trabajo <ol style="list-style-type: none"> 1. 8 horas • Otros de relevancia </td> </tr> </tbody> </table>	Operación	<ul style="list-style-type: none"> • Actividades o procesos <ol style="list-style-type: none"> 1. Limpieza y mantenimiento • Materia prima e insumos <ol style="list-style-type: none"> 1. Agua potable • Maquinaria <ol style="list-style-type: none"> 1. Camiones • Productos y Subproductos (bienes y servicios) <ol style="list-style-type: none"> 1. Servicio de limpieza • Horario de Trabajo <ol style="list-style-type: none"> 1. 8 horas • Otros de relevancia 	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Abandono</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> • Acciones a tomar en caso de cierre <ol style="list-style-type: none"> 1. Entregar planos a la municipalidad 2. Reunión con autoridades locales y municipales 3. Diseño de nuevo sistema de alcantarillado sanitario </td> </tr> </tbody> </table>	Abandono	<ul style="list-style-type: none"> • Acciones a tomar en caso de cierre <ol style="list-style-type: none"> 1. Entregar planos a la municipalidad 2. Reunión con autoridades locales y municipales 3. Diseño de nuevo sistema de alcantarillado sanitario
II.1 Etapa de Construcción								
<ul style="list-style-type: none"> • Actividades a realizar <ol style="list-style-type: none"> 1. Limpieza, chapeo y destronque 2. Trazo y nivelación 3. Movimiento de tierras 4. Retiro de material 5. Colocación de tubería 6. Fundición de cajas, losa y cunetas 7. Relleno y compactación 8. Retiro de material sobrante • Insumos necesarios <ol style="list-style-type: none"> 1. Agua potable 2. Energía eléctrica 3. Combustible • Maquinaria <ol style="list-style-type: none"> 1. Compactadores de mano 2. Camiones de volteo 3. Rodos vibratorios • Otros de relevancia <ol style="list-style-type: none"> 1. Bodegas 2. Inodoros portátiles 								
Operación								
<ul style="list-style-type: none"> • Actividades o procesos <ol style="list-style-type: none"> 1. Limpieza y mantenimiento • Materia prima e insumos <ol style="list-style-type: none"> 1. Agua potable • Maquinaria <ol style="list-style-type: none"> 1. Camiones • Productos y Subproductos (bienes y servicios) <ol style="list-style-type: none"> 1. Servicio de limpieza • Horario de Trabajo <ol style="list-style-type: none"> 1. 8 horas • Otros de relevancia 								
Abandono								
<ul style="list-style-type: none"> • Acciones a tomar en caso de cierre <ol style="list-style-type: none"> 1. Entregar planos a la municipalidad 2. Reunión con autoridades locales y municipales 3. Diseño de nuevo sistema de alcantarillado sanitario 								
II.3 Área a) Área total de terreno en metros cuadrados: 15 255 b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: 10 170 Área total de construcción en metros cuadrados: 5 085								

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN	
II.4 Actividades colindantes al proyecto:			
NORTE	Calle	SUR	Carretera
ESTE	Vivienda	OESTE	Vivienda
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	
Viviendas	Este y Oeste		
Carretera	Sur		
Cultivos	Este y Oeste	10 metros	
II.5 Dirección del viento:			
II.6 En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo ha estado o está expuesto?			
a) inundación (X)	b) explosión ()	c) deslizamientos ()	
d) derrame de combustible ()	e) fuga de combustible ()	d) Incendio ()	e) Otro ()
Detalle la información: En la calle El Pedregal, acorde a la topografía es muy susceptible a inundaciones por cambios de nivel.			
II.7 Datos laborales			
a) Jornada de trabajo: Diurna (X)	Nocturna ()	Mixta ()	Horas Extras _____
b) Número de empleados por jornada	6	Total empleados	10
II.8 USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTRO...			
Sí			

**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 público						
	Pozo						
	Agua especial	Sí	100 lt/hr	Privado	Construcción		pipa
	Superficial						
Combustible	Otro						
	Gasolina	Sí	25 gal/mes	Gasolinera	Maquinaria		recipientes
	Diesel	Sí	175 gal/mes	Gasolinera	Maquinaria		recipientes
	Bunker						
	Glp						
	Otro						
Lubricantes	Solubles						
	No solubles	Sí	40 gal		Sellante		Botes
Refrigerantes		No					
Otros							

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?

Sí, son generados al realizar la excavación y el transporte del mismo.

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?

Un riego constante para mitigar las partículas en el aire y protección de los camiones de volteo con lonas en la movilización.

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
RUIDO Y VIBRACIONES	
III.3 Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones? <p style="text-align: center;">No.</p>	
III.4 En donde se genera el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehiculos, etc.) <p style="text-align: center;">Maquinaria, equipo de trabajo y vehiculos.</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? <p style="text-align: center;">Utilización d protección en los oídos para los trabajadores con sentido del oído muy fino.</p>	
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: <p style="text-align: center;">No.</p>	
III.7 Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente? <p style="text-align: center;">No aplica.</p>	
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) <u>Ordinarias</u> (aguas residuales generadas por las actividades domésticas) b) <u>Especiales</u> (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias) c) <u>Mezcla</u> de las anteriores d) Otro, Cualquiera que fuera el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de aguas residuales generado <p style="text-align: center;">No aplica, se emplearán inodoros portátiles lo cuales se limpiarán cada 2 días.</p>	
IV.2 Indicar el número de servicios sanitarios <p style="text-align: center;">2</p>	
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 b) Capacidad c) Operación y mantenimiento d) Caudal a tratar e) Etc.	

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

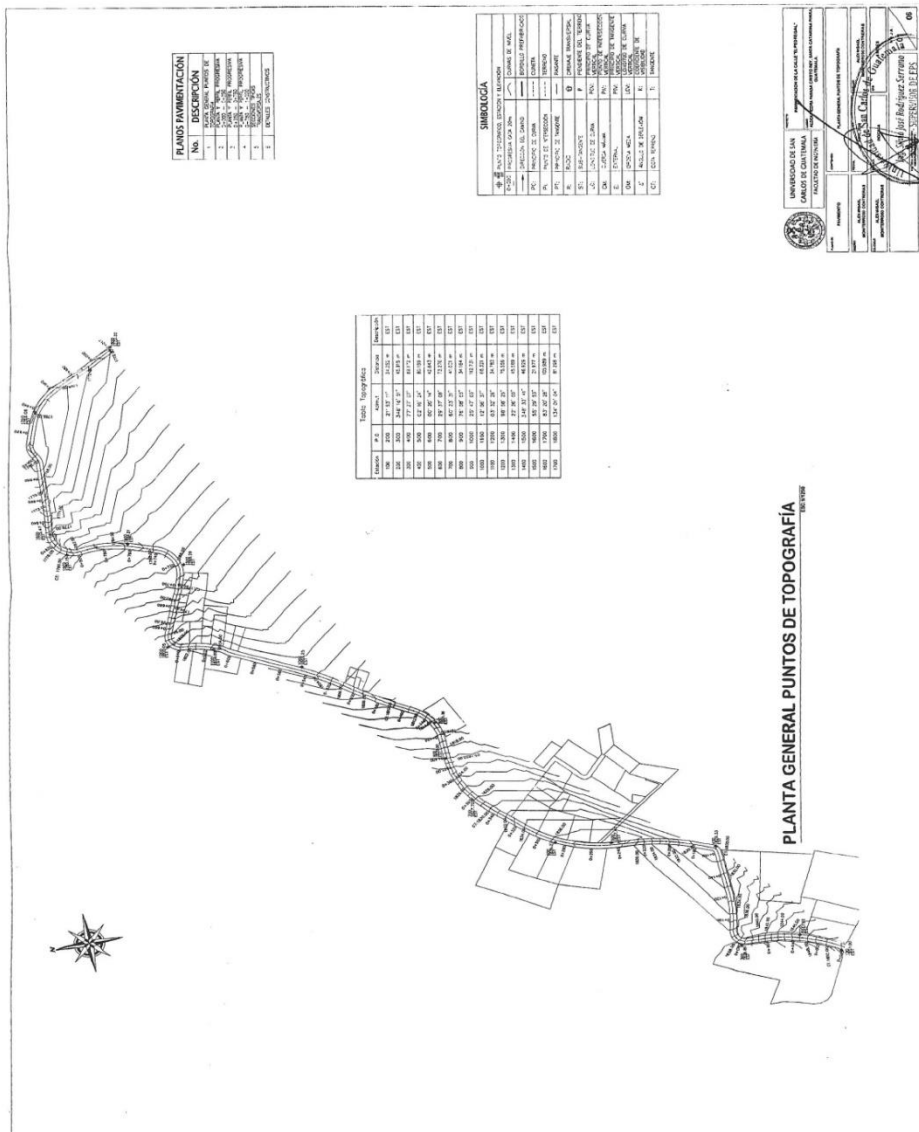
<p>DESCARGA FINAL DE AGUAS RESIDUALES</p> <p>IV.4 Indique el punto de descarga de las aguas residuales, por ejemplo, en pozo de absorción, colector municipal, río, lago, mar u otro e indicar si se le efectuó tratamiento de acuerdo con el numeral anterior</p> <p style="text-align: center;">Las aguas residuales escurre a cajas unificadoras las cuales se dirigen a un cuerpo receptor de agua.</p>
<p>AGUA DE LLUVIA (AGUAS PLUVIALES)</p> <p>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.)</p> <p style="text-align: center;">El agua de lluvia escurre a cajas unificadoras las cuales se dirigen a un cuerpo receptor de agua.</p>
<p>V. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL SUELO (Sistema edáfico y lítico)</p>
<p>DESECHOS SÓLIDOS VOLUMEN DE DESECHOS</p> <p>V.1 Especifique el volumen de desechos o desperdicios genera la actividad desarrollada:</p> <p><input type="checkbox"/> a) Similar al de una residencia 11 libras/día</p> <p><input type="checkbox"/> b) Generación entre 11 a 222 libras/día</p> <p><input type="checkbox"/> c) Generación entre 222 libras y 1000 libras/día</p> <p><input type="checkbox"/> d) Generación mayor a 1000 libras por día</p> <p>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.):</p> <p style="text-align: center;">Plástico, papel, cartón, orgánicos.</p> <p>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?</p> <p style="text-align: center;">No aplica.</p> <p>V.4 Se efectúa algún tipo de tratamiento de los desechos (comunes o peligrosos), Explicar el método y/o equipo utilizado</p> <p style="text-align: center;">No aplica.</p> <p>V.5 Si los desechos se trasladan a otro lugar, para tratamiento o disposición final, indicar el tipo de transporte utilizado</p> <p style="text-align: center;">Servicio de extracción de basura privada.</p> <p>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?</p> <p style="text-align: center;">No.</p> <p>V.7 Indicar el sitio de disposición final de los desechos generados (comunes y peligrosos)</p> <p style="text-align: center;">Basurero.</p>

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
VI. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGIA	
CONSUMO	
VI.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes)	
VI.2 Forma de suministro de energía	
a) Sistema público	
b) Sistema privado	Empresa Eléctrica de Guatemala EEGSA
c) generación propia	
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?	
Uso adecuado de la energía eléctrica y cuando sea en necesaria.	
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	No aplica
VII.2 La operación de la empresa requiere efectuar corte de árboles?	
No.	
VII.3 Las actividades de la empresa, pueden afectar la biodiversidad del área? SI (X) NO () Por qué?	
Se llevarán a cabo las actividades en zona semiurbana.	
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	2 vehículos.
b) Tipo de vehículo	Pick up.
c) sitio para estacionamiento y área que ocupa	Terreno municipal
d) Horario de circulación vehicular	No se encuentra en avenidas o calles de circulación fluida.
e) Vías alternas	No aplica
IX. EFECTOS SOCIALES, CULTURALES Y PAISAJÍSTICOS	
ASPECTOS CULTURALES	
IX.1 En el área donde funciona la actividad, existe alguna (s) etnia (s) predominante, cuál?	
No.	




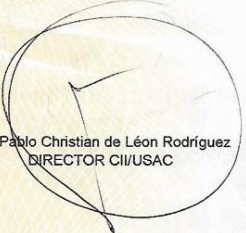


INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
RECURSOS ARQUEOLÓGICOS Y CULTURALES IX.2 Con respecto de la actividad y los recursos culturales, naturales y arqueológicos, Indicar lo siguiente: a) <input checked="" type="checkbox"/> La actividad no afecta a ningún recurso cultural, natural o arqueológico _____ 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 _____	
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) IX.4 Qué tipo de molestias? <div style="text-align: right;">No aplica.</div> IX.5 Qué se ha hecho o se propone realizar para no afectar al vecindario? <div style="text-align: right;">No aplica.</div>	
PAISAJE IX.6 Cree usted que la actividad afecta de alguna manera el paisaje? Explique por qué? <div style="text-align: right;">Si, solamente en la fase de construcción.</div>	
X. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD X.1 Efectos en la salud humana de la población circunvecina: a) <input checked="" type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio b) <input type="checkbox"/> la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores c) <input type="checkbox"/> 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 serian las actividades riesgosas: <div style="text-align: right;">No aplica.</div>	
X.3 riesgos ocupacionales: <input type="checkbox"/> Existe alguna actividad que representa riesgo para la salud de los trabajadores <input type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores <input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores <input checked="" type="checkbox"/> No existen riesgos para los trabajadores Ampliar información: <div style="text-align: center;">Ninguna de las actividades representa riesgo para los trabajadores, ya que se exige y emplean el equipo de seguridad adecuado.</div>	
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: Casco protector, lentes de protección, botas punta de acero, chalecos reflectivos y protección auditiva. X.6 ¿Qué medidas ha realizado o 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.	

Apéndice 6. Planos del diseño de pavimento rígido para la calle El Pedregal, aldea Piedra Parada Cristo Rey, Santa Catarina Pinula, Guatemala



ANEXOS

Anexo 1. Resultado de ensayo de Límites de Atterberg

	CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA				
INFORME No. 474 S.S.A.		O.T.: 39,136			
		No. 15777			
Interesado:	Alex Misael Monterroso Contreras				
Proyecto:	EPS "Diseño de pavimento rígido para la calle El Pedregal, Aldea Piedra Parada Cristo Rey, Santa Catarina, Guatemala"				
Asunto:	ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG				
Norma:	AASHTO T-89 Y T-90				
Ubicación:	Aldea Piedra Parada Cristo Rey, Santa Catarina Pinula, Guatemala				
FECHA:	jueves, 8 de noviembre de 2018				
RESULTADOS:					
ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	38.1	18.1	CL	Arena con presencia de grava y arcilla color café
(*) 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			
					
FACULTAD DE INGENIERÍA -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.

Anexo 2. Resultado de 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.: 475 S.S.A.

O.T.: 39,136

No. 15778

Interesado: Alex Misael Monterroso Contreras

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo

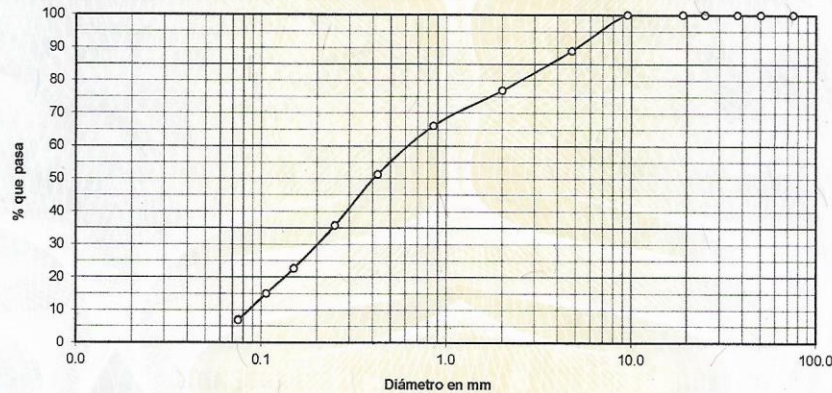
Norma: ASTM D6913-04

Proyecto: EPS "Diseño de pavimento rígido para la calle El Pedregal, Aldea Piedra Parada Cristo Rey, Santa Catarina Pinula, Guatemala"

Ubicación: Aldea Piedra Parada Cristo Rey, Santa Catarina Pinula, Guatemala

Fecha: jueves, 8 de noviembre de 2018

Análisis con Tamices:			Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura	% que pasa	Tamiz	Abertura	% que pasa
3"	75 mm	100.00	10	2.00 mm	76.99
2"	50 mm	100.00	20	850 µm	66.17
1 1/2"	37.5 mm	100.00	40	425 µm	51.35
1"	25 mm	100.00	60	250 µm	35.77
3/4"	19.0 mm	100.00	100	150 µm	22.67
3/8"	9.5 mm	100.00	140	106 µm	14.91
4	4.75 mm	89.02	200	75 µm	6.79



Descripción del suelo: Arena con presencia de gravas y arcilla color café

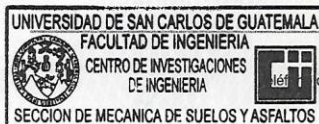
Clasificación:	S.C.U.: SP-SC	% de Grava: 10.98	D10: 0.088 mm
	P.R.A.: A-2-6	% de Arena: 82.23	D30: 0.20 mm
		% de fines: 6.79	D60: 0.60 mm

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.
* Diámetro efectivo no aplica.

Atentamente,

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

Vo.Bo. *Pablo Christian de León Rodríguez*
Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
DIRECTOR CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-
Edificio Emilio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12
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.

Anexo 3. Resultado de ensayo de Compactación



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

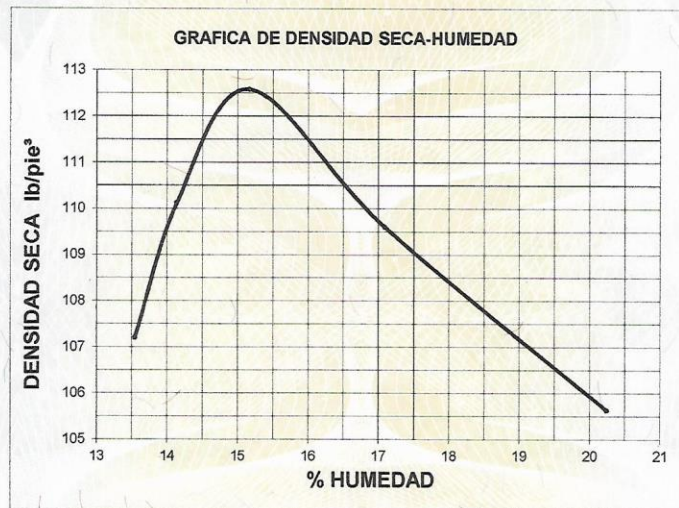


INFORME No. 476 S.S.A.

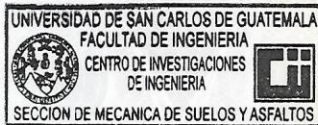
O.T.: 39,136

No. 15779

Interesado: Alex Misael Monterroso Contreras 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 de pavimento rígido para la calle El Pedregal, Aldea Piedra Parada Cristo Rey, Santa Catarina Pinula, Guatemala"
 Ubicación: Aldea Piedra Parada Cristo Rey, Santa Catarina Pinula, Guatemala
 Fecha: jueves, 08 de noviembre de 2018



Descripción del suelo: Arena con presencia de grava y arcilla color café
 Densidad seca máxima γ_d : 1,796.80 Kg/m³ 112.16 lb/ft³
 Humedad óptima Hop.: 15.16 %
 Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.



Atentamente,

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

Vo. Bo.

Pablo Christian de León Rodríguez
 Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
 DIRECTOR CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERÍA -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.

Anexo 4. Resultado de ensayo de Compactación



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



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

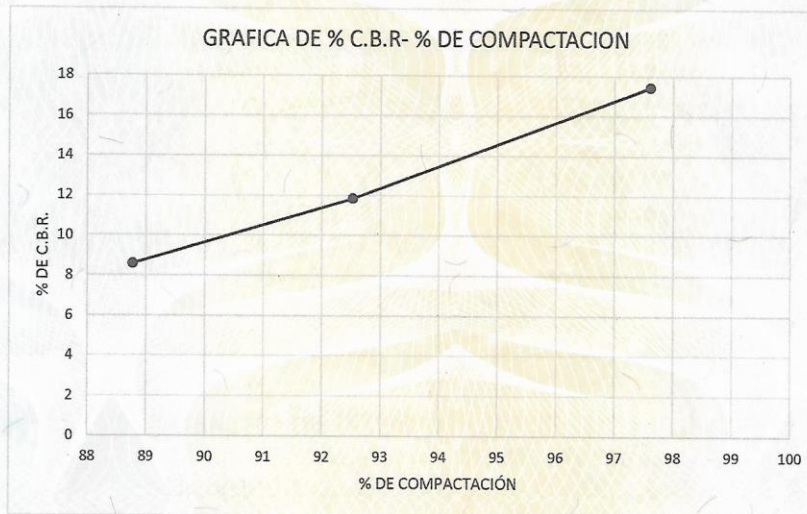
INFORME No. 477 S.S.A.

O.T. No. 39,136

No. 15780

Interesado: Alex Misael Monterroso Contreras
Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
Proyecto: EPS "Diseño de pavimento rígido para la calle El Pedregal, Aldea Piedra Parada Cristo Rey, Santa Catarina Pinula, Guatemala"
Ubicación: Aldea Piedra Parada Cristo Rey, Santa Catarina Pinula, Guatemala
Descripción del suelo: Arena con presencia de grava y arcilla color café
Fecha: jueves, 08 de noviembre de 2018

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	γ_d (Lb/pie ³)			
1	10	15.16	99.57	88.8	0.28	8.60
2	25	15.16	103.78	92.5	0.11	11.84
3	56	15.16	109.48	97.6	0.44	17.44



Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.



Atentamente,

Vo. Bo.

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

Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
DIRECTOR CII/USAC



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.