

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA CIVIL



DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA
PUEBLO MODELO Y PAVIMENTACIÓN DE 1a. CALLE HASTA
ENTRADA A COLONIA ESMERALDA CABECERA MUNICIPAL,
MUNICIPIO DE ZACAPA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA

MARCO ANTONIO ROSALES GÓMEZ

CHIQUMULA, GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA
PUEBLO MODELO Y PAVIMENTACIÓN DE 1a. CALLE HASTA
ENTRADA A COLONIA ESMERALDA CABECERA MUNICIPAL,
MUNICIPIO DE ZACAPA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

MARCO ANTONIO ROSALES GÓMEZ

Al conferírsele el título de

INGENIERO CIVIL

En el grado académico de

LICENCIADO

CHIQUMULA, GUATEMALA, AGOSTO DE 2013

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA CIVIL**



**RECTOR
Dr. CARLOS ESTUARDO GALVEZ BARRIOS**

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente:	M.Sc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Representante de Profesores:	M.Sc. Edgar Arnoldo Casasola Chinchilla
Representante de Profesores:	Ph.D. Felipe Nery Agustín Hernández
Representante de Graduados:	Lic. Zoot. Alberto Genesio Orellana Roldán
Representante de Estudiantes:	Br. HeidyJeaneth Martínez Cuestas
Representante de Estudiantes:	Br. Otoniel Sagastume Escobar
Secretaria:	Licda. Marjorie Azucena González Cardona

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Coordinador Académico:	Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
Coordinador de Carrera:	M.Sc. Luis Fernando Quijada Beza

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

Presidente:	M.Sc. Luis Fernando Quijada Beza
Secretario:	Ing. René Estuardo Alvarado González
Vocal:	Ing. Elder Avildo Rivera López

TERNA EVALUADORA

Ing. Elder Avildo Rivera López
M.Sc. Luis Fernando Quijada Beza
Ing. Sergio Antonio Ramos Urrutia

Chiquimula, 30 de agosto de 2013

Señores:

Miembros del Consejo Directivo

Centro Universitario de Oriente

Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetables señores:

En cumplimiento a lo establecido por los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala y el Centro Universitario de Oriente, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA PUEBLO
MODELO Y PAVIMENTACIÓN DE 1a. CALLE HASTA ENTRADA A
COLONIA ESMERALDA CABECERA MUNICIPAL, MUNICIPIO DE ZACAPA,
DEPARTAMENTO DE ZACAPA**

Como requisito previo a optar el título profesional de Ingeniero Civil, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el presente trabajo de graduación llene los requisitos para su aprobación, me suscribo.

Atentamente,

Marco Antonio Rosales Gómez



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
CARRERAS DE INGENIERÍA



SARU.01.13

Chiquimula, 05 de agosto de 2013.

Ingeniero Civil

Elder Avildo Rivera López

Coordinador del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S)

Carrera de Ingeniería Civil

Respetable Ingeniero:

Atentamente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que he revisado y efectuado las correcciones del caso al trabajo de graduación: **"DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA PUEBLO MODELO Y PAVIMENTACIÓN DE 1a. CALLE HASTA ENTRADA A COLONIA ESMERALDA CABECERA MUNICIPAL, MUNICIPIO DE ZACAPA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA"**, presentado por el estudiante **MARCO ANTONIO ROSALES GÓMEZ**.

Habiendo llenado dicho trabajo los requisitos, me permito aprobarlo en calidad de Asesor - Revisor del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Sergio Antonio Ramos Urrutia
Ingeniero Asesor - Revisor

C.c. archivo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
CARRERAS DE INGENIERÍA



LFQF.01.13

Chiquimula, 05 de agosto de 2013.

Ingeniero Civil

Elder Avildo Rivera López

Coordinador del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S)

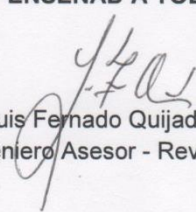
Carrera de Ingeniería Civil

Respetable Ingeniero:

Atentamente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que he revisado y efectuado las correcciones del caso al trabajo de graduación: **"DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA PUEBLO MODELO Y PAVIMENTACIÓN DE 1a. CALLE HASTA ENTRADA A COLONIA ESMERALDA CABECERA MUNICIPAL, MUNICIPIO DE ZACAPA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA"**, presentado por el estudiante **MARCO ANTONIO ROSALES GÓMEZ**.

Habiendo llenado dicho trabajo los requisitos, me permito aprobarlo en calidad de Asesor - Revisor del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


MSc. Luis Fernando Quijada Beza
Ingeniero Asesor - Revisor

C.c. archivo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
CARRERAS DE INGENIERÍA



ALTG.01.13

Chiquimula, 09 de agosto de 2013.

Ingeniero Civil
Luis Fernando Quijada Beza
Coordinador Carreras de Ingenierías
CUNORI-USAC

Estimado Ingeniero Quijada:

El propósito de la presente, es para informarle que he procedido a revisar la parte lingüística, del trabajo de graduación titulado **"DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA PUEBLO MODELO Y PAVIMENTACIÓN DE LA 1a. CALLE HASTA ENTRADA A COLONIA ESMERALDA CABECERA MUNICIPAL, MUNICIPIO DE ZACAPA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA"**; elaborado por el estudiante **Marco Antonio Rosales Gómez**.

El informe cumple con los requisitos exigidos, por la carrera de Ingeniería Civil, por lo tanto, recomiendo su aprobación para seguir con los trámites correspondientes.

Agradeciendo su atención a la presente,

Deferentemente,

ID Y ENSEÑADA TODOS

Lic. Mario Augusto Rodas Chactún
Revisor Área Lingüística

C.c. archivo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
CARRERAS DE INGENIERÍA



CEPSIC.01.2013

Chiquimula, 12 de agosto de 2013.

Ingeniero Civil
Luis Fernando Quijada Beza
Coordinador Carreras de Ingeniería
CUNORI - USAC

Respetable Ingeniero Luis Quijada:

Atentamente me dirijo a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado: **"DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA PUEBLO MODELO Y PAVIMENTACIÓN DE 1a. CALLE HASTA ENTRADA A COLONIA ESMERALDA CABECERA MUNICIPAL, MUNICIPIO DE ZACAPA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA"**, elaborado por el estudiante **Marco Antonio Rosales Gómez**, quien contó con la asesoría de los Ingenieros Luis Fernando Quijada Beza y Sergio Antonio Ramos Urrutia.

Considero que el trabajo desarrollado por el estudiante Marco Antonio Rosales Gómez, satisface los requisitos exigidos, por lo cual recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención a la presente, atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Elder Avildo Rivera López
Coordinador del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S)
Carrera de Ingeniería Civil

C.c. archivo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE -CUNORI-
CARRERAS DE INGENIERÍA



TGIC.01-2013

Chiquimula, 16 de agosto de 2013.

MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera

Director

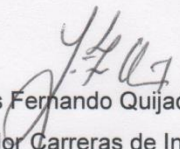
Centro Universitario de Oriente

CUNORI - USAC

Respetable MSc. Galdámez Cabrera:

El coordinador de las Carreras de Ingeniería del Centro Universitario de Oriente CUNORI, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen de los asesores-revisores Ing. Luis Fernando Quijada Beza, Ing. Sergio Antonio Ramos Urrutia y del Coordinador del Ejercicio Profesional Supervisado de la Carrera de Ingeniería Civil, el Ing. Elder Avildo Rivera López, y luego de la revisión y aprobación del Lic. Mario Augusto Rodas Chactún, revisor del área de Lingüística, al trabajo de graduación del estudiante Marco Antonio Rosales Gómez, titulado: **"DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA PUEBLO MODELO Y PAVIMENTACIÓN DE 1a. CALLE HASTA ENTRADA A COLONIA ESMERALDA CABECERA MUNICIPAL, MUNICIPIO DE ZACAPA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA"**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo de graduación y recomendando la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


MSc. Luis Fernando Quijada Beza
Coordinador Carreras de Ingeniería
CUNORI - USAC

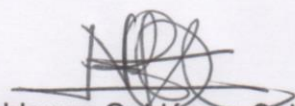


C.c. archivo

EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO HACE CONSTAR QUE: Conoció el Trabajo de Graduación que efectuó el estudiante **MARCO ANTONIO ROSALES GÓMEZ** titulado “**DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA PUEBLO MODELO Y PAVIMENTACIÓN DE 1a. CALLE HASTA ENTRADA A COLONIA ESMERALDA CABECERA MUNICIPAL, MUNICIPIO DE ZACAPA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA**”, trabajo que cuenta con el aval del Revisor y Coordinador de Trabajos de Graduación, de la carrera de Ingeniería Civil. Por tanto, la Dirección del CUNORI con base a las facultades que le otorga las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria **AUTORIZA** que el documento sea publicado como **Trabajo de Graduación a Nivel de Licenciatura**, previo a obtener el título de **INGENIERO CIVIL**.

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, el treinta de agosto de dos mil trece.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
DIRECTOR
CUNORI - USAC



AGRADECIMIENTOS A:

Dios y la virgen María

Por darme una vida llena de bendiciones.

Mis padres

Por todo el amor, apoyo, comprensión y enseñanzas facilitadas a lo largo de toda mi vida.

Mis hermanos

Por su apoyo incondicional a lo largo de todos los años compartidos.

Tíos y primos

Por su cariño y ayuda que siempre he tenido de ellos.

Mis abuelos

Que durante la vida supieron inculcarme valores que han servido para poder ser mejor persona.

Mis amigos

Por compartir momentos inolvidables de la vida.

La Universidad de San Carlos de Guatemala

En especial al Centro Universitario de Oriente, que me permitió crecer de estudiante a profesional.

La carrera de ingeniería civil

Por transmitir los conocimientos y experiencias en la profesión de ingeniería civil.

La municipalidad de Zacapa

Por la oportunidad de realizar el EPS y colaborar con proyectos para el municipio.

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres

Juan Rosales y Sandra de Rosales, ya que sin ellos, no hubiera logrado este triunfo.

Mis sobrinos

José Andrés y Andrea Tatiana, para que les sirva de ejemplo, que con constancia y esfuerzo se pueden lograr todas las metas propuestas.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	XI
RESUMEN	V
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía de las comunidades	1
1.1.1. Ubicación geográfica	1
1.1.2. Límites y colindancias	2
1.1.3. Topografía	3
1.1.4. Suelo	3
1.1.5. Situación socioeconómica	3
1.1.5.1. Tipos de vivienda	4
1.1.5.1. Actividades económicas	4
1.1.6. Condiciones climáticas	5
1.1.6. Servicios públicos	5
1.1.6.1. Educación	6
1.1.6.1. Comunicación	6
1.1.6.1. Agua entubada	7
1.1.6.1. Transporte	7
1.2. Encuesta sanitaria	8
1.2.1. Datos de la población	8
1.2.2. Datos de la vivienda	9

1.2.3.	Datos sobre el uso del agua	10
1.2.4.	Disposición de aguas servidas	11
2.	DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA PUEBLO	
	MODELO	13
2.1.	Descripción del proyecto	13
2.2.	Levantamiento topográfico	13
2.2.1.	Altimetría	14
2.2.2.	Planimetría	14
2.3.	Tipo de sistema utilizado	14
2.4.	Partes de un sistema de alcantarillado sanitario	14
2.4.1.	Colector	15
2.4.2.	Pozos de visita	15
2.4.3.	Conexiones domiciliarias	15
2.5.	Estimación de la población de diseño	15
2.5.1.	Método de incremento geométrico	16
2.6.	Determinación de caudales	17
2.6.1.	Caudal medio	23
2.6.2.	Factor de caudal medio	23
2.6.3.	Factor de flujo instantáneo	24
2.6.4.	Caudal de diseño	24
2.7.	Fundamentos hidráulicos	25
2.7.1.	Ecuación de Manning para flujo de caudales	25
2.8.	Parámetros de diseño	27
2.6.1.	Coeficiente de rugosidad	27
2.6.2.	Sección llena y parcialmente llena	28
2.6.3.	Velocidades máximas y mínimas	28
2.6.4.	Diámetro del colector	28
2.6.1.	Profundidad mínima del colector	28

2.6.2.	Ancho de zanja	29
2.6.3.	Volumen de excavación	29
2.6.3.	Cotas invert	39
2.9.	Ubicación de pozos de vista	30
2.10.	Profundidad de los pozos de visita	31
2.11.	Características de las conexiones domiciliarias	31
2.12.	Ejemplo de cálculo de un tramo del sistema sanitario	32
2.13.	Desfogue	39
2.14.	Elaboración de planos	40
2.15.	Presupuesto	41
2.15.1.	Integración de precios unitarios	42
2.15.2.	Cronograma de ejecución física - financiera	50
2.16.	Evaluación de impacto ambiental	52
2.17.	Evaluación socioeconómica	54
2.17.1.	Valor presente neto	54
2.17.2.	Tasa interna de retorno	55
2.17.	Programa de mantenimiento	56
3.	PAVIMENTACIÓN DE 1a. CALLE HASTA ENTRADA A COLONIA ESMERALDA, CABECERA MUNICIPAL DE ZACAPA	61
3.1.	Evaluación de la vía principal para el acceso existente	61
3.2.	Levantamiento topográfico	61
3.2.1.	Altimetría	62
3.2.2.	Planimetría	62
3.3.	Estudio de suelos	62
3.3.1.	Análisis de resultados	63
3.4.	Diseño geométrico de la calle	64
3.3.1.	Curvas horizontales	64
3.3.2.	Curvas verticales	64

3.3.3.	Perfil longitudinal	65
3.3.4.	Sección transversal	65
3.5.	Elementos que constituyen el pavimento	65
3.5.1.	Sub-rasante	65
3.5.2.	Sub-base	66
3.5.3.	Base	69
3.5.4.	Capa de rodadura	69
3.5.5.	Juntas	73
3.6.	Movimiento de tierras	75
3.7.	Diseño de pavimento de concreto hidráulico	76
3.7.1.	Espesor y dimensionamiento de la carpeta de rodadura	83
3.7.2.	Drenajes	87
3.8.	Elaboración de planos	87
3.9.	Presupuesto	88
3.9.1.	Integración de precios unitarios	89
3.9.2.	Cronograma de ejecución física - financiera	94
3.10.	Evaluación de impacto ambiental	94
3.11.	Evaluación socioeconómica	97
3.11.1.	Valor presente neto	97
3.11.2.	Tasa interna de retorno	98
CONCLUSIONES		99
RECOMENDACIONES		101
REFERENCIAS		103
APÉNDICES		105
ANEXOS		163

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de colonia Pueblo Modelo	1
2.	Ubicación de 1a. calle	2

TABLAS

1.	Condiciones climáticas	5
2.	Habitantes de colonia Pueblo Modelo	8
3.	Habitantes de 1a. calle, zona 1	9
4.	Viviendas de la colonia Pueblo Modelo	9
5.	Viviendas de la 1a. calle, zona 1	10
6.	Uso del agua en la colonia Pueblo Modelo	10
7.	Uso del agua en la 1a. calle, zona 1	11
8.	Evacuación de aguas servidas en la colonia Pueblo Modelo	11
9.	Evacuación de aguas servidas en la 1a. calle, zona 1	11
10.	Coeficiente de escorrentía	21
11.	Resumen del cálculo hidráulico	36
12.	Resumen del presupuesto del sistema de alcantarillado	42
13.	Presupuesto de trabajos preliminares	44
14.	Presupuesto de conexiones domiciliarias	44
15.	Presupuesto de tubería principal	45
16.	Presupuesto de pozos de visita de 1.20 a 2.00 m.	46
17.	Presupuesto de pozos de visita de 2.01 a 3.00 m.	47
18.	Presupuesto de pozos de visita de 3.01 a 4.00 m.	48

19.	Presupuesto de pozos de visita de 4.01 a 5.00 m.	49
20.	Cronograma de ejecución física - financiera	51
21.	Categorías de tráfico en función de cargas por eje vehicular	80
22.	Tipos de suelo de apoyo y valores aproximados de K	81
23.	TPPD permisible, categoría de carga por eje No. 1 pavimentos con junta de trabe por agregado	82
24.	Resultado de tráfico vehicular en la 1a. calle, zona 1	82
25.	Revenimiento recomendado para estructuras de concreto	84
26.	Relación agua - cemento para concretos	84
27.	Relación asentamiento - agua - tamaño de agregado grueso	85
28.	Relación tamaño máximo de agregado grueso - % de agua	85
29.	Resumen del presupuesto del proyecto de pavimentación	88
30.	Presupuesto de trabajos preliminares	89
31.	Presupuesto de movimiento de tierras	90
32.	Presupuesto de reacondicionamiento de sub-rasante	90
33.	Presupuesto de sub-base	91
34.	Presupuesto de capa de rodadura	92
35.	Presupuesto de bordillos	93
36.	Cronograma de ejecución física - financiera	94

LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H	Altura
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials (Asociación Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transporte)
ASTM	American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales)
t	Ancho de zanja
A	Área
Q	Caudal
Q_{conili}	Caudal de conexiones ilícitas
Q_{dis}	Caudal de diseño
Q_{inf}	Caudal de infiltración
Q_{dom}	Caudal doméstico
Q_m	Caudal medio
cm	Centímetro
COCODE	Consejo Comunitario de Desarrollo
CT	Cota de terreno
CI	Cota invert
D	Diámetro
DGC	Dirección General de Caminos
Dot	Dotación
F_{qm}	Factor de caudal medio
FH	Factor de flujo instantáneo

F_{inf}	Factor de infiltración
F_r	Factor de retorno
°C	Grados centígrados
INFOM	Instituto de Fomento Municipal
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
kg/cm²	Kilogramo por centímetro cuadrado
kg/cm³	Kilogramo por metro cúbico
Km	Kilómetro
lb/p³	Libra por pie cúbico
L/h/d	Litros por habitante por día
L/s	Litros por segundo
MPa	Mega pascales
m	Metro
m³	Metro cúbico
m/s	Metros por segundo
mm	Milímetro
K	Módulo de reacción del suelo
MR	Módulo de ruptura del concreto
S	Pendiente
P_o	Población actual
P_f	Población futura
PVC	Policloruro de vinilo
PCA	Portland Cement Association (Asociación del Cemento Portland)
PCI	Pound per cubic inch (libra por pulgada cúbica)
PSI	Pound per square inch (libra por pulgada cuadrada)
PV	Pozo de visita

1a.	Primera
r	Tasa de crecimiento anual
TPPD	Tráfico pesado promedio diario
TPDA	Tráfico promedio diario anual
TPDC	Trafico promedio diario de camiones

GLOSARIO

Agua residual	Desperdicios líquidos y sólidos, procedentes de viviendas, industrias y comercios.
Base	Capa de material seleccionado de granulometría y espesor determinado que se construye sobre la sub-base.
Bordillo	Estructura de concreto, que se construye en uno o ambos lados de la carretera, sirve para seguridad del usuario y ordenamiento de tráfico.
Capa de rodadura	Superficie de rodadura, constituida por materiales endurecidos, distribuye las cargas vehiculares hacia las capas inferiores del pavimento.
Carga de diseño	Es la carga para la que se diseña una estructura.
Caudal	Volumen de agua por unidad de tiempo, que fluye dentro de una tubería, en un determinado punto de observación durante un instante.
Colector	Sistema conformado por un conjunto de tuberías, pozos de visita, obras y accesorios, que se utilizan para la conducción y descarga de aguas residuales o pluviales.

Conexión domiciliar de alcantarillado	Son tuberías de diámetros pequeños que conducen las aguas residuales de una vivienda al colector.
Cota de terreno	Altura de un punto del terreno, respecto a un nivel determinado.
Cota invert	Es la cota de la parte inferior de una tubería instalada.
Desfogue	Salida de aguas residuales en un punto determinado para su tratamiento.
Dotación	Cantidad de agua asignada para consumo, de una persona en un día.
Dovela	Varillas de transferencia de carga en las juntas.
Parámetros de diseño	Indicativos generales y específicos que rigen el diseño.
Pavimento	Estructura integral, que soporta las cargas vehiculares, se conforma por las capas de sub-base, base y capa de rodadura.
Pozo de visita	Estructura subterránea, que sirve para recibir y depositar las aguas residuales entre dos tuberías.
Sub-base	Capa del pavimento, que soporta y distribuye a la

sub-rasante las cargas superiores del pavimento.

Sub-rasante

Es la capa de suelo, que soporta la estructura del pavimento.

Topografía

Es el arte de representar un terreno en un plano, con su forma, dimensiones y relieve.

Valor soporte

Resistencia al esfuerzo cortante de un suelo.

RESUMEN

El documento plasma el trabajo realizado, en el ejercicio profesional supervisado –EPS–, en el municipio de Zacapa, departamento de Zacapa, durante el período de práctica se diseñaron dos proyectos en diferentes comunidades, siendo estos el proyecto de diseño de alcantarillado sanitario en la colonia Pueblo Modelo y la pavimentación de la 1a. calle hasta entrada a colonia Esmeralda.

En la colonia Pueblo Modelo se identificó como problema principal, que aqueja a todos los habitantes, la inexistencia de un sistema de evacuación de aguas residuales. Actualmente las familias cuentan con letrinas de pozo seco, pero ya están colapsadas por la falta de mantenimiento, mientras que las aguas grises corren sobre la tierra, creando criaderos de insectos y ocasionando malos olores, los cuales afectan la salud de las personas, en especial la de los niños; motivo principal para diseñar el proyecto, con una longitud de 4,130.80 ml. y 643 conexiones domiciliarias y que beneficiará a 3,131 habitantes (a futuro).

El tramo de la 1a. calle hasta la entrada a colonia Esmeralda, comprende una importante vía de acceso hacia el centro de la ciudad de Zacapa, pero su mal estado estructural hace que sea muy difícil de transitar, especialmente en la época de invierno, la cual presenta la acumulación de rocas y residuos orgánicos. Esta fue la razón para diseñar la pavimentación de la calle, el cual posee un área de 1,284.53 m².

OBJETIVOS

General

Contribuir con las comunidades del municipio de Zacapa, en el mejoramiento de las condiciones de vida, como parte del EPS de la carrera de ingeniería civil del Centro Universitario de Oriente –CUNORI–.

Específicos

1. Diseñar un sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Pueblo Modelo, Zacapa.
2. Diseñar la pavimentación para la 1a. calle, para que sea transitable en todo tiempo del año en la ciudad de Zacapa.

INTRODUCCIÓN

Para apoyar el desarrollo comunitario del municipio de Zacapa, debe de existir todos los servicios básicos y de infraestructura social.

El municipio de Zacapa, cuenta con muchas deficiencias en cuanto a servicios básicos e infraestructura en sus comunidades urbanas y rurales, es por eso que el trabajo de graduación se enfoca en el planteamiento de soluciones factibles, técnicas, económicas y sociales; especialmente en el problema de evacuación de aguas residuales en la colonia Pueblo Modelo y en la pavimentación de la 1a. calle hasta entrada a colonia Esmeralda, del municipio de Zacapa.

Para el diseño del proyecto del sistema de alcantarillado sanitario, se propone el tratamiento de las aguas residuales, a fin de que no afecten el medio ambiente, ni a los habitantes de la colonia; se expone también paso a paso, como se diseña los ramales del alcantarillado sanitario y los parámetros que se deben de cumplir para un diseño óptimo.

El diseño del proyecto de pavimentación se realizó con el objetivo de mejorar una vía alterna, que conduzca hacia el centro de la ciudad de Zacapa; la planificación, se hizo tomando en cuenta los aspectos técnicos, aplicables para este tramo específico; así como el diseño de la carpeta de rodadura para lograr la resistencia deseada, en el período de diseño propuesto.

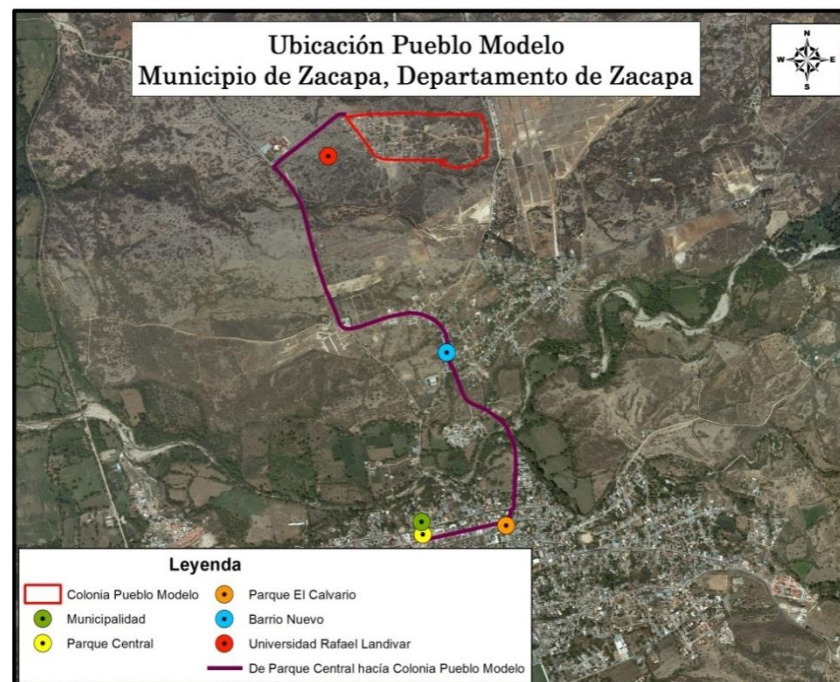
1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía de las comunidades

1.1.1. Ubicación geográfica

La ubicación de la colonia Pueblo Modelo, está a 4 km. al norte de la cabecera municipal de Zacapa. Con coordenadas geográficas de 14°53'09" N 89°30'58" O.

Figura 1. Ubicación de colonia Pueblo Modelo



Fuente: Elaboración propia, sin escala.

La ubicación de la 1a. calle, del municipio de Zacapa se encuentra a 200 m. al este del centro de la ciudad de Zacapa y pertenece al barrio La Parroquia y tiene las siguientes coordenadas geográficas 14°58'52" N 89°30'53" O.

Figura 2. **Ubicación de 1a. calle**



Fuente: Elaboración propia, sin escala.

1.1.2. Límites y colindancias

La colonia Pueblo Modelo colinda al norte con caserío Jampú, al este con aldea La Nopalera, al sur con caserío Barrio Nuevo y al oeste con la universidad Rafael Landívar.

La 1a. calle, colinda al norte y oeste con el río El Riachuelo, al sur con el barrio El Calvario, al este con colonia Esmeralda.

1.1.3. Topografía

La colonia Pueblo Modelo tiene una topografía irregular ya que sus pendientes varían entre 0.6-15 %. La 7a. calle funciona como un parte aguas que divide el agua pluvial hacia los desfuegos naturales (quebradas), las cuales terminan en el río llamado El Riachuelo.

La 1a. calle, cuenta con partes planas, con curvas verticales y horizontales muy pronunciadas; además, su ancho el cual varía en casi todo el tramo.

1.1.4. Suelo

El tipo de suelo en la colonia Pueblo Modelo, es bastante uniforme y se podría clasificar como una arena arcillosa color café, en todas las calles y avenidas se puede observar que el suelo está bastante consolidado, lo que ocasiona, que el agua no se infiltre fácilmente, dirigiéndola hacia unas quebradas las cuales desfogan en el río el Riachuelo.

El suelo en la 1a. calle, está clasificado como una arena limosa con grava color beige, según el estudio de suelo que se practicó, el suelo presenta características similares a lo largo de todo el tramo carretero.

1.1.5. Situación socioeconómica

Los habitantes de la colonia Pueblo Modelo, tienen un nivel de vida muy bajo; lo que impide tener un desarrollo gradual en su calidad de vida. Los ingresos mensuales por familia según miembros de los dos Consejos Comunitarios de Desarrollo –COCODE– que existen en la colonia, promedia

entre los Q. 500.00 y Q. 1,000.00, sus principales actividades económicas se mencionan más adelante en el documento.

Los habitantes del barrio La Parroquia, se encuentran en su gran mayoría dentro de la clase media, lo cual les permite contar con los servicios de: televisión por cable, telefonía residencial, energía eléctrica residencial, internet, además de los servicios públicos. Según miembros del COCODE del barrio, el ingreso mensual promedio por familia, redondea el monto de Q. 3,500.00 a Q. 4,000.00, sus principales actividades económicas se mencionan más adelante en el documento.

1.1.5.1. Tipos de vivienda

La gran mayoría de las viviendas de la colonia son pequeñas, rusticas y de variados materiales de construcción, como se expone adelante en el documento.

En el barrio La Parroquia, todas las viviendas son de paredes de block y el techo es de lámina y otros son de losa de concreto armado. Adelante se encontrará el número de viviendas y sus materiales de construcción.

1.1.5.2. Actividades económicas

Entre las principales actividades económicas, de los habitantes de la colonia Pueblo Modelo se pueden mencionar las siguientes: cuidado de ganado, albañilería, ayudante de albañilería, trabajo en meloneras en tiempos de siembra y de cosecha y comercio a nivel de la comunidad. La falta de preparación académica, les impide encontrar mejores empleos que les generen mayores ingresos económicos. En la gran mayoría de familias, únicamente es

el padre el que trabaja para el sostenimiento de la familia, dejando a la madre con los quehaceres del hogar y el cuidado de los hijos.

Las principales actividades económicas para las personas del barrio La Parroquia, consisten en: comercio dentro del municipio y empleos en instituciones públicas y privadas. En casi todas las familias del lugar, son dos miembros los que trabajan para el sostenimiento del hogar, lo cual es ayuda a obtener mayores ingresos económicos.

1.1.6. Condiciones climáticas

A continuación se muestran los promedios mensuales de precipitación, temperatura media y humedad relativa correspondiente al segundo semestre del año 2012.

Tabla 1. **Condiciones climáticas**

	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Precipitación (mm)	50.70	204.70	131.80	48.70	5.50	1.30
Temperatura media (°C)	28.80	29.10	28.40	27.40	25.40	26.40
Humedad relativa (%)	66.00	69.00	72.00	72.00	70.00	67.00

Fuente: Estación meteorológica del INSIVUMEH, aldea La Fragua. 2013.

1.1.7. Servicios públicos

Entre los servicios públicos con los que se cuentan en las comunidades están.

1.1.7.1. Educación

En la colonia Pueblo Modelo, existe una escuela que cuenta con el nivel pre-primario y nivel primario, dicho centro educativo cuenta con cancha deportiva utilizada por todos los pobladores de la colonia, como medio de distracción y recreación. Los estudiantes que cursan el nivel secundario, se ven obligados a trasladarse a la cabecera municipal, donde existen centros de estudio de todos los niveles.

En el barrio La Parroquia, únicamente existe una escuela de nivel pre-primario, sobre la 3a. calle de la zona 1, por lo que los niños que cursan el nivel primario y secundario, deben de trasladarse a otros barrios para poder estudiar.

1.1.7.2. Comunicación

Para llegar a la colonia Pueblo Modelo, se conduce por la carretera hacia Manzanotes, luego se cruza a un costado de la universidad Rafael Landívar y allí se encuentra la colonia. Dicha carretera esta asfaltada hasta el cruce de la universidad y el tramo restante es de terracería.

El barrio La Parroquia, es de muy fácil acceso para todas las personas, porque es un barrio de alto tránsito a diario, la manera accesible de llegar a este barrio es dirigirse hacia la 3a. calle de la zona 1, que es una de las calles mas utilizadas que conducen al centro de la ciudad. También se puede llegar del lado norte de la ciudad, toman la carretera que conduce de la aldea Manzanotes a la cabecera municipal.

1.1.7.3. Agua entubada

En la colonia Pueblo Modelo, cuentan con un sistema de abastecimiento de agua por bombeo hasta un tanque elevado, luego se distribuye por gravedad, este sistema únicamente beneficia al 50 % de las viviendas y las que no están conectadas al sistema, son abastecidas por camiones cisterna todos los días, dichos camiones son enviadas por la municipalidad de Zacapa.

Los vecinos de la 1a. calle, cuentan con el servicio de agua entubada las 24 horas del día, salvo algunos días en invierno cuando los tanques de captación reciben el mantenimiento programado por la municipalidad, se tiene que interrumpir el servicio para proceder a limpiarlos.

1.1.7.4. Transporte

Los habitantes de la colonia Pueblo Modelo, cuentan con servicio de bus aproximadamente cada 20 minutos, éste bus lo toman en el barrio El Calvario y los conduce hasta la colonia. El mismo patrón se sigue para poder trasladarse a la ciudad, el bus recorre toda la colonia para poder trasladarse al barrio El Calvario que se encuentra a 200 m. del centro de la ciudad de Zacapa.

Para llegar a la 1a. calle, se pueden abordar las siguientes rutas: R-1, R-2 y R-4, que conducen hacia el centro de la ciudad, así mismo estos buses urbanos los trasladan a diferentes puntos de la ciudad, formando así un servicio de acuerdo a las diferentes necesidades de los habitantes.

1.2. Encuesta sanitaria

Muestra los resultados obtenidos sobre el tema de la evacuación de aguas residuales, luego de reuniones con los COCODES de las comunidades.

Nota: para las tablas de la colonia Pueblo Modelo, se tomaron en cuenta las viviendas que están conectadas al sistema de alcantarillado sanitario existente y también las viviendas que no se pueden conectar al nuevo sistema por razones topográficas; siendo 371 las viviendas actuales que se toman para el diseño.

1.2.1. Datos de la población

Tabla 2. **Habitantes de la colonia Pueblo Modelo**

Habitantes actuales	2,039
Hombres	836
Mujeres	1,203
Niños (0 a 10 años)	778
Jóvenes (11 a 17 años)	127
Adultos (18 a 60 años)	1,046
Adultos mayores (61 años en adelante)	88

Fuente: Elaboración propia.

La densidad poblacional es de: 4.87 hab/viv.

Tabla 3. **Habitantes de 1a. calle, zona 1**

Habitantes actuales	109
Hombres	49
Mujeres	60
Niños (0 a 10 años)	15
Jóvenes (11 a 17 años)	22
Adultos (18 a 60 años)	59
Adultos mayores (61 años en adelante)	13

Fuente: Elaboración propia.

La densidad poblacional es de: 4.54 hab/viv.

1.2.2. Datos de la vivienda

Tabla 4. **Viviendas de la colonia Pueblo Modelo**

Viviendas actuales = 419		
	Material	Porcentaje
Techo	Lámina	100%
Pared	Adobe	47%
	Block	13%
	Lámina	30%
	Madera	10%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. **Viviendas de la 1a. calle, zona 1**

Viviendas actuales = 24		
	Material	Porcentaje
Techo	Lámina	79%
	Losa	21%
Pared	Block	100%

Fuente: Elaboración propia.

1.2.3. Datos sobre uso del agua

Tabla 6. **Uso del agua en la colonia Pueblo Modelo**

Procedencia	Usos
Agua de lluvia	Aseo personal
	Lavado de ropa
	Preparación de alimentos
Agua entubada	Aseo personal
	Consumo humano
	Lavado de ropa
	Preparación de alimentos
Camión cisterna	Aseo personal
	Consumo humano
	Lavado de ropa
	Preparación de alimentos

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. **Uso del agua en la 1a. calle, zona 1**

Procedencia	Usos
Agua de lluvia	Aseo personal
	Lavado de ropa
	Preparación de alimentos
Agua entubada	Aseo personal
	Consumo humano
	Lavado de ropa
	Preparación de alimentos

Fuente: Elaboración propia.

1.2.4. Disposición de aguas servidas

Tabla 8. **Evacuación de aguas servidas en la colonia Pueblo Modelo**

Evacuación	Porcentaje
Alcantarillado sanitario	7%
Fosa residencial	93%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. **Evacuación de aguas servidas en la 1a. calle, zona 1**

Evacuación	Porcentaje
Alcantarillado sanitario	100%

Fuente: Elaboración propia.

2. DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA PUEBLO MODELO

2.1. Descripción del proyecto

El diseño del sistema de alcantarillado para la colonia Pueblo Modelo, municipio de Zacapa, departamento de Zacapa; se llevó a cabo en base a especificaciones técnicas del Instituto de Fomento Municipal –INFOM– y a criterios establecidos en la profesión de ingeniería civil.

El diseño desarrolla los componentes siguientes: red principal, tubería secundaria, obras accesorias y beneficiará 371 viviendas de la colonia. El proyecto contribuirá a la solución de la evacuación de las aguas servidas de la colonia, mejorando las condiciones de vida de los habitantes.

2.2. Levantamiento topográfico

Se realiza para determinar la posición horizontal y vertical de puntos sobre la superficie terrestre en donde se ejecutará el proyecto, por medio de ángulos y distancias. Un levantamiento topográfico es indispensable para poder diseñar un proyecto de esta categoría, por lo tanto, para este caso se tomaron todas las consideraciones necesarias para realizar el trabajo de campo. Para el levantamiento topográfico se utilizaron los siguientes instrumentos: un teodolito DT205C, trípode, brújula, estadal de aluminio de 5 m. cinta métrica, plomada, estacas y pintura.

2.2.1. Altimetría

Determina las alturas de los puntos visados, para la realización del proyecto respecto a un nivel de referencia fijo o banco de marca, este estudio indica la pendiente natural del terreno, para el diseño del proyecto se utilizó el método de nivelación taquimétrica.

2.2.2. Planimetría

Este estudio representa la superficie del terreno en un plano horizontal, obteniendo la línea principal, que será la línea del colector y demás puntos importantes para el diseño, en la planimetría se utilizó el método de conservación de azimut.

2.3. Tipo de sistema utilizado

Dadas las necesidades actuales de la colonia, se optó por diseñar un sistema de alcantarillado sanitario; este sistema únicamente conducirá aguas residuales, es decir, se excluyen las aguas pluviales, las que deberán correr libremente por las calles.

2.4. Partes de un sistema de alcantarillado sanitario

Son obras que se construyen para que el sistema funcione en óptimas condiciones.

2.4.1. Colector

Sistema de tuberías usadas para la recolección y transporte de aguas residuales provenientes de las viviendas y las conducen hasta un sitio donde se vierte al medio natural, o, a un sistema de tratamiento, el colector se construye al centro de la calle a distintas profundidades y puede ser de PVC o de concreto.

2.4.2. Pozos de visita

Se construyen, con el fin que se pueda realizar trabajos de inspección y limpieza del sistema de alcantarillado. Se ubican en todo cambio de dirección horizontal, cambios de pendiente, intersecciones de tubería. Generalmente se construyen con paredes de ladrillo, piso, brocal y tapadera de concreto armado.

2.4.3. Conexiones domiciliarias

Son tuberías de pequeños diámetros que conducen las aguas servidas desde la candela domiciliar al colector del sistema.

2.5. Estimación de la población de diseño

“Los sistemas de alcantarillado sanitario serán proyectados para llenar adecuadamente su función durante un período de 30 a 40 años a partir de la fecha en que se desarrolle el diseño” (Instituto de Fomento Municipal [INFOM], 2001, p. 17).

Para este proyecto en particular se proyectará la población para 40 años, dicho tiempo incluye: 2 años para gestión de financiamiento y construcción.

2.5.1. Método de incremento geométrico

Se utilizó este método porque se adecua de buena manera al crecimiento real de la población, tomando una tasa de crecimiento poblacional de 1.5619 % anual, correspondiente entre los años 2011 y 2012 para el departamento de Zacapa (anexo D-1).

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

P_f = población futura (hab)

P_o = población actual (hab)

r = tasa de crecimiento anual (%)

n = período de diseño (años)

$$P_f = (4.87*371) * (1+0.015619)^{40}$$

$$P_f = 3,358 \text{ hab.}$$

Nota: para este cálculo únicamente se toman en cuenta las viviendas actuales que se beneficiaran del sistema de alcantarillado sanitario (371 viviendas), la densidad poblacional que se utilizará es de 4.87 hab/vivienda.

Cantidad de viviendas futuras

$$\text{Viviendas futuras} = 3,358 / 4.87$$

$$\text{Viviendas futuras} = 690$$

2.6. Determinación de caudales

a. Población tributaria

La capacidad máxima de viviendas en la colonia Pueblo Modelo es de 643, por esta razón el diseño se trabajará para esta cantidad de viviendas futuras y la población de diseño será de 3,131 habitantes según la densidad de población.

b. Dotación

Es la cantidad de agua que se proporciona a cada habitante en un día, es este caso la dotación es de 90 L/h/d, dato obtenido de la Dirección Municipal de Planificación de la municipalidad de Zacapa.

c. Factor de retorno

Determina la cantidad de agua proveniente de las viviendas, que ingresará al sistema de acuerdo a la dotación de agua por cada habitante. El factor para viviendas que se utilizará es de 70 %.

d. Caudal domiciliar

El agua tiene distintos usos, como lavado de ropa, ducha, inodoros, entre otros, los desechos provenientes de estos usos, es el caudal domiciliar y se calcula de la siguiente manera.

$$Q_{\text{dom}} = \frac{\text{Dot} * P_f * F_r}{86,400}$$

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

Dot = dotación (L/h/d)

P_f = población futura (hab)

F_r = factor de retorno (%)

$$Q_{dom} = \frac{90 * 3,131 * 70 \%}{86,400}$$
$$Q_{dom} = 2.283 \text{ L/s}$$

e. Caudal comercial

Es el que proviene de comercios, hoteles, restaurantes y otros, en el diseño se utilizó, la relación de 1 comercio por cada 100 viviendas.

$$\text{No. comercios} = 643 \text{ viviendas} / 100$$

$$\text{No. comercios} = 6.43 \cong 6$$

$$Q_{com} = \frac{\text{No. comercios} * \text{Dot. comercial}}{86,400}$$

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

No. comercios = número de comercios

Dot. Comercial = dotación comercial (L/d)

$$Q_{com} = \frac{6 * 1,000}{86,400}$$
$$Q_{com} = 0.069 \text{ L/s}$$

f. Caudal industrial

Es el desecho que proviene de las industrias, en el diseño se utilizó, la relación de 1 industria por cada 200 viviendas.

$$\text{No. industrias} = 643 \text{ viviendas} / 200$$

$$\text{No. industrias} = 3.22 \cong 3$$

$$Q_{\text{ind}} = \frac{\text{No. industrias} * \text{Dot. industrial}}{86,400}$$

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

No. industrias = número de industrias

Dot. industrial = dotación industrial (L/d)

$$Q_{\text{ind}} = \frac{3 * 1,500}{86,400}$$

$$Q_{\text{ind}} = 0.052 \text{ L/s}$$

g. Caudal de infiltración

Es considerado por la cantidad de agua, que se infiltra en la tubería del sistema y depende de la permeabilidad del suelo, longitud de tubería, profundidad de la tubería y un factor de infiltración, que para este caso se utilizará 1,000 L/km/día.

$$Q_{\text{inf}} = F_{\text{inf}} * \frac{(\text{long tub} + \text{viv} * 6) / 1,000}{86,400}$$

Q_{inf} = caudal de infiltraciones ilícitas (L/s)

F_{inf} = factor de infiltraciones ilícitas

Long tub = longitud de tubería (m)

Viv = viviendas futuras

$$Q_{inf} = 1,000 * \frac{(4,130.80 + 643 * 6) / 1,000}{86,400}$$

$$Q_{inf} = 0.092 \text{ L/s}$$

h. Caudal de conexiones ilícitas

Es el caudal de agua pluvial que se conecta ilícitamente al sistema de alcantarillado sanitario. El procedimiento de cálculo es el siguiente.

$$C_{prom} = \frac{C_{techos} * A_{techos} + C_{patios} * A_{patios}}{A_{total}}$$

A_{total} = área total (m²)

A_{techos} = área de techos (m²)

A_{patios} = área de patios (m²)

C_{techos} = coeficiente de escorrentía para techos

C_{patios} = coeficiente de escorrentía para patios

- Coeficiente de escorrentía (C): “explica la abstracción o perdidas entre lluvia y escorrentía, los cuales pueden variar para un área de drenaje dada, siendo influenciada por las diferencias climatológicas y las condiciones estacionales” (Cabrera, 1989, p. 50).

Tabla 10. **Coeficiente de escorrentía**

CARACTERÍSTICAS DE SUPERFICIE	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA
Techos	0.7 - 0.90
Pavimientos	
Concreto y asfalto	0.85 - 0.90
Piedra, ladrillo o madera (buenas condiciones)	0.75 - 0.85
Piedra, madera o ladrillo (malas condiciones)	0.40 - 0.70
Calles	
Terracería	0.25 - 0.60
De arena	0.15 - 0.30
Parques, jardines, prados, etc.	0.05 - 0.25
Bosques y tierras cultivadas	0.01 - 0.20

Fuente: Cabrera, 1989, p. 50.

Para este caso el coeficiente de escorrentía para techos será de 0.70 y el coeficiente para patios (jardines) será de 0.15.

- Cálculo de áreas: este dato se obtiene multiplicando el largo por el ancho de los lotes y luego se multiplica por la cantidad de lotes totales. Para el área de techos se asignó un 60 % del área total de los lotes y para el área de patios se asignó el 40 %.

$$A_{\text{total}} = \text{Largo} * \text{Ancho} * \text{lotes futuros}$$

$$A_{\text{total}} = 18 * 8 * 643$$

$$A_{\text{total}} = 92,592 \text{ m}^2$$

$$C_{\text{prom}} = \frac{0.70 * (0.60 * 92,592) + 0.15 * (0.40 * 92,592)}{92,592}$$

$$C_{\text{prom}} = 0.37$$

$$Q_{\text{con ili}} = \frac{C_{\text{prom}} * I * A * 1,000 * 2 \%}{360}$$

$Q_{\text{con ili}}$ = caudal de conexiones ilícitas (L/s)

C_{prom} = coeficiente de escorrentía promedio

I = intensidad de lluvia (mm/h)

A = área total (ha)

- Intensidad de lluvia: es el espesor de lámina de agua, por unidad de tiempo producida por ésta; suponiendo que el agua permanece en el sitio donde cayó. La intensidad de lluvia es determinada por medio de registros pluviográficos elaborados por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología –INSIVUMEH–; en este caso se tomará la información proveniente de los registros de la estación de La Fragua, Zacapa, para una tormenta con período de retorno de 30 años.

$$I = \frac{836}{(t + 7)^{0.637}}$$

t = tiempo de concentración (min)

- Tiempo de concentración: Es el tiempo necesario, para que el agua superficial descienda, desde el punto más remoto de la cuenca hasta el punto de estudio; para este caso se toma un tiempo de 12 minutos.

$$I = \frac{836}{(12 + 7)^{0.637}}$$

$$I = 128.13 \text{ mm/h}$$

$$Q_{\text{con ili}} = \frac{0.37 * 128.13 * 9,2592 * 1,000 * 2 \%}{360}$$

$$Q_{\text{con ili}} = 24.387 \text{ L/s}$$

2.6.1. Caudal medio

Es la suma de todos los caudales: domiciliario, comercial, industrial, de infiltración y conexiones ilícitas.

$$Q_m = Q_{\text{dom}} + Q_{\text{com}} + Q_{\text{ind}} + Q_{\text{inf}} + Q_{\text{con ili}}$$

Q_m = caudal medio (L/s)

$$Q_m = 2.283 + 0.069 + 0.052 + 0.092 + 24.387$$

$$Q_m = 26.883 \text{ L/s}$$

2.6.2. Factor de caudal medio

Es la suma de todos los caudales dividido la población futura, este valor debe de estar entre: 0.002 a 0.005. Si el valor está dentro del rango establecido, se utilizará ese mismo valor; si el valor que se obtiene es menor, se utilizará 0.002; si el valor que se obtiene es mayor, se utilizará 0.005.

$$F_{qm} = \frac{Q_m}{P_f}$$

F_{qm} = factor de caudal medio (L/h/s)

$$F_{qm} = \frac{26.883}{3131}$$
$$F_{qm} = 0.009 \cong 0.005$$

2.6.3. Factor de flujo instantáneo

También es conocido como factor de Harmon, este factor incrementa el caudal debido a la posibilidad que muchos domicilios utilicen el sistema de manera simultánea. Este valor es adimensional y debe de estar en el rango de 1.5 a 4.5 y se calcula de la forma siguiente.

$$FH = \frac{18 + \sqrt{P_f / 1,000}}{4 + \sqrt{P_f / 1,000}}$$

FH = factor de Harmon

$$FH = \frac{18 + \sqrt{3,131 / 1,000}}{4 + \sqrt{3,131 / 1,000}}$$
$$FH = 3.43$$

2.6.4. Caudal de diseño

Es el caudal por vivienda, con el que se diseña cada tramo del sistema de alcantarillado. Es el resultado de la multiplicación del factor de flujo instantáneo, por el factor de caudal medio, por la población futura, dividido por las viviendas futuras.

$$Q_{dis} = \frac{FH * F_{qm} * P_f}{V_{iv}}$$

Q_{dis} = caudal de diseño (L/s)

$$Q_{dis} = \frac{3.43 * 0.005 * 3,131}{643}$$

$$Q_{dis} = 0.084 \text{ L/s}$$

2.7. Fundamentos hidráulicos

Los alcantarillados, son regidos principalmente por los fundamentos de la hidráulica del flujo en canales abiertos; ya que los flujos son transportados sin presión, con la ayuda de la fuerza de gravedad, a través de la pendiente acondicionada del tubo. Las velocidades de diseño, en las tuberías de alcantarillado son seleccionadas con la finalidad de mantener los sólidos en suspensión y que éstos puedan ser arrastrados por el flujo de los caudales.

2.7.1. Ecuación de Manning para flujo de caudales

Esta fórmula es experimental y para efectos del diseño de alcantarillado la fórmula de Manning, nos ayuda a calcular la velocidad del caudal teniendo como variables: el coeficiente de rugosidad del material, diámetro y pendiente de la tubería.

$$V = \frac{0.03429 * D^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

V = velocidad (m/s)

D = diámetro de la tubería (plg)

S = pendiente de la tubería (m/m)

n = coeficiente de rugosidad del material

a. Caudal a sección llena

Este caudal se utiliza para obtener los valores de las relaciones hidráulicas del diseño.

$$Q = A * V * 1,000$$

Q = caudal (L/s)

A = área de sección (m²)

V = velocidad (m/s)

b. Relación de diámetros y caudales

1. Relación q/Q: determina el porcentaje del flujo que pasa por la tubería, con relación al caudal a sección llena y se deben de considerar los siguientes aspectos:

$$q_{dis} \leq Q_{sec\ llena}$$
$$\frac{q_{dis}}{Q_{sec\ llena}} \leq 1$$

2. Relación v/V: determina la velocidad del flujo a sección parcial, para obtener el dato de esta relación, se busca el valor de q/Q en las tablas de relaciones hidráulicas, al encontrar el valor v/V, se procede a calcular la velocidad del flujo.

3. Relación d/D: determina el porcentaje de la altura que pasa por la tubería, para obtener el dato de esta relación, se busca el valor de q/Q en las tablas de relaciones hidráulicas, al encontrar el valor d/D, se procede a verificar la siguiente condición:

$$0.10 \leq \frac{d}{D} \leq 0.80$$

2.8. Parámetros de diseño

Son los que determinan el diseño del sistema de alcantarillado. Entre éstos podemos mencionar: periodo de diseño, población futura, número de viviendas futuras, dotación de agua, velocidades máximas y mínimas, pendientes, diámetros, profundidades de tuberías y cotas invert.

En cuanto a la cantidad de viviendas, se trabajará con la máxima posible según el tamaño de los lotes, que es de 8.00 m. de frente por 18.00 m. de largo, dando como resultado un total de 643 viviendas futuras, como se mencionó anteriormente en el documento.

En el diseño se utilizó una pendiente cercana a la del terreno, para minimizar los costos de construcción, siempre y cuando se cumpla con los parámetros, en algunos casos la pendiente variará bruscamente a la del terreno para que cumpla con las condiciones de diseño.

2.8.1. Coeficiente de rugosidad

Este coeficiente depende del material de la tubería. “n = 0.010 para tubos de PVC” (INFOM, 2001, p. 20).

2.8.2. Sección llena y parcialmente llena

Dado que el sistema de alcantarillado funciona como un canal abierto, la tubería nunca debe de trabajar a sección llena. Para verificar esto se utiliza la relación hidráulica d/D que se menciona anteriormente en el documento.

2.8.3. Velocidades máximas y mínimas

Para evitar la sedimentación y taponamiento dentro de la tubería y para evitar erosión por la fricción existente entre el caudal y la tubería.

- “La velocidad máxima con el caudal de diseño será de 2.50 m/s
- La velocidad mínima con el caudal de diseño será de 0.60 m/s” (INFOM, 2001, p. 21).

2.8.4. Diámetro del colector

“El diámetro mínimo a utilizar en los alcantarillados sanitarios será de 8” para tubos de concreto o de 6” para tubos de PVC” (INFOM, 2001, p. 21).

Para este caso se utilizará tubería de PVC de 6” de diámetro.

2.8.5. Profundidad mínima del colector

“La profundidad mínima del coronamiento de la tubería con respecto a la superficie del terreno será de 1.00 metro” (INFOM, 2001, p. 21). Para este caso se optó por tomar 1.05 m. del coronamiento de la tubería, con respecto a la superficie del terreno, obteniendo 1.20 m. como la profundidad mínima, que va de la cota invert hasta la superficie del terreno.

2.8.5.1. Ancho de zanja

Depende del diámetro de la tubería que se utilice, el ancho de la zanja debe de ser suficiente para lograr una buena trabajabilidad y colocación de la tubería, para este caso se tomó como ancho 0.80 m., que es el ancho de la cuchara de una excavadora.

2.8.5.2. Volumen de excavación

Es la cantidad de tierra que se removerá para la colocación de la tubería. Se calcula de la siguiente manera:

$$V = \frac{(H_1 + H_2 + 2R)}{2} * d * t$$

V = volumen de excavación (m³)

H₁ = altura del primer pozo (m)

H₂ = altura del segundo pozo (m)

R = relleno para nivelación de tubería (m)

d = distancia entre los pozos (m)

t = ancho de la zanja (m)

2.8.5.3. Cotas invert

La cota invert, es la profundidad respecto del suelo, a la cual entra o sale una tubería a un pozo de visita, existen diferentes casos para determinación:

- a. Caso 1: cuando ingresen 1 o más tuberías al pozo, del mismo diámetro que la tubería de salida, la invert de salida estará como mínimo 0.03 m. debajo de la cota más baja de entrada.

- b. Caso 2: cuando ingresen 1 o más tuberías al pozo, de menor diámetro que la tubería de salida, la invert de salida será como mínimo la diferencia de diámetro de la tubería de salida, con la tubería de entrada de mayor diámetro.

Fórmula para cálculo de cotas invert.

$$CI_{ent} = CI_{sal} - S * (Distancia - D_{int\ pozo})$$

CI_{ent} = cota invert de entrada a PV-45 (m)

CI_{sal} = cota invert de salida de PV-44 (m)

S = pendiente de la tubería (m/m)

Distancia = distancia horizontal (m)

$D_{int\ pozo}$ = diámetro interior de pozo (m)

2.9. Ubicación de pozos de visita

Según el Instituto de Fomento Municipal –INFOM– (2001)

Se diseñaran pozos de visita para localizarlos en los siguientes casos:

- En cambios de diámetro.
- En cambios de pendiente.
- En cambios de dirección horizontal para diámetros menores de 24”.
- En las intersecciones de tuberías colectoras.
- En los extremos superiores ramales iniciales.
- A distancias no mayores de 100 metros. en línea recta en diámetros hasta de 24”.

- A distancias no mayores de 300 m en diámetros superiores a 24" (p. 22).

2.10. Profundidad de los pozos de visita

Depende directamente de las cotas invert de entrada y de salida, para cada pozo de visita en particular. Se calcula de la siguiente manera.

$$H_{pv} = CT - CI_{sal}$$

H_{pv} = altura de pozo de visita (m)

CT = cota de terreno (m)

CI_{sal} = cota invert de salida (m)

2.11. Características de las conexiones domiciliarias

Las conexiones domiciliarias básicamente la conforman 2 elementos que son: la candela domiciliar y la tubería secundaria.

- a. Candela domiciliar: sirve como medio de inspección y limpieza, la candela envía las aguas servidas al colector, por medio de la tubería secundaria. La candela de registro domiciliar tendrá un diámetro de 12.
- b. Tubería secundaria: conduce el flujo de la candela domiciliar al colector, con una pendiente mínima de 2 % y máxima de 6 %. "En las conexiones domiciliarias, el diámetro mínimo será de 6" en concreto y de 4" en PVC, usando en este último caso un reductor de 4"x3" como protección de obstrucciones, a la entrada de la conexión, en la candela de registro domiciliar" (INFOM, 2001, p. 21).

2.12. Ejemplo de cálculo de un tramo del sistema sanitario

Se utilizará para el ejemplo de cálculo el tramo entre el PV-44 al PV-45.

Distancia = 57.88 m

Cota de terreno inicial = 111.94 m

Cota de terreno final = 109.52 m

Viviendas futuras = 14 viviendas

- Caudal del tramo

$$Q_t = Q_{dis} * \text{Viviendas futuras}$$

Q_t = caudal del tramo (L/s)

$$Q_t = 0.084 * 14$$

$$Q_t = 1.176 \text{ L/s}$$

- Pendiente del terreno

$$S_t = \frac{CT_{ini} - CT_{fin}}{\text{Distancia}} * 100$$

$$S_t = \frac{111.94 - 109.52}{57.88} * 100$$

$$S_t = 4.18 \%$$

Para el diseño hidráulico de este tramo se utilizaron los siguientes datos.

Diámetro de tubería PVC = 6"

Pendiente de la tubería de 4.22 %

- Velocidad a sección llena

$$V = \frac{0.03429 * D^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

$$V = \frac{0.03429 * 6^{2/3} * 0.0422^{1/2}}{0.01}$$

$$V = 2.33 \text{ m/s}$$

- Caudal a sección llena

$$Q = A * V * 1,000$$

$$Q = \frac{\pi * (6 * 0.0254)^2}{4} * 2.33 * 1,000$$

$$Q = 42.50 \text{ L/s}$$

- Relaciones hidráulicas (anexo D-2).

$$\frac{q}{Q} = \frac{1.176}{42.50}$$

$$\frac{q}{Q} = 0.027671$$

Se chequean las siguientes condiciones, en este caso ambas se cumplen.

$$q_{dis} \leq Q_{secllena}$$

$$\frac{q_{dis}}{Q_{secllena}} \leq 1$$

Se busca el valor de q/Q en las tablas de relaciones hidráulicas, para obtener los valores de v/v y d/D .

$$\frac{v}{V} = 0.435721$$

$$\frac{d}{D} = 0.114$$

La relación de diámetros debe cumplir la siguiente condición, en este caso si chequea.

$$0.10 \leq \frac{d}{D} \leq 0.80$$

- Velocidad del flujo

$$v = 0.435721 * 2.33$$

$$v = 1.02 \text{ m/s}$$

La velocidad está dentro del rango permitido 0.6 – 2.50 m/s.

Nota: Según tabla de diseño, para tubería de alcantarillado D=6" norma ASTM D 3034 (anexo D-3), para un diámetro de 6" y pendiente de 4.20 %, el caudal permitido es de 40.60 L/s y la velocidad permitida es de 2.30 m/s. Los cálculos realizados para este tramo, son menores que los indicados en la tabla de diseño, por lo tanto son correctos.

- Cotas invert de PV-45

$$Cl_{ent} = Cl_{sal} - S * (Distancia - D_{int \text{ pozo}})$$

$$Cl_{ent} = 110.74 - 0.0422 * (57.88 - 1.20)$$

$$Cl_{ent} = 108.35 \text{ m}$$

$$Cl_{sal\ PV-45} = 108.35 - 0.03$$

$$Cl_{sal\ PV-45} = 108.32\ m$$

- Altura de PV-45

$$H = CT_{ent} - Cl_{sal}$$

$$H = 109.52 - 108.32$$

$$H = 1.20\ m$$

- Volumen de excavación

$$V = \frac{(H_1 + H_2 + 2R)}{2} * d * t$$

$$V = \frac{(1.20 + 1.17 + 2 * 0.05)}{2} * 57.88 * 0.80$$

$$V = 57.19\ m^3$$

Para todos los demás tramos se realiza el mismo procedimiento, siempre tomando en cuenta los chequeos. A continuación se encuentra el resumen del cálculo hidráulico.

Tabla 11. Resumen del cálculo hidráulico

Pozos de visita		Cota de terreno (m)		Longitud	Pendiente terreno (%)	Viviendas de diseño	Caudal de diseño (L/s)	Caudal máximo acumulado (L/s)	Pendiente tubería (%)	Cota Invert (m)		ϕ "	Velocidad (m/s)	Altura de pozos (m)	
De	A	Inicial	Final	(m)						Inicial	Final			Inicial	Final
1	2	124.30	121.44	25.75	11.11	2	0.17	0.17	6.00	121.74	120.27	6	0.64	2.56	1.17
2	3	121.44	112.57	99.22	8.94	22	1.85	2.02	6.00	117.28	111.40	6	1.35	4.16	1.17
3	4	112.57	110.07	46.41	5.39	0	0.00	2.02	5.46	111.37	108.90	6	1.31	1.20	1.17
5	6	123.11	121.24	21.90	8.54	4	0.34	0.34	6.00	121.31	120.07	6	0.78	1.80	1.17
6	7	121.24	118.04	30.59	10.46	6	0.50	0.84	6.00	118.63	116.87	6	1.03	2.61	1.17
7	8	118.04	114.83	22.58	14.22	6	0.50	1.34	6.00	114.94	113.66	6	1.19	3.10	1.17
8	4	114.83	110.07	60.79	7.83	14	1.18	2.52	6.00	112.48	108.90	6	1.44	2.35	1.17
4	76	110.07	109.35	15.47	4.65	0	0.00	4.54	4.87	108.87	108.18	6	1.60	1.20	1.17

9	10	121.26	119.99	26.97	4.71	6	0.50	0.50	4.80	120.06	118.82	6	0.82	1.20	1.17
10	11	119.99	115.46	79.72	5.68	18	1.51	2.02	5.73	118.79	114.29	6	1.32	1.20	1.17
11	12	115.46	112.64	35.83	7.87	8	0.67	2.69	6.00	113.55	111.47	6	1.47	1.91	1.17
12	77	112.64	109.03	38.05	9.49	0	0.00	2.69	6.00	110.07	107.86	6	1.47	2.57	1.17

13	14	119.38	118.02	29.97	4.54	6	0.50	0.50	4.64	118.18	116.85	6	0.81	1.20	1.17
14	15	118.02	115.15	32.68	8.78	6	0.50	1.01	6.00	115.87	113.98	6	1.09	2.15	1.17
15	16	115.15	113.68	81.17	1.81	20	1.68	2.69	1.80	113.95	112.51	6	0.96	1.20	1.17
16	78	113.68	108.15	40.23	13.75	0	0.00	2.69	6.00	109.32	106.98	6	1.47	4.36	1.17

17	18	116.62	112.47	64.71	6.41	14	1.18	1.18	6.00	115.11	111.30	6	1.15	1.51	1.17
18	19	112.47	109.31	19.97	15.82	6	0.50	1.68	6.00	109.27	108.14	6	1.27	3.20	1.17
20	19	111.62	109.31	30.17	7.66	3	0.25	0.25	6.00	109.88	108.14	6	0.71	1.74	1.17
19	24	109.31	106.10	38.85	8.26	0	0.00	1.93	6.00	107.19	104.93	6	1.33	2.12	1.17
21	22	116.69	110.68	73.50	8.18	20	1.68	1.68	6.00	113.85	109.51	6	1.27	2.84	1.17
22	23	110.68	107.57	16.86	18.45	2	0.17	1.85	6.00	107.34	106.40	6	1.31	3.34	1.17
25	26	114.37	111.48	75.04	3.85	16	1.34	1.34	3.88	113.17	110.31	6	1.02	1.20	1.17
26	27	111.48	109.96	16.00	9.50	4	0.34	1.68	6.00	109.68	108.79	6	1.27	1.80	1.17
27	23	109.96	107.57	45.06	5.30	0	0.00	1.68	5.39	108.76	106.40	6	1.23	1.20	1.17
23	24	107.57	106.10	26.52	5.54	0	0.00	3.53	5.70	106.37	104.93	6	1.60	1.20	1.17
24	PT-1	106.10	105.32	29.26	2.67	0	0.00	4.87	2.69	104.90	104.15	6	1.32	1.20	1.17

Pozos de visita		Cota de terreno (m)		Longitud (m)	Pendiente terreno (%)	Viviendas de diseño	Caudal de diseño (L/s)	Caudal máximo acumulado (L/s)	Pendiente tubería (%)	Cota Invert (m)		φ"	Velocidad (m/s)	Altura de pozos (m)	
De	A	Inicial	Final							Inicial	Final			Inicial	Final
76	77	109.35	109.03	53.84	0.59	0	0.00	4.54	0.56	108.15	107.86	6	0.74	1.20	1.17
77	78	109.03	108.15	45.15	1.95	0	0.00	7.22	1.94	107.83	106.98	6	1.31	1.20	1.17
78	PT-1	108.15	105.32	80.43	3.52	0	0.00	9.91	3.54	106.95	104.15	6	1.78	1.20	1.17
1	28	124.30	124.15	15.06	1.00	2	0.17	0.17	6.00	123.10	122.27	6	0.64	1.20	1.88
28	29	124.15	119.51	48.49	9.57	6	0.50	0.67	6.00	121.18	118.34	6	0.96	2.97	1.17
29	30	119.51	116.90	29.88	8.73	3	0.25	0.92	6.00	117.45	115.73	6	1.06	2.06	1.17
30	32	116.90	116.05	15.59	5.45	0	0.00	0.92	5.73	115.70	114.88	6	1.05	1.20	1.17
5	31	123.11	118.92	30.33	13.81	8	0.67	0.67	6.00	119.50	117.75	6	0.96	3.61	1.17
31	32	118.92	116.05	61.16	4.69	14	1.18	1.85	4.74	117.72	114.88	6	1.21	1.20	1.17
32	34	116.05	113.76	38.58	5.94	0	0.00	2.77	6.00	114.83	112.59	6	1.48	1.22	1.17
9	33	121.26	118.48	25.05	11.10	6	0.50	0.50	6.00	118.74	117.31	6	0.88	2.52	1.17
33	34	118.48	113.76	61.45	7.68	14	1.18	1.68	6.00	116.20	112.59	6	1.27	2.28	1.17
34	35	113.76	113.32	47.17	0.93	0	0.00	4.45	0.90	112.56	112.15	6	0.87	1.20	1.17
13	35	119.38	113.32	82.48	7.35	20	1.68	1.68	6.00	117.03	112.15	6	1.27	2.35	1.17
35	37	113.32	112.93	45.52	0.86	0	0.00	6.13	0.82	112.12	111.76	6	0.92	1.20	1.17
17	36	116.62	114.51	86.96	2.43	20	1.68	1.68	2.43	115.42	113.34	6	0.93	1.20	1.17
36	37	114.51	112.93	23.98	6.59	6	0.50	2.18	6.00	113.13	111.76	6	1.38	1.38	1.17
37	40	112.93	112.19	45.21	1.64	0	0.00	8.32	1.62	111.73	111.02	6	1.28	1.20	1.17
21	38	116.69	115.11	25.17	6.28	4	0.34	0.34	6.00	115.38	113.94	6	0.78	1.31	1.17
38	39	115.11	113.42	44.91	3.76	10	0.84	1.18	3.80	113.91	112.25	6	0.98	1.20	1.17
39	40	113.42	112.19	66.46	1.85	16	1.34	2.52	1.84	112.22	111.02	6	0.95	1.20	1.17
40	43	112.19	111.09	46.14	2.38	0	0.00	10.84	2.39	110.99	109.92	6	1.58	1.20	1.17
25	41	114.37	113.26	26.98	4.11	6	0.50	0.50	4.19	113.17	112.09	6	0.78	1.20	1.17
41	42	113.26	111.67	33.90	4.69	8	0.67	1.18	4.78	112.06	110.50	6	1.06	1.20	1.17
42	43	111.67	111.09	79.59	0.73	18	1.51	2.69	0.70	110.47	109.92	6	0.69	1.20	1.17
43	46	111.09	108.99	46.59	4.51	0	0.00	13.52	4.57	109.89	107.82	6	2.13	1.20	1.17
44	45	111.94	109.52	57.88	4.18	14	1.18	1.18	4.22	110.74	108.35	6	1.02	1.20	1.17
45	46	109.52	108.99	55.31	0.96	12	1.01	2.18	0.93	108.32	107.82	6	0.71	1.20	1.17
46	49	108.99	107.43	49.19	3.17	0	0.00	15.71	3.19	107.79	106.26	6	1.94	1.20	1.17
47	48	109.86	109.45	46.05	0.89	10	0.84	0.84	1.25	108.66	108.10	6	0.60	1.20	1.35
48	49	109.45	107.43	65.97	3.06	16	1.34	2.18	2.80	108.07	106.26	6	1.05	1.38	1.17
49	PT-2	107.43	104.66	65.41	4.23	0	0.00	17.89	4.27	106.23	103.49	6	2.24	1.20	1.17

Pozos de visita		Cota de terreno (m)		Longitud	Pendiente terreno (%)	Viviendas de diseño	Caudal de diseño (L/s)	Caudal máximo acumulado (L/s)	Pendiente tubería (%)	Cota Invert (m)		φ "	Velocidad (m/s)	Altura de pozos (m)	
De	A	Inicial	Final	(m)						Inicial	Final			Inicial	Final
44	50	111.94	111.65	39.99	0.73	8	0.67	0.67	1.54	110.74	110.14	6	0.60	1.20	1.51
50	51	111.65	108.73	75.93	3.85	18	1.51	2.18	3.41	110.11	107.56	6	1.13	1.54	1.17
51	53	108.73	106.54	45.91	4.77	0	0.00	2.18	4.84	107.53	105.37	6	1.28	1.20	1.17
47	52	109.86	108.36	45.81	3.27	10	0.84	0.84	3.30	108.66	107.19	6	0.84	1.20	1.17
52	53	108.36	106.54	68.04	2.67	16	1.34	2.18	2.68	107.16	105.37	6	1.04	1.20	1.17
53	58	106.54	105.29	46.76	2.67	0	0.00	4.37	2.68	105.34	104.12	6	1.27	1.20	1.17
54	55	108.43	107.75	86.15	0.79	20	1.68	1.68	0.77	107.23	106.58	6	0.62	1.20	1.17
55	56	107.75	106.58	25.97	4.51	6	0.50	2.18	4.62	106.55	105.41	6	1.26	1.20	1.17
56	57	106.58	105.85	31.91	2.29	6	0.50	2.69	2.29	105.38	104.68	6	1.05	1.20	1.17
57	58	105.85	105.29	84.09	0.67	20	1.68	4.37	0.64	104.65	104.12	6	0.77	1.20	1.17
58	64	105.29	104.93	45.18	0.80	0	0.00	8.74	0.76	104.09	103.76	6	0.98	1.20	1.17
59	60	107.39	105.48	71.26	2.68	16	1.34	1.34	2.69	106.19	104.31	6	0.90	1.20	1.17
60	61	105.48	103.35	40.92	5.21	10	0.84	2.18	5.29	104.28	102.18	6	1.32	1.20	1.17
68	69	105.56	105.22	60.96	0.56	14	1.18	1.18	0.94	104.36	103.80	6	0.60	1.20	1.42
69	64	105.22	104.93	46.77	0.62	0	0.00	1.18	0.94	103.77	103.34	6	0.60	1.45	1.59
64	63	104.93	104.50	61.99	0.69	14	1.18	11.09	0.50	103.31	103.01	6	0.88	1.62	1.49
63	62	104.50	103.55	23.00	4.13	6	0.50	11.59	2.77	102.98	102.38	6	1.70	1.52	1.17
62	61	103.55	103.35	30.98	0.65	6	0.50	12.10	0.58	102.35	102.18	6	0.95	1.20	1.17
61	67	103.35	102.17	45.98	2.57	0	0.00	12.10	2.57	102.15	101.00	6	1.68	1.20	1.17
65	66	105.12	103.86	56.57	2.23	14	1.18	1.18	2.23	103.92	102.69	6	0.81	1.20	1.17
66	67	103.86	102.17	55.96	3.02	12	1.01	2.18	3.04	102.66	101.00	6	1.09	1.20	1.17
68	67	105.56	102.17	52.80	6.42	12	1.01	1.01	6.00	104.10	101.00	6	1.09	1.46	1.17
67	72	102.17	100.79	47.97	2.88	0	0.00	14.28	2.89	100.97	99.62	6	1.82	1.20	1.17
70	71	103.70	101.36	60.93	3.84	14	1.18	1.18	3.87	102.50	100.19	6	0.98	1.20	1.17
71	72	101.36	100.79	52.00	1.10	12	1.01	2.18	1.07	100.16	99.62	6	0.75	1.20	1.17
74	73	104.92	104.12	46.96	1.70	5	0.42	0.42	2.33	103.72	102.65	6	0.60	1.20	1.47
73	72	104.12	100.79	38.76	8.59	8	0.67	1.09	6.00	101.87	99.62	6	1.12	2.25	1.17
72	75	100.79	100.46	49.00	0.67	0	0.00	17.56	1.00	99.59	99.11	6	1.27	1.20	1.35
75	PV-E3	100.46	99.78	23.10	2.94	0	0.00	17.56	1.25	99.08	98.81	6	1.40	1.38	0.97

Fuente: Elaboración propia.

2.13. Desfogue

Siendo el caudal de aguas negras un flujo insalubre, no se puede verter en un medio natural, sin antes recibir un tratamiento como lo establece el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, para todo sistema de alcantarillado sanitario.

Para este proyecto, se propone un tratamiento secundario, contratado por la municipalidad de Zacapa, a una reconocida empresa internacional, utilizando plantas de tratamiento prefabricadas, para que así el agua se vierta a un medio natural sin afectarlo.

- Descripción del sistema de tratamiento propuesto

Al inicio del sistema, se contará con un tratamiento primario, encargado de remover sólidos gruesos, plásticos, arenas, entre otros, así como grasas y material flotante. Las aguas residuales a tratar deberán estar conectadas a este punto. A continuación del tratamiento primario, se ubicará un pozo de bombeo desde donde se alimentará al resto de unidades.

Después del Tratamiento Primario, se sigue con un tratamiento secundario, en un reactor biológico anaerobio de flujo ascendente, tipo UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*). El reactor UASB no requiere aire para su funcionamiento. Dentro del reactor UASB, la materia orgánica biodegradable presente en el agua residual, será convertida en un 90 % en biogás (mezcla de metano y gas carbónico) combustible aprovechable, mientras el otro 10 % será convertido en biomasa (lodo ya estabilizado el cual podrá usarse como abono). El reactor contará con un sistema para el manejo y evacuación del biogás, así como para los lodos en exceso.

Luego del tratamiento anaerobio, se instalará un sistema de Pos-tratamiento aeróbico en un filtro percolador, seguido por un clarificador final. El filtro percolador estará lleno con un material especial, sobre el cual crecerán adheridas las bacterias encargadas de la depuración final del agua. El filtro percolador, es alimentado por un brazo giratorio metálico, accionado hidráulicamente, por lo que no requiere de energía eléctrica y para mejorar la aireación se utiliza un pozo de recirculación parcial del agua filtrada por el filtro percolador.

El exceso de lodos producido en el filtro, será removido en un clarificador final. El exceso de lodos producido en el clarificador será enviado al inicio de la planta de tratamiento, para su estabilización dentro del reactor anaerobio UASB; desde allí, los lodos ya digeridos serán enviados a los patios para secado de lodos.

- Operación y mantenimiento

El sistema de tratamiento propuesto, requiere al igual que cualquier otro sistema de tratamiento atención periódica. Sin embargo, no requiere de mano de obra calificada. La planta de tratamiento contará con tres bombas sumergibles, con motor de $\frac{1}{2}$ HP a 230 voltios. Una para alimentación al sistema, una bomba para recirculación interna de lodos y una para la recirculación de los filtros percoladores, además la planta contará con un tablero de arranque de equipos.

2.14. Elaboración de planos

El juego de planos del proyecto de alcantarillado sanitario de la colonia Pueblo Modelo, consiste en lo siguiente (apéndice B-2).

- Plano de localización.
- Plano de ubicación.
- Planta topográfica.
- Plano de curvas de nivel.
- Perfiles.
- Detalles de conexión domiciliar.
- Detalles de pozo de visita.

2.15. Presupuesto

Criterios para la elaboración del presupuesto:

- El concreto se calculó por metro cúbico de fundición.
- La cuantificación de la arena y pedrín, se calculó por metro cúbico de fundición.
- El acero de refuerzo se calculó por quintal.
- Para el alambre de amarre se utilizó la siguiente relación: por cada quintal de acero se calcula 4 lb de alambre.
- Los costos para la mano de obra, son en base al precio que maneja la municipalidad de Zacapa para este tipo de proyecto.
- El costo de los materiales de construcción, son en base a cotización de ferreterías locales.
- La tubería y accesorios para el alcantarillado se presupuestó en base cotizaciones con empresas fabricantes y distribuidoras.

Tabla 12. **Resumen del presupuesto del sistema de alcantarillado**



PROYECTO:	ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA PUEBLO MODELO
-----------	--

MUNICIPIO:	ZACAPA
------------	--------

DEPARTAMENTO:	ZACAPA
---------------	--------

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL PARCIAL
1	TRABAJOS PRELIMINARES	m	4,130.80	Q 2.84	Q 11,731.47
2	CONEXIONES DOMICILIARES	unidad	643.00	Q 1,619.39	Q 1,041,267.77
3	INSTALACION DE TUBERIA PVC DE 6" NORMA ASTM D 3034	m	4,130.80	Q 243.35	Q 1,005,230.18
4	POZOS DE VISITA DE 1.20 A 2.00 m.	unidad	59.00	Q 5,688.50	Q 335,621.50
5	POZOS DE VISITA DE 2.01 A 3.00 m.	unidad	13.00	Q 9,545.70	Q 124,094.10
6	POZOS DE VISITA DE 3.01 A 4.00 m.	unidad	4.00	Q 12,219.32	Q 48,877.28
7	POZOS DE VISITA DE 4.01 A 5.00 m.	unidad	2.00	Q 15,676.81	Q 31,353.62

Precio total del proyecto Q 2,598,175.92

dos millones quinientos noventa y ocho mil ciento setenta y cinco quetzales con noventa y dos centavos

Fuente: Elaboración propia.

2.15.1. Integración de precios unitarios

Presenta tablas que muestran el presupuesto de cada renglón por unidad de medida.

Tabla 13. Presupuesto de trabajos preliminares

INTEGRACION DE PRECIOS UNITARIOS

Renglón:	Unidad	Cantidad
TRABAJOS PRELIMINARES	m	4,130.80

Materiales	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Cal	10	saco	Q 29.00	Q 290.00
SUBTOTAL DE MATERIALES				Q 290.00

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Replanteo topográfico	4,130.80	m	Q 1.00	Q 4,130.80
Trazo	4,130.80	m	Q 1.00	Q 4,130.80
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA				Q 8,261.60

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + mano de obra)	Q 8,551.60
GASTOS ADMINISTRATIVOS 10 % (sobre los costos directos)	Q 855.16
IMPREVISTOS 5 % (sobre los costos directos)	Q 427.58
IMPUESTOS 12 % (IVA, ISR, ISO, sobre los costos directos)	Q 1,026.19
UTILIDAD 10 % (sobre los costos directos)	Q 855.16
TOTAL	Q 11,715.69
PRECIO UNITARIO	Q 2.84

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. Presupuesto de conexiones domiciliarias

INTEGRACION DE PRECIOS UNITARIOS

Renglón:	Unidad	Cantidad
CONEXIONES DOMICILIARES	unidad	643.00

Materiales	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Cemento Portland	61.00	saco	Q 73.00	Q 4,453.00
Arena	3.42	m ³	Q 115.00	Q 393.30
Piedrin de 1/2"	3.42	m ³	Q 180.00	Q 615.60
Tubo de 4" norma ASTM D 3034	643.00	tubo	Q 348.00	Q 223,764.00
Tubo de concreto de 12"	643.00	tubo	Q 100.00	Q 64,300.00
Tapadera prefabricada para tubo de concreto de 12"	643.00	unidad	Q 35.00	Q 22,505.00
Cabo reductor de 4"X3"	643.00	unidad	Q 40.70	Q 26,170.10
Codo a 90° de 4" norma ASTM D 3034	643.00	unidad	Q 221.00	Q 142,103.00
Silleta Y de 4"X6"	643.00	unidad	Q 221.10	Q 142,167.30
Cemento solvente	24.00	galón	Q 485.20	Q 11,644.80

SUBTOTAL DE MATERIALES **Q 638,116.10**

Equipo	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Excavadora	60.00	hora	Q 350.00	Q 21,000.00

SUBTOTAL DE EQUIPO **Q 21,000.00**

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Nivelación	3,858.00	m	Q 5.00	Q 19,290.00
Colocación de tubería de 4" norma ASTM D 3034	643.00	m	Q 3.00	Q 1,929.00
Instalación de accesorios	1,286.00	unidad	Q 3.00	Q 3,858.00
Relleno y compactación	2,246.80	m ³	Q 25.00	Q 56,170.00
Instalación de tubo de concreto + tapadera	643.00	unidad	Q 30.00	Q 19,290.00
Fundición de fondo	5.66	m ³	Q 70.00	Q 396.20

SUBTOTAL DE MANO DE OBRA **Q 100,933.20**

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + mano de obra)	Q 760,049.30
GASTOS ADMINISTRATIVOS 10 % (sobre los costos directos)	Q 76,004.93
IMPREVISTOS 5 % (sobre los costos directos)	Q 38,002.47
IMPUESTOS 12 % (IVA, ISR, ISO, sobre los costos directos)	Q 91,205.92
UTILIDAD 10 % (sobre los costos directos)	Q 76,004.93
TOTAL	Q 1,041,267.55
PRECIO UNITARIO	Q 1,619.39

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Presupuesto de tubería principal

INTEGRACION DE PRECIOS UNITARIOS

Renglón:	Unidad	Cantidad
INSTALACION DE TUBERIA PVC DE 6" NORMA ASTM D 3034	m	4,130.80

Materiales	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Tubo de 6" norma ASTM D 3034	689.00	tubo	Q 777.00	Q 535,353.00
Material selecto	207.00	m³	Q 100.00	Q 20,700.00
SUBTOTAL DE MATERIALES				Q 556,053.00

Equipo	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Excavadora	80.00	hora	Q 350.00	Q 28,000.00
SUBTOTAL DE EQUIPO				Q 28,000.00

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Nivelación	4130.80	m	Q 5.00	Q 20,654.00
Colocación de tubería de 6" norma ASTM D 3034	4130.80	m	Q 3.00	Q 12,392.40
Relleno y compactación	4666.00	m³	Q 25.00	Q 116,650.00
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA				Q 149,696.40

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + mano de obra)	Q 733,749.40
GASTOS ADMINISTRATIVOS 10 % (sobre los costos directos)	Q 73,374.94
IMPREVISTOS 5 % (sobre los costos directos)	Q 36,687.47
IMPUESTOS 12 % (IVA, ISR, ISO, sobre los costos directos)	Q 88,049.93
UTILIDAD 10 % (sobre los costos directos)	Q 73,374.94
TOTAL	Q 1,005,236.68
PRECIO UNITARIO	Q 243.35

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16. Presupuesto de pozos de visita de 1.20 a 2.00 m

INTEGRACION DE PRECIOS UNITARIOS

Renglón:	Unidad	Cantidad
POZOS DE VISITA DE 1.20 A 2.00 m.	unidad	59.00

Materiales	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Cemento Portland	370.00	saco	Q 73.00	Q 27,010.00
Arena	22.60	m ³	Q 115.00	Q 2,599.00
Piedrin de 1/2"	20.44	m ³	Q 180.00	Q 3,679.20
Cal	23.00	saco	Q 29.00	Q 667.00
Ladrillo fayuyo 0.065X0.11X0.23 m.	34810.00	unidad	Q 2.50	Q 87,025.00
Acero No. 2 G. 40	16.91	quintal	Q 270.00	Q 4,565.70
Acero No. 3 G. 40	77.23	quintal	Q 375.00	Q 28,961.25
Acero No. 4 G. 40	68.57	quintal	Q 375.00	Q 25,713.75
Acero No. 5 G. 40	7.20	quintal	Q 390.00	Q 2,808.00
Alambre de amarre	680.00	lb	Q 5.50	Q 3,740.00

SUBTOTAL DE MATERIALES **Q 186,768.90**

Equipo	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Excavadora	8.00	hora	Q 350.00	Q 2,800.00

SUBTOTAL DE EQUIPO **Q 2,800.00**

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Retiro de material sobrante	172.00	m ³	Q 15.00	Q 2,580.00
Armado, fundición y colocación de tapadera + brocal	59.00	Unidad	Q 100.00	Q 5,900.00
Armado y fundición de piso	27.80	m ³	Q 70.00	Q 1,946.00
Levantado de ladrillo	34,810.00	unidad	Q 1.00	Q 34,810.00
Acabado en interior de pozo	284.97	m ²	Q 30.00	Q 8,549.10
Relleno y compactación	65.00	m ³	Q 25.00	Q 1,625.00

SUBTOTAL DE MANO DE OBRA **Q 55,410.10**

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + mano de obra)	Q 244,979.00
GASTOS ADMINISTRATIVOS 10 % (sobre los costos directos)	Q 24,497.90
IMPREVISTOS 5 % (sobre los costos directos)	Q 12,248.95
IMPUESTOS 12 % (IVA, ISR, ISO, sobre los costos directos)	Q 29,397.48
UTILIDAD 10 % (sobre los costos directos)	Q 24,497.90
TOTAL	Q 335,621.23
PRECIO UNITARIO	Q 5,688.50

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17. Presupuesto de pozos de visita de 2.01 a 3.00 m

INTEGRACION DE PRECIOS UNITARIOS

Renglón:	Unidad	Cantidad
POZOS DE VISITA DE 2.01 A 3.00 m.	unidad	13.00

Materiales	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Cemento Portland	83.00	saco	Q 73.00	Q 6,059.00
Arena	5.40	m ³	Q 115.00	Q 621.00
Piedrin de 1/2"	4.50	m ³	Q 180.00	Q 810.00
Cal	10.00	saco	Q 29.00	Q 290.00
Ladrillo tayuyo 0.065X0.11X0.23 m.	14534.00	unidad	Q 2.50	Q 36,335.00
Acero No. 2 G. 40	3.73	quintal	Q 270.00	Q 1,007.10
Acero No. 3 G. 40	17.00	quintal	Q 375.00	Q 6,375.00
Acero No. 4 G. 40	15.14	quintal	Q 375.00	Q 5,677.50
Acero No. 5 G. 40	3.20	quintal	Q 390.00	Q 1,248.00
Alambre de amarre	157.00	lb	Q 5.50	Q 863.50
Madera	75.00	pie tabla	Q 7.00	Q 525.00
Clavo de 3"	1.00	lb	Q 6.00	Q 6.00
Tubo de 6" norma ASTM D 3034	2.00	tubo	Q 777.00	Q 1,554.00
Codo a 90° de 6" norma ASTM D 3034	20.00	unidad	Q 324.40	Q 6,488.00
SUBTOTAL DE MATERIALES				Q 67,859.10

Equipo	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Excavadora	3.00	hora	Q 350.00	Q 1,050.00
SUBTOTAL DE EQUIPO				Q 1,050.00

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Retiro de material sobrante	72.00	m ³	Q 15.00	Q 1,080.00
Armado, fundición y colocación de tapadera + brocal	13.00	Unidad	Q 100.00	Q 1,300.00
Armado y fundición de piso	6.13	m ³	Q 70.00	Q 429.10
Instalación de codos + tubo (para caída de agua)	8.00	unidad	Q 10.00	Q 80.00
Levantado de ladrillo	14,534.00	unidad	Q 1.00	Q 14,534.00
Acabado en interior de pozo	119.08	m ²	Q 30.00	Q 3,572.40
Relleno y compactación	27.00	m ³	Q 25.00	Q 675.00
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA				Q 21,670.50

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + mano de obra)	Q 90,579.60
GASTOS ADMINISTRATIVOS 10 % (sobre los costos directos)	Q 9,057.96
IMPREVISTOS 5 % (sobre los costos directos)	Q 4,528.98
IMPUESTOS 12 % (IVA, ISR, ISO, sobre los costos directos)	Q 10,869.55
UTILIDAD 10 % (sobre los costos directos)	Q 9,057.96
TOTAL	Q 124,094.05
PRECIO UNITARIO	Q 9,545.70

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Presupuesto de pozos de visita de 3.01 a 4.00 m

INTEGRACION DE PRECIOS UNITARIOS

Renglón:	Unidad	Cantidad
POZOS DE VISITA DE 3.01 A 4.00 m.	unidad	4.00

Materiales	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Cemento Portland	26.00	saco	Q 73.00	Q 1,898.00
Arena	1.77	m ³	Q 115.00	Q 203.55
Piedrin de 1/2"	1.39	m ³	Q 180.00	Q 250.20
Cal	4.00	saco	Q 29.00	Q 116.00
Ladrillo tayuyo 0.065X0.11X0.23 m.	6,092.00	unidad	Q 2.50	Q 15,230.00
Acero No. 2 G. 40	1.15	quintal	Q 270.00	Q 310.50
Acero No. 3 G. 40	5.23	quintal	Q 375.00	Q 1,961.25
Acero No. 4 G. 40	4.71	quintal	Q 375.00	Q 1,766.25
Acero No. 5 G. 40	1.60	quintal	Q 390.00	Q 624.00
Alambre de amarre	51.00	lb	Q 5.50	Q 280.50
Madera	100.00	pie tabla	Q 7.00	Q 700.00
Clavo de 3"	2.00	lb	Q 6.00	Q 12.00
Tubo de 6" norma ASTM D 3034	1.00	tubo	Q 777.00	Q 777.00
Codo a 90° de 6" norma ASTM D 3034	6.00	unidad	Q 324.40	Q 1,946.40

SUBTOTAL DE MATERIALES **Q 26,075.65**

Equipo	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Excavadora	2.00	hora	Q 350.00	Q 700.00

SUBTOTAL DE EQUIPO **Q 700.00**

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Retiro de material sobrante	30.00	m ³	Q 15.00	Q 450.00
Armado, fundición y colocación de tapadera + brocal	4.00	Unidad	Q 100.00	Q 400.00
Armado y fundición de piso	1.88	m ³	Q 70.00	Q 131.60
Instalación de codos + tubo (para caída de agua)	3.00	unidad	Q 10.00	Q 30.00
Levantado de ladrillo	6,092.00	unidad	Q 1.00	Q 6,092.00
Acabado en interior de pozo	49.92	m ²	Q 30.00	Q 1,497.60
Relleno y compactación	12.00	m ³	Q 25.00	Q 300.00

SUBTOTAL DE MANO DE OBRA **Q 8,901.20**

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + mano de obra)	Q 35,676.85
GASTOS ADMINISTRATIVOS 10 % (sobre los costos directos)	Q 3,567.69
IMPREVISTOS 5 % (sobre los costos directos)	Q 1,783.84
IMPUESTOS 12 % (IVA, ISR, ISO, sobre los costos directos)	Q 4,281.22
UTILIDAD 10 % (sobre los costos directos)	Q 3,567.69
TOTAL	Q 48,877.29
PRECIO UNITARIO	Q 12,219.32

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19. Presupuesto de pozos de visita de 4.01 a 5.00 m

INTEGRACION DE PRECIOS UNITARIOS

Renglón:	Unidad	Cantidad
POZOS DE VISITA DE 4.01 A 5.00 m.	unidad	2.00

Materiales	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Cemento Portland	13.00	saco	Q 73.00	Q 949.00
Arena	0.92	m ³	Q 115.00	Q 105.80
Piedrin de 1/2"	0.69	m ³	Q 180.00	Q 124.20
Cal	3.00	saco	Q 29.00	Q 87.00
Ladrillo tayuyo 0.065X0.11X0.23 m.	3,920.00	unidad	Q 2.50	Q 9,800.00
Acero No. 2 G. 40	0.58	quintal	Q 270.00	Q 156.60
Acero No. 3 G. 40	2.62	quintal	Q 375.00	Q 982.50
Acero No. 4 G. 40	2.43	quintal	Q 375.00	Q 911.25
Acero No. 5 G. 40	1.00	quintal	Q 390.00	Q 390.00
Alambre de amarre	27.00	lb	Q 5.50	Q 148.50
Madera	150.00	pie tabla	Q 7.00	Q 1,050.00
Clavo de 3"	2.00	lb	Q 6.00	Q 12.00
Tubo de 6" norma ASTM D 3034	1.00	tubo	Q 777.00	Q 777.00
Codo a 90° de 6" norma ASTM D 3034	4.00	unidad	Q 324.40	Q 1,297.60
SUBTOTAL DE MATERIALES				Q 16,791.45

Equipo	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Excavadora	1.00	hora	Q 350.00	Q 350.00
SUBTOTAL DE EQUIPO				Q 350.00

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Retiro de material sobrante	10.00	m ³	Q 15.00	Q 150.00
Armado, fundición y colocación de tapadera + brocal	2.00	Unidad	Q 100.00	Q 200.00
Armado y fundición de piso	0.94	m ³	Q 70.00	Q 65.80
Instalación de codos + tubo (para caída de agua)	2.00	unidad	Q 10.00	Q 20.00
Levantado de ladrillo	3,920.00	unidad	Q 1.00	Q 3,920.00
Acabado en interior de pozo	32.12	m ²	Q 30.00	Q 963.60
Relleno y compactación	17.00	m ³	Q 25.00	Q 425.00
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA				Q 5,744.40

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + mano de obra)	Q 22,885.85
GASTOS ADMINISTRATIVOS 10 % (sobre los costos directos)	Q 2,288.59
IMPREVISTOS 5 % (sobre los costos directos)	Q 1,144.29
IMPUESTOS 12 % (IVA, ISR, ISO, sobre los costos directos)	Q 2,746.30
UTILIDAD 10 % (sobre los costos directos)	Q 2,288.59
TOTAL	Q 31,353.62
PRECIO UNITARIO	Q 15,676.81

Fuente: Elaboración propia.

2.15.2. Cronograma de ejecución física - financiera

Representa el tiempo de ejecución del proyecto y de cada uno de los renglones de trabajo que lo componen, indicando el monto financiero de inversión de cada uno de ellos; lo cual permite calcular el porcentaje de avance físico y financiero, en un tiempo determinado.

Tabla 20. Cronograma de ejecución física - financiera



PROYECTO:	ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA PUEBLO MODELO
MUNICIPIO:	ZACAPA
DEPARTAMENTO:	ZACAPA

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN FÍSICA - FINANCIERA

No	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	% DE RENGLÓN	TOTAL PARCIAL
1	TRABAJOS PRELIMINARES	m	4,130.80					0.45%	Q 11,731.47
2	CONEXIONES DOMICILIARES	unidad	643.00					40.08%	Q 1,041,267.77
3	INSTALACION DE TUBERIA PVC DE 6" NORMA ASTM D 3034	m	4,130.80					38.69%	Q 1,005,230.18
4	POZOS DE VISITA DE 1.20 A 2.00 m.	unidad	59.00					12.92%	Q 335,621.50
5	POZOS DE VISITA DE 2.01 A 3.00 m.	unidad	13.00					4.78%	Q 124,094.10
6	POZOS DE VISITA DE 3.01 A 4.00 m.	unidad	4.00					1.88%	Q 48,877.28
7	POZOS DE VISITA DE 4.01 A 5.00 m.	unidad	2.00					1.21%	Q 31,353.62
Avance Financiero				Q 532,365.36	Q 1,246,996.64	Q 697,218.32	Q 121,595.60	100.00%	Q 2,598,175.92
Avance Porcentual				20.49%	48.00%	26.83%	4.68%		100.00%
Avance Porcentual Acumulado				20.49%	68.49%	95.32%	100.00%		

Fuente: Elaboración propia.

2.16. Evaluación de impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental –EIA– se realiza para conocer cómo afectará el desarrollo del proyecto a la comunidad beneficiada. La EIA es de carácter obligatorio para cualquier proyecto a realizar y se realiza siguiendo los lineamientos que establece el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

Posibles efectos ambientales

- Aire: la contaminación del aire podrá resultar de manejo del suelo y los materiales; la población podría verse afectada por el incremento de enfermedades respiratorias, en especial los niños, quienes son mas vulnerables a este tipo de enfermedades.
- Ruido: durante el proceso de construcción el ruido provocado es poco, a causa del uso de maquinaria para la excavación; por lo tanto el nivel de ruido no será un factor negativo durante mucho tiempo para la población.
- Agua: existe la posibilidad de contaminar el manto freático, ocasionado por un filtrado o fuga de las aguas residuales, una vez instalado el sistema, esto pudiera ocurrir en la tubería debido a grietas y malos acoples entre las tuberías.
- Flora y fauna: para este caso en particular se considera que no habrá ningún efecto negativo, dado que en la colonia no existen animales exóticos y/o en peligro de extinción y la vegetación en el lugar consiste únicamente en árboles ornamentales.

- Social: la comunidad será beneficiada con un proyecto, que ayudará a reducir enfermedades gastrointestinales, porque ya no habrá aguas servidas en las calles, la colonia contará con un mejor ornato y los habitantes contarán con un mejor nivel de vida; además que en la etapa de construcción podrían surgir fuentes de trabajo, lo que aumentará los ingresos económicos por familia.

Medidas de mitigación

- Aire: se le recomendará a los habitantes que no se acerquen al área de trabajo, para que reduzcan la probabilidad de enfermedades respiratorias; así mismo a los trabajadores se les deberá de dotar de mascarillas, en las actividades donde el polvo exceda el nivel soportado por las personas.
- Ruido: ya que este factor no será muy grande, únicamente se les hará saber a los vecinos que habrá maquinaria y hombres trabajando cerca de sus casas y que el ruido será mínimo y por un tiempo corto.
- Agua: el encargado del proyecto, velará porque no se derrame ningún tipo de líquido al suelo, para que no llegue a afectar al manto freático, también se debe de supervisar las uniones que se hagan en todas las tuberías y conexiones domiciliarias para verificar su buen ensamblaje y así evitar fugas de aguas residuales en el sistema, verificándose por pruebas de presión en las mismas.
- Suelo: por el tipo de proyecto, el suelo sufrirá pequeñas modificaciones, a causa de la excavación y al relleno, pero una vez terminado el trabajo las condiciones del suelo volverá a ser normales.

- Social: se le informará a los vecinos en qué consistirá el proyecto y quienes será los encargados de realizarlo, para que todos estén enterados, evitando así posibles malos entendidos y reclamos hacia los trabajadores.

2.17. Evaluación socioeconómica

La evaluación permite determinar el efecto económico sobre la sociedad, en este caso sobre los habitantes de la colonia Pueblo Modelo.

2.17.1. Valor presente neto

“Esta tasa, denominada con frecuencia tasa de descuento, rendimiento requerido, costo de capital o costo de oportunidad, es el rendimiento mínimo que debe ganar un proyecto para que el valor de mercado de la empresa permanezca sin cambios” (Gitman, 2007, p. 357).

El valor presente neto –VPN–, se utiliza para comparar alternativas de inversión. Consiste en transformar la inversión inicial, los ingresos y egresos anuales, así como valores de rescate futuros de un proyecto a un valor presente, a manera de determinar si éste es rentable al término del período de funcionamiento.

$$VPN = -I + TA - F * \left(\frac{1}{(1 + i)^n - 1} \right)$$

VPN = valor presente neto (quetzales)

I = inversión inicial (quetzales)

TA = tarifa anual (quetzales)

F = costo de mantenimiento anual (quetzales)

i = tasa de interés (%)

n = período de tiempo (años)

Para la formula anterior existen tres resultados, siendo los siguientes.

- 1). $VPN > 0$: la inversión se recupera, se obtiene rentabilidad y una ganancia.
- 2). $VPN = 0$: se recupera la inversión, pero no genera ganancia, no es rentable.
- 3). $VPN < 0$: no se recupera la inversión, el proyecto conlleva perdida de dinero.

$$VPN = - 2,598,175.92 + 0 - 5,000 * \left(\frac{1}{(1 + 6\%)^{40} - 1} \right)$$

$$VPN = - Q. 2,598,175.92$$

El resultado del cálculo del VPN es negativo, lo que quiere decir que no genera utilidades, el proyecto del sistema de alcantarillado es de beneficio comunitario, su objetivo principal es de carácter social y no económico.

2.17.2. Tasa interna de retorno

“Financieramente la TIR es la tasa a la cual son descontados los flujos de caja de forma tal que los ingresos y los egresos sean iguales; desde el punto de vista matemático la TIR es la tasa a la cual el VPN se hace cero” (Baca, 2002, p. 237).

2.18. Programa de mantenimiento

El mantenimiento del sistema tiene como fin, asegurar el buen funcionamiento del proyecto según los parámetros y condiciones para el cual fue diseñado el sistema de alcantarillado. Se recomienda realizar inspecciones en lapsos de tiempo no mayores de 4 meses y los responsables de realizar el mantenimiento será la comunidad beneficiada con el proyecto. A continuación describe la inspección y el mantenimiento para cada una de las partes del sistema de alcantarillado sanitario:

a. Colector

- Posibles problemas
 - Taponamiento parcial
 - Taponamiento total
- Acciones a seguir
 - Prueba de reflejo: consiste en colocar un agente reflector de luz (linterna, espejo) en un pozo de visita y chequear el reflejo en el pozo de visita siguiente, si no se percibe por completo el reflejo de manera total existe un taponamiento parcial y si no se observa en absoluto el reflejo existe un taponamiento total.
 - Prueba de corrimiento de flujo: se vierte cierta cantidad de agua en el pozo aguas arriba y se observa la cantidad de agua que llega al pozo siguiente, si el corrimiento es muy lento existe un taponamiento parcial y si el corrimiento es nulo el taponamiento es total.

- Soluciones

- Taponamiento parcial: se vierte de manera brusca 54 galones de agua al pozo de vista aguas arriba, de tal manera que esta acción provoque la limpieza del tramo, luego se realiza la prueba de reflejo nuevamente para verificar si el taponamiento ya no existe.
- Taponamiento total: si no se soluciona el problema, con la presión de agua que se vertió en el pozo de visita, entonces se introduce una guía para localizar la obstrucción y se procede a excavar para poder descubrir el tubo y retirar la obstrucción.

b. Pozos de visita

- Posibles problemas

- Acumulación de residuos y/o lodos
- Deterioro del interior del pozo
- Deterioro de la tapadera

- Acciones a seguir

- Inspección de todos los componentes del pozo, internos y externos.
- Inspección de materiales acumulados.

- Soluciones

- Acumulación de residuos y/o lodos: retirar cualquier residuo que se encuentre retenido dentro del pozo, para dar fluidez al agua.

- Deterioro del interior del pozo: cambiar las escaleras si están en mal estado, reponer el repello que se haya caído.
- Deterioro de la tapadera: remozar la tapadera o construir una nueva si los daños son irreparables.

c. Conexiones domiciliarias

- Posibles problemas

- Mal estado de la candela domiciliar.
- Taponamiento parcial.
- Taponamiento total.
- Conexiones de aguas pluviales.

- Acciones a seguir

- Inspeccionar todos los elementos de la candela domiciliar.
- Verificar que únicamente las aguas residuales lleguen a la candela domiciliar.

- Soluciones

- Mal estado de la candela domiciliar: reparar o cambiar la candela si su daño es muy grande.
- Taponamiento parcial: se vierte agua de manera brusca, para que el taponamiento desaparezca.
- Taponamiento total: si el agua se estanca en la candela, se introduce una guía metálica para quitar la obstrucción y luego se vierte agua de manera brusca para verificar que ya no exista el

taponamiento. Si el problema aún existe entonces se identifica el punto de la obstrucción y se excava para descubrir la tubería y retirar el material que provoca el taponamiento.

- Conexiones de aguas pluviales: si existen este tipo de conexiones se le pide al usuario que las elimine, si hace caso omiso del aviso se procede a cancelar la conexión domiciliar.

3. PAVIMENTACIÓN DE 1a. CALLE HASTA ENTRADA A COLONIA ESMERALDA, CABECERA MUNICIPAL DE ZACAPA

3.1. Evaluación de la vía principal para el acceso existente

En la actualidad circulan vehículos de 2 y de 4 ejes sobre la 1a. calle hasta la entrada a colonia Esmeralda, ésta calle se encuentra en mal estado estructural y es difícil de transitar, especialmente en la época de invierno, la cual presenta la acumulación de rocas y residuos orgánicos, de lugares que están a nivel que la 1a. calle, provocando así el tránsito lento y dificultoso de los vehículos. Estas condiciones generan desperfectos en los automotores por el mal estado estructural de la calle.

3.2. Levantamiento topográfico

El tipo de levantamiento topográfico es poligonal base abierta con radiaciones, en donde se establece el punto de partida, el azimuth de salida, el estacionamiento de salida y la cota inicial del terreno. Con el levantamiento topográfico se obtiene la libreta de campo, la cual es fundamental para un diseño de pavimentación. El equipo topográfico que se utilizó fue: un teodolito DT205C, trípode, brújula, estadal de aluminio de 5 m. cinta métrica, plomada, estacas y pintura.

3.2.1. Altimetría

Es importante determinar, para este tipo de proyecto las cotas de los distintos puntos de la calle, ya que así podemos definir las curvas a nivel y los perfiles de su estado actual y las mejoras que podemos hacer. El levantamiento altimétrico se realizó por medio de nivelación taquimétrica, tomando lecturas a distancias de 20.00 m., sobre un eje central, o, a distancias menores en casos especiales como: curvas verticales y horizontales, ubicación de pozos, cambios de pendiente.

3.2.2. Planimetría

En este estudio se representa la superficie del terreno en un plano horizontal, obteniendo la planta general de la calle, el eje central, las curvas a nivel y secciones transversales; se empleó el método de conservación de azimut para este tipo de levantamiento.

3.3. Estudio de suelos

Para poder obtener el valor soporte y características específicas del suelo que conforma la sub-rasante y del suelo para sub-base, se deben de realizar los estudios de suelo, correspondientes en un laboratorio certificado; para este caso los estudios se realizaron en el centro de investigaciones de ingeniería, de la facultad de ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala; a continuación se presentan los estudios que se realizaron.

- Límites de Atterberg: determina las propiedades plásticas, de suelos arcillosos o limosos.

- Análisis granulométrico con tamices: determina la cantidad en porcentaje, de los diversos materiales que componen el suelo.
- Ensayo de compactación (proctor modificado): muestra el porcentaje de humedad de suelo a la que alcanza su mayor compactación.
- Ensayo de razón soporte California (C.B.R.): determina la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, en condiciones de humedad óptima de compactación.

3.3.1. Análisis de resultados

Los resultados de los ensayos de laboratorio que se obtuvieron son los siguientes:

- Para el suelo de sub-rasante:
 - Clasificación del suelo = C.S.U.: SW, P.R.A.: A-1-b.
 - Descripción del suelo = arena limosa con grava color beige.
 - Límite líquido = 0%.
 - Índice plástico = 0%.
 - Densidad seca máxima = 2,045.75 kg/m³ (127.70 lb/p³).
 - Humedad óptima = 9.5 %.
 - C.B.R. al 95 % de compactación = 31.5 %.
- Para el suelo de sub-base:
 - Clasificación del suelo = C.S.U.: SW, P.R.A.: A-1-b.
 - Descripción del suelo = arena limosa con grava color café.
 - Límite líquido = 25.636 %.
 - Índice plástico = 2.86 %.

- Densidad seca máxima = 2,052.00 kg/m³ (128.10 lb/p³).
- Humedad óptima = 8.75 %.
- C.B.R. al 95 % de compactación = 32.5 %.

3.4. Diseño geométrico de la calle

Consiste en el diseño que se adapte a las características de seguridad, tránsito y viabilidad para los vehículos. Sin embargo por el área del proyecto, no es posible lograr un diseño óptimo, porque existen limitantes en cuanto al ancho disponible y a los niveles que no se pueden sobrepasar; la razón de esto es la presencia de viviendas en todo el contorno y a lo largo de la calle de estudio.

3.4.1. Curvas horizontales

Las curvas horizontales o circulares, se definen como arcos de circunferencia de un solo radio, que son utilizados para unir dos alineamientos rectos de una vía. En este caso no se contempló el diseño de curvas horizontales debido a que los anchos no se pueden modificar, porque a lo largo de todo el tramo existen viviendas.

3.4.2. Curvas verticales

Una curva vertical es un arco de parábola de eje vertical, que une dos tangentes del alineamiento vertical. En este caso particular tampoco se diseñaron curvas verticales debido a que las alturas máximas y mínimas están definidas por los ingresos a las viviendas y el nivel de las aceras; aunque si se modificarán las altura actual en algunos tramos, pero sin afectar la entrada o salida de las viviendas, para evitar molestias a los habitantes.

3.4.3. Perfil longitudinal

Este perfil representa la longitud de la vía y las alturas respectivas de sus puntos principales en un plano; se aprecian una serie de tramos rectos que se unen a las curvas verticales, definiendo así, de una mejor manera el comportamiento de la carretera o calle, en relación a sus cambios de pendiente.

3.4.4. Sección transversal

Es la representación gráfica, de un corte transversal que muestra en proyección vertical, las pendientes, espesores, dimensiones y composición de las capas de la estructura del pavimento. Actualmente en la 1a. calle se puede observar pendientes que ocasionan el estancamiento de agua a inmediaciones de la calle, también una sub-rasante con materia orgánica e inorgánica; lo que se pretende con el diseño es mejorar los elementos que constituyen el pavimento, para que su funcionamiento sea el ideal para el tránsito vehicular.

3.5. Elementos que constituyen el pavimento

A continuación se listan las capas o, elementos que constituyen la estructura que en conjunto conforman un pavimento.

3.5.1. Sub-rasante

“Es la capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad tal que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto” (Dirección General de Caminos [DGC], 2001, sec. 301, p. 1).

“Materiales adecuados para sub-rasante: Son suelos de preferencia granulares con menos de 3 por ciento de hinchamiento de acuerdo con el ensayo AASHTO T 193 (CBR)” (DGC, 2001, sec. 301, p. 1).

3.5.2. Sub-base

“Es la capa de estructura del pavimento, destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito proveniente de las capas superiores del pavimento, de tal manera que el suelo de sub-rasante las pueda soportar” (DGC, 2001, sec. 303, p. 1).

Funciones de la sub-base:

- Aumentar el valor soporte y proporcionar una resistencia más uniforme a las losas de concreto.
- Hacer mínimos los efectos de cambio de volumen en los suelos de la sub-rasante.

Según la Dirección General de Caminos –DGC– (2001)

La sub-base puede tener un espesor compactado variable por tramos, según lo indicado en los planos, lo establecido en las Disposiciones Especiales o lo ordenado por el Delegado Residente con autorización previa del Ingeniero de acuerdo con las condiciones y características de los suelos existentes en la sub-rasante, pero en ningún caso dicho espesor debe ser menor de 100 milímetros ni mayor de 700 milímetros (sec. 303, p. 1).

Según DGC (2001)

Requisitos para el material de sub-base común: la capa de sub-base común, debe estar constituida por materiales de tipo granular en su estado natural o mezclados, que formen y produzcan un material que llene los requisitos siguientes.

- a. Valor soporte: el material debe tener un CBR, AASHTO T 193, mínimo de 30, efectuado sobre muestras saturadas a 95% de compactación, AASHTO T 180.
- b. Piedras grandes y exceso de finos: el tamaño de las piedras que contenga el material de sub-base, no debe exceder de 70 milímetros ni exceder de $\frac{1}{2}$ espesor de la capa. El material de sub-base no debe tener más del 50% en peso, de partículas que pasen el Tamiz 0.425 mm, ni más del 25% en peso, de partículas que pasen el Tamiz 0.075 mm.
- c. Plasticidad y cohesión: el material de sub-base debe tener las características siguientes:
 - Plasticidad: la porción que pasa el tamiz 0.425 mm, no debe de tener un índice de plasticidad AASHTO T 90, mayor de 6 ni un límite líquido, AASHTO T 89, mayor de 25, determinados ambos, sobre muestra preparada en húmedo, AASHTO T 146. Cuando las Disposiciones Especiales lo indiquen expresamente, el índice de plasticidad puede ser más alto, pero en ningún caso mayor de 8.

- Equivalente de arena: no debe ser menor de 25, determinado por el método AASHTO T 176.
- d. Impurezas: el material de sub-base debe estar exento de materias vegetales, basuras, terrones de arcilla, o sustancias que incorporadas dentro de la capa de sub-base puedan causar fallas en el pavimento (sec. 303, pp. 1-2).

Según DGC (2001)

- e. Tendido: el material de sub-base, debe ser tendido en capas no mayores de 300 milímetros ni menores de 100 milímetros.

Si el espesor de sub-base requerido, es mayor de 300 milímetros, el material debe ser colocado en dos o más capas, nunca menores de 100 milímetros, no permitiéndose la colocación de la capa siguiente, antes de comprobar la compactación de la inmediata anterior. El material suelto de sub-base colocado, debe corresponder en cantidad, al espesor de la capa a tender en el ancho total establecido en la sección típica de pavimentación, tomando en cuenta su reducción de volumen por la compactación (sec. 303, pp. 2-3).

El factor de compactación para el tipo de suelo a utilizar para la sub-base es de 25 %.

El banco de materiales de donde se extraerá el suelo para sub-base, se encuentra ubicado en una finca propiedad del señor: Luis Vargas, la finca está ubicada a un costado de la carretera que conduce hacia la aldea Manzanotes,

municipio de Zacapa, con coordenadas geográficas 14°59'05.56" N 89°32'10.27" O.

3.5.3. Base

“Es la capa formada por la combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural, clasificados o con trituración parcial para constituir una base integrante de un pavimento” (DGC, 2001, sec. 304, p. 1).

Para este caso en particular no se utilizó la capa de base, debido a que el pavimento rígido por su rigidez, transmite las cargas de forma uniforme a un área mayor.

3.5.4. Capa de rodadura

Según la Secretaría de Integración Económica Centroamericana –SIECA– (2002)

Es la capa superior de la estructura de pavimento, construida con concreto hidráulico, por lo que debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, mas que en la capacidad de la subrasante, dado que no usan capa de base. En general, se puede indicar que el concreto hidráulico distribuye mejor las cargas hacia la estructura de pavimento.

Los pavimentos rígidos pueden dividirse en tres tipos.

- Concreto hidráulico simple: no contiene armadura en la losa. Las juntas pueden o no tener dispositivos de transferencia de cargas (dovelas).
- Concreto hidráulico reforzado: tienen espaciamientos mayores entre juntas y llevan armadura distribuida en la losa a efecto de controlar y mantener cerradas las fisuras de contracción.
- Concreto hidráulico reforzado continuo: tiene armadura continua longitudinal y no tiene juntas transversales, exceptuando juntas de construcción. La armadura transversal es opcional en este caso. Estos pavimentos tienen más armadura que las juntas armadas y el objetivo de esta armadura es mantener un espaciamiento adecuado entre fisuras y que éstas permanezcan cerradas.

a. Materiales

- Cemento tipo Portland: los cementos hidráulicos deben ajustarse a las normas AASHTO M-85 para los Cementos Portland y a las normas AASHTO M-240, para Cementos Hidráulicos Mezclados. Además, se debe indicar su clase de resistencia en MPa o en lbs/plg^2 , según sea el caso 21, 28, 35 y 42 MPa (3000, 4000, 5000 y 6000 lbs/plg^2), que corresponde a una resistencia mínima a 28 días. Cuando no se especifique el cemento a usar, éstos deberán tener una clase de resistencia a 28 MPa (4000 PSI) o mayor.

- Agregados finos: debe consistir en arena natural o manufacturada, compuesta de partículas duras y durables, de acuerdo a AASHTO M 6, clase B.
- Agregados gruesos: deben consistir en gravas o piedras trituradas, trituradas parcialmente o sin triturar, procesadas adecuadamente para formar un agregado clasificado, de acuerdo con AASHTO M 80.
- Agua: el agua para mezclado y curado del concreto o lavado de agregados debe ser preferentemente potable, limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceite, ácidos, álcalis, azúcar, sales como cloruros o sulfatos, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero. El agua de mar o salobregas y de pantanos, no deben usarse para concreto hidráulico.

El agua proveniente de abastecimientos o sistemas de distribución de agua potable, puede usarse sin ensayos previos.

En donde el lugar de abastecimiento sea poco profundo, la toma debe hacerse de forma que excluya sedimentos, toda hierba y otras materias perjudiciales.

- b. Aditivo: el uso de aditivos para concreto, tiene por objeto mantener y mejorar esencialmente la composición y rendimiento del concreto de la mezcla básica.

- Ceniza Volante: se ha usado ceniza volante para mezclas del sistema de pavimentos de concreto de apertura rápida, pero generalmente como un aditivo y no como sustituto del cemento Portland y debe cumplir con lo estipulado en AASHTO M-295.
- Aditivos Químicos: son aquellos que sin cambiar las características naturales del concreto hidráulico para pavimentos, ayudan en los diferentes procesos de construcción, siendo estos: inclusores de aire según AASHTO M-159, reductores de agua según AASHTO M-194, acelerantes y descelerantes de fraguado según AASHTO M-194” (cap. 5, pp. 27-29).

La capa de rodadura debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Proveer un valor soporte que resista las cargas concentradas que provienen de ejes de vehículos, trabajando a flexión y que distribuya adecuadamente las cargas a las demás capas.
- La textura superficial no debe ser resbaladiza, aun cuando se encuentre húmeda, salvo que esté cubierta con lodo, aceite u otro material deslizante.
- Proteger a la superficie sobre la cual está construido el pavimento, de los efectos destructivos del tránsito.
- Evitar la penetración de agua a las diferentes capas inferiores.
- Gran resistencia al desgaste, con poca producción de partículas de polvo.
- Buena reflectividad.

3.5.5. Juntas

“Las juntas tienen por objeto principal, permitir la construcción del pavimento por losas separadas para evitar grietas de construcción, estableciendo al mismo tiempo una unión adecuada entre ellas, que asegure la continuidad de la superficie de rodadura y la buena conservación del pavimento” (DGC, 2001, sec. 501, p. 9).

Los tipos de juntas más comunes en los pavimentos de concreto son las siguientes:

Según DGC (2001)

- a. Juntas Transversales de Contracción: Estas juntas se construyen transversalmente a la línea central y espaciada, para controlar el agrietamiento por esfuerzos causados por contracción del concreto o encogimiento y cambios de humedad o temperatura. Estas juntas están orientadas en ángulos rectos a la línea central y borde de los carriles o franjas del pavimento.
- b. Juntas Transversales de Construcción: Las juntas transversales de construcción son juntas planas y no se benefician del engrape del agregado. Controlan principalmente, el agrietamiento natural del pavimento. Su diseño y construcción apropiados son críticos, para el desempeño general del pavimento. Deben construirse al concluir la operación de pavimentación, al final del día, o cuando surge cualquier interrupción de la colocación (por ejemplo, en los accesos a puentes o cuando hay falta de suministro de concreto). Estas

juntas, siempre que sea posible, deben instalarse en la localización de una junta planificada previamente.

Cuando la junta de construcción es colocada en una ubicación planificada o el pavimento no está adyacente a una losa de concreto existente, se requieren dovelas para proporcionar transferencia de carga. Estas juntas siempre están orientadas perpendicularmente a la línea central, aun cuando las juntas de contracción estén esviajadas.

- c. Juntas de Expansión o Aislamiento: Se colocan en localizaciones que permitan el movimiento del pavimento, sin dañar las estructuras adyacentes (puentes, drenajes, etc.) o el pavimento en sí, en áreas de cambios de dirección del mismo.

Las juntas de expansión o aislamiento, deben tener de 19 mm a 25 mm ($\frac{3}{4}$ " a 1") de ancho. En las juntas de expansión, un material premoldeado para relleno de junta, debe ocupar el vacío entre la sub-base o sub-rasante y el sellador de la junta. El relleno debe quedar como 25.4 mm (1") más abajo del nivel de la superficie y debe extenderse en la profundidad y ancho total de la losa.

En las juntas de expansión, el espesor de la losa debe aumentarse en un 20 % a lo largo de la junta de expansión. La transición de espesor es gradual, en una longitud de 6 a 10 veces el espesor del pavimento.

- d. Juntas Longitudinales de Contracción: Dividen los carriles de tráfico y controlan el agrietamiento, donde se colocan dos o más anchos de carriles al mismo tiempo.
- e. Juntas longitudinales de construcción: Estas juntas unen carriles de pavimentos adyacentes, cuando éstos fueron pavimentados en diferentes fechas (sec. 501, p. 9-10).
- f. Juntas de trabe por agregados: este sistema de transferencia de carga, es más efectivo para pavimentos contruidos, con una corta separación de las juntas y que experimenten bajos volúmenes de tráfico pesado. Para incrementar la trabazón de agregados y minimizar la diferencia de elevación en las juntas. En general se recomienda, dejar la transferencia de carga, únicamente a la trabazón de agregados para proyectos, con un tráfico inferior a los 80 ó 120 vehículos pesados diarios (eje simple y eje tándem).

3.6. Movimiento de tierras

Con la sub-rasante ya definida, podemos definir el volumen de movimiento de tierras. Es importante mencionar, que en este caso en particular, el mayor movimiento de tierras será el retiro de suelo, con material orgánico y/o material que puede afectar la estructura de las diferentes capas y por el relleno que de material que servirá de sub-base la capa de pavimento. Cabe acotar, dentro de este marco que es más económico realizar un corte que un relleno.

3.7. Diseño de pavimento de concreto hidráulico

Factores de diseño

Según SIECA (2002)

a. Resistencia a la flexión del concreto (módulo de ruptura, MR)

Este valor se utiliza en el diseño, bajo el criterio de la fatiga que sufren los materiales por el paso de las cargas impuestas por los vehículos pesados, que tienden a producir agrietamiento en el pavimento.

La deformación que se produce en el pavimento de concreto por efecto de las cargas, hace que las losas estén sometidas a esfuerzos de tensión y compresión. La relación existente entre las deformaciones debido a las cargas y los esfuerzos de compresión es muy baja como para incidir en el diseño del espesor de la losa. La relación entre la tensión y la flexión son mayores, situación que afecta el espesor de la losa. De lo anterior se deduce que los esfuerzos y la resistencia a la flexión son factores principales a considerar en el diseño de pavimentos rígidos.

b. Capacidad soporte de la sub-rasante o de la sub-base (K): la capacidad soporte, es el valor del Módulo de Reacción (K) de la capa de apoyo de un pavimento de concreto (cap. 7, pp. 69-70).

c. Período de diseño

“El período de diseño se considera como el período de análisis del tránsito, ya que es difícil hacer la predicción del tránsito con suficiente aproximación por un largo tiempo. Para un pavimento rígido se considera adecuado tomar 20 años como período de diseño” (SIECA, 2002, cap. 7, p. 71).

d. Tráfico y cargas de diseño: el conocimiento de estos valores es fundamental, para poder determinar el espesor de un pavimento, este dato es derivado de las estimaciones del tráfico promedio diario anual –TPDA– según el tipo de carretera para el cual se esté realizando el diseño del pavimento.

- Métodos de diseño

1. Método de diseño PCA: este método se basa en dos criterios específicos, uno relativo a la resistencia a la fatiga del concreto u hormigón y el otro a la erosión de la base. En el primer caso, se supone que la carga máxima se aplica en el medio de la losa, justo sobre la junta longitudinal que da la tensión máxima con la losa. En el segundo caso, se supone que la carga máxima se aplica en una esquina de la losa para generar deflexión máxima de la losa.

Cuando se usa este método de diseño, hay que conocer cuatro parámetros fundamentales:

- El módulo de ruptura del hormigón o concreto
- El módulo de reacción suelo de fundación
- El periodo de diseño

- Las características del tráfico
2. Método simplificado PCA: “en este método simplificado no se introduce la información detallada del tránsito, sino que se utilizan los rangos de tránsito consignados en la tabla anterior” (Salazar, 1997, p. 148) (tabla 21).

Las tablas de diseño, para este método están calculadas para una vida útil proyectada del pavimento de veinte años y se basan solamente en el tránsito estimado en la vía.

Este método sugiere, un diseño basado en experiencias generales de comportamiento del pavimento, hechos a escala natural, sujetos a ensayos controlados de tráfico, la acción de juntas y bordillos de concreto. Este método asume el peso y tráfico de camiones en ambos carriles, según el uso de la carretera, para prevenir la sobrecarga de los camiones.

Considerando la descripción y lineamientos del método simplificado PCA, es el método que se utilizó, para el diseño del proyecto de pavimentación de la 1a. calle.

A continuación se listan los pasos a seguir para el cálculo del espesor de las losas del pavimento rígido:

1. Determinar la categoría de la vía según los criterios de la tabla 21.
2. Determinar el módulo de reacción K de la sub-rasante, según el tipo de suelo de la sub-rasante, según la tabla 22.
3. Establecer el tipo de junta por utilizar (tipo dovela o de trabe por agregado).
4. Decidir incluir o excluir o bordillos para el diseño.
5. Determinar el módulo de ruptura del concreto.

6. Determinar el espesor de losa según la tabla 23 (se busca según el MR elegido para el diseño, el valor de K y el valor del TPDA).

El método simplificado PCA, no contempla el diseño de sub-base, para este caso la sub-base tendrá un espesor de 30 cm. Este valor se debe a que existe materia orgánica e inorgánica en la sub-rasante actual en un espesor de 40 cm. a partir de la superficie del suelo; por lo tanto al retirar esta capa de material, quedará expuesta la nueva sub-rasante (que fue de donde se tomó la muestra para los ensayos de suelo), a partir de la nueva sub-rasante estará la capa de sub-base de 30 cm. de espesor y luego la capa de rodadura de espesor.

Nota: El método simplificado, incluye en el análisis solamente al tráfico pesado promedio diario (TPPD), sólo se utiliza el número de ejes simples (10 toneladas) o tandem (16.5 toneladas), como excluyendo pick-ups, paneles y otros tipos de vehículos livianos. Los pesos de los ejes simples y tandem en referencia a lo establecido en el acuerdo gubernativo 1084-92, artículo 5.

Tabla 21. **Categorías de tráfico en función de cargas por eje vehicular**

CATEGORÍAS DE TRÁFICO EN FUNCIÓN DE CARGA POR EJE						
CATEGORÍA POR EJE		TPDA	TPPD (camiones de 2 ejes)		CARGA MÁXIMA POR EJE	
Cargados	Descripción		%	Por día	Eje sencillo	Ejes dobles
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio).	200-800	1-3	Hasta 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (altas), carreteras primarias y calles arteriales (bajo).	700-5000	5-18	40-1000	26	44
3	Calles arteriales, carreteras primarias (medio), super carreteras o interestatales urbanas y rurales (bajo y medio).	3000-12000 en 2 carriles, 3000-50000 en 4 carriles	8-30	500-1000	30	52
4	Calles arteriales, carreteras primarias, super carreteras (altas), interestatales urbanas y rurales (medio a alto).	3000-20000 en 2 carriles, 3000-150000 en 4 carriles o mas	8-30	1500-8000	34	60

Fuente: Salazar, 1997, p. 148.

Tabla 22. **Tipos de suelo de apoyo y valores aproximados de K**

Tipo de suelo	Condición de apoyo	Rango en los Módulos de reacción, en kg/cm ³
limos y arcillas plásticas	Bajo	2.00 - 3.35
Arenas y mezclas de arena y gravas con cantidad moderadas de limo y arcilla.	Medio	3.60 - 4.70
Arenas y mezclas de arenas y grava practicamente libre de fimos.	Alto	5.00 - 6.00
Sub-bases estabilizadas con cemento.	Muy alto	6.90 - 11.00

Fuente: Salazar, 1997, p. 149.

Tabla 23. **TPDD permisible, carga por eje categoría 1, para pavimentos con juntas de trabe por agregados**

Sin hombros de concreto o bordillo					Con hombros de concreto o bordillo			
Espesor de losa (cm)		Apoyo			Espesor de losa (cm)	Apoyo		
		Sub-rasante o Sub-base				Sub-rasante o Sub-base		
		BAJO	MEDIO	ALTO		BAJO	MEDIO	ALTO
MR = 46 kg/cm²					10		0.2	0.9
	11.5			0.1	11.5	2	8	25
	12.5	0.1	0.8	3	12.5	30	130	330
	14	3	15	45	14.5	320		
	15	40	160	430				
	16.5	330						
MR = 42 kg/cm²	12.5		0.1	0.4	10			0.1
	14	0.5	3	9	11.5	0.2	1	5
	15	8	36	98	12.5	6	27	75
	16.5	76	300	760	14.5	73	290	730
	17.8	520			15	610		
MR = 39 kg/cm²	14	0.1	0.3	1	11.5		0.2	0.6
	6	1	6	18	12.5	0.8	4	13
	6.5	13	60	160	14	13	57	150
	7	110	400		15	130	480	
	7.5	620						

Fuente: Salazar, 1997, p. 149.

Tabla 24. **Resultado de tráfico vehicular en la 1a. calle, zona 1**

VEHÍCULO	MESES (AÑO 2012)					
	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Eje sencillo 10 ton	45	39	47	41	35	33
Eje tandem 16.50 ton	4	6	6	5	7	6

Fuente: Elaboración propia.

3.7.1. Espesor y dimensionamiento de la carpeta de rodadura

A continuación se listan los criterios de diseño del pavimento:

1. Según la tabla 21la 1a. calle, corresponde a la categoría 1.
2. El valor de la sub-rasante, según la tabla 22 tiene un valor medio.
3. Se utilizarán juntas de trabe por agregado.
4. Se incluirán bordillos de concreto en ambos lados de la calle.
5. Se diseñará con un módulo de ruptura del concreto de 42 kg/cm^2 .
6. El espesor del pavimento de diseño es de 12.50 cm. (tabla 23), pero por conveniencia el espesor será de 13.00 cm. con una resistencia a la compresión de 4,000 PSI.
7. La pendiente de bombeo será de 2 % para la evacuación de las aguas pluviales.

El tamaño de las losas de concreto hidráulico serán de 1.80 m. por 1.80 m.; la razón para esta especificación, se debe al ancho de los vehículos de eje simple y eje tandem, dicha separación oscila entre: 2.10 a 2.60 m.; y la separación entre ejes de vehículos de eje sencillo y de eje tandem es de 5.00 m., evitando así que dos ejes en ningún momento estén sobre una sola losa de concreto.

a. Mezcla de concreto

Para el proyecto de pavimentación de la 1a. calle se diseñará un concreto con una resistencia a la compresión de 4,000 PSI (281 kg/cm^2) a los 28 días de curado.

- Pasos para el diseño de la mezcla

1. Ver en la tabla 25 el revenimiento máximo para pavimentos.
2. Ver la relación agua - cemento en la tabla 26 para la resistencia de 281 kg/cm².
3. Se elige el tamaño de agregado grueso según el asentamiento permitido para un pavimento, según tabla 27.
4. Se relaciona la cantidad de agregado para conocer la cantidad de arena en la mezcla, según tabla 28.

- Diseño de la mezcla

Tabla 25. **Revenimiento recomendado para estructuras de concreto**

ESTRUCTURA	ASENTAMIENTO (REVENIMIENTO)
Cimiento, muros, columnas, vigas	10 cm.
Pavimento, losas	8 cm.

Fuente: Pérez, 2007, p. 82.

Tabla 26. **Relación agua - cemento para concretos**

RESISTENCIA (Kg/cm ²)	RELACIÓN AGUA - CEMENTO
352	0.30
316	0.38
281	0.44
246	0.51
211	0.58
176	0.57

Fuente: Pérez, 2007, p. 82.

Tabla 27. **Relación asentamiento - agua - tamaño de agregado grueso**

ASENTAMIENTO (cm.)	LITROS DE AGUA POR M ³				
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"
3 - 5	205	200	185	180	175
8 - 10	225	215	200	195	180
15 -18	240	230	210	205	200

Fuente: Pérez, 2007, p. 83.

Tabla 28. **Relación tamaño máximo de agregado grueso - % de agua**

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

Fuente: Pérez, 2007, p. 83.

1. Cálculo de cemento

$$\text{Cemento} = \frac{\text{Litros de agua por m}^3}{\text{Relación agua - cemento}}$$

$$\text{Cemento} = \frac{200}{0.44}$$

$$\text{Cemento} = 454.54 \text{ kg/m}^3$$

Nota: Se considera que un litro de agua pesa un kilogramo.

2. Calculo de agregado

Agregado = Peso volumétrico del concreto - cemento - cantidad de agua

$$\text{Agregado} = 2,400 - 454.54 - 200$$

$$\text{Agregado} = 1,745.46 \text{ kg/m}^3$$

3. Calculo de arena

Arena = Agregado $\times$ % de arena

$$\text{Arena} = 1,745.46 \times 42 \%$$

$$\text{Arena} = 733.09 \text{ kg/m}^3$$

4. Calculo de agregado grueso

Piedrín = Agregado - Arena

$$\text{Piedrín} = 1,745.46 - 733.09$$

$$\text{Piedrín} = 1,012.37 \text{ kg/m}^3$$

5. Calculo de proporción

$$\text{Cemento} = \frac{\text{Cemento}}{\text{Cemento}} \quad \text{Arena} = \frac{\text{Arena}}{\text{Cemento}} \quad \text{Piedrín} = \frac{\text{Piedrín}}{\text{Cemento}}$$

$$\text{Cemento} = \frac{454.54}{454.54} \quad \text{Arena} = \frac{733.09}{454.54} \quad \text{Piedrín} = \frac{1,012.37}{454.54}$$

$$\text{Cemento} = 1 \quad \text{Arena} = 1.61 \quad \text{Piedrín} = 2.23$$

Nota: La proporción 1:1.61:2.23 es únicamente para el agregado grueso de 3/4".

3.7.2. Drenajes

La evacuación de las aguas pluviales en una pavimentación es muy importante, ya que así se evitan posibles estancamientos a lo largo del tramo.

Debido a que el ancho de la 1a. calle, es pequeño no se cuenta con mucho espacio para la construcción de cunetas; además el área tributaria no es muy grande por lo que el agua pluvial, no representa un peligro por posibles estancamientos de agua. La topografía de la 1a. calle, favorece la conducción natural de las aguas pluviales al río El Riachuelo, por lo tanto únicamente se construirán bordillos que ayudaran a la conducción de las aguas pluviales y así evitar que el agua se introduzca en las casas.

Nota: Los bordillos también se construirán con una resistencia de 4,000 PSI.

3.8. Elaboración de planos

El juego de planos del proyecto de pavimentación de 1a. calle hasta entrada a colonia Esmeralda, consistirá en lo siguiente (apéndice C-2).

- Plano de localización.
- Plano de ubicación.
- Planta general.
- Planta eje de calle con estacionamientos.
- Plano de curvas de nivel.
- Plano de curvas horizontales.
- Perfil de calle.
- Secciones transversales.

- Sección típica y detalle de bordillo.

3.9. Presupuesto

Criterios para la elaboración del presupuesto.

- El concreto se calculó por metro cúbico de fundición.
- La cuantificación de la arena y pedrín, se calculó por metro cúbico de fundición.
- Los costos para el equipo y la mano de obra, son en base al precio que maneja la municipalidad de Zacapa para este tipo de proyecto.
- El costo de los materiales de construcción, son en base a cotización de ferreterías locales.

Tabla 29. **Resumen del presupuesto del proyecto de pavimentación**



PROYECTO:	PAVIMENTACIÓN DE 1a. CALLE HASTA ENTRADA A COLONIA ESMERALDA
MUNICIPIO:	ZACAPA
DEPARTAMENTO:	ZACAPA

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL PARCIAL
1	TRABAJOS PRELIMINARES	m	355.50	Q 8.56	Q 3,043.08
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS	m³	578.00	Q 42.66	Q 24,657.48
3	REACONDICIONAMIENTO DE SUB-RASANTE	m²	1,284.53	Q 5.12	Q 6,576.79
4	SUB-BASE $t = 0.30$ m.	m³	501.00	Q 206.40	Q 103,406.40
5	CAPA DE RODADURA $t = 0.13$ m.	m²	1,284.53	Q 223.90	Q 287,606.27
6	BORDILLOS	m	624.72	Q 35.67	Q 22,283.76

Precio total del proyecto Q 447,573.78

cuatrocientos cuarenta y siete mil quinientos setenta y tres quetzales con setenta y ocho centavos

Fuente: Elaboración propia.

3.9.1. Integración de precios unitarios

Presenta tablas que muestran el presupuesto de cada renglón por unidad de medida.

Tabla 30. Presupuesto de trabajos preliminares

INTEGRACION DE PRECIOS UNITARIOS					
Renglón:	Unidad		Cantidad		
TRABAJOS PRELIMINARES	m		355.50		
Materiales	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo	
Cal	3	saco	Q 29.00	Q	87.00
SUBTOTAL DE MATERIALES				Q	87.00
Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo	
Replanteo topográfico	355.50	m	Q 5.00	Q	1,777.50
Trazo	355.50	m	Q 1.00	Q	355.50
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA				Q	2,133.00
TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + mano de obra)				Q	2,220.00
GASTOS ADMINISTRATIVOS 10 % (sobre los costos directos)				Q	222.00
IMPREVISTOS 5 % (sobre los costos directos)				Q	111.00
IMPUESTOS 12 % (IVA, ISR, ISO, sobre los costos directos)				Q	266.40
UTILIDAD 10 % (sobre los costos directos)				Q	222.00
TOTAL				Q	3,041.40
PRECIO UNITARIO				Q	8.56

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31. Presupuesto de movimiento de tierras

INTEGRACION DE PRECIOS UNITARIOS

Renglón:	Unidad	Cantidad
MOVIMIENTO DE TIERRAS	m³	578.00

Equipo	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Tractor D6D	24	hora	Q 500.00	Q 12,000.00
Camión de volteo	24	hora	Q 250.00	Q 6,000.00
SUBTOTAL DE EQUIPO				Q 18,000.00

TOTAL COSTO DIRECTO (equipo)	Q 18,000.00
GASTOS ADMINISTRATIVOS 10 % (sobre los costos directos)	Q 1,800.00
IMPREVISTOS 5 % (sobre los costos directos)	Q 900.00
IMPUESTOS 12 % (IVA, ISR, ISO, sobre los costos directos)	Q 2,160.00
UTILIDAD 10 % (sobre los costos directos)	Q 1,800.00
TOTAL	Q 24,660.00
PRECIO UNITARIO	Q 42.66

Fuente: elaboración propia

Tabla 32. Presupuesto de reacondicionamiento de sub-rasante

INTEGRACION DE PRECIOS UNITARIOS

Renglón:	Unidad	Cantidad
REACONDICIONAMIENTO DE SUB-RASANTE	m²	1,284.53

Equipo	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Motoniveladora	8.00	hora	Q 500.00	Q 4,000.00
Camión cisterna	8.00	hora	Q 250.00	Q 2,000.00
Vibrocompactadora	8.00	hora	Q 350.00	Q 2,800.00
SUBTOTAL DE EQUIPO				Q 4,800.00

TOTAL COSTO DIRECTO (equipo)	Q 4,800.00
GASTOS ADMINISTRATIVOS 10 % (sobre los costos directos)	Q 480.00
IMPREVISTOS 5 % (sobre los costos directos)	Q 240.00
IMPUESTOS 12 % (IVA, ISR, ISO, sobre los costos directos)	Q 576.00
UTILIDAD 10 % (sobre los costos directos)	Q 480.00
TOTAL	Q 6,576.00
PRECIO UNITARIO	Q 5.12

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33. Presupuesto de sub-base

INTEGRACION DE PRECIOS UNITARIOS

Renglón:	Unidad	Cantidad
SUB-BASE t = 0.30 m.	m³	481.70

Materiales	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Material para sub-base	481.70	m³	Q 100.00	Q 48,170.00
SUBTOTAL DE MATERIALES				Q 48,170.00

Equipo	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Camión de volteo	24.00	hora	Q 250.00	Q 6,000.00
Compactadora	24.00	hora	Q 350.00	Q 8,400.00
Camión cisterna	24.00	hora	Q 250.00	Q 6,000.00
Motoniveladora	8.00	hora	Q 500.00	Q 4,000.00
SUBTOTAL DE EQUIPO				Q 24,400.00

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo)	Q 72,570.00
GASTOS ADMINISTRATIVOS 10 % (sobre los costos directos)	Q 7,257.00
IMPREVISTOS 5 % (sobre los costos directos)	Q 3,628.50
IMPUESTOS 12 % (IVA, ISR, ISO, sobre los costos directos)	Q 8,708.40
UTILIDAD 10 % (sobre los costos directos)	Q 7,257.00
TOTAL	Q 99,420.90
PRECIO UNITARIO	Q 206.40

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34. Presupuesto de capa de rodadura

INTEGRACION DE PRECIOS UNITARIOS

Renglón:	Unidad	Cantidad
CAPA DE RODADURA t = 0.13 m.	m²	1,284.53

Materiales	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Cemento Portland 4000 PSI	1,876.25	saco	Q 73.00	Q 136,966.25
Arena	80.66	m³	Q 115.00	Q 9,275.90
Piedrín de 3/4"	126.25	m³	Q 200.00	Q 25,250.00
Costanera metálica C 2"X6"X20' calibre 16	25.00	unidad	Q 155.00	Q 3,875.00
Antisol norma ASTM C 309	10.00	cubeta	Q 540.00	Q 5,400.00
SUBTOTAL DE MATERIALES				Q 180,767.15

Equipo	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Concretera	40.00	hora	Q 200.00	Q 8,000.00
Vibrador	40.00	hora	Q 200.00	Q 8,000.00
SUBTOTAL DE MATERIALES				Q 16,000.00

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Colocación de formaleta	1.00	global	Q 3,000.00	Q 3,000.00
Fundición de carpeta	167.00	m³	Q 70.00	Q 11,690.00
Aplicación de antisol	1,284.53	m²	Q 5.00	Q 6,422.65
SUBTOTAL DE MANO DE OBRA				Q 21,112.65

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + mano de obra)	Q 217,879.80
GASTOS ADMINISTRATIVOS 10 % (sobre los costos directos)	Q 21,787.98
IMPREVISTOS 5 % (sobre los costos directos)	Q 10,893.99
IMPUESTOS 12 % (IVA, ISR, ISO, sobre los costos directos)	Q 10,893.99
UTILIDAD 10 % (sobre los costos directos)	Q 26,145.58
TOTAL	Q 287,601.34
PRECIO UNITARIO	Q 223.90

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35. Presupuesto de bordillos

INTEGRACION DE PRECIOS UNITARIOS

Renglón:	Unidad	Cantidad
BORDILLOS	m	624.72

Material	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Cemento Portland 4000 PSI	105.27	saco	Q 73.00	Q 7,684.71
Arena	4.53	m³	Q 115.00	Q 520.95
Piedrin de 3/4"	7.08	m³	Q 200.00	Q 1,416.00
Antisol norma ASTM C 309	1.00	cubeta	Q 540.00	Q 540.00

SUBTOTAL DE MATERIAL **Q 10,161.66**

Equipo	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Concretera	8.00	hora	Q 200.00	Q 1,600.00
Vibrador	8.00	hora	Q 200.00	Q 1,600.00

SUBTOTAL DE MATERIALES **Q 3,200.00**

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Directo
Colocación de formaleta	1.00	global	Q 1,000.00	Q 1,000.00
Fundicion de bordillo	9.37	m³	Q 70.00	Q 655.90
Aplicación de antisol	624.72	m	Q 2.00	Q 1,249.44

SUBTOTAL DE MANO DE OBRA **Q 2,905.34**

TOTAL COSTO DIRECTO (materiales + equipo + mano de obra)	Q 16,267.00
GASTOS ADMINISTRATIVOS 10 % (sobre los costos directos)	Q 1,626.70
IMPREVISTOS 5 % (sobre los costos directos)	Q 813.35
IMPUESTOS 12 % (IVA, ISR, ISO, sobre los costos directos)	Q 1,952.04
UTILIDAD 10 % (sobre los costos directos)	Q 1,626.70
TOTAL	Q 22,285.79
PRECIO UNITARIO	Q 35.67

Fuente: Elaboración propia.

3.9.2. Cronograma de ejecución física - financiera

Representa el tiempo de ejecución del proyecto y de cada uno de los renglones de trabajo que lo componen, indicando el monto financiero de inversión de cada uno de ellos; lo cual permite calcular el porcentaje de avance físico y financiero, en un tiempo determinado.

Tabla 36. Cronograma de ejecución física - financiera



PROYECTO:	PAVIMENTACIÓN DE 1a. CALLE HASTA ENTRADA A COLONIA ESMERALDA
MUNICIPIO:	ZACAPA
DEPARTAMENTO:	ZACAPA

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN FÍSICA - FINANCIERA

No	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	MES 1	MES 2	% DE RENGLÓN	TOTAL PARCIAL
1	TRABAJOS PRELIMINARES	m	355.50			0.68%	Q 3,043.08
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS	m³	578.00			5.51%	Q 24,657.48
3	REACONDICIONAMIENTO DE SUB-RASANTE	m²	1,284.53			1.47%	Q 6,576.79
4	SUB-BASE $t = 0.30$ m.	m³	501.00			23.10%	Q 103,406.40
5	CAPA DE RODADURA $t = 0.13$ m.	m²	1,284.53			64.26%	Q 287,606.27
6	BORDILLOS	m	624.72			4.98%	Q 22,283.76
Avance Financiero				Q 85,980.55	Q 361,593.23	100.00%	Q 447,573.78
Avance Porcentual				19.21%	80.79%		
Avance Porcentual Acumulado				19.21%	100.00%		100.00%

Fuente: Elaboración propia.

3.10. Evaluación de impacto ambiental

La EIA se realiza, para conocer cómo afectará el desarrollo del proyecto a la comunidad beneficiada. La EIA es de carácter obligatorio para cualquier proyecto a ejecutar y se lleva a cabo siguiendo los lineamientos que establece el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

Posibles efectos ambientales

- Aire: la contaminación del aire producida por este proyecto será masiva, debido al gran movimiento de tierras que se efectuará, la población podría verse afectada, por la cantidad de partículas de polvo en el medio ambiente, lo cual favorece el incremento de infecciones respiratorias.
- Suelo: para el movimiento de tierras, se removerá en gran cantidad de suelo, cambiando así el estado natural del mismo, pero no afectará de manera negativa las capas del suelo.
- Ruido: durante el proceso de construcción, el ruido provocado será un poco alto, por el paso de camiones que transportará suelo, equipo y materiales de construcción.
- Agua: existe la posibilidad de estancamiento de agua, formado por el corte de suelo, si llueve en el tiempo en que se efectúe el proyecto; esto ayudaría a la proliferación de zancudos.
- Flora y fauna: para este caso en particular se considera que no habrá ningún efecto negativo, porque en el lugar no habitan animales exóticos y/o en peligro de extinción y la vegetación en el lugar consiste únicamente en árboles ornamentales.
- Social: la comunidad será afectada, en el tiempo que dure la construcción del proyecto, por la dificultad para transitar sobre la calle, además de posibles conflictos con los trabajadores.

Medidas de mitigación

- Aire: se le recomendará, a los habitantes que salgan de sus hogares únicamente cuando sea necesario, para que así el tiempo de exposición al polvo sea mínimo, ayudando a la reducción de posibles enfermedades respiratorias; así mismo a los trabajadores se les deberá de dotar de mascarillas en las actividades donde el polvo exceda el nivel soportado por las personas.
- Suelo: el suelo que se cortó, será reemplazado por otro, las características del mismo, serán similares al que se cortó, por lo que no afectará en el futuro.
- Ruido: únicamente se les hará saber a los vecinos, que existirán hombres trabajando cerca de sus casas, operando maquinaria y que regularmente camiones transportarán material al lugar del proyecto. A la entidad que desarrolle el proyecto, deberá indicársele que el horario de trabajo, sea el que menos afecte a los vecinos.
- Agua: deberá tenerse mucho cuidado, para que no ocurran derrames de combustibles, aceites, o agentes contaminantes, entre otras; con el fin de no afectar el manto freático del lugar.
- Social: se debe concienciar a los vecinos, en qué consistirá el proyecto y quienes será los encargados de realizarlo, para que todos estén enterados, evitando así posibles malos entendidos y reclamos hacia los trabajadores.

3.11. Evaluación socioeconómica

La evaluación, permite determinar el efecto económico, sobre la sociedad, en este caso, los habitantes de barrio La Parroquia.

3.11.1. Valor presente neto

“Esta tasa, denominada con frecuencia tasa de descuento, rendimiento requerido, costo de capital o costo de oportunidad, es el rendimiento mínimo que debe ganar un proyecto para que el valor de mercado de la empresa permanezca sin cambios” (Gitman, 2007, p. 357).

El VPN, se utiliza para comparar alternativas de inversión. Consiste en transformar la inversión inicial, los ingresos y egresos anuales, así como valores de rescate futuros de un proyecto a un valor presente, a manera de determinar si éste es rentable al término del período de funcionamiento.

$$VPN = -I + TA - F * \left(\frac{1}{(1+i)^n - 1} \right)$$

VPN = valor presente neto (quetzales)

I = inversión inicial (quetzales)

TA = tarifa anual (quetzales)

F = costo de mantenimiento anual (quetzales)

i = tasa de interés (%)

n = período de tiempo (años)

Para la formula anterior existen tres resultados, siendo los siguientes.

- 1). $VPN > 0$: la inversión se recupera, se obtiene rentabilidad y una ganancia.
- 2). $VPN = 0$: se recupera la inversión, pero no genera ganancia, no es rentable.
- 3). $VPN < 0$: no se recupera la inversión, el proyecto conlleva perdida de dinero.

$$VPN = - 447,573.78 + 0 - 3,000 * \left(\frac{1}{(1 + 6\%)^{20} - 1} \right)$$
$$VPN = - Q. 446,214.55.00$$

El resultado del cálculo del VPN es negativo, lo que quiere decir que no genera utilidades, pero el proyecto de pavimentación es de servicio comunitario, su objetivo principal es de carácter social y no económico.

3.11.2. Tasa interna de retorno

“Financieramente la TIR es la tasa a la cual son descontados los flujos de caja de forma tal que los ingresos y los egresos sean iguales; desde el punto de vista matemático la TIR es la tasa a la cual el VPN se hace cero” (Baca, 2002, p. 237).

CONCLUSIONES

1. La praxis del EPS, permitió el aporte a dos comunidades del municipio de Zacapa; colonia Pueblo Modelo y la 1a. calle. El diseño de proyectos de infraestructura facilitará el desarrollo socioeconómico de las comunidades mencionadas.
2. Con el diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la colonia Pueblo Modelo, se presenta un modelo óptimo, para la evacuación de aguas residuales provenientes de las viviendas; además, el diseño se adecua a las condiciones de vida, de los habitantes que allí residen; el diseño ofrece una solución técnica y económicamente factible, como una alternativa para que los habitantes gestionen los recursos necesarios y así poder dar solución a su necesidad.
3. Con el diseño de pavimentación de 1a. calle hasta entrada a colonia Esmeralda, se presenta una solución para el problema de deterioro físico de la calle, para un período de 20 años después de su construcción, tiempo que será mayor, si el mantenimiento es adecuado y preventivo.

RECOMENDACIONES

1. Priorizar los proyectos de este tipo, para contribuir al desarrollo socio económico de las comunidades del municipio de Zacapa y que los COCODES de las comunidades, realicen las gestiones necesarias ante las autoridades correspondientes, para la realización de ambos proyectos.
2. Garantizar el uso de materiales de buena calidad y que cumpla con las especificaciones para el proyecto de alcantarillado; además seguir el diseño que se presenta, cualquier cambio, debe de ser aprobado, por el supervisor de la obra.
3. Durante la construcción del proyecto de pavimentación de la calle, se debe de garantizar una supervisión a cargo de un profesional de la ingeniería civil, para que se vele por la buena realización del proyecto y que pueda suplir la necesidad de mejoramiento de calle y mejor circulación vehicular sobre ella.

REFERENCIAS

1. Baca Currea, G., (2002). *Ingeniería Económica* (8a. ed.). Colombia.: Fondo Educativo Panamericano.
2. Cabrera Riepele, R. A., (1989). *Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2*. (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
3. Dirección General de Caminos, (2001). *Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes*. Guatemala.
4. Gitman, L. J., (2007). *Principios de Administración Financiera* (11a. ed.). México.: Pearson Educación.
5. Instituto de Fomento Municipal, (2001). *Normas Generales para Diseño de Alcantarillados*. Guatemala.
6. Pérez Corado, E. A., (2007). *Estudio y Diseño para la Pavimentación y Drenajes de las calles de Sabana Larga, de la Aldea de Amberes; y Estudio y Diseño para la Pavimentación de la entrada a la colonia La Unión, que conduce hacia El Instituto, ambos proyectos en jurisdicción de Santa Rosa de Lima, Santa Rosa*. (Trabajo de Graduación). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
7. Salazar Rodríguez, A., (1997). *Guía para el Diseño y Construcción de Pavimentos Rígidos*. México.

8. Secretaria de Integración Económica Centroamericana, (2002). *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos*. Guatemala.

APÉNDICES

Apéndice A: Encuestas

Apéndice B: Sistema de alcantarillado sanitario

Apéndice C: Pavimentación de 1a. calle

Apéndice A: Encuestas

A-1. Modelos de encuestas

Apéndice B: Sistema de alcantarillado sanitario

B-1. Ortofoto de la colonia Pueblo Modelo + proyecto de alcantarillado

B-2. Planos del proyecto

No. de plano	Descripción
1	Plano de localización
2	Plano de ubicación
3	Planta topográfica y plano de curvas de nivel
4	Plano de dirección de flujo
5 - 12	Perfiles
13	Perfil y conexión domiciliar
14	Tapadera y pozo de visita
15	Pozo de visita, relleno y compactación y especificaciones

Apéndice C: Pavimentación de 1a. calle

C-1. Ortofoto de 1a. calle

C-2. Planos del proyecto

No. de plano	Descripción
1	Plano de localización
2	Plano de ubicación
3	Planta general
4	Planta eje de calle con estacionamientos y plano de curvas de nivel
5	Plano de curvas horizontales y perfil de calle
6	Secciones transversales
7	Secciones transversales, sección típica y bordillo

A-1. Modelos de encuestas

DATOS DE POBLACIÓN

Fecha: _____ Hoja No: _____ De: _____

Departamento: _____ Municipio: _____

Aldea: _____ Caserío: _____

Comunidad: _____ Idioma: _____

Fecha: _____ Realizó: _____

No.	HOMBRES				MUJERES			
	0-10 años	11-17 años	18-60 años	61 en adelante	0-10 años	11-17 años	18-60 años	61 en adelante
1								
2								
3								
4								
5								

Observaciones: _____

DATOS DE LAS VIVIENDAS

Fecha: _____ Hoja No: _____ De: _____

Departamento: _____ Municipio: _____

Aldea: _____ Caserío: _____

Comunidad: _____ Idioma: _____

Fecha: _____ Realizó: _____

No.	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN					
	TECHO		PARED			
	Lámina	Losa	Block	Madera	Adobe	Lámina
1						
2						
3						
4						
5						

Observaciones: _____

ENCUESTA SANITARIA

Fecha: _____ Hoja No: _____ De: _____

Departamento: _____ Municipio: _____

Aldea: _____ Caserío: _____

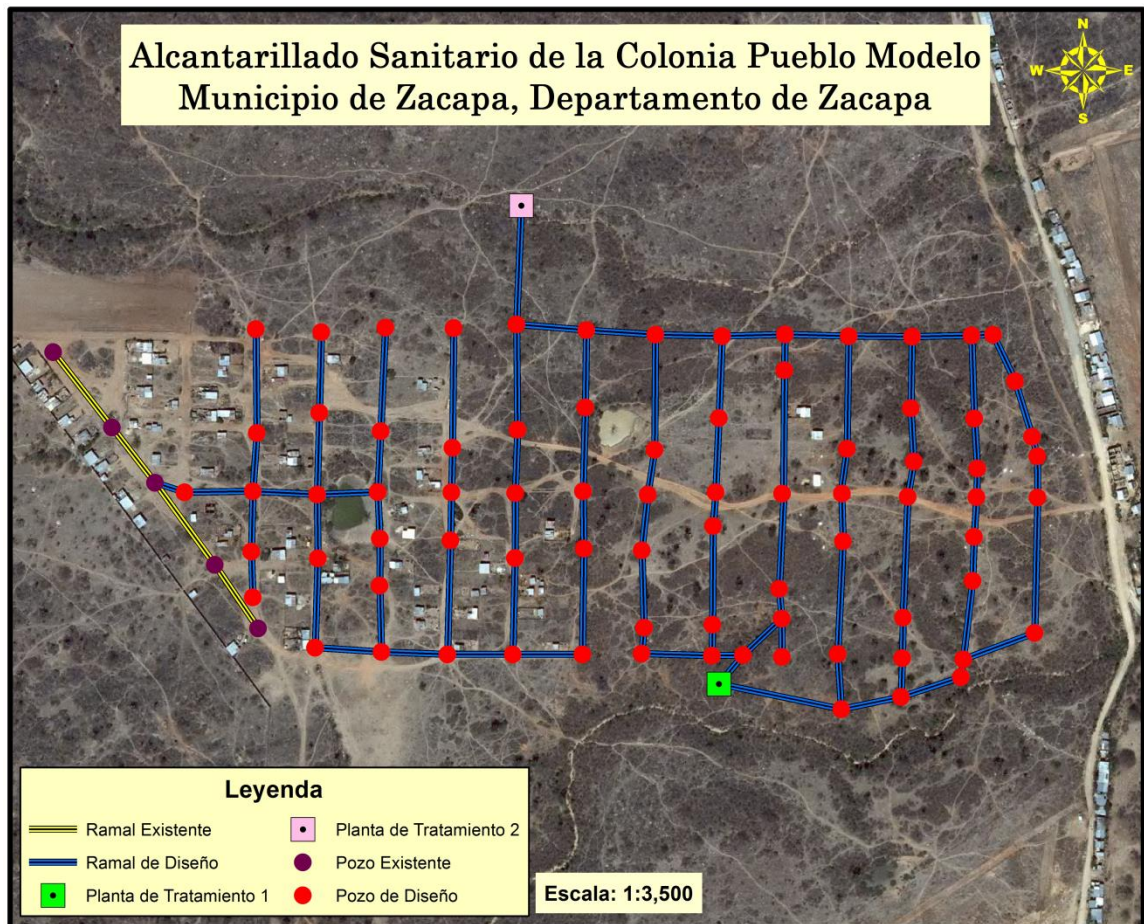
Comunidad: _____ Idioma: _____

Fecha: _____ Realizó: _____

No.	AGUA			EVACUACION DE AGUAS SERVIDAS	
	Procedencia			Evacuación	
	Agua entubada	Agua de lluvia	Camión cisterna	Sistema sanitario	Fosa residencial
1					
2					
3					
4					
5					

Observaciones: _____

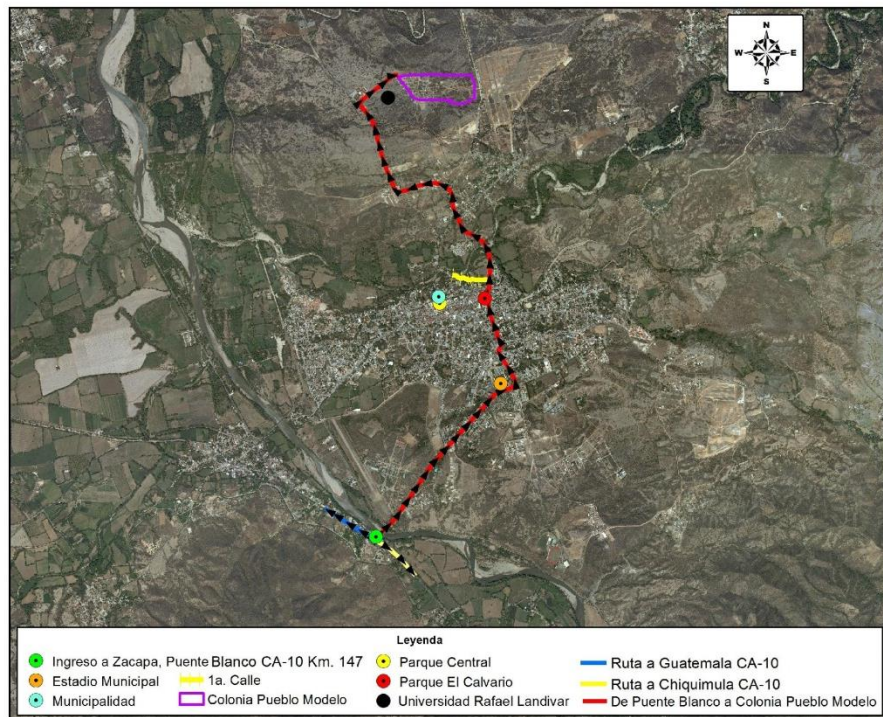
B-1. Ortofoto de la colonia Pueblo Modelo + proyecto de alcantarillado



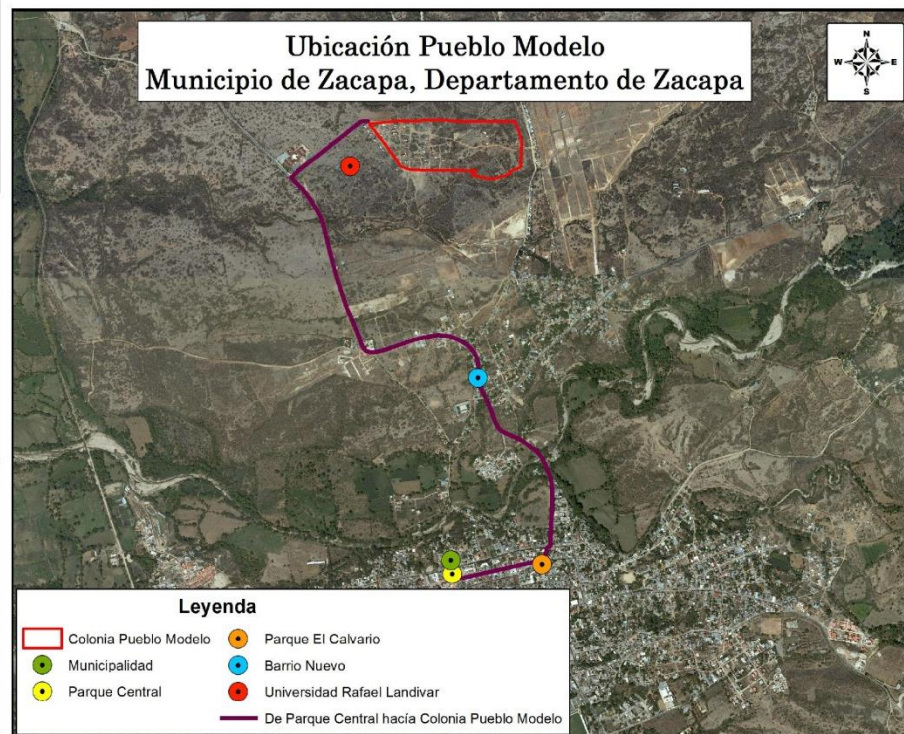
Coordenadas GTM del proyecto

X	Y	Punto
604054.172	1658111.770	Planta de tratamiento 2
604194.682	1657771.660	Planta de tratamiento 1
603793.869	1657914.684	Pozo existente No. 3

B-2. Planos del proyecto



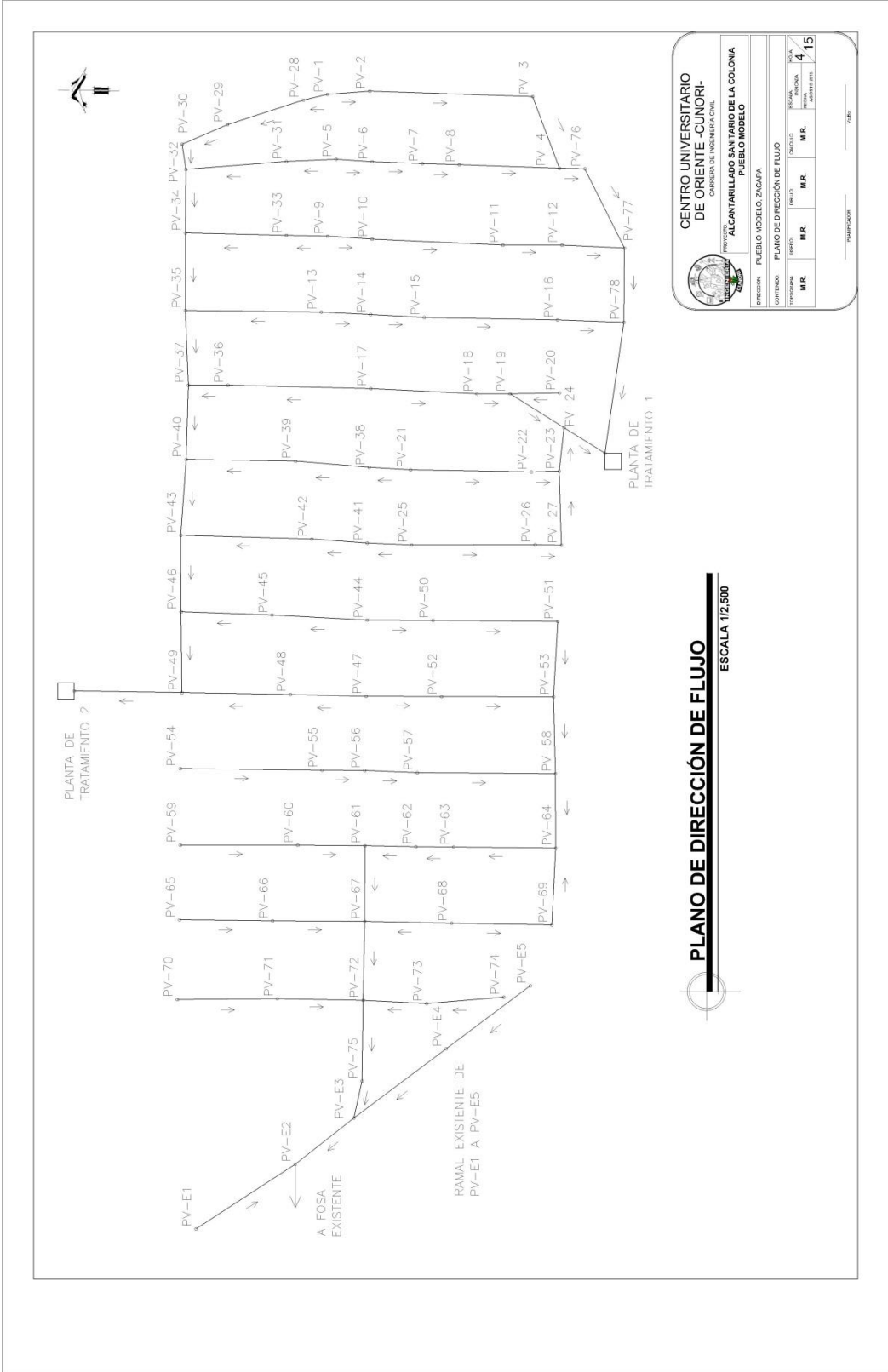
PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA PUEBLO MODELO			
ALDEA:	MUNICIPIO: ZACAPA	UBICACION EXACTA: CABECERA MUNICIPAL, ZACAPA	
CONTENIDO DEL PLANO:	PLANO DE LOCALIZACION	ESCALA: SIN ESCALA	FECHA: AGOSTO 2013
DISEÑO: M.R.	CÁLCULO: M.R.	DIBUJO: M.R.	TOPOGRAFIA: M.R.
			HOJA: 1 / 15

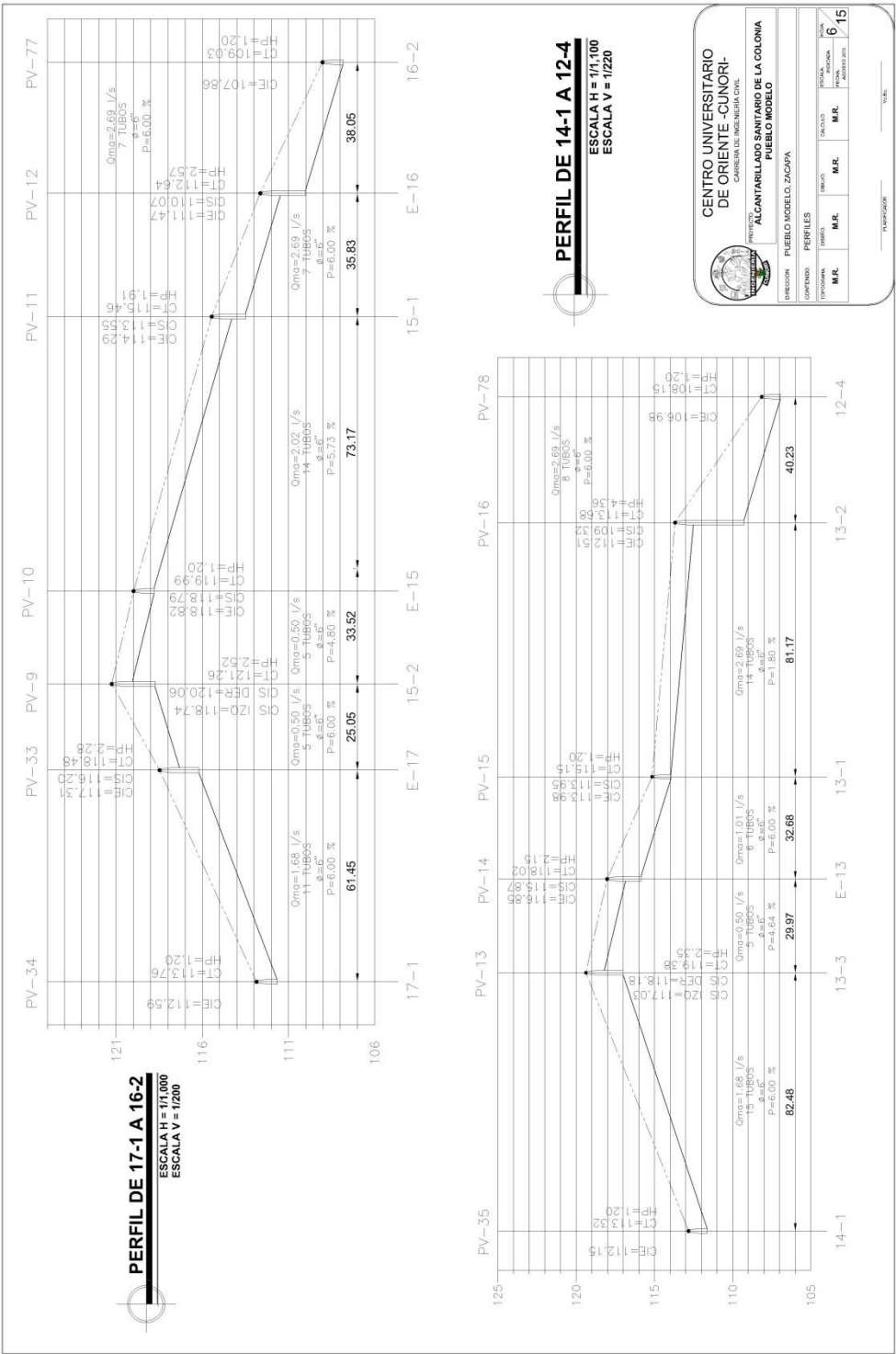


	PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA PUEBLO MODELO			
	ALDEA:	MUNICIPIO: ZACAPA	UBICACIÓN EXACTA: CABECERA MUNICIPAL, ZACAPA	
	CONTENIDO DEL PLANO: PLANO DE UBICACIÓN		ESCALA: SIN ESCALA	FECHA: AGOSTO 2013
	DISEÑO: M.R.	CÁLCULO: M.R.	DIBUJO: M.R.	TOPOGRAFÍA: M.R.
				HOJA: 2 15

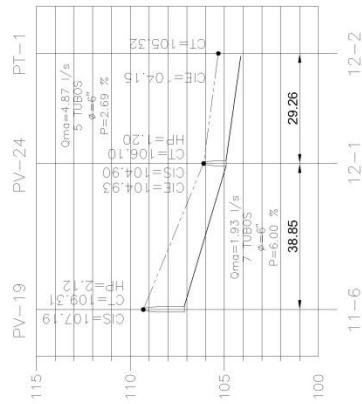
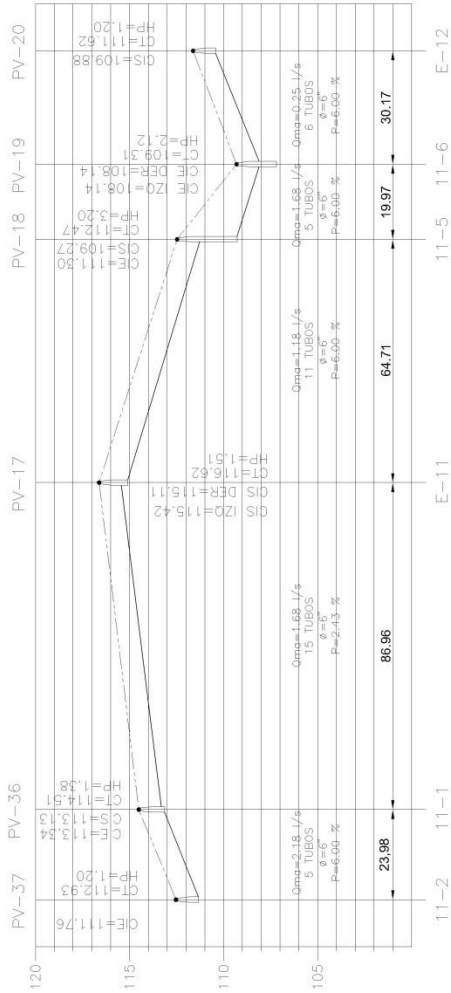
PLANTA TOPOGRÁFICA
ESCALA 1/2,500

PLANO DE CURVAS DE NIVEL
ESCALA 1/3,500





PERFIL DE 11-3 A E-12
 ESCALA H = 1/1,000
 ESCALA V = 1/200



PERFIL DE 11-6 A 12-2
 ESCALA H = 1/1,000
 ESCALA V = 1/200

CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE - CUNORI
 CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

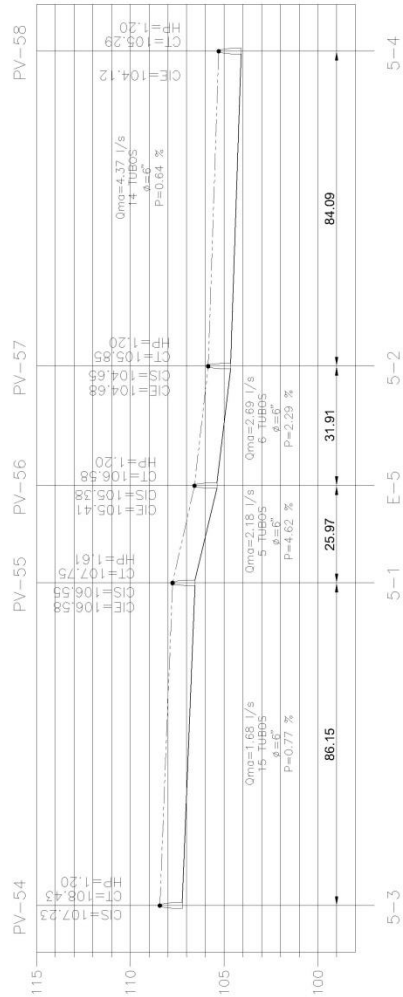
PROYECTO: **ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA PUEBLO MODELO**

DIRECCION: **PUEBLO MODELO, ZACATECA**

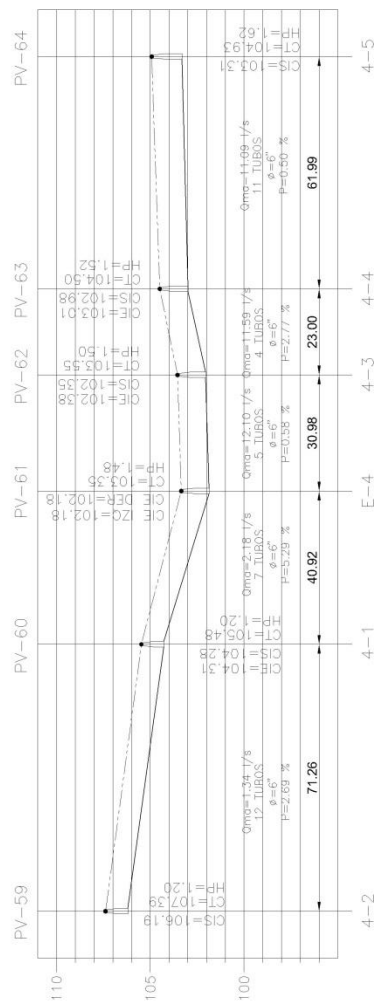
FECHAS		FECHAS		FECHAS	
CONSTRUCCION	REVISION	CONSTRUCCION	REVISION	CONSTRUCCION	REVISION
MR	MR	MR	MR	MR	MR

HOJA: **7** DE **15**

PERFIL DE 5-3 A 5-4
 ESCALA H = 1/1,000
 ESCALA V = 1/200



PERFIL DE 4-2 A 4-5
 ESCALA H = 1/1,000
 ESCALA V = 1/200

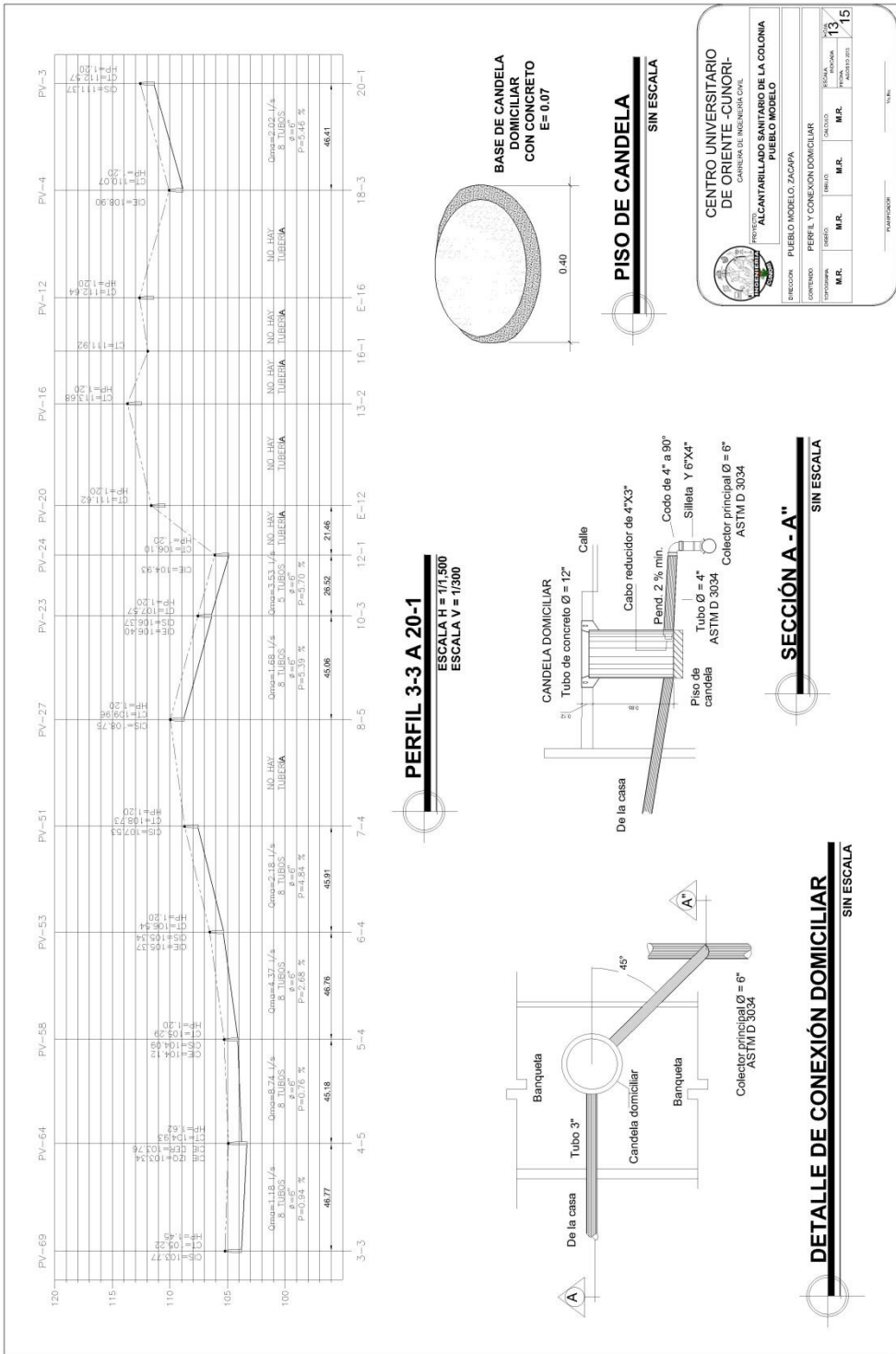


CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE - CUNORI-
 CARRILLO DE INGENIERIA CIVIL
 ALICANTARILLADO SANITARIO DE LA COLONIA PUEBLO MODELO

PROYECTO: PUEBLO MODELO, ZACAPA

DIRECCION		OPERARIO		PERFILES		REVISOR		AUTORIZADO	
M.R.	M.R.	M.R.	M.R.	M.R.	M.R.	M.R.	M.R.	M.R.	M.R.

FECHA: 10/11/2015





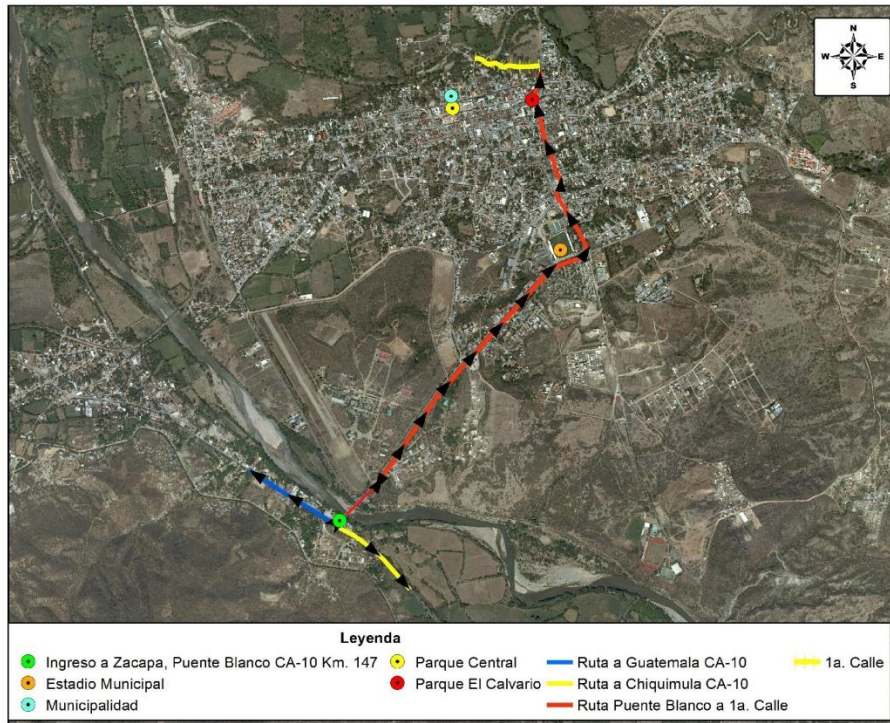
C-1. Ortofoto de 1a. calle



Coordenadas GTM del proyecto

X	Y	Punto
604554.090	1656155.673	Inicio
604219.809	1656195.151	Final

C-2. Planos del proyecto



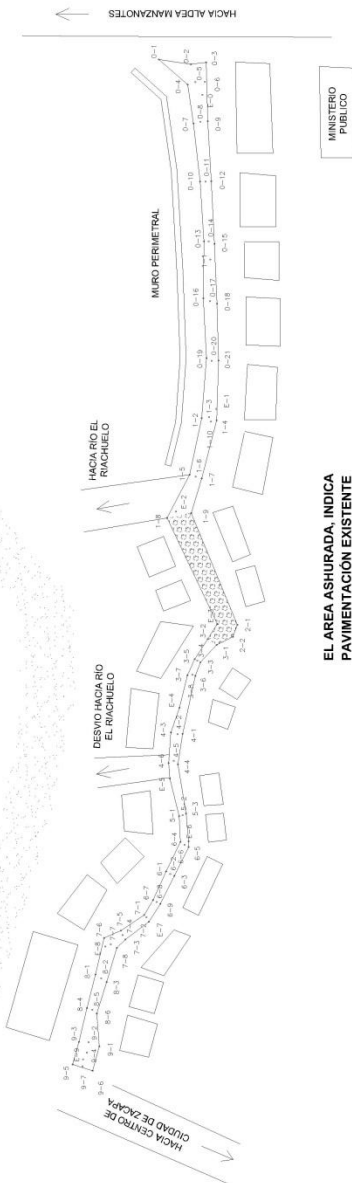
				PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DE 1a. CALLE HASTA ENTRADA A COLONIA ESMERALDA			
ALDEA:		MUNICIPIO: ZACAPA		UBICACIÓN EXACTA: CABECERA MUNICIPAL, ZACAPA		HOJA: 1 / 7	
CONTENIDO DEL PLANO: PLANO DE LOCALIZACIÓN				ESCALA: SIN ESCALA		FECHA: AGOSTO 2013	
DISEÑO: M.R.		CÁLCULO: M.R.		DIBUJO: M.R.		TOPOGRAFÍA: M.R.	



	PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DE 1a. CALLE HASTA ENTRADA A COLONIA ESMERALDA			
	ALDEA:	MUNICIPIO: ZACAPA	UBICACIÓN EXACTA: CABECERA MUNICIPAL, ZACAPA	
	CONTENIDO DEL PLANO: PLANO DE UBICACIÓN		ESCALA: SIN ESCALA	FECHA: AGOSTO 2013
	DISEÑO: M.R.	CÁLCULO: M.R.	DIBUJO: M.R.	TOPOGRAFÍA: M.R.
				HOJA: 2 7

EST.	P.O.	CHANCE	EST. (m)	DOT (m)	DOTA (m)	OBSERVACIONES
1.2	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
1.3	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
1.4	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
1.5	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
1.6	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
1.7	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
1.8	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
1.9	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
2.0	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
2.1	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
2.2	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
2.3	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
2.4	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
2.5	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
2.6	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
2.7	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
2.8	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
2.9	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
3.0	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
3.1	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
3.2	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
3.3	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
3.4	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
3.5	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
3.6	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
3.7	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
3.8	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
3.9	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
4.0	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
4.1	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
4.2	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
4.3	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
4.4	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
4.5	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
4.6	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
4.7	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
4.8	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
4.9	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
5.0	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
5.1	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
5.2	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
5.3	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
5.4	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
5.5	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
5.6	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
5.7	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
5.8	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
5.9	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
6.0	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
6.1	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
6.2	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
6.3	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
6.4	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
6.5	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
6.6	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
6.7	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
6.8	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
6.9	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
7.0	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
7.1	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
7.2	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
7.3	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
7.4	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
7.5	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
7.6	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
7.7	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
7.8	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
7.9	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
8.0	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
8.1	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
8.2	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
8.3	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
8.4	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
8.5	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
8.6	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
8.7	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
8.8	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
8.9	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
9.0	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
9.1	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
9.2	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
9.3	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
9.4	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
9.5	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
9.6	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
9.7	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
9.8	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
9.9	0.5	8	3.29	8.00	8.00	
10.0	0.5	8	3.29	8.00	8.00	

RÍO EL RIACHUELO



EL AREA ASHURADA, INDICA PAVIMENTACIÓN EXISTENTE

PLANTA GENERAL

ESCALA 1:11,250

CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE - CUNORI
CARRETERA DE INGENIERIA CIVIL

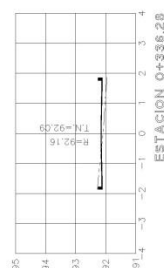
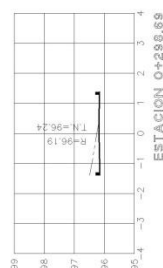
PROYECTO: PAVIMENTACIÓN DE 1a. CALLE HASTA ENTRADA A COLONIA ESMERALDA

DIRECCION: CABECERA MUNICIPAL, ZACAPA

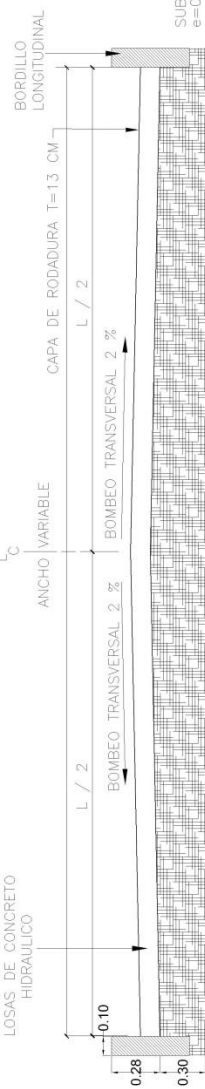
CONTRATISTA	PLANTA GENERAL
PROYECTISTA	PROYECTISTA
REVISOR	REVISOR
APROBADO	APROBADO
FECHA	FECHA
3	7



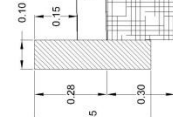




SECCIONES TRANSVERSALES



SECCIÓN TÍPICA



BORDILLO



**CENTRO UNIVERSITARIO
DE ORIENTE -CUNORI-
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**PAVIMENTACIÓN DE 1^a CALLE HASTA ENTADA A
COLONIA EMPESALDA**

PROYECTO

CARRERA MUNICIPAL ZACAPA

SECCIONES TRANSVERSALES		SECCION TIPO A BORDILLO	
SECCION	ANCHO	SECCION	ANCHO
M.R.	M.R.	M.R.	M.R.
M.R.	M.R.	M.R.	M.R.
M.R.	M.R.	M.R.	M.R.

DISCUCION

FECHA

PROYECTO 2011

OTRO DATOS

FECHA

PROYECTO 2011

OTRO DATOS

FECHA

PROYECTO 2011

ANEXOS

Anexo D: Sistema de alcantarillado sanitario

Anexo E: Pavimentación de 1a. calle

Anexo D: Sistema de alcantarillado sanitario

- D-1. Estimaciones de crecimiento poblacional
- D-2. Tablas de relaciones hidráulicas
- D-3. Tubería de alcantarillado D=6" norma ASTM D 3034

Anexo E: Pavimentación de 1a. calle

- E-1. Ensayo de límites de Atterberg (sub-rasante)
- E-2. Análisis granulométrico, con tamices (sub-rasante)
- E-3. Ensayo de compactación (sub-rasante)
- E-4. Ensayo de Razón Soporte California –C.B.R.– (sub-rasante)
- E-5. Ensayo de límites de Atterberg (sub-base)
- E-6. Análisis granulométrico, con tamices (sub-base)
- E-7. Ensayo de compactación (sub-base)
- E-8. Ensayo de Razón Soporte California –C.B.R.– (sub-base)

D-1. Estimaciones de crecimiento poblacional

Guatemala: Estimaciones de la Población total por Departamento. Período 2008-2012.
(al 30 de junio)

Departamento y Municipio	PERÍODO					CRECIMIENTO (%)					CRECIMIENTO				
	2008	2009	2010	2011	2012	ANUAL 2008/2009	ANUAL 2009/2010	ANUAL 2010/2011	ANUAL 2011/2012	ANUAL 2012/2013	ANUAL 2008/2009	ANUAL 2009/2010	ANUAL 2010/2011	ANUAL 2011/2012	ANUAL 2012/2013
REPÚBLICA	13,677,815	14,017,057	14,361,666	14,713,763	15,073,375	2.4802	2.4802	2.4516	2.4516	2.4440	339,242	339,242	352,098	352,098	359,611
Guatemala	2,994,047	3,049,601	3,103,685	3,156,284	3,207,587	1.8555	1.8555	1.6947	1.6947	1.6254	55,554	55,554	52,599	52,599	51,303
El Progreso	151,058	153,261	155,596	158,092	160,754	1.4584	1.4584	1.6045	1.6045	1.6836	2,203	2,203	2,496	2,496	2,662
Sacatepéquez	296,890	303,459	310,037	316,638	323,283	2.2126	2.2126	2.1291	2.1291	2.0886	6,569	6,569	6,601	6,601	6,645
Chimaltenango	562,555	578,976	595,769	612,973	630,608	2.9190	2.9190	2.8877	2.8877	2.8771	16,421	16,421	17,204	17,204	17,636
Escuintla	695,189	707,570	720,016	732,467	744,918	2.3476	2.3476	2.2142	2.2142	2.1667	15,381	15,381	15,186	15,186	15,189
Santa Rosa	329,433	334,720	340,381	346,590	353,261	1.6048	1.6048	1.8244	1.8244	1.9245	5,287	5,287	6,210	6,210	6,670
Sololá	398,519	411,202	424,068	437,145	450,471	3.1825	3.1825	3.0836	3.0836	3.0485	12,683	12,683	13,077	13,077	13,326
Totonicapán	433,749	447,651	461,838	476,389	491,298	3.2052	3.2052	3.1463	3.1463	3.1340	13,903	13,903	14,531	14,531	14,929
Quezaltenango	737,593	754,457	771,674	789,358	807,571	2.2863	2.2863	2.2916	2.2916	2.3073	16,864	16,864	17,684	17,684	18,213
Suchitepéquez	481,047	492,481	504,267	516,467	529,096	2.3769	2.3769	2.4194	2.4194	2.4453	11,434	11,434	12,200	12,200	12,629
Retalhuleu	284,359	290,796	297,385	304,168	311,167	2.2637	2.2637	2.2809	2.2809	2.3013	6,437	6,437	6,783	6,783	7,000
San Marcos	950,592	972,781	995,742	1,019,719	1,044,667	2.3543	2.3543	2.4080	2.4080	2.4465	22,189	22,189	23,977	23,977	24,947
Huehuetenango	1,056,566	1,085,357	1,114,389	1,143,887	1,173,977	2.7250	2.7250	2.6470	2.6470	2.6305	28,791	28,791	29,497	29,497	30,090
Quiché	861,089	890,764	921,390	953,027	985,690	3.4463	3.4463	3.4336	3.4336	3.4273	29,675	29,675	31,637	31,637	32,683
Baja Verapaz	252,047	257,876	264,019	270,521	277,380	2.3123	2.3123	2.4628	2.4628	2.5356	5,828	5,828	6,502	6,502	6,859
Alta Verapaz	1,014,419	1,046,185	1,078,942	1,112,781	1,147,593	3.1315	3.1315	3.1363	3.1363	3.1284	31,766	31,766	33,839	33,839	34,813
Petén	563,832	588,860	613,683	638,296	662,779	4.4390	4.4390	4.0090	4.0090	3.8357	25,028	25,028	24,603	24,603	24,483
Izabal	383,636	393,345	403,256	413,399	423,788	2.5307	2.5307	2.5152	2.5152	2.5131	9,709	9,709	10,143	10,143	10,389
Zacapa	213,313	215,752	218,510	221,646	225,108	1.1432	1.1432	1.4351	1.4351	1.5619	2,439	2,439	3,136	3,136	3,462
Chiquimula	347,960	355,223	362,826	370,891	379,359	2.0872	2.0872	2.2228	2.2228	2.2834	7,263	7,263	8,065	8,065	8,469
Jalapa	293,926	301,755	309,908	318,420	327,297	2.6637	2.6637	2.7467	2.7467	2.7879	7,829	7,829	8,512	8,512	8,877
Jutiapa	415,996	421,984	428,462	436,076	444,434	1.4395	1.4395	1.7771	1.7771	1.9166	5,988	5,988	7,614	7,614	8,358

Fuente: INE Estimaciones de población con base en el Censo 2002



D-2. Tablas de relaciones hidráulicas

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.000001	0.019224	0.001	0.000054
0.000005	0.030507	0.002	0.000152
0.000011	0.039963	0.003	0.000279
0.000021	0.048396	0.004	0.000429
0.000034	0.056141	0.005	0.000599
0.00005	0.06337	0.006	0.000788
0.00007	0.070215	0.007	0.000992
0.000093	0.076728	0.008	0.001212
0.00012	0.08297	0.009	0.001446
0.000151	0.08898	0.01	0.001693
0.000185	0.094787	0.011	0.001952
0.000223	0.100417	0.012	0.002224
0.000265	0.105887	0.013	0.002506
0.000311	0.111215	0.014	0.0028
0.000361	0.116413	0.015	0.003105
0.000415	0.121493	0.016	0.003419
0.000473	0.126464	0.017	0.003744
0.000536	0.131335	0.018	0.004078
0.000602	0.136112	0.019	0.004421
0.000672	0.140803	0.02	0.004773
0.000746	0.145412	0.021	0.005134
0.000825	0.149945	0.022	0.005503
0.000908	0.154406	0.023	0.005881
0.000995	0.1588	0.024	0.006266
0.001086	0.163129	0.025	0.00666
0.001182	0.167398	0.026	0.007061
0.001282	0.171609	0.027	0.00747
0.001386	0.175765	0.028	0.007887
0.001495	0.179868	0.029	0.008311
0.001608	0.183921	0.03	0.008741
0.01725	0.187926	0.031	0.009179
0.001847	0.191885	0.032	0.009624
0.001973	0.1958	0.033	0.010076
0.002103	0.19962	0.034	0.010534
0.002238	0.203503	0.035	0.010999
0.002378	0.207295	0.036	0.01147
0.002521	0.211049	0.037	0.011947
0.00267	0.214766	0.038	0.012431
0.002823	0.218448	0.039	0.012921
0.00298	0.222095	0.04	0.013417
0.003142	0.225709	0.041	0.013919
0.003308	0.229291	0.042	0.014427
0.003479	0.232842	0.043	0.014941
0.003654	0.236362	0.044	0.01546
0.003814	0.239853	0.045	0.015985
0.004019	0.243315	0.046	0.016516
0.004208	0.246749	0.047	0.017052
0.004401	0.250157	0.048	0.017594
0.004599	0.253537	0.049	0.018141
0.004802	0.256893	0.05	0.018693
0.005009	0.260223	0.051	0.019251
0.005221	0.263528	0.052	0.019813
0.005438	0.26681	0.053	0.020381
0.005659	0.270068	0.054	0.020954
0.005885	0.273304	0.055	0.021532
0.006115	0.276517	0.056	0.022116
0.00635	0.279709	0.057	0.022703

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.00659	0.282879	0.058	0.023296
0.006834	0.286029	0.059	0.023894
0.007083	0.289158	0.06	0.024496
0.007337	0.292267	0.061	0.025103
0.007595	0.295356	0.062	0.025715
0.007858	0.298427	0.063	0.026332
0.008126	0.30148	0.064	0.026953
0.008398	0.304512	0.065	0.027578
0.008675	0.307527	0.066	0.028208
0.008956	0.310524	0.067	0.028843
0.009243	0.313504	0.068	0.029481
0.009533	0.316466	0.069	0.030125
0.009829	0.319412	0.07	0.030772
0.010129	0.322342	0.071	0.031424
0.010434	0.325255	0.072	0.03208
0.010744	0.328152	0.073	0.032741
0.011058	0.331034	0.074	0.033405
0.011377	0.3339	0.075	0.034074
0.011701	0.33651	0.076	0.034746
0.012029	0.33958	0.077	0.035423
0.012362	0.342408	0.078	0.036104
0.0127	0.345215	0.079	0.036789
0.013043	0.348007	0.08	0.037478
0.01339	0.350786	0.081	0.038171
0.013742	0.353551	0.082	0.038868
0.014098	0.356302	0.083	0.039568
0.014459	0.359039	0.084	0.040273
0.014825	0.361764	0.085	0.040981
0.015196	0.364475	0.086	0.041693
0.015571	0.367173	0.087	0.042409
0.015951	0.369859	0.088	0.043128
0.016336	0.372532	0.089	0.043851
0.016726	0.375193	0.09	0.044578
0.01712	0.37842	0.091	0.045309
0.017518	0.380479	0.092	0.046043
0.017922	0.383103	0.093	0.046781
0.01833	0.385717	0.094	0.047522
0.018743	0.388318	0.095	0.048267
0.019161	0.390908	0.096	0.049016
0.019583	0.393487	0.097	0.049768
0.02001	0.396055	0.098	0.050523
0.020441	0.398611	0.099	0.051282
0.020878	0.401157	0.1	0.052044
0.021319	0.403692	0.101	0.05281
0.021765	0.406216	0.102	0.053579
0.022215	0.40873	0.103	0.054351
0.02267	0.411234	0.104	0.055127
0.02313	0.413727	0.105	0.055906
0.023594	0.41621	0.106	0.056688
0.024063	0.418683	0.107	0.057473
0.024537	0.421146	0.108	0.058262
0.025015	0.423599	0.109	0.059054
0.025498	0.426042	0.11	0.059849
0.025986	0.428476	0.111	0.060648
0.026479	0.430901	0.112	0.061449
0.026976	0.433316	0.113	0.062254
0.027477	0.435721	0.114	0.063062

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.027984	0.438117	0.115	0.063873
0.028495	0.440505	0.116	0.064686
0.02901	0.442883	0.117	0.065503
0.029531	0.445252	0.118	0.066323
0.030056	0.447612	0.119	0.067146
0.030585	0.449964	0.12	0.067972
0.031119	0.452307	0.121	0.068801
0.031658	0.454641	0.122	0.069633
0.032202	0.456967	0.123	0.070468
0.03275	0.459284	0.124	0.071306
0.033302	0.461593	0.125	0.072147
0.03386	0.463893	0.126	0.07299
0.034422	0.466185	0.127	0.073837
0.034988	0.46847	0.128	0.074686
0.035559	0.470746	0.129	0.075538
0.036135	0.473014	0.13	0.076393
0.036715	0.475274	0.131	0.077251
0.0373	0.477526	0.132	0.078112
0.03789	0.47977	0.133	0.078975
0.038484	0.482007	0.134	0.079841
0.039083	0.484236	0.135	0.08071
0.039686	0.486457	0.136	0.081582
0.040294	0.488671	0.137	0.082456
0.040906	0.490877	0.138	0.083333
0.041523	0.493076	0.139	0.084212
0.042145	0.495268	0.14	0.085095
0.042771	0.497452	0.141	0.08598
0.043401	0.499629	0.142	0.086867
0.044036	0.501799	0.143	0.087757
0.044676	0.503961	0.144	0.08865
0.04532	0.506117	0.145	0.089545
0.045969	0.508265	0.146	0.090443
0.046622	0.510407	0.147	0.091344
0.04728	0.512541	0.148	0.092247
0.047943	0.514669	0.149	0.093152
0.048609	0.51679	0.15	0.09406
0.049281	0.518904	0.151	0.094971
0.049956	0.52011	0.152	0.095884
0.050637	0.523112	0.153	0.096799
0.051322	0.525206	0.154	0.097717
0.052011	0.527293	0.155	0.098637
0.052705	0.529374	0.156	0.09956
0.053403	0.531449	0.157	0.100485
0.054106	0.533517	0.158	0.101413
0.054813	0.535578	0.159	0.102343
0.055524	0.537633	0.16	0.103275
0.05624	0.539682	0.161	0.10421
0.056961	0.541725	0.162	0.105147
0.057686	0.543761	0.163	0.106087
0.058415	0.545792	0.164	0.107028
0.059149	0.547816	0.165	0.107972
0.059887	0.549834	0.166	0.108919
0.06063	0.551845	0.167	0.109867
0.061377	0.553851	0.168	0.110818
0.062128	0.555851	0.169	0.111772
0.062884	0.557845	0.17	0.112727
0.063644	0.559833	0.171	0.113685

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.064409	0.561815	0.172	0.114645
0.065178	0.563791	0.173	0.115607
0.065951	0.565762	0.174	0.116571
0.066729	0.567726	0.175	0.117537
0.067511	0.569685	0.176	0.118506
0.068298	0.571638	0.177	0.119477
0.069088	0.573586	0.178	0.12045
0.069883	0.575528	0.179	0.121425
0.070683	0.577464	0.18	0.122402
0.071487	0.59395	0.181	0.123382
0.072295	0.58132	0.182	0.124363
0.073107	0.58324	0.183	0.125347
0.073924	0.585154	0.184	0.126332
0.074745	0.587063	0.185	0.12732
0.07557	0.588966	0.186	0.12831
0.0764	0.590864	0.187	0.129302
0.077234	0.592756	0.188	0.130296
0.078072	0.594644	0.189	0.131292
0.078914	0.596526	0.19	0.13229
0.079761	0.598402	0.191	0.13329
0.080612	0.600274	0.192	0.134292
0.081467	0.60214	0.193	0.135296
0.082326	0.604001	0.194	0.136302
0.08319	0.605857	0.195	0.13731
0.0840058	0.607708	0.196	0.13832
0.08493	0.609553	0.197	0.139331
0.085806	0.611394	0.198	0.140345
0.086687	0.61323	0.199	0.141361
0.087571	0.61506	0.2	0.142377
0.08846	0.61689	0.201	0.143398
0.089353	0.61872	0.202	0.144419
0.09025	0.62055	0.203	0.145443
0.091152	0.62238	0.204	0.146468
0.092057	0.62421	0.205	0.147495
0.092967	0.62604	0.206	0.148524
0.093881	0.62787	0.207	0.149555
0.094799	0.6297	0.208	0.150587
0.095721	0.63153	0.209	0.151622
0.096647	0.63336	0.21	0.152658
0.097577	0.634871	0.211	0.153696
0.098512	0.636643	0.212	0.154736
0.09945	0.638415	0.213	0.155778
0.100393	0.640187	0.214	0.156821
0.10134	0.641959	0.215	0.157867
0.10229	0.643731	0.216	0.158914
0.103245	0.645503	0.217	0.159963
0.104204	0.647275	0.218	0.161013
0.105167	0.649047	0.219	0.162065
0.106134	0.650819	0.22	0.163119
0.107105	0.652382	0.221	0.164175
0.10808	0.654108	0.222	0.165233
0.109059	0.655834	0.223	0.166292
0.110042	0.65756	0.224	0.167353
0.111029	0.659286	0.225	0.168415
0.11202	0.661012	0.226	0.169479
0.113015	0.662738	0.227	0.170545
0.114014	0.664464	0.228	0.171613

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.115017	0.66619	0.229	0.172682
0.116024	0.667916	0.23	0.173753
0.117035	0.669441	0.231	0.174825
0.11805	0.671122	0.232	0.175899
0.119069	0.672803	0.233	0.176975
0.120091	0.674484	0.234	0.178052
0.121118	0.676165	0.235	0.179131
0.122149	0.677846	0.236	0.180212
0.123183	0.679527	0.237	0.181294
0.124221	0.681208	0.238	0.182377
0.125263	0.682889	0.239	0.183463
0.12631	0.68457	0.24	0.184549
0.12736	0.686065	0.241	0.185638
0.128413	0.687704	0.242	0.186728
0.129471	0.689343	0.243	0.187819
0.130533	0.690982	0.244	0.188912
0.131598	0.692621	0.245	0.190006
0.132667	0.69426	0.246	0.191102
0.13374	0.695899	0.247	0.1922
0.134817	0.697538	0.248	0.193299
0.135897	0.699177	0.249	0.194399
0.136982	0.700816	0.25	0.195501
0.13807	0.702273	0.251	0.196605
0.139162	0.703871	0.252	0.197709
0.140258	0.705469	0.253	0.198816
0.141357	0.707067	0.254	0.199923
0.14246	0.708665	0.255	0.201033
0.143567	0.710263	0.256	0.202143
0.144678	0.711861	0.257	0.203255
0.145792	0.713459	0.258	0.204369
0.14691	0.715057	0.259	0.205484
0.148032	0.716655	0.26	0.2066
0.149158	0.718079	0.261	0.207718
0.150287	0.719635	0.262	0.208837
0.15142	0.721191	0.263	0.209957
0.152556	0.722747	0.264	0.211079
0.153696	0.724303	0.265	0.212202
0.15484	0.725859	0.266	0.213327
0.155988	0.727415	0.267	0.214452
0.157139	0.728971	0.268	0.21558
0.158293	0.730527	0.269	0.216708
0.159452	0.732083	0.27	0.217838
0.160613	0.733498	0.271	0.218969
0.161779	0.735	0.272	0.220102
0.162948	0.736502	0.273	0.221236
0.164121	0.738004	0.274	0.222371
0.165297	0.739506	0.275	0.223507
0.166477	0.741008	0.276	0.224645
0.16766	0.74251	0.277	0.225784
0.168847	0.744012	0.278	0.226924
0.170037	0.745514	0.279	0.228065
0.171231	0.747016	0.28	0.229208
0.172428	0.748542	0.281	0.230352
0.173629	0.750015	0.282	0.231497
0.174833	0.751488	0.283	0.232644
0.176041	0.752961	0.284	0.233792
0.177253	0.754434	0.285	0.23494

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.178467	0.755907	0.286	0.236091
0.179686	0.75738	0.287	0.237242
0.180907	0.758853	0.288	0.238394
0.182132	0.760326	0.289	0.239548
0.183361	0.761799	0.29	0.240703
0.184593	0.763223	0.291	0.241859
0.185828	0.76466	0.292	0.243016
0.187066	0.766097	0.293	0.244175
0.188309	0.767534	0.294	0.245334
0.189554	0.768971	0.295	0.246495
0.190803	0.770408	0.296	0.247657
0.192055	0.771845	0.297	0.24882
0.19331	0.773282	0.298	0.249984
0.194569	0.774719	0.299	0.251149
0.195831	0.776156	0.3	0.252316
0.197097	0.777553	0.301	0.253461
0.198365	0.778955	0.302	0.254622
0.199637	0.780357	0.303	0.255783
0.200913	0.781759	0.304	0.256944
0.202191	0.783161	0.305	0.258105
0.203473	0.784563	0.306	0.259266
0.204758	0.785965	0.307	0.260427
0.206046	0.787367	0.308	0.261588
0.207338	0.788769	0.309	0.262749
0.208633	0.790171	0.31	0.26391
0.20993	0.791539	0.311	0.265071
0.21232	0.79291	0.312	0.266232
0.212536	0.794281	0.313	0.267393
0.213843	0.795652	0.314	0.268554
0.215154	0.797023	0.315	0.269715
0.216468	0.798394	0.316	0.270876
0.217785	0.799765	0.317	0.272037
0.219105	0.801136	0.318	0.273198
0.220428	0.802507	0.319	0.274359
0.221755	0.803878	0.32	0.27552
0.223084	0.805193	0.321	0.276681
0.224416	0.806527	0.322	0.277842
0.225752	0.807861	0.323	0.279003
0.227091	0.809195	0.324	0.280164
0.228433	0.810529	0.325	0.281325
0.229777	0.811863	0.326	0.282486
0.231125	0.813197	0.327	0.283647
0.232476	0.814531	0.328	0.284808
0.23383	0.815865	0.329	0.285969
0.235187	0.817199	0.33	0.28713
0.236547	0.818521	0.331	0.288291
0.23791	0.819823	0.332	0.289452
0.239275	0.821125	0.333	0.290613
0.240644	0.822427	0.334	0.291774
0.242016	0.823729	0.335	0.292935
0.243391	0.825031	0.336	0.294096
0.244768	0.826333	0.337	0.295257
0.246149	0.827635	0.338	0.296418
0.247532	0.828937	0.339	0.297579
0.248919	0.830239	0.34	0.29874
0.250308	0.831531	0.341	0.299901
0.2517	0.832802	0.342	0.301062

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.253095	0.834073	0.343	0.302223
0.254493	0.835344	0.344	0.303384
0.255894	0.836615	0.345	0.304545
0.257297	0.837886	0.346	0.305706
0.258704	0.839157	0.347	0.306867
0.260113	0.840428	0.348	0.308028
0.261525	0.841699	0.349	0.309189
0.26294	0.84297	0.35	0.311919
0.264357	0.844231	0.351	0.313134
0.265778	0.84547	0.352	0.314349
0.267201	0.846709	0.353	0.315564
0.268627	0.847948	0.354	0.316779
0.270055	0.849187	0.355	0.317994
0.271487	0.850426	0.356	0.319209
0.272921	0.851665	0.357	0.320424
0.274357	0.852904	0.358	0.321639
0.275797	0.854143	0.359	0.322854
0.277239	0.855382	0.36	0.324069
0.278684	0.856627	0.361	0.325284
0.280131	0.85784	0.362	0.326499
0.281581	0.859053	0.363	0.327714
0.283034	0.860266	0.364	0.328929
0.284489	0.861479	0.365	0.330144
0.285947	0.862692	0.366	0.331359
0.287407	0.863905	0.367	0.332574
0.288871	0.865118	0.368	0.333789
0.290336	0.866331	0.369	0.335004
0.291805	0.867544	0.37	0.336219
0.293275	0.868725	0.371	0.337434
0.294749	0.869907	0.372	0.338649
0.296225	0.871089	0.373	0.339864
0.297703	0.872271	0.374	0.341079
0.299184	0.873453	0.375	0.342294
0.300667	0.874635	0.376	0.343509
0.302153	0.875817	0.377	0.344724
0.303642	0.876999	0.378	0.345939
0.305132	0.878181	0.379	0.347154
0.306626	0.879363	0.38	0.348369
0.308121	0.88053	0.381	0.349584
0.30962	0.881694	0.382	0.350799
0.31112	0.882858	0.383	0.352014
0.312623	0.884022	0.384	0.353229
0.314128	0.885186	0.385	0.354444
0.315636	0.88635	0.386	0.355659
0.317146	0.887514	0.387	0.356874
0.318659	0.888678	0.388	0.358089
0.320174	0.889842	0.389	0.359304
0.321691	0.890908	0.39	0.360519
0.32321	0.892047	0.391	0.361734
0.324732	0.893186	0.392	0.362949
0.326256	0.894325	0.393	0.364164
0.327782	0.895464	0.394	0.365379
0.329311	0.896603	0.395	0.366594
0.330842	0.897742	0.396	0.367809
0.332375	0.898881	0.397	0.369024
0.33391	0.90002	0.398	0.370239
0.335448	0.901057	0.399	0.371454

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.336988	0.90217	0.4	0.37353
0.33853	0.903283	0.401	0.374778
0.340074	0.904396	0.402	0.376026
0.34162	0.905509	0.403	0.377274
0.343169	0.906622	0.404	0.378522
0.34472	0.907735	0.405	0.37977
0.346272	0.908848	0.406	0.381018
0.347827	0.909961	0.407	0.382266
0.349385	0.911074	0.408	0.383514
0.350944	0.912187	0.409	0.384762
0.352505	0.9133	0.41	0.38601
0.354068	0.914237	0.411	0.387258
0.355634	0.915317	0.412	0.388506
0.357201	0.916397	0.413	0.389754
0.358771	0.917477	0.414	0.391002
0.360342	0.918557	0.415	0.39225
0.361916	0.919637	0.416	0.393498
0.363492	0.920717	0.417	0.394746
0.365069	0.921797	0.418	0.395994
0.366649	0.922877	0.419	0.397242
0.36823	0.923957	0.42	0.39849
0.369814	0.924918	0.421	0.399738
0.371399	0.925971	0.422	0.400986
0.372986	0.927021	0.423	0.402234
0.374576	0.928071	0.424	0.403482
0.376167	0.929121	0.425	0.40473
0.37776	0.930171	0.426	0.405978
0.379355	0.931221	0.427	0.407226
0.380952	0.932271	0.428	0.408474
0.382551	0.933321	0.429	0.409722
0.384151	0.934299	0.43	0.41097
0.385753	0.93532	0.431	0.412218
0.387358	0.936341	0.432	0.413466
0.388964	0.937362	0.433	0.414714
0.390571	0.938383	0.434	0.415962
0.392181	0.939404	0.435	0.41721
0.393792	0.940425	0.436	0.418458
0.395405	0.941446	0.437	0.419706
0.39702	0.942467	0.438	0.420954
0.398637	0.943488	0.439	0.422202
0.400255	0.944509	0.44	0.42345
0.401875	0.945469	0.441	0.424698
0.403497	0.94646	0.442	0.425946
0.40512	0.947451	0.443	0.427194
0.406745	0.948442	0.444	0.428442
0.408372	0.949433	0.445	0.42969
0.41	0.950424	0.446	0.430938
0.41163	0.951415	0.447	0.432186
0.413262	0.952406	0.448	0.433434
0.414895	0.953397	0.449	0.434682
0.41653	0.954388	0.45	0.43593
0.418166	0.955346	0.451	0.437178
0.419804	0.956312	0.452	0.438426
0.421443	0.957278	0.453	0.439674
0.423084	0.958244	0.454	0.440922
0.424727	0.95921	0.455	0.44217
0.426371	0.960176	0.456	0.443418

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.428016	0.961142	0.457	0.444666
0.429663	0.962108	0.458	0.445914
0.431312	0.963074	0.459	0.447162
0.432962	0.96404	0.46	0.44841
0.434613	0.964962	0.461	0.449658
0.436266	0.9659	0.462	0.450906
0.43792	0.966838	0.463	0.452154
0.439576	0.967776	0.464	0.453402
0.441233	0.968714	0.465	0.45465
0.442891	0.969652	0.466	0.455898
0.444551	0.97059	0.467	0.457146
0.446212	0.971528	0.468	0.458394
0.447874	0.972466	0.469	0.459642
0.449538	0.973404	0.47	0.46089
0.451203	0.974317	0.471	0.462138
0.452869	0.97523	0.472	0.463386
0.454537	0.976143	0.473	0.464634
0.456206	0.977056	0.474	0.465882
0.457876	0.977969	0.475	0.46713
0.459548	0.978882	0.476	0.468378
0.46122	0.979795	0.477	0.469626
0.462894	0.980708	0.478	0.470874
0.464569	0.981621	0.479	0.472122
0.466246	0.982534	0.48	0.47337
0.467923	0.983415	0.481	0.474618
0.469602	0.9843	0.482	0.475866
0.471281	0.985185	0.483	0.477114
0.472962	0.98607	0.484	0.478362
0.474644	0.986955	0.485	0.47961
0.476327	0.98784	0.486	0.480858
0.478012	0.988725	0.487	0.482106
0.479697	0.98961	0.488	0.483354
0.481383	0.990495	0.489	0.484602
0.483071	0.99138	0.49	0.48585
0.484759	0.992258	0.491	0.487098
0.486449	0.99312	0.492	0.488346
0.488139	0.993982	0.493	0.489594
0.489831	0.994844	0.494	0.490842
0.491523	0.995706	0.495	0.49209
0.493217	0.996568	0.496	0.493338
0.494911	0.99743	0.497	0.494586
0.496607	0.998292	0.498	0.495834
0.498303	0.999154	0.499	0.497082
0.5	1.000016	0.5	0.5
0.501698	1.000848	0.501	0.501273
0.503397	1.00169	0.502	0.502546
0.505097	1.002532	0.503	0.503819
0.506798	1.003374	0.504	0.505092
0.508499	1.004216	0.505	0.506365
0.510202	1.005058	0.506	0.507638
0.511905	1.0059	0.507	0.508911
0.513609	1.006742	0.508	0.510184
0.515314	1.007584	0.509	0.511457
0.517019	1.008426	0.51	0.51273
0.518726	1.009185	0.511	0.514003
0.520433	1.01	0.512	0.515276
0.52214	1.010815	0.513	0.516549

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.523849	1.01163	0.514	0.517822
0.525558	1.012445	0.515	0.519095
0.527268	1.01326	0.516	0.520368
0.528979	1.014075	0.517	0.521641
0.53069	1.01489	0.518	0.522914
0.532402	1.015705	0.519	0.524187
0.534114	1.01652	0.52	0.52546
0.535828	1.017271	0.521	0.526733
0.537541	1.018057	0.522	0.528006
0.539256	1.018843	0.523	0.529279
0.54097	1.019629	0.524	0.530552
0.542686	1.020415	0.525	0.531825
0.544402	1.021201	0.526	0.533098
0.546118	1.021987	0.527	0.534371
0.547836	1.022773	0.528	0.535644
0.549553	1.023559	0.529	0.536917
0.551271	1.024345	0.53	0.53819
0.55299	1.025108	0.531	0.539463
0.554709	1.02587	0.532	0.540736
0.556428	1.026632	0.533	0.542009
0.558148	1.027394	0.534	0.543282
0.559868	1.028156	0.535	0.544555
0.561589	1.028918	0.536	0.545828
0.56331	1.02968	0.537	0.547101
0.565031	1.030442	0.538	0.548374
0.566753	1.031204	0.539	0.549647
0.568475	1.031966	0.54	0.55092
0.570197	1.032696	0.541	0.552193
0.57192	1.033433	0.542	0.553466
0.573643	1.03417	0.543	0.554739
0.575366	1.034907	0.544	0.556012
0.57709	1.035644	0.545	0.557285
0.578814	1.036381	0.546	0.558558
0.580538	1.037118	0.547	0.559831
0.582262	1.037855	0.548	0.561104
0.583986	1.038592	0.549	0.562377
0.585711	1.039329	0.55	0.56365
0.587436	1.040036	0.551	0.564923
0.589161	1.04075	0.552	0.566196
0.590886	1.041464	0.553	0.567469
0.592611	1.042178	0.554	0.568742
0.594336	1.042892	0.555	0.570015
0.596062	1.043606	0.556	0.571288
0.597787	1.04432	0.557	0.572561
0.599513	1.045034	0.558	0.573834
0.601239	1.045748	0.559	0.575107
0.602964	1.046462	0.56	0.57638
0.60469	1.047128	0.561	0.577653
0.606416	1.047815	0.562	0.578926
0.608141	1.048502	0.563	0.580199
0.609867	1.049189	0.564	0.581472
0.611593	1.049876	0.565	0.582745
0.613318	1.050563	0.566	0.584018
0.615044	1.05125	0.567	0.585291
0.616769	1.051937	0.568	0.586564
0.618494	1.052624	0.569	0.587837
0.620219	1.053311	0.57	0.58911

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.621944	1.053973	0.571	0.590383
0.623669	1.054635	0.572	0.591656
0.625394	1.055297	0.573	0.592929
0.627119	1.055959	0.574	0.594202
0.628843	1.056621	0.575	0.595475
0.630567	1.057283	0.576	0.596748
0.632291	1.057945	0.577	0.598021
0.634015	1.058607	0.578	0.599294
0.635738	1.059269	0.579	0.600567
0.637461	1.059931	0.58	0.60184
0.639184	1.06057	0.581	0.603113
0.640906	1.061208	0.582	0.604386
0.642629	1.061846	0.583	0.605659
0.64435	1.062484	0.584	0.606932
0.646072	1.063122	0.585	0.608205
0.647793	1.06376	0.586	0.609478
0.649514	1.064398	0.587	0.610751
0.651234	1.065036	0.588	0.612024
0.652954	1.065674	0.589	0.613297
0.654673	1.066312	0.59	0.61457
0.656392	1.06692	0.591	0.615843
0.658111	1.06753	0.592	0.617116
0.659829	1.06814	0.593	0.618389
0.661546	1.06875	0.594	0.619662
0.663263	1.06936	0.595	0.620935
0.66498	1.06997	0.596	0.622208
0.666696	1.07058	0.597	0.623481
0.668411	1.07119	0.598	0.624754
0.670126	1.0718	0.599	0.626027
0.67184	1.07241	0.6	0.6264
0.673554	1.073021	0.601	0.627717
0.675267	1.073606	0.602	0.629034
0.676979	1.074191	0.603	0.630351
0.678691	1.074776	0.604	0.631668
0.680401	1.075361	0.605	0.632985
0.682112	1.075946	0.606	0.634302
0.683821	1.076531	0.607	0.635619
0.68553	1.077116	0.608	0.636936
0.687238	1.077701	0.609	0.638253
0.688945	1.078286	0.61	0.63957
0.690652	1.078871	0.611	0.640887
0.692357	1.079456	0.612	0.642204
0.694062	1.080041	0.613	0.643521
0.695766	1.080581	0.614	0.644838
0.697469	1.08114	0.615	0.646155
0.699172	1.081699	0.616	0.647472
0.700873	1.082258	0.617	0.648789
0.702574	1.082817	0.618	0.650106
0.704273	1.083376	0.619	0.651423
0.705972	1.083935	0.62	0.65274
0.707669	1.084494	0.621	0.654057
0.709366	1.085053	0.622	0.655374
0.711062	1.085567	0.623	0.656691
0.712757	1.0861	0.624	0.658008
0.71445	1.086633	0.625	0.659325
0.716143	1.087166	0.626	0.660642
0.717834	1.087699	0.627	0.661959

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.719525	1.088232	0.628	0.663276
0.721214	1.088765	0.629	0.664593
0.722903	1.089298	0.63	0.66591
0.72459	1.089829	0.631	0.667227
0.726276	1.09035	0.632	0.668544
0.727961	1.09086	0.633	0.669861
0.729645	1.09137733	0.634	0.671178
0.731327	1.09189283	0.635	0.672495
0.733008	1.09240833	0.636	0.673812
0.734688	1.09292383	0.637	0.675129
0.736367	1.09343933	0.638	0.676446
0.738045	1.09395483	0.639	0.677763
0.739721	1.09447033	0.64	0.67908
0.741396	1.09498583	0.641	0.680397
0.743069	1.095424	0.642	0.681714
0.744742	1.095909	0.643	0.683031
0.746413	1.096394	0.644	0.684348
0.748082	1.096879	0.645	0.685665
0.74975	1.097364	0.646	0.686982
0.751417	1.097849	0.647	0.688299
0.753082	1.098334	0.648	0.689616
0.754726	1.098819	0.649	0.690933
0.756408	1.099304	0.65	0.69225
0.758069	1.099789	0.651	0.693567
0.759729	1.100274	0.652	0.694884
0.761387	1.100759	0.653	0.696201
0.763043	1.101178	0.654	0.697518
0.764698	1.101635	0.655	0.698835
0.766351	1.102092	0.656	0.700152
0.768002	1.102549	0.657	0.701469
0.769652	1.103006	0.658	0.702786
0.771301	1.103463	0.659	0.704103
0.772947	1.10392	0.66	0.70542
0.774592	1.104377	0.661	0.706737
0.776236	1.104834	0.662	0.708054
0.777877	1.105291	0.663	0.709371
0.779517	1.105748	0.664	0.710688
0.781155	1.106205	0.665	0.712005
0.782791	1.106563	0.666	0.713322
0.784426	1.106985	0.667	0.714639
0.786059	1.107407	0.668	0.715956
0.78769	1.107829	0.669	0.717273
0.789319	1.108251	0.67	0.71859
0.790946	1.108673	0.671	0.719907
0.792571	1.109095	0.672	0.721224
0.794195	1.109517	0.673	0.722541
0.795816	1.109939	0.674	0.723858
0.797436	1.110361	0.675	0.725175
0.799054	1.110783	0.676	0.726492
0.800669	1.111205	0.677	0.727809
0.802283	1.111627	0.678	0.729126
0.803895	1.112049	0.679	0.730443
0.805504	1.112471	0.68	0.73176
0.807112	1.112768	0.681	0.733077
0.808717	1.11314	0.682	0.734394
0.810321	1.113512	0.683	0.735711
0.811922	1.113884	0.684	0.737028

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.813521	1.114256	0.685	0.738345
0.815118	1.114628	0.686	0.739662
0.816713	1.115	0.687	0.740979
0.818305	1.115372	0.688	0.742296
0.819896	1.115744	0.689	0.743613
0.821484	1.116116	0.69	0.74493
0.82307	1.116488	0.691	0.746247
0.824653	1.11686	0.692	0.747564
0.826235	1.117232	0.693	0.748881
0.827814	1.117604	0.694	0.750198
0.82939	1.117976	0.695	0.751515
0.830964	1.118348	0.696	0.752832
0.832536	1.11872	0.697	0.754149
0.834106	1.119092	0.698	0.755466
0.835673	1.119464	0.699	0.756783
0.837238	1.119836	0.7	0.747684
0.8388	1.120116	0.701	0.748851
0.84036	1.120439	0.702	0.750018
0.841917	1.120762	0.703	0.751185
0.843471	1.121085	0.704	0.752352
0.845024	1.121408	0.705	0.753519
0.846573	1.121731	0.706	0.754686
0.84812	1.122054	0.707	0.755853
0.849664	1.122377	0.708	0.75702
0.851206	1.1227	0.709	0.758187
0.852745	1.123023	0.71	0.759354
0.854282	1.123346	0.711	0.760521
0.855815	1.123669	0.712	0.761688
0.857346	1.123992	0.713	0.762855
0.858875	1.124315	0.714	0.764022
0.8604	1.124638	0.715	0.765189
0.861923	1.124961	0.716	0.766356
0.863443	1.125284	0.717	0.767523
0.86496	1.125607	0.718	0.76869
0.866474	1.12593	0.719	0.769857
0.867985	1.126253	0.72	0.771024
0.869494	1.126383	0.721	0.772191
0.870999	1.12666	0.722	0.773358
0.872502	1.126937	0.723	0.774525
0.874002	1.127214	0.724	0.775692
0.875498	1.127491	0.725	0.776859
0.876992	1.127768	0.726	0.778026
0.878482	1.128045	0.727	0.779193
0.87997	1.128322	0.728	0.78036
0.881455	1.128599	0.729	0.781527
0.882936	1.128876	0.73	0.782694
0.884414	1.129099	0.731	0.783861
0.885889	1.129344	0.732	0.785028
0.887361	1.129589	0.733	0.786195
0.88883	1.129834	0.734	0.787362
0.890296	1.130079	0.735	0.788529
0.891758	1.130324	0.736	0.789696
0.893217	1.130569	0.737	0.790863
0.894673	1.130814	0.738	0.79203
0.896125	1.131059	0.739	0.793197
0.897575	1.131304	0.74	0.794364
0.89902	1.131532	0.741	0.795531

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.900463	1.13175	0.742	0.796698
0.901902	1.131968	0.743	0.797865
0.903337	1.132186	0.744	0.799032
0.90477	1.132404	0.745	0.800199
0.906198	1.132622	0.746	0.801366
0.907623	1.13284	0.747	0.802533
0.909045	1.133058	0.748	0.8037
0.910463	1.133276	0.749	0.804867
0.911878	1.133494	0.75	0.806034
0.913289	1.133674	0.751	0.805601
0.914696	1.133865	0.752	0.806701
0.9161	1.134056	0.753	0.807801
0.9175	1.134247	0.754	0.808901
0.918896	1.134438	0.755	0.810001
0.920288	1.134629	0.756	0.811101
0.921677	1.13482	0.757	0.812201
0.923062	1.135011	0.758	0.813301
0.924443	1.135202	0.759	0.814401
0.925821	1.135393	0.76	0.815501
0.927194	1.13552	0.761	0.816601
0.928564	1.13568	0.762	0.817701
0.92993	1.13584	0.763	0.818801
0.931292	1.136	0.764	0.819901
0.93265	1.13616	0.765	0.821001
0.934003	1.13632	0.766	0.822101
0.935353	1.136482	0.767	0.823201
0.936699	1.136625	0.768	0.824301
0.938041	1.136768	0.769	0.825401
0.939379	1.136911	0.77	0.826501
0.940712	1.137054	0.771	0.827601
0.942042	1.137199	0.772	0.828701
0.943367	1.13733	0.773	0.829801
0.944688	1.137461	0.774	0.830901
0.946005	1.137592	0.775	0.832001
0.947317	1.137723	0.776	0.833101
0.948626	1.137854	0.777	0.834201
0.94993	1.137985	0.778	0.835301
0.951229	1.138116	0.779	0.836401
0.952524	1.138247	0.78	0.837501
0.953815	1.138293	0.781	0.838601
0.955102	1.138399	0.782	0.839701
0.956384	1.138501	0.783	0.840801
0.957661	1.138601	0.784	0.841901
0.958934	1.138697	0.785	0.843001
0.960203	1.138793	0.786	0.844101
0.961466	1.138889	0.787	0.845201
0.962726	1.138985	0.788	0.846301
0.96398	1.13904	0.789	0.847401
0.96523	1.139095	0.79	0.848501
0.966476	1.13915	0.791	0.849601
0.967716	1.139205	0.792	0.850701
0.968952	1.13926	0.793	0.851801
0.970183	1.139315	0.794	0.852901
0.971409	1.13937	0.795	0.854001
0.972631	1.139425	0.796	0.855101
0.973847	1.139593	0.797	0.856201
0.975059	1.139635	0.798	0.857301

q/Q	v/V	d/D	a/A
0.976265	1.139677	0.799	0.858401
0.977467	1.139719	0.8	0.859501
0.978664	1.139761	0.801	0.858369
0.979855	1.139803	0.802	0.859655
0.981042	1.139845	0.803	0.860941
0.982223	1.139887	0.804	0.862227
0.983399	1.139929	0.805	0.863513
0.984571	1.139971	0.806	0.864799
0.985737	1.140013	0.807	0.866085
0.986897	1.140055	0.808	0.867371
0.988053	1.140097	0.809	0.868657
0.989203	1.140139	0.81	0.869943
0.990348	1.140023	0.811	0.871229
0.991487	1.140028	0.812	0.872515
0.992621	1.140033	0.813	0.873801
0.99375	1.140027	0.814	0.875087
0.994873	1.140021	0.815	0.876373
0.995991	1.140015	0.816	0.877659
0.997103	1.140009	0.817	0.878945
0.998209	1.140003	0.818	0.880231
0.99931	1.139997	0.819	0.881517
1.000405	1.139991	0.82	0.882803
1.001495	1.139985	0.821	0.884089
1.002579	1.139877	0.822	0.885375
1.003657	1.139841	0.823	0.886661
1.004729	1.139802	0.824	0.887947
1.005795	1.139763	0.825	0.889233
1.006856	1.139724	0.826	0.883429
1.00791	1.139685	0.827	0.884393
1.008959	1.139646	0.828	0.885357
1.010002	1.139551	0.829	0.886321
1.011038	1.139489	0.83	0.887285
1.012069	1.139423	0.831	0.888249
1.013093	1.139357	0.832	0.889213
1.014112	1.139291	0.833	0.890177
1.015124	1.139225	0.834	0.891141
1.01613	1.139159	0.835	0.892105
1.017129	1.139039	0.836	0.893069
1.018122	1.13895	0.837	0.894033
1.019109	1.138861	0.838	0.894997
1.02009	1.138772	0.839	0.895961
1.021064	1.138683	0.84	0.896925
1.022031	1.138594	0.841	0.897889
1.022992	1.138446	0.842	0.898853
1.023947	1.138333	0.843	0.899817
1.024895	1.13822	0.844	0.900781
1.025836	1.138107	0.845	0.901745
1.02677	1.137994	0.846	0.902709
1.027698	1.137881	0.847	0.903673
1.028619	1.137768	0.848	0.904637
1.029533	1.137569	0.849	0.905601
1.03044	1.137427	0.85	0.90594
1.031341	1.137281	0.851	0.906848
1.032234	1.137135	0.852	0.907756
1.03312	1.136989	0.853	0.908664
1.033999	1.136843	0.854	0.909572
1.034871	1.136697	0.855	0.91048

q/Q	v/V	d/D	a/A
1.035736	1.136486	0.856	0.911388
1.036594	1.136313	0.857	0.912296
1.037444	1.136137	0.858	0.913204
1.038287	1.135956	0.859	0.914112
1.039122	1.13577	0.86	0.91502
1.039951	1.135594	0.861	0.915928
1.040771	1.135413	0.862	0.916836
1.041584	1.135232	0.863	0.917744
1.04239	1.134983	0.864	0.918652
1.043187	1.134775	0.865	0.91956
1.043978	1.134562	0.866	0.920468
1.04476	1.134349	0.867	0.921376
1.045534	1.134136	0.868	0.922284
1.046301	1.133923	0.869	0.923192
1.04706	1.13371	0.87	0.9241
1.04781	1.133497	0.871	0.925008
1.048553	1.133186	0.872	0.925916
1.049287	1.13294	0.873	0.926824
1.050013	1.132689	0.874	0.927732
1.050731	1.132433	0.875	0.928806
1.051441	1.132172	0.876	0.929572
1.052142	1.131921	0.877	0.930338
1.052835	1.131665	0.878	0.931104
1.05352	1.131409	0.879	0.93187
1.054195	1.131077	0.88	0.932636
1.054863	1.130791	0.881	0.933402
1.055521	1.130499	0.882	0.934168
1.056171	1.130203	0.883	0.934934
1.056811	1.129907	0.884	0.9357
1.057443	1.129611	0.885	0.936466
1.058066	1.129315	0.886	0.937232
1.05868	1.129019	0.887	0.937998
1.059284	1.128638	0.888	0.938764
1.05988	1.128309	0.889	0.93953
1.060466	1.127975	0.89	0.940296
1.061043	1.127634	0.891	0.941062
1.06161	1.127293	0.892	0.941828
1.062168	1.126952	0.893	0.942594
1.062716	1.126611	0.894	0.94336
1.063254	1.12627	0.895	0.944126
1.063783	1.125847	0.896	0.944892
1.064301	1.125472	0.897	0.945658
1.06481	1.125097	0.898	0.946424
1.065309	1.124722	0.899	0.94719
1.065797	1.124311	0.9	0.947956

D-3. Tubería de alcantarillado D=6" norma ASTM D 3034

Pendiente (%)	Velocidad (m/s)	Caudal (L/s)
0.50	0.79	14.00
0.60	0.87	15.30
0.70	0.94	16.60
0.80	1.00	17.70
0.90	1.06	18.80
1.00	1.12	19.80
1.10	1.17	20.80
1.20	1.23	21.70
1.30	1.28	22.60
1.40	1.33	23.40
1.50	1.37	24.20
1.60	1.42	25.00
1.70	1.46	25.80
1.80	1.50	26.60
1.90	1.54	27.30
2.00	1.58	28.10
2.10	1.62	28.70
2.20	1.66	29.40
2.30	1.70	30.00
2.40	1.74	30.70
2.50	1.77	31.30
2.60	1.81	31.90

Pendiente (%)	Velocidad (m/s)	Caudal (L/s)
2.70	1.84	32.50
2.80	1.87	33.10
2.90	1.91	33.70
3.00	1.94	34.30
3.10	1.97	34.90
3.20	2.00	35.40
3.30	2.03	36.00
3.40	2.07	36.50
3.50	2.10	37.00
3.60	2.13	37.60
3.70	2.15	38.10
3.80	2.18	38.60
3.90	2.21	39.10
4.00	2.24	39.60
4.20	2.30	40.60
4.40	2.35	41.50
4.60	2.40	42.50
4.80	2.45	43.80
5.00	2.50	44.30
5.50	2.63	46.40
6.00	2.74	48.50

E-1. Ensayo de límites de Atterberg (sub-rasante)



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



INFORME No. 044 S. S.

O.T.: 30,447

Interesado: Marco Antonio Rosales Gomez
Proyecto: EPS "Pavimentación de 1a. Calle hasta Entrada a Colonia Esmeralda, Cabecera Municipal de Zacapa, Departamento de Zacapa"
Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG
Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Zacapa, Departamento de Zacapa

FECHA: miércoles, 23 de enero de 2013

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	0	0.00	ML	Arena limosa con grava color beige

(*) C.S.U. = CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO

Observaciones:

Muestra tomada por el interesado.
Suelo en estado natural

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



E-2. Análisis granulométrico, con tamices (sub-rasante)



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



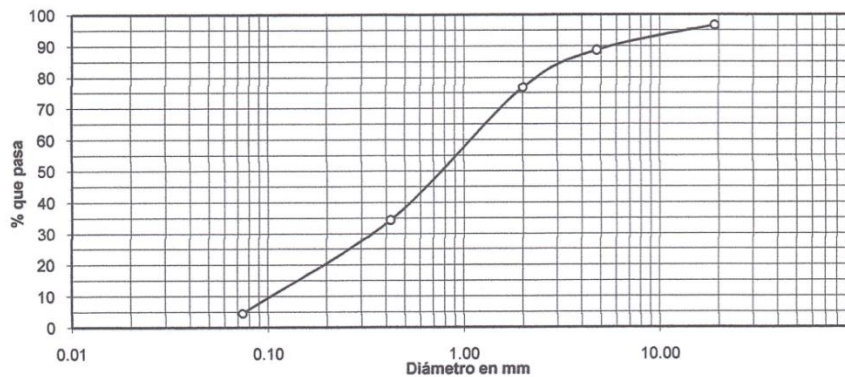
INFORME No.: 045 S.S.

O.T.: 30,447

Interesado: Marco Antonio Rosales Gómez
Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices.
Norma: A.A.S.H.T.O. T-27,
Proyecto: EPS "Pavimentación de 1a. Calle hasta Entrada a Colonia Esmeralda,
Cabecera Municipal de Zacapa, Departamento de Zacapa"
Fecha: miércoles, 23 de enero de 2013

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
0.00		100.00
3/4"	19.00	96.58
4	4.76	88.70
10	2.00	76.71
40	0.42	34.35
200	0.074	4.58

% de Grava: 11.30
% de Arena: 84.12
% de Finos: 4.58



Descripción del suelo: Arena Limosa con grava color Beige
Clasificación: S.C.U.: SW P.R.A.: A-1-b
Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

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

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12

Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

E-3. Ensayo de compactación (sub-rasante)



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



INFORME N° 046 S.S.

O.T. No.: 30,447

Interesado: Marco Antonio Rosales Gomez

Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.

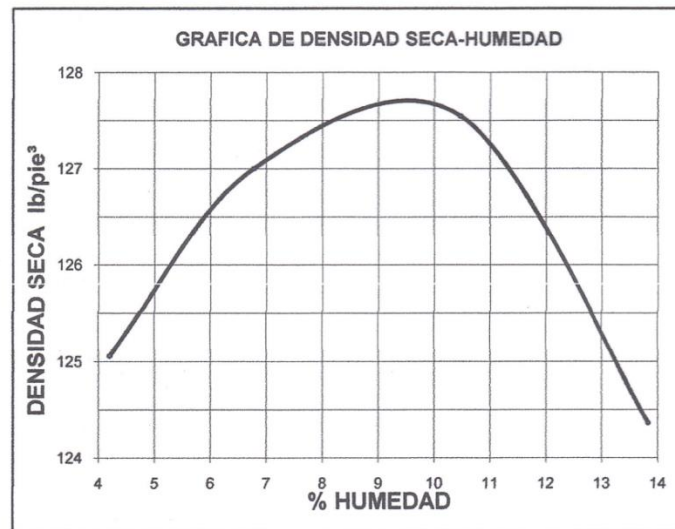
Proctor Estándar: () Norma:

Proyecto: EPS "Pavimentación de 1a. Calle
hasta Entrada a Colonia Esmeralda,
Cabecera Municipal de Zacapa,
Departamento de Zacapa"

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

Ubicación: Zacapa, Departamento de Zacapa

Fecha: miércoles, 23 de enero de 2013



Descripción del suelo:

Arena limosa con grava color Beige

Densidad seca máxima γ_d :

2,045.75 Kg/m³

127.70 lb/ft³

Humedad óptima Hop.:

9.5 %

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.:

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

Ing. Omar Enrique Medrano Mendez

Jefe Sección Mecánica de Suelos

E-4. Ensayo de Razón Soporte California –C.B.R.– (sub-rasante)



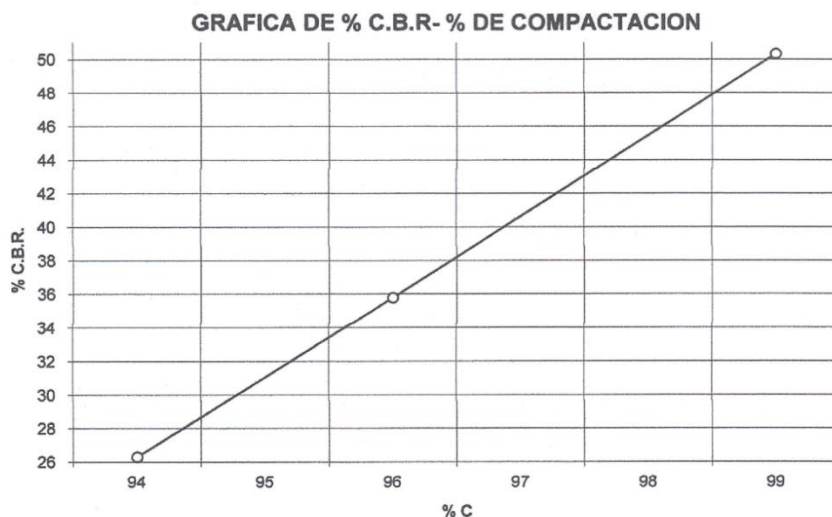
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No.: 047 S.S. O.T. No.: 30,447
Interesado: Marco Antonio Rosales Gomez
Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
Proyecto: EPS "Pavimentación de 1a. Calle hasta Entrada a Colonia Esmeralda, Cabecera Municipal de Zacapa, Departamento de Zacapa"
Ubicación: Zacapa, Departamento de Zacapa
Descripción del suelo: Arena limosa con grava color Beige

Fecha: miércoles, 23 de enero de 2013

PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C	EXPANSION	C.B.R.
No.	No.	H (%)	γ_d (Lb/pie ³)	(%)	(%)	(%)
1	10	9.50	127.7	94.8	0.50	26.3
2	30	9.50	127.7	96.1	0.22	35.8
3	65	9.50	127.7	99.8	0.37	50.3



Atentamente,

Vo. Bo.:

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

E-5. Ensayo de límites de Atterberg (sub-base)



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



INFORME No. 040 S. S.

O.T.: 30,447

Interesado: Marco Antonio Rosales Gomez

Proyecto: EPS "Pavimentacion de 1a. Calle hasta Entrada a Colonia Esmeralda, Cabecera
Municipal de Zacapa, Departamento de Zacapa"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Zacapa, Departamento de Zacapa

FECHA: miércoles, 23 de enero de 2013

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	25.636	2.86	ML	Arena limosa con grava color café

(*) C.S.U. = CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO

Observaciones:

Muestra tomada por el interesado.
Suelo en estado natural

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



E-6. Análisis granulométrico, con tamices (sub-base)



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



INFORME No.: 041 S.S.

O.T.: 30,447

Interesado: Marco Antonio Rosales Gomez

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices.

Norma: A.A.S.H.T.O. T-27,

Proyecto: EPS "Pavimentación de 1a. Calle hasta Entrada a Colonia Esmeralda,
Cabecera Municipal de Zacapa, Departamento de Zacapa"

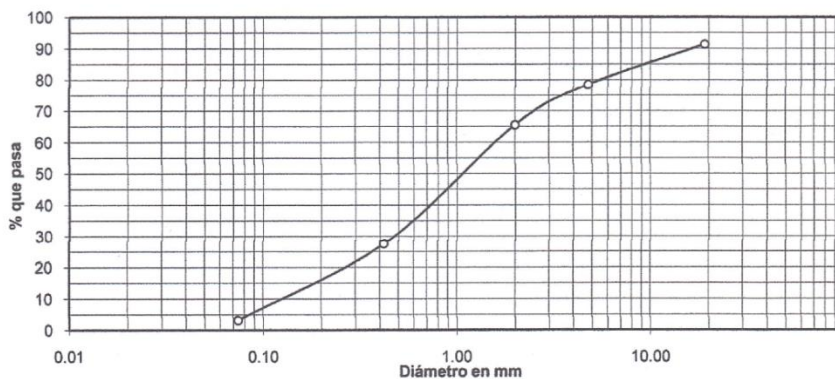
Fecha: miércoles, 23 de enero de 2013

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
0.00		100.00
3/4"	19.00	91.32
4	4.76	78.40
10	2.00	65.60
40	0.42	27.58
200	0.074	3.21

% de Grava: 21.60

% de Arena: 75.19

% de Finos: 3.21



Descripción del suelo: Arena limosa con grava color café

Clasificación: S.C.U.: SW P.R.A.: A-1-b

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.:

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—

Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

E-7. Ensayo de compactación (sub-base)



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



INFORME No. 042 S.S.

O.T. No.: 30,447

Interesado: Marco Antonio Rosales Gomez

Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.

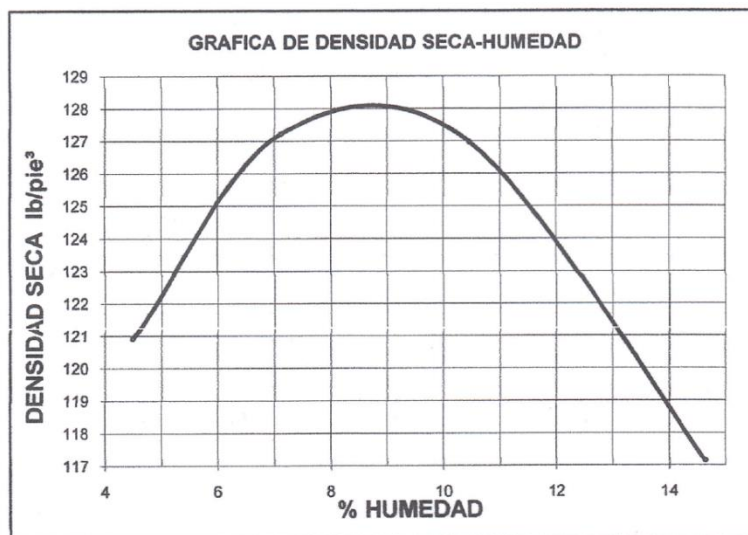
Proyecto: EPS "Pavimentación de 1a. Calle hasta Entrada a
Colonia Esmeralda, Cabecera Municipal de Zacapa,
Departamento de Zacapa"

Proctor Estándar: () Norma:

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

Ubicación: Zacapa, Departamento de Zacapa

Fecha: miércoles, 23 de enero de 2013



Descripción del suelo: Arena limosa con grava color café

Densidad seca máxima γ_d : 2,052 Kg/m³ 128.10 lb/pie³

Humedad óptima Hop.: 8.75 %

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.:

Inga. Telma Marcela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12

Teléfono directo: 2418-8115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

E-8. Ensayo de Razón Soporte California –C.B.R.– (sub-base)



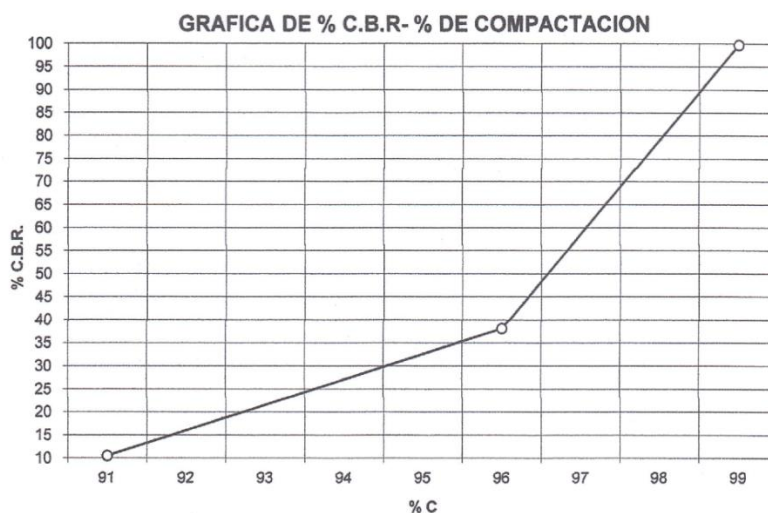
**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME No.: 043 S.S. O.T. No.: 30,447
Interesado: Marco Antonio Rosales Gomez
Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
Proyecto: EPS "Pavimentación de 1a. Calle hasta Entrada a Colonia Esmeralda, Cabecera Municipal de Zacapa, Departamento de Zacapa"
Ubicación: Zacapa, Departamento de Zacapa
Descripción del suelo: Arena límica con grava color café

Fecha: miércoles, 23 de enero de 2013

PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C	EXPANSION	C.B.R.
No.	No.	H (%)	γ_d (Lb/pie ³)	(%)	(%)	(%)
1	10	8.75	128.1	91.1	0.00	10.5
2	30	8.75	128.1	96.6	0.00	38.1
3	65	8.75	128.1	99.8	0.00	99.7



Atentamente,

Vo. Bo.:

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

