



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

**DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DEL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA
PAMUMUS Y DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA EL CASERÍO PAXOT LA
CUMBRE, MUNICIPIO DE SAN JUAN COMALAPA, DEPARTAMENTO DE
CHIMALTENANGO**

Wilby Miguel Batz Saquimux
Asesorado por el Ing. Silvio Rodríguez Serrano

Guatemala, julio de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DEL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA
PAMUMUS Y DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA EL CASERÍO PAXOT LA
CUMBRE, MUNICIPIO DE SAN JUAN COMALAPA, DEPARTAMENTO DE
CHIMALTENANGO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

WILBY MIGUEL BATZ SAQUIMUX
ASESORADO POR EL ING. SILVIO RODRIGUEZ
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JULIO DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Ángel Roberto Sic García
EXAMINADOR	Ing. Silvio Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Fernando Boiton Velásquez
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN DEL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA
PAMUMUS Y DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA EL CASERÍO PAXOT LA
CUMBRE, MUNICIPIO DE SAN JUAN COMALAPA, DEPARTAMENTO DE
CHIMALTENANGO,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 12 de octubre de 2007.

WILBY MIGUEL BATZ SAQUIMUX

AGRADECIMIENTOS A:

Instituto de Estudios Avanzados de Occidente.

La Universidad de San Carlos de Guatemala.

La Facultad de Ingeniería.

La Escuela de Ingeniería Civil.

Ingeniero Silvio Rodríguez Serrano, por la asesoría de este trabajo de graduación.

Las autoridades de la Municipalidad de San Juan Comalapa, Chimaltenango.

ACTO QUE DEDICO A:

MI MADRE	Por su gran sacrificio, gracias por apoyarme siempre, por ser ejemplo de fe, trabajo incansable, honradez y dedicación, estarás siempre en mi memoria (†).
MI PADRE	Por su apoyo incondicional, confianza y comprensión, gracias por ser ejemplo de perseverancia.
MIS HERMANOS	Inspiración y ejemplos a seguir de trabajo integro y disciplinado, gracias por sus consejos, paciencia y regaños.
MI FAMILIA	Abuelos, tíos y primos quienes me brindaron su cariño, consejos y apoyo.
MIS AMIGOS	Con quienes libramos mil batallas, gracias por hacer de mi vida universitaria alegre y fácil.
TODOS	Los que de una u otra forma son parte de este logro, estaré eternamente agradecido y en deuda con ustedes.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE ABREVIATURAS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX

1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN COMALAPA, CHIMALTENANGO

1.1	Reseña histórica	1
1.2	Nombre del municipio	1
1.3	Festividades	2
1.4	Ubicación y localización	3
1.5	Clima	6
1.6	Población	6
1.7	Educación	9
1.8	Actividades productivas	10
	1.8.1 Producción agrícola	10
	1.8.2 Producción pecuaria	11
	1.8.3 Producción artesanal	11
1.9	Vías de acceso	11

2. DISEÑO DE LA PAVIMENTACIÓN RÍGIDA PARA EL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA PAMUMUS

2.1.	Descripción y especificaciones técnicas del camino	13
2.2.	Documentación bibliográfica	13
2.2.1.	Definición de pavimentos	13
2.2.2.	Tipos de pavimentos	14
2.2.3.	Elementos estructurales de pavimentos	14
2.2.4.	Pavimentos flexibles	20
2.2.5.	Pavimentos rígidos	21
2.3.	Ensayos de laboratorio de suelo	22
2.3.1.	Ensayos de granulometría	22
2.3.2.	Límites de Atterberg	23
2.3.2.1.	Límite líquido	23
2.3.2.2.	Límite plástico	23
2.3.2.3.	Índice plástico	23
2.3.3.	Ensayo de compactación o Proctor modificado	24
2.3.4.	Ensayo de valor soporte (C.B.R.)	24
2.3.5.	Análisis de resultados	25
2.4.	Diseño de pavimento rígido	25
2.4.1.	Trabajos previos al dimensionamiento de un pavimento	25
2.4.2.	Topografía	26
2.4.2.1.	Planimetría	26
2.4.2.2.	Altimetría	26
2.4.3.	Teoría de diseño de pavimentos rígidos	27
2.4.4.	Diseño de pavimento rígido, método simplificado	27
2.5.	Drenajes menores en vías pavimentadas	35
2.5.1.	Consideraciones de drenajes en vías pavimentadas	35
2.5.1.1.	Cunetas	35
2.5.1.2.	Contracunetas	36
2.5.1.3.	Drenaje transversal	36

2.5.2.	Consideraciones hidráulicas	37
2.5.2.1.	Corriente de agua	38
2.5.2.2.	Gradiente hidráulico	38
2.5.2.3.	Diseño hidráulico	39
	2.5.2.3.1. El método racional	42
	2.5.2.3.1.1. Parámetros de la fórmula racional	43
	2.5.2.3.2. El método de Talbot	44
2.5.2.4.	Pendiente crítica	46
2.6.	Movimiento de tierras	48
2.6.1.	Maquinaria a utilizar	48
2.6.1.1.	Bulldozer (tractor sobre orugas)	48
2.6.1.2.	Motoniveladora	49
2.6.1.3.	Escavadora	50
2.6.1.4.	Anglendozer	51
2.6.1.5.	Rodillos	52
2.7.	Creación de planos	54
2.8.	Presupuesto y cronograma físico-financiero de ejecución	54

3. DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA EL CASERÍO PAXOT LA CUMBRE

3.1.	Estudio de la población a servir	57
3.2.	Levantamiento topográfico	57
	3.2.1.1. Planimetría	57
	3.2.1.2. Altimetría	58
3.3.	Trazo de la red	58
3.4.	Localización de la descarga	58
3.5.	Período de diseño	59
3.6.	Diseño de la red	60

3.6.1.	Población de diseño	60
3.6.2.	Dotación	61
3.6.3.	Factor de retorno	61
3.6.4.	Factor de flujo instantáneo (FH)	62
3.6.5	Relación de diámetro y caudales	62
3.6.6.	Caudal sanitario	62
	3.6.6.1 Caudal domiciliario	63
	3.6.6.2 Caudal de infiltración	63
	3.6.6.3 Caudal de conexiones ilícitas	64
	3.6.6.3.1. Coeficientes de escorrentía	64
	3.6.6.3.2. Intensidad de lluvia	65
3.6.7.	Caudal de diseño	65
	3.6.7.1. Factor de caudal medio	66
3.6.8.	Velocidades mínimas y máximas de diseño	66
3.6.9.	Pendientes máximas y mínimas de diseño	67
3.6.10.	Cotas invert	67
3.6.11.	Pozos de visita	68
3.6.12.	Conexiones domiciliarias	69
3.6.13.	Profundidades mínimas de tubería	69
3.6.14.	Diseño de la red de alcantarillado	69
	3.6.14.1. Datos generales	70
	3.6.14.2. Datos poblacionales	70
	3.6.14.3. Datos específicos para el tramo PV-0 a PV-1	70
	3.6.14.4. Diseño hidráulico	71
	3.6.14.5. Relaciones hidráulicas	72
	3.6.14.6. Parámetros de diseño	73
3.6.15.	Descarga	74
3.7.	Planos	74

3.8.	Presupuesto y cronograma físico-financiero de ejecución	75
4.	PROPUESTA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	77
5.	EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	79
5.1.	Impacto ambiental en pavimentación rígida	80
5.2.	Impacto ambiental en drenaje sanitario	83
5.2.1	Identificación de factores que pueden causar impacto ambiental y a qué está afectando	83
5.2.2.	Impactos negativos	84
5.2.3.	Medidas de mitigación	84
5.2.4.	Plan de contingencia	85
5.2.5.	Programa de monitoreo ambiental	86
5.2.6.	Plan de seguridad humana	86
5.2.7.	Plan de seguridad ambiental	87
5.2.8.	Impactos positivos	87
5.2.9.	Impacto ambiental de las aguas tratadas en el cuerpo receptor	87
6.	EVOLUCIÓN SOCIO-ECONÓMICA	89
6.1.	Valor presente neto	91
6.2.	Tasa interna de retorno	93
	CONCLUSIONES	95
	RECOMENDACIONES	97
	BIBLIOGRAFÍA	99
	APÉNDICE	101

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Ubicación del departamento de Chimaltenango, en el mapa de la República de Guatemala	4
2. Ubicación del municipio de San Juan Comalapa, en el departamento de Chimaltenango	5
3. Mapa del municipio de San Juan Comalapa	5
4. Mapa del municipio de San Juan Comalapa, escala 1:50,000	12
5. Determinación de la reacción K por medio del C.B.R.	31
6. Resultados de ensayos de laboratorio de suelos	103
7. Planta general de pavimentación rígida	110
8. Planta y perfil de pavimentación rígida	111
9. Secciones transversales de pavimentación rígida	114
10. Detalles constructivos de pavimentación rígida	116
11. Planta general topográfica de drenaje sanitario	117
12. Planta general de drenaje sanitario	118
13. Planta y perfil de ramales de drenaje sanitario	119
14. Detalles constructivos de pozos de visita de drenaje sanitario	126

TABLAS

I. Fiestas patronales de las aldeas	2
II. Población de San Juan Comalapa, censados al 24/11/2002, según el Instituto Nacional de Estadística (INE)	6

III. Población del municipio de San Juan Comalapa, por comunidades, datos proporcionados por el Centro de Salud	7
IV. Establecimientos educativos a cargo del Mineduc	9
V. Propiedades y requisitos ideales para suelo ensayado	15
VI. Clasificación de vehículos, según su categoría	30
VII. Tipos de suelos de sub-rasante y valores aproximados de K	32
VIII. Pavimento con juntas con agregados de trave	33
IX. Costo y precios unitarios de pavimentación rígida	55
X. Cronograma físico-financiero de ejecución pavimentación rígida	56
XI. Costo y precios unitarios de drenaje sanitario	75
XII. Cronograma físico-financiero de ejecución drenaje sanitario	76
XIII. Programa de operación y mantenimiento del sistema de drenaje del barrio Paxot la Cumbre	77
XIV. Programa de operación y mantenimiento del camino pavimentado que conduce a la aldea Pamumus	78
XV. Medidas de mitigación de impactos ambientales en pavimentos	80
XVI. Costos de la red de distribución de drenaje	91
XVII. Resumen del cálculo de curvas horizontales	101
XVIII. Resumen de cálculo de curvas verticales	102
XIX. Diseño hidráulico del drenaje sanitario	107

LISTA DE ABREVIATURAS

Símbolo	Significado
AASHTOO	Asociación Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transportes
Az	Azimut
BM	Banco de Marca
C	Coeficiente de escorrentía
cm	Centímetro
D.H.	Distancia horizontal
D.G.C	Dirección General de Caminos
E.P.S.	Ejercicio Profesional Supervisado
Fqm	Factor de caudal medio
f'c	Resistencia máxima del concreto
G	Grado de curva
H	Altura
hab.	Habitantes
Hpv	Altura de pozos de visita
I	Intensidad de lluvia
INE	Instituto Nacional de Estadística
K	Constante de velocidad de diseño
Kg.	Kilogramos
Km.	Kilómetros
km/h	Kilómetros por hora
L	Longitud
LCV	Longitud de curva vertical
Lts.	Litros

L/s	Litros por segundo
Lts/hab/día	Litros por habitante por día (dotación)
m	Metros
Mm.	Milímetros
m/s	Metros por segundo
P	Población
PCA	Portland Cement Association
PC	Principio de curva
Pf	Población futura
PI	Punto de intersección horizontal
PIV	Punto de intersección vertical
Po	Población actual
Psi	Libras por pulgada cuadrada (lbs/pulg ²)
PT	Principio de tangente
PV	Pozo de visita
PVC	Cloruro de polivinilo
q	Caudal de diseño a sección parcialmente llena
Q	Caudal a sección llena
r	Tasa de crecimiento poblacional
R	Radio
S	Pendiente del terreno
Seg.	Segundos
SNM	Sobre el nivel del mar
φ	Diámetro
%	Porcentaje
Δ	Ángulo de deflexión entre dos rectas
γ	Peso específico

GLOSARIO

Aguas negras	En general, se llama así, a las aguas de desechos provenientes de usos domésticos e industriales.
Carretera	Es toda vía pública abierta a la circulación de vehículos, peatones y demás usuarios, cuyo tránsito es permanente.
Colector	Tubería, generalmente de servicio público, que recibe y conduce las aguas indeseables de la población al lugar de descarga.
Concreto	Es un material pétreo, artificial, obtenido de la mezcla, en proporciones determinadas, de cemento, arena, pedrín y agua.
Conexión domiciliar	Tubería que conduce las aguas negras, desde el interior de la vivienda hasta el frente.
Compactación	Acción de hacer alcanzar a un material una textura apretada o maciza.
Cota de terreno	Número en los planos topográficos, indica la altura de un punto sobre un plano de referencia.

Cuneta	Son zanjas laterales paralelas al eje de la carretera, y su función es evacuar las aguas que caen sobre la superficie de la carretera, taludes y áreas adyacentes.
Densidad	Relación entre la masa y el volumen de un cuerpo.
Descarga	Lugar donde se vierten las aguas negras provenientes de un colector, las que pueden estar crudas o tratadas.
Dotación	Estimación de la cantidad de agua que en promedio consume cada habitante por día.
Edil	Magistrado a cuyo cargo estaban las obras públicas de reparo, ornato y limpieza de casas y calles de una ciudad.
Estación	Cada uno de los puntos en el que se coloca el instrumento topográfico, en cualquier operación de levantamiento planimétrico o de nivelación.
Línea central	Es el punto de referencia de donde van a partir todos los anchos o componentes de la carretera.
Polución	Contaminación intensa y dañina del agua o del aire, producida por los residuos de procesos industriales o biológicos.

Pozo de visita	Es una obra accesoria de un sistema de alcantarillado que permite el acceso al colector y cuya finalidad es facilitar el mantenimiento del sistema para que funcione eficientemente.
Plasticidad	Es la propiedad que presentan los suelos de poder deformarse hasta cierto límite.
Rasante	Es la línea que se obtiene al proyectar sobre un plano vertical, el desarrollo de la corona en la parte superior del pavimento.
Sub-rasante	Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y se extiende a una profundidad en la que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto y que, una vez compactada y afinada, tiene las secciones y pendientes especificadas en el diseño.
Talud	Son planos inclinados de la terracería que pertenecen a la sección típica que delimitan los volúmenes de corte y relleno; están comprendidos entre la cuneta y el terreno original.
Tirante	Altura de las aguas negras o pluviales dentro de una alcantarilla.

Topografía

Ciencia y arte de determinar posiciones relativas de puntos situados encima de la superficie terrestre, sobre dicha superficie y debajo de la misma.

RESUMEN

A través del Ejercicio Profesional Supervisado, se atendieron las necesidades del municipio de San Juan Comalapa, departamento de Chimaltenango, en materia de infraestructura; entre las que se encontraban: vías de comunicación y tratamiento de aguas residuales.

A través del conocimiento de cuáles eran las necesidades del municipio, se procedió a estudiar qué comunidades eran las prioritarias en ese momento para las autoridades ediles y se definieron los proyectos que consistieron en el diseño de pavimento rígido del camino que conduce a la aldea Pamumus y el diseño de alcantarillado sanitario para el barrio Paxot la Cumbre.

En el diseño del pavimento rígido, se utilizó el sistema de medición topográfica como la planimetría y altimetría, para definirse una longitud de 2,100 m. de largo y un ancho promedio de 5.5 m., para luego proceder al muestreo de la sub-rasante y así conocer las propiedades del suelo por medio de los ensayos de laboratorio y diseñar el pavimento rígido; para el diseño se utilizó el método simplificado de la PCA llegando a proponer una ligera estabilización del suelo de 10 cm. de base con un espesor de losa de 17 centímetros, cunetas y un bombeo pluvial del 2%.

En el barrio Paxot la Cumbre, previo a realizar el drenaje sanitario, se estudió dónde se debía descargar el agua residual y cuál tendría que ser el tratamiento de dichas aguas; teniendo definidos los parámetros anteriormente mencionados se procedió a los trabajos previos al diseño; planimetría y altimetría, definiéndose una longitud de 3,330 m., posteriormente se tomaron parámetros de diseño como: período de diseño, tasa de crecimiento de la población, la dotación de agua potable que percibe la población, la cantidad de habitantes por vivienda, número de viviendas. Finalmente, se propuso un sistema de tubería PVC ASTM F-949 y pozos de visita hechos de ladrillo; se tiene la certeza que con éstos proyectos la población continúe con su proceso de desarrollo y mejore su calidad de vida.

OBJETIVOS

• General

Diseñar el pavimento rígido de un camino que conduce del municipio a la aldea Pamumus y el Drenaje Sanitario para el barrio Paxot la Cumbre, proyectos ubicados en el municipio de San Juan Comalapa, Chimaltenango.

• Específicos

1. Desarrollar un diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura existentes en el municipio de San Juan Comalapa, Chimaltenango.
2. Contribuir, por medio del diseño de proyectos de infraestructura, al desarrollo y crecimiento del municipio de San Juan Comalapa, Chimaltenango.

INTRODUCCIÓN

El municipio de San Juan Comalapa departamento de Chimaltenango se ha caracterizado en los últimos años, por el aumento de la población de sus alrededores. Actualmente, hay un camino que es transitado por muchas personas, el cual conduce de la aldea Pamumus a la cabecera de dicho municipio, además de comunicar a otras aldeas; en donde circulan vehículos de transporte liviano, mediano y pesado. El camino que es de terracería, se encuentra completamente deteriorado a causa del invierno, presentando baches que hacen dificultosa la circulación de vehículos, afectando a los vecinos del lugar al moverse, actualmente recibe mantenimiento, pero no garantiza su durabilidad.

En los últimos años, los seres humanos se han visto en la necesidad de crear conciencia acerca del cuidado de los recursos naturales de la tierra, juegan un papel importante los métodos y sistemas adecuados para la evacuación de los desechos provenientes de viviendas, comercios e industrias, evitando de éste modo el daño al medio ambiente, ya que es de beneficio a los habitantes de las poblaciones a servir y para las circunvecinas. Por medio de los principios que dicta la Ingeniería Sanitaria, respecto a la evacuación de desechos, se han ensayado varios métodos para llevar a cabo su eliminación en poblaciones; demostrando que el agua puede ser utilizada como medio de transporte de dichos desechos, siendo este método más ventajoso, exceptuándolo en casos particulares.

Por lo anteriormente mencionado, se determinó la necesidad de diseñar el pavimento rígido para el camino que conduce a la aldea Pamumus e implementar un sistema de drenaje sanitario en el barrio Paxot la Cumbre, con la intención de mejorar las condiciones de vida y saneamiento de los habitantes del lugar y, así, eliminar los malos olores, aguas negras a flor de tierra, enfermedades, contaminación, etc. y contribuir, también, con el medio ambiente.

1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN COMALAPA, CHIMALTENANGO

1.1 Reseña histórica

Tras la independencia se decreta la Constitución Política de la República de Guatemala el 11 de octubre de 1825 y en ella se organiza el territorio en once distritos y varios circuitos. En el Distrito Octavo correspondiente a Sacatepéquez, aparece San Juan Comalapa como cabecera de distrito.

Posteriormente, al ser creado el departamento de Chimaltenango, por Decreto de la Asamblea Constituyente de 12 de septiembre de 1839; el municipio de San Juan Comalapa entra a formar parte de dicho departamento, al cual pertenece hasta la fecha.

Por ser cuna de grandes artistas, entre los que destacan Rafael Álvarez Ovalle, autor de la música del Himno Nacional y el pintor Andrés Curruchiche; a San Juan Comalapa se la denomina "*Florecia de América*".

1.2 Nombre del municipio

El nombre del municipio de San Juan Comalapa proviene de la expresión kaqchikel «*chi royal xot*» que significa «*junto a la fuente de los comales*» o «*junto a la fuente de los discos de barro*».

Tras la conquista, los indígenas nahuatlés que acompañaban a los conquistadores lo llamaron de acuerdo a su propia lengua. Así comenzó a llamarse «*Comalapa*» de «*comal*», plato de barro, y «*apa*», lugar, o sea «lugar de los comales» o «lugar de los platos de barro».

En la época colonial, los indígenas se concentraron en comunidades a donde llegaron catequistas y sacerdotes católicos a propagar su religión. Éstos pusieron al pueblo bajo la protección de San Juan Bautista y por eso se designó definitivamente como San Juan Comalapa.

1.3 Festividades

Su fiesta titular es el 24 de junio en honor al patrono San Juan Bautista.

Tabla I. Fiestas patronales de las aldeas

ALDEA	PATRONO/A	FIESTA
Agua Caliente	Virgen de Lourdes	11 de febrero
Xiquín Sanahí	Virgen de Lourdes	11 de febrero
Paraxaj	San Isidro El Labrador	15 de mayo
Simajhuleu	San Juan Bautista	24 de junio
Pamumus	Virgen de Candelaria	02 de febrero
Palima	Cristo Negro de Esquipulas	15 de enero
Chichalí	Cristo Rey	Variable
Pavit	Virgen del Carmen	16 de julio
Paquixic	Santísimo Nombre de Jesús	02 de enero
Patzaj	Sagrado Corazón	Variable
Quisayá	Inmaculada Concepción	08 de diciembre

Continuación

ALDEA	PATRONO/A	FIESTA
Panicuy	Inmaculada Concepción	08 de diciembre
Panabajal	María Auxiliadora	24 de mayo
Pachitur	San Antonio de Papua	13 de junio
Xenimaquín	Inmaculada Concepción	08 de diciembre
Panimacac	Virgen de Candelaria	02 de febrero
Cojol Juyú	Virgen de Candelaria	02 de febrero

En las comunidades rurales se celebra con mucho auge y fervor cívico la conmemoración de las festividades patrias con actividades cívicas, culturales y recreativas; sobresaliendo las caravanas de antorchas el día 14 de septiembre, el desfile y/o caminata el día 15. En ésta última fecha la comunidad se congrega en las escuelas para compartir un día muy especial con tintes de feria local.

1.4 Ubicación y localización

San Juan Comalapa se encuentra situado en la parte central del departamento de Chimaltenango, en la región V o Región central. Se localiza en la latitud 14°44'24"; longitud 90°53'15". Limita al norte con los municipios de San José Poaquil y San Martín Jilotepeque; al sur con los municipios de Zaragoza, Santa Cruz Balanyá y Chimaltenango; al este con San Martín Jilotepeque y al oeste con Tecpán, Santa Apolonia y Santa Cruz Balanyá, todos municipios de Chimaltenango.

Su extensión territorial es de 76 km² y se encuentra a una altura de 2,115m sobre el nivel del mar, por lo que generalmente su clima es frío.

Se encuentra a una distancia de 32km de la cabecera departamental de Chimaltenango y está formado por un pueblo, 7 aldeas, 25 caseríos y un paraje.

El caserío Paxot La Cumbre, se encuentra dentro del casco urbano de San Juan Comalapa, cuenta con una vía de acceso a través de calles adoquinadas y pavimentadas, sus calles aún no están pavimentadas, cuentan con servicio de agua se potable; cerca de la comunidad se encuentra el centro recreativo Las Delicias.

La aldea Pamumus está ubicado dentro del área central de San Juan Comalapa, a 10 km. de la cabecera municipal, el acceso a la misma es a través de una camino de terracería y todas sus calles no están adoquinadas.

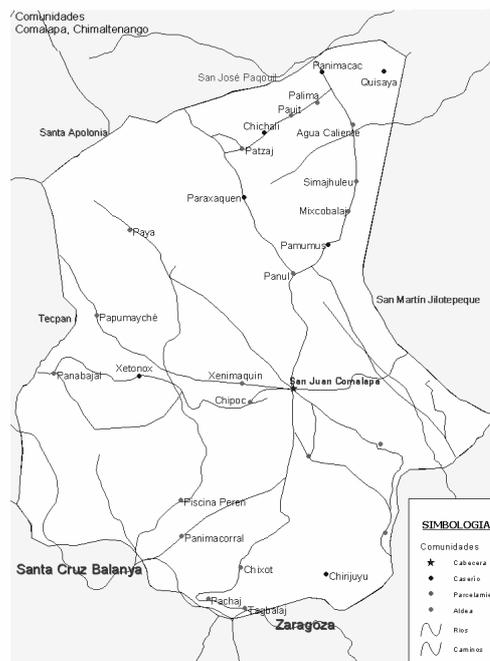
Figura 1. Ubicación del departamento de Chimaltenango en el mapa de la República de Guatemala



Figura 2. Ubicación del municipio de San Juan Comalapa, en el departamento de Chimaltenango



Figura 3. Mapa del municipio de San Juan Comalapa



1.5 Clima

San Juan Comalapa posee un clima templado, en diciembre y enero la temperatura baja a dos grados centígrados y en abril sube a 27 grados centígrados; en la actualidad existen dos estaciones meteorológicas cercanas a este municipio, estas se encuentran situadas en los municipios de Santa Cruz Balanyá y San Martín Jilotepeque, ambos del departamento de Chimaltenango.

1.6 Población

Actualmente Comalapa cuenta con 39,484 habitantes (aproximadamente).

El crecimiento desmedido de la población, es una de las mayores preocupaciones de las diferentes actividades, tomando en consideración que hay un desequilibrio entre la economía familiar como también en las limitantes de los servicios básicos y la falta de fuentes de empleo, especialmente en el área rural.

Según el censo poblacional, elaborado por el Instituto Nacional de Estadística -INE-, se observa que San Juan Comalapa es el quinto municipio más poblado del departamento de Chimaltenango; como se muestra en la tabla II.

Tabla II. Población de San Juan Comalapa, censados al 24/11/2002, según el Instituto Nacional de Estadística.

No.	MUNICIPIO	POBLACIÓN	VIVIENDAS
1	Chimaltenango	74,077	15,077
2	San José Poaquil	19,982	4,223

Continuación

No.	MUNICIPIO	POBLACIÓN	VIVIENDAS
3	San Martín Jilotepeque	59,578	12,214
4	Comalapa	35,441	7,858
5	Santa Apolonia	11,859	2,105
6	Tecpán Guatemala	59,859	11,447
7	Patzún	42,326	8,508
8	Pochuta	9,842	2,165
9	Patricia	23,401	5,079

Los siguientes datos fueron proporcionados por el Centro de Salud de San Juan Comalapa, aunque no coincidan plenamente con los del INE son absolutamente fiables debido a que están extraídos de la visita diaria a las comunidades, los cuales han sido tabulados en la Tabla III.

Tabla III. Población del municipio de San Juan Comalapa, por comunidades, datos proporcionados por el Centro de Salud.

Categoría	Nombre	No. Habitantes
Pueblo (Cabecera municipal)	San Juan Comalapa	20,047
Caserío	Chuacaña	97
Caserío	Chuaquixali	107
Caserío	Chuasij	896
Caserío	Manzanillo	788
Colonia	Las Victorias	620
Caserío	Las Tomas	421
Caserío	Paxan	383
Caserío	Paxot	258

Continuación

Categoría	Nombre	No. Habitantes
Barrio	Tzanjuyú	368
Colonia	San Juan	201
Caserío	Xetuneyché	236
Caserío	Agua Caliente	931
Caserío	Chichali	329
Caserío	Chirijuyú	149
Caserío	Chimiya	124
Parcelamiento	Cojoljuyu	886
Aldea	Pachitur	253
Caserío	San Juan Palima	449
Caserío	Pamumus	753
Aldea	Panabajal	3,509
Caserío	Panicuy	149
Caserío	Panimacac	230
Aldea	Paquixic	1,066
Aldea	Paraxaj	470
Caserío	Paraxaquen	69
Aldea	Patzaj	982
Caserío	Pavit	413
Caserío	Payá	274
Caserío	Quisaya	364
Aldea	Simajhuleu	1,986
Aldea	Xenimaquin	513
Caserío	Xetonox	512
Aldea	Xiquin Sanahi	651

1.7 Educación

Tabla IV. Establecimientos educativos a cargo del Mineduc

Lugar	Pain	Párvulos	Preprimaria Bilingüe	Primaria	Básico	Diversificado
Agua Caliente				X		
Xiquin Sanahí			X	X	X	
Simajhuleu			X	X	X	
Panimacac			X	X		
Patzaj	x	x	X	X	X	
Pavit			X	X		
Quisayá			X	X		
Xenimaquin			X	X		
Pachitur			X	X		
Panabajal		x	X	X	x	
Payá	x		X	X		
Pamumus			X	X		
Cantonal			X	X		
Chichalí			X	X		
Palima			X	X		
Xetonox			X	X		
Cojol Juyú	x	x		X		
Paquixic				X		
Paraxaj				X		
Panicuy				X		
Panimab'ey				X		

Continuación

Lugar	Pain	Párvulos	Preprimaria Bilingüe	Primaria	Básico	Diversificado
Las Tomas		X		X		
Comalapa		x		X	x	x

Además de éstos centros educativos, en Paraxaquen funciona una escuela del Programa Nacional de Autogestión Educativa -PRONADE- a la que asisten aproximadamente 35 alumnos.

Población Escolar: número de estudiantes matriculados en establecimientos a cargo del Mineduc.

Continuación

CICLO	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
Pain	92	96	188
Párvulos	105	130	235
Preprimaria Bilingüe	202	192	394
Primaria	2,891	2,651	5,542
Básico	608	509	1,117
Diversificado	101	76	177
TOTAL	3,999 (52.25%)	3,654 (47.75%)	7,653

1.8 Actividades productivas

1.8.1 Producción agrícola

Se dedican al cultivo de maíz, fríjol, fresa, papa, haba, arveja china, brócoli, y a la siembra de flores como gladiolas, claveles, rosas y otras.

1.8.2 Producción pecuaria

Buena parte de su población se dedica a la cría de ganado bovino.

1.8.3 Producción artesanal

Sus habitantes se dedican a la elaboración de figuras de venados, chivos, trineos, estrellas, faroles, etc. Utilizando como materiales: hojas de mazorca, alambres, chiriviscos, barniz, fibras, piezas de madera entre otros. Además, promueven artistas en la rama de pintura y a la industria textil artesanal: monederos, güipiles, chalecos, chumpas, etc.

En porcentajes, las actividades se presentan así: agricultura 60%, artesanía 20%, comercio 20%.

1.9 Vías de acceso

El municipio de San Juan Comalapa se localiza a 81 Km. de la ciudad capital por la CA-1 carretera interamericana, siendo 51 Km. de autopista con pavimento de asfalto, hasta llegar al departamento de Chimaltenango. Del departamento de Chimaltenango al municipio de San Juan Comalapa hay 30 km., por la carretera interamericana con pavimento de asfalto de dos carriles. El municipio de San Juan Comalapa cuenta con un 90% de sus calles adoquinadas y pavimentadas.

2. DISEÑO DE LA PAVIMENTACIÓN RÍGIDA PARA EL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA PAMUMUS

2.1 Descripción y especificaciones técnicas del camino

En el presente capítulo se desarrollará el proyecto de pavimentación rígida para el camino que conduce a la aldea Pamumus, municipio de San Juan Comalapa departamento de Chimaltenango, en lo referente a los aspectos relacionados con pavimentos, se describirán las propiedades del suelo y el método de diseño de espesor de losa, para pavimento rígido y una explicación de pavimento flexible.

2.2 Documentación bibliográfica

2.2.1 Definición de pavimento

Es una estructura cuya función fundamental es distribuir suficientemente, las cargas concentradas de las ruedas de los vehículos, de manera que el suelo subyacente pueda soportarlas sin falla o deformación excesiva. Las condiciones que debe reunir un pavimento son una superficie lisa, no resbaladiza, que resista la intemperie y finalmente debe proteger al suelo de la pérdida de sus propiedades, por efecto del sol, las lluvias y el frío.

2.2.2 Tipos de pavimentos

Atendiendo a la forma de cómo se distribuyen las cargas sobre la subrasante, se definen dos tipos de pavimento; los pavimentos rígidos, que están formados por losas de concreto, los que debido a su consistencia y alto módulo de elasticidad, utilizan la acción de viga para distribuir la carga en un área de suelo relativamente grande. En este tipo de pavimento, la mayor parte de capacidad estructural es proporcionada por la losa de concreto. Además existen los pavimentos flexibles, los que están constituidos por asfaltos, en los cuales la carpeta de rodadura produce una mínima distribución de cargas, las cuales se distribuyen por el contacto de partícula a partícula, en todo el espesor del pavimento.

Además de esta clasificación, existe el pavimento de adoquín, por la forma de cómo se distribuyen las cargas en las capas inferiores a la superficie de rodadura, se le considera un pavimento semiflexible.

2.2.3 Elementos estructurales de pavimentos

Sub-rasante

Es la capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad, en que no le afecte la carga de diseño que corresponde a la estructura prevista.

Los materiales que forman la sub-rasante deberán cumplir con ciertos requisitos para producir un pavimento de buena calidad; dichos requisitos dependen de las propiedades de los materiales que se determinan por ensayos debidamente normalizados, por la *American Society for Testing Materials A.S.T.M.* y por la *American Association of State Highways Officials A.A.S.H.O.*

Los siguientes requisitos deben cumplirse en una profundidad de al menos cincuenta centímetros para calles y carreteras.

Tabla V. Propiedades y requisitos ideales para suelo ensayado

PROPIEDAD	REQUISITO
Tamaño máximo de partícula	7.5 cm.
Límite líquido	Mayor del 50%
C.B.R.	5% Mínimo
Expansión	5% Máximo
Compactación	95% Mínimo

Los suelos que no cumplan con éstas condiciones, deberán ser sustituidos por un material adecuado o bien ser estabilizados.

Sub-base

Es la primera capa del pavimento y está constituida por una capa de material selecto o estabilizado, de un espesor compactado, según las condiciones y características de los suelos existentes en la sub-rasante, pero en ningún caso menor de 10 centímetros ni mayor de 70 centímetros. Las principales funciones de la sub-base son:

- a) Transmitir y distribuir las cargas provenientes de la base.
- b) Servir de material de transición entre la terracería y la base, así también como elemento aislador; previniendo la contaminación de la base, cuando la terracería contenga materiales muy plásticos.

- c) Romper la capilaridad de la terracería y drenar el agua proveniente de la base, hacia las cunetas. Es importante que la sub-base y la base en su sección transversal, sean interceptadas por las cunetas, para que éstas drenen fácilmente el agua que aquellas eliminan.

Requisitos de la sub-base

La capa de sub-base, debe estar constituida por suelos de tipo granular en su estado natural o mezclados, que formen y produzcan un material que llene los siguientes requisitos:

- a) **Valor soporte:** El material debe tener un C.B.R., AASHTO T-193, mínimo de 30, efectuado sobre una muestra saturada a 95% de compactación, AASHTO T-180, o bien un valor AASHTO T-90 mayor de 50.
- b) **Piedras grandes y exceso de finos:** El tamaño máximo de las piedras que contengan material de sub-base, no debe exceder de 7 centímetros, el material de sub-base no debe tener más del 50% en peso de partículas, que pasen el tamiz No 200 (0.075 mm.).
- c) **Plasticidad y cohesión:** Debe tener las características siguientes: la porción que pasa el tamiz No. 40 (0.425 Mm.), no debe tener un índice de plasticidad AASHTO T-90, mayor de 6. En el 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 ocho.

Sub-base estabilizada

Es la capa de sub-base preparada y construida, aplicando la técnica de la estabilización de suelos, para mejorar sus características de fricción interna y cohesión, por medio del uso de materiales o productos estabilizadores.

Los suelos a estabilizar pueden ser los existentes en la sub-rasante previamente preparada y reacondicionada, suelos seleccionados de bancos de material, ya sea en su estado natural, mezclando varios de ellos, o en combinación con los suelos de la sub-rasante. Los suelos a estabilizar no deben de contener piedras mayores de cinco centímetros, materias vegetales, basura, terrones de arcilla o sustancias que incorporadas en la sub-base estabilizada puedan perjudicar la estructura del pavimento.

Dentro de los materiales estabilizadores se puede encontrar: la cal hidratada, lechada de cal, granza de cal, cal viva, cemento Pórtland y materiales bituminosos, aunque pueden establecerse disposiciones especiales, otros productos estabilizadores como: el uso del cloruro de calcio y sodio.

Base

Es la capa de material selecto que se coloca encima de la sub-base o sub-rasante, donde el espesor debe estar entre 35 centímetros máximo y 10 centímetros mínimo, dentro de sus principales funciones y características están las siguientes:

- a) Transmitir y distribuir las cargas provenientes de la superficie de rodadura.
- b) Servir de material de transición entre la sub-base y la carpeta de rodadura.
- c) Drenar el agua que se filtre a través de las carpetas y hombros, hacia las cunetas.
- d) Ser resistente a los cambios de temperatura, humedad y desintegración por abrasión producidas por el tránsito.

La base se encuentra conformada por materiales granulares como: piedra triturada, arenas, grava o suelos estabilizados.

Los materiales empleados para la construcción de bases de pavimentos de carreteras deben llenar los siguientes requisitos:

- a) Tener un C.B.R de 90% a una compactación mínima del 95%.
- b) El agregado retenido en la malla número 4 no debe tener un desgaste mayor del 50%.
- c) Tener un límite líquido menor de 25 y un índice de plasticidad menor de 6.

La compactación de la base deberá ser minuciosamente atendida, pues se puede correr el riesgo de fallas en la carretera por una compactación inadecuada de la base y sobre todo cuando se emplean materiales difíciles de compactar.

La obtención del material de base, se lleva a cabo generalmente de la grava de río o de antiguos depósitos de gravas de río, que pueden triturarse para llenar las especificaciones.

Cuando el material mencionado no puede encontrarse dentro de los límites económicos, entonces se recurre a usar roca sólida, para lo cual es necesario abrir una cantera, triturar el material y generalmente añadir un material de relleno apropiado para satisfacer los requisitos de graduación.

Superficie de rodadura

Es la capa donde se aplican directamente las cargas del tránsito; se coloca encima de la base y está formada por una mezcla bituminosa, si el pavimento es flexible; por una losa de concreto de cemento Pórtland, si es pavimento rígido o por adoquines, si es un pavimento semiflexible.

Esta capa protege a las capas inferiores de los efectos del sol, las lluvias y las heladas, además resiste con un desgaste mínimo, los esfuerzos producidos por el tránsito.

2.2.4 Pavimentos flexibles

Los materiales bituminosos empleados en la construcción de pavimentos, son el asfalto y el alquitrán. En estos pavimentos las cargas del tránsito se distribuyen a través de las diferentes capas, en tal forma que los esfuerzos en el suelo de la sub-rasante sean los mínimos aceptables. A continuación se definen los distintos materiales bituminosos que se emplean en la construcción y mantenimiento de pavimentos flexibles.

Asfaltos

Los asfaltos se obtienen de la destilación del petróleo crudo, la destilación puede hacerse por vapor y por aire.

La destilación por vapor da excelentes asfaltos para pavimentos, mientras que la destilación por aire da asfaltos oxidados.

Los principales asfaltos empleados en la construcción o mantenimiento de carreteras son los siguientes:

Asfaltos líquidos de fraguado lento (S.C.) o Road Oils

Estos son aceites residuales asfálticos con poco o ningún elemento volátil; pueden ser fabricados de la mezcla de un cemento asfáltico con un aceite residual, variando sus propiedades desde un material de características ligantes pobres, hasta un material viscoso de excelentes características. Para su uso en

trabajos de carretera, éstos asfaltos deben de llenar las especificaciones dadas por el Instituto de Asfalto de los Estados Unidos de Norte América.

Asfaltos líquidos de fraguado medio (M.C.)

Estos se obtienen de la mezcla de un cemento asfáltico con un producto altamente volátil, en este caso con kerosina. Estos tipos de asfaltos se trabajan fácilmente a bajas temperaturas, evaporándose el volátil al ser expuestos al aire o al calor. Para su fabricación se emplean cementos asfálticos de mayor penetración que en los de fraguado lento y para utilizarlos en las carreteras deben llenar las especificaciones dadas por el Instituto de Asfalto.

2.2.5 Pavimentos rígidos

Los factores que afectan al espesor de un pavimento rígido, son principalmente el nivel de carga que ha de soportar, (tipo de vehículos y número), el módulo de reacción del suelo de apoyo y las propiedades mecánicas del concreto.

Los pavimentos rígidos están constituidos generalmente por las dos capas siguientes:

Base

Es una capa relativamente delgada de materiales seleccionados o especificados de un espesor prescrito, colocado entre la sub-rasante y el pavimento rígido para los propósitos de mejorar el drenaje, reducir los daños por las heladas, prevenir el bombeo del pavimento o controlar la humedad del suelo para sub-rasante de altos cambios volumétricos.

Losa

Es una capa de concreto hidráulico, la cual constituye el elemento fundamental del pavimento. Por naturaleza del concreto hidráulico es necesario interrumpir la continuidad del pavimento por medio de juntas, cuyo espaciamiento es un punto muy importante para el diseño de los pavimentos rígidos. Las juntas sirven para disminuir los esfuerzos provocados por la dilatación y contracción de la losa.

2.3 Ensayos de laboratorio de suelos

2.3.1 Ensayo de granulometría

El conocimiento de la composición granulométrica de un suelo grueso, sirve para discernir sobre la influencia que puede tener en la densidad del material compactado.

El análisis granulométrico, se refiere a la determinación de la cantidad en porcentaje de diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo.

Conocidas las composiciones granulométricas del material, se le representa gráficamente. Según los resultados obtenidos en el laboratorio, el suelo posee un 88.23% de arena, 2.95% de grava y 8.82% de finos. El suelo se clasifica como: **arena limo arcillosa color café**.

2.3.2 Límites de Atterberg

2.3.2.1 Límite líquido

Es el contenido de humedad expresado en porcentaje, respecto del peso seco de la muestra con el cual el suelo cambia del estado líquido, al estado plástico. El método que actualmente se utiliza para determinar el límite líquido, es el que ideó Casagrande. El límite líquido debe determinarse, con muestras del suelo que hayan cruzado la malla número 40, si el espécimen es arcilloso, es preciso que nunca haya sido secado a humedades menores que su límite plástico.

2.3.2.2 Límite plástico

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje de su peso secado al horno, que tiene el material cuando permite su arrollamiento en tiras de 1/8 de pulgada sin romperse. Según los ensayos de laboratorio el suelo es medianamente plástico.

2.3.2.3 Índice plástico

Representa la variación de humedad que puede tener un suelo, que se conserva en estado plástico. Tanto el límite líquido, como el límite plástico, dependen de la calidad y del tipo de arcilla; sin embargo, el índice de plasticidad, depende generalmente, de la cantidad de arcilla del suelo.

Según Atterberg:

Índice plástico = 0 entonces, suelo no plástico;

Índice plástico = 7 entonces, suelo tiene baja plasticidad
 $7 \leq \text{I.P.} \leq 17$ suelo medianamente plástico

Dado que el índice plástico, es de 8.5 según el laboratorio, el suelo se encuentra clasificado como medianamente plástico.

2.3.3 Ensayo de compactación o Proctor modificado

La prueba de Proctor Modificado, según la norma A.A.S.T.H.O. T-180, se refiere a la determinación del peso por unidad de volumen, de un suelo que ha sido compactado por un procedimiento definido, para diferentes contenidos de humedad.

Los resultados indican que posee un densidad seca máxima de 1,463 Kg/m³, humedad óptima de 25.7%. La humedad que contenga el suelo, representa la cantidad de agua necesaria para que el suelo pueda alcanzar el grado máximo de resistencia y acomodo de sus partículas.

2.3.4 Ensayo de valor soporte (C.B.R.)

El ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.), se expresa como un porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón en el suelo que se ensaya, en relación con el esfuerzo requerido para hacer penetrar el mismo pistón hasta la misma profundidad de una muestra, patrón de piedra triturada bien graduada.

Para determinar el C.B.R. se toma como material de comparación o patrón piedra triturada bien graduada, que tiene un C.B.R. igual al 100%.

Los resultados de laboratorio demuestran que la sub-rasante tiene un valor soporte del 78.5%, clasificando al suelo de no apto para base con una estabilización mínima.

2.3.5 Análisis de resultados

Los resultados obtenidos de los ensayos realizados a la muestra representativa, así como las gráficas, pueden observarse en los anexos. De estos resultados dependen los espesores de las diferentes capas que conforman el pavimento.

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

Clasificación P.R.A. = A – 3

Descripción del suelo = Arena limo arcillosa color café

Límite líquido = 40.6 %

Índice plástico = 8.5 %

Peso unitario seco máximo = 91.3 lbs / pie³

Humedad óptima = 25.7 %

C.B.R. = al 78.5 % de compactación de 6.4%

2.4 Diseño de pavimento rígido

2.4.1 Trabajos previos al dimensionamiento de un pavimento

Inicialmente se hizo el levantamiento topográfico en el tramo que se tiene planificado pavimentar, se utilizó el método de poligonal abierta y radiaciones. La poligonal fue nivelada con estaciones de múltiplos de 20 metros.

Seguidamente, se dibujaron los niveles de línea central, una vez trazado el perfil longitudinal, se procedió al diseño de la rasante final, tomando en consideración las especificaciones y criterios de diseño.

2.4.2 Topografía

La planimetría y altimetría son fundamentales en todo proyecto de ingeniería civil, tales como: proyectos viales, abastecimientos de agua potable, drenajes, construcción, etc. El fin de esto, es obtener libretas de campo, que posteriormente reflejaran las condiciones topográficas del lugar, donde se ejecutará el proyecto.

2.4.2.1 Planimetría

Conjunto de trabajos, para la obtención de todos los datos, necesarios para representar gráficamente la superficie de la tierra y que toma un punto de referencia para su orientación, el norte magnético o astronómico. El método planimétrico utilizado en el tramo a pavimentar, fue la de poligonal abierta y radiaciones para el ploteo de puntos que sirvieran de referencia para el trazo del ancho del camino.

2.4.2.2 Altimetría

Son los trabajos necesarios para representar sobre el plano horizontal la tercera dimensión sobre el terreno, definiendo las diferencias de nivel existentes, entre puntos de un terreno o construcción, para ello es necesario medir distancias verticales ya sea directa o indirectamente, a todo este procedimiento se le llama nivelación.

2.4.3 Teoría de diseño de pavimentos rígidos

Para el diseño del pavimento, ya sea flexible o rígido, conviene tomar en cuenta la mejor opción. Para ésto es necesario conocer las ventajas que cada uno ofrece dependiendo del tránsito, condición del suelo, mantenimiento y costo.

Entre los pavimentos comunes en el lugar está el pavimento de adoquín, rígido y flexible. Para escoger una de las tres opciones se consideró la alternativa más propicia al lugar. Los aspectos a considerar son:

- El tránsito en el lugar
- Lo que representa el lugar a pavimentar
- Si hay viviendas en el lugar a pavimentar

2.4.4 Diseño de pavimento rígido, método simplificado PCA

Para el diseño del pavimento rígido se utilizó el método simplificado de la PCA, en donde se ha elaborado tablas basadas en distribuciones de carga–eje para diferentes categorías de calles y carreteras. Estas tablas están formuladas para un período de diseño de 20 años y contemplan un factor de seguridad de carga. Este factor es de 1, 1.1, 1.2 y 1.3 para las categorías 1, 2, 3 y 4, respectivamente.

Para determinar el espesor de la losa es necesario conocer los esfuerzos combinados de la sub-rasante y la base, ya que mejoran la estructura del pavimento.

Valores aproximados del módulo de reacción K, cuando se usan bases granulares y bases de suelo–cemento, se muestran en las tablas siguientes.

Etapas o pasos del método simplificado:

- Estimar TPDC (tránsito promedio diario de camiones) en dos direcciones, excluyendo camiones de dos ejes y cuatro llantas
- Seleccionar la categoría de carga–eje, según su tabla correspondiente
- Encontrar el espesor de losa en la tabla apropiada

Tras conocer el CBR de la sub-rasante se busca su correspondiente módulo de reacción K en la tabla correspondiente. Luego se determinará el espesor de base de acuerdo al tipo de suelo y el módulo de ruptura del concreto, que es el 15% f'c. Con la información anterior y conociendo el tipo de junta a utilizar, se localiza el espesor de la losa en la tabla correspondiente.

a) Tránsito

El principal factor en la determinación del espesor de un pavimento es el tránsito que pasará sobre éste. Por eso es necesario conocer datos como:

- TPD: tránsito promedio diario en ambas direcciones de todos los vehículos
- TPDC: tránsito promedio diario de camiones en ambas direcciones, carga por eje de camiones

El TPDC puede ser expresado como un porcentaje de TPD o como un valor aparte. El dato del TPD se obtiene de contadores especiales de tránsito o por cualquier otro método de conteo.

Las tablas del método simplificado están especificadas para un período de diseño de 20 años con su respectivo tránsito promedio de camiones en ambas direcciones. Si el período de diseño fuera diferente de 20 años se multiplica el TPDC por un factor adecuado. Por ejemplo, si fueran 25 años, entonces se multiplica por 25/30.

El TPDC sólo excluye camiones de seis llantas y unidades simples o combinaciones de tres ejes o más. Como no se incluyen paneles, pick – ups, o algún otro camión de dos ejes y cuatro llantas, el número permisible de camiones de todo tipo tiene que ser mayor que el TPDC tabulado para calles y carreteras secundarias.

b) Cálculo de espesor del pavimento

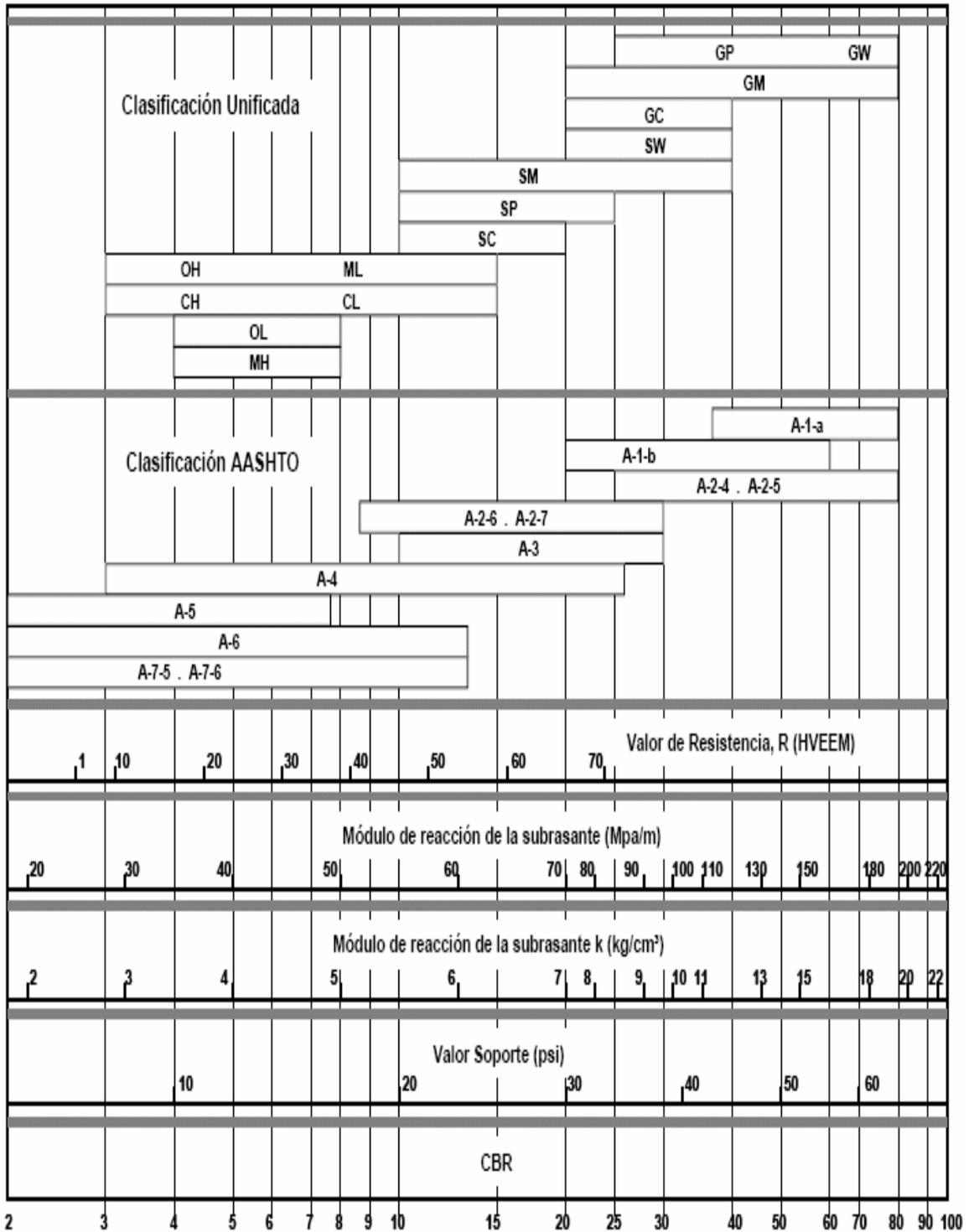
Para el cálculo del espesor del pavimento lo primero que se cálculo fue el tránsito promedio diario en ambas direcciones (TPD). Este dato se estableció tomando en cuenta lo que representa el lugar a diseñar, para el tramo a pavimentar se tomó como parámetro la entrada que actualmente se utiliza donde se consideraron 250 vehículos diarios para 20 años, de los cuales se tomó un porcentaje del 15% del TPDC en ambas direcciones. Según lo mencionado anteriormente, se clasifica en la categoría número 2 de la siguiente tabla.

Tabla VI. Clasificación de vehículos, según su categoría

Categoría	Descripción	Tráfico			Máxima carga por eje, KIPS	
		TPD	TPDC		Sencillo	Tandem
			%	Por día		
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio)	200 a 800	30	Arriba de 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras	700 a 5,000	5 a 18	de 40 a 1,000	26	44
3	Calles arteriales y carreteras primarias (medio) Supercarreteras o interestatales urbanas y rurales (bajo a medio)	3000 a 12,000 para 2 carriles 3,000 a 5,000 para 4 carriles o más	8 a 30	De 500 a 5,000	30	52
4	Calles arteriales, carreteras primarias, supercarreteras (altas), interestatales urbanas y rurales (medio alto)	3,000 a 20,000 para 2 carriles, 3,000 a 15,000 para 4 carriles o más	8 a 30	De 1,500 a 8,000	34	60

Una vez conocida la categoría a la que pertenece se encuentra el módulo de reacción K. Este valor se establece por medio del CBR del laboratorio, en éste caso, es de 6.4 %. Según la siguiente figura:

Figura 5. Determinación de la reacción K por medio del C.B.R.



En donde el módulo de reacción K es de 4.15 Kg / cm³, que es equivalente a 150 lbs / pulg³.

Identificado el módulo de reacción K, se clasifica la sub-rasante según la siguiente tabla.

Tabla VII. Tipos de suelos de sub-rasante y valores aproximados de K

Tipos de suelo	Soporte	Rango de valores de K Lbs / pulg³
Suelos de grano fino en el cual el tamaño de partículas de limo y arcilla predominan	Bajo	75 – 120
Arenas y mezclas de arenas con grava, con una cantidad considerable de limo y arcilla	<u>Medio</u>	130 – 170
Arenas y mezclas de arenas con grava, relativamente libre de finos	Alto	180 – 220
Sub-bases tratadas con cemento	Muy alto	250 – 400

Como el suelo de sub-rasante tiene un soporte medio, se asume un espesor de base de 10 cms. Se calcula el módulo de ruptura del concreto de junta a utilizar, se utilizan juntas de trave por agregados con bordillo integrado. Según el módulo de ruptura del concreto tomando un porcentaje de la resistencia a compresión, la cual es del 15% $f'c$; el $f'c$ del concreto tiene un valor de 4,000 psi y el módulo de ruptura será igual a:

$$\text{Módulo de ruptura} = 15\% \times f'c = 15\% \times 4,000 \text{Psi}$$

$$\text{Módulo de ruptura} = 600 \text{Psi}$$

Para encontrar el espesor del pavimento se necesita definir el tipo de junta a utilizar, se utilizan juntas de trave por agregados con bordillo integrado. Según la siguiente tabla, el espesor del pavimento es de 6.5”.

Tabla VIII. Pavimento con juntas con agregados de trave

MR	Espesor de la losa pulg.	Sin hombros de concreto o bordillo Soporte Subrasante - Subbase				Espesor de la losa pulg.	Con hombros de concreto o bordillo Soporte Subrasante - Subbase			
		Bajo	Medio	Alto	Muy alto		Bajo	Medio	Alto	Muy alto
650 PSI	5.5				5	5		3	9	42
	6		4	12	59	5.5	9	42	120	450
	6.5	9	43	120	490	6	96	380	700	970
	7	80	320	840	1200	6.5	650	1000	1400	2100
	7.5	490	1200	1500		7	1100	1900		
	8	1300	1900							
600 PSI	6				11	5			1	8
	6.5		8	24	100	5.5	1	8	23	98

Continuación

MR	Espesor de la losa pulg.	Sin hombros de concreto o bordillo Soporte Subrasante - Subbase				Espesor de la losa pulg.	Con hombros de concreto o bordillo Soporte Subrasante - Subbase			
		Bajo	Medio	Alto	Muy alto		Bajo	Medio	Alto	Muy alto
	7	15	70	190	750	6	19	84	220	810
	7.5	110	440	1100	2100	6.5	160	520	1400	2100
	8	590	1900			7	1000	1900		
	8.5	1900								
550 PSI	6.5			4	19	5.5			3	17
	7		11	34	50	6	3	14	41	160
	7.5	19	84	230	890	6.5	29	120	320	1100
	8	120	470	1200		7	210	770	1900	
	8.5	560	220			7.5	1100			
	9	2400								

Se busca en el lado derecho, por incluir bordillo, el diseño de losa. La subrasante tiene un carácter medio, al buscar en el sector correspondiente a un módulo de ruptura de 600 PSI, el cual es de 6.5 pulgadas, por facilidad de construcción se dejará de 17.00 cm. de espesor.

Las juntas transversales serán construidas a cada 2.75 metros y la junta cada 3.00 metros, la pendiente de bombeo será de 2%, así como se indica en los planos.

2.5 Drenajes menores en vías pavimentadas

2.5.1 Consideraciones de drenajes en vías pavimentadas

Los drenajes en carreteras son los que le dan mayor vida a ésta, ya que permiten que el agua de lluvia u otros cursos de agua fluyan sin causarle destrozos.

El drenaje, denominado también como obra de arte, puede clasificarse en:

- Transversal
- Longitudinal
- Subdrenaje

La profundidad mínima para instalar la tubería debe ser tal, que el espesor del relleno evite el daño a los conductos ocasionados por las cargas vivas y de impacto, debiendo respetar las profundidades mínimas establecidas. Esta profundidad se mide a partir de la superficie del suelo, hasta la parte superior del tubo, determinada de siguiente manera:

Tráfico normal = 1.00 metros

Tráfico pesado = 1.20 metros

2.5.1.1 Cunetas

Son zanjas que se hacen a ambos lados del camino, con el fin de conducir el agua que escurre desde la parte central de éste, o en todo el camino, en el caso que existan curvas. Cuando las cunetas pasan de corte a relleno se prolongan a lo largo del pie del relleno: dejando una berma entre dicho pie y el borde de la cuneta, para evitar que se moje el relleno, y origine asentamientos.

El diseño de cunetas se basa en los principios del flujo de canales abiertos; éstas se pueden construir de forma trapezoidal o triangular. El primer paso para diseñar una cuneta es considerar su longitud, medida que determinará el área de carretera que drenará, o del terreno aledaño, si es necesario.

Las cunetas deben protegerse en pendientes fuertes cuando su longitud sea mayor de 50 metros, por medio de una fosa de laminación o una alcantarilla de alivio; debido a que mientras más largas sean, más agua llevarán, por lo que se erosionarán más y resultaría antieconómica la conservación.

2.5.1.2 Contracunetas

Son zanjas que se hacen en lugares convenientes, para evitar que llegue a las cunetas más agua que aquella para la cual fue diseñada.

Las contracunetas se construyen transversales a la pendiente del terreno, las que interceptan el paso del agua y la alejan de los cortes y rellenos. Cuando el camino sigue la dirección de la misma pendiente del terreno, no se deben construir contracunetas.

2.5.1.3 Drenaje transversal

El objetivo del drenaje transversal es dar paso rápido al agua que no pueda desviarse de otra forma y tenga que cruzar de un lado a otro del camino. En estas obras de drenaje transversal están comprendidos los puentes y las alcantarillas.

En cuanto a las alcantarillas es recomendable construirlas cada 200 metros como máximo, y necesariamente en las curvas verticales cóncavas, utilizando tubería de 24" como mínimo. En el caso del proyecto de la aldea Pamumus sólo se localizaron 6 drenajes transversales.

Como obras de protección pueden citarse: muros, revestimientos, desarenadores y disipadores de energía. A las tuberías se les construirán muros cabezales en la entrada y salida, y tragante en la entrada cuando se trate de alcantarillas que servirán para aliviar cunetas o de corrientes muy pequeñas. Cuando se trate de corrientes que su área de descarga no pase de dos metros cuadrados se les hará muros cabezales y en lugar de tragante de entrada se instalarán aletones rectos, a 45° o en "L".

El colchón mínimo para protección de los tubos, deberá ser de 0.60 metros para que la carga viva se considere uniformemente distribuida.

2.5.2 Consideraciones hidráulicas

Para determinar si una alcantarilla o drenaje transversal es adecuado, es importante los siguientes factores: el alineamiento, la pendiente y los métodos de instalación. Si una alcantarilla se obstruye, se disloca o se socava, es señal que no tiene capacidad adecuada, ni presta el servicio que se espera de ella.

Una alcantarilla reduce siempre el cause de la corriente, ocasionando embalse a la entrada, un aumento de la velocidad por dentro y salida. Se puede necesitar alguna protección contra la socavación y la erosión que siempre existe.

2.5.2.1 Corriente de agua

Existen dos tipos diferentes de flujo: laminar y turbulento; generalmente es éste último que predomina.

En el caso de flujo turbulento, la resistencia del agua se drena a través del conductor y depende de la viscosidad, densidad y velocidad; además de la longitud, rugosidad y sección transversal de la alcantarilla.

La altura de presión necesaria para vencer esta resistencia se conoce como pérdida de carga por fricción. Esta pérdida de carga en canales, que es el caso de las alcantarillas, está dada por la diferencia de elevación de la superficie de agua entre los puntos considerados. En algunos casos es necesario considerar otras pérdidas llamadas menores, entre las cuales están las pérdidas a la entrada y salida de la alcantarilla.

2.5.2.2 Gradiente hidráulico

Es una línea imaginaria que unió los puntos hasta donde llega el agua en una serie de tubos piezométricos acoplados a las tuberías a presión o a los canales.

El gradiente hidráulico representa entonces la presión a lo largo del tubo, pues en un punto cualquiera, la distancia vertical medida desde el conducto hasta el gradiente hidráulico, es la columna de presión en este punto. En canales, es evidente que el gradiente coincide con la superficie del agua.

2.5.2.3 Diseño hidráulico

El diseño hidráulico de una obra, consiste en calcular el área necesaria para dar paso al volumen de agua que se concentra en su entrada, para ello se requiere de un estudio previo que abarca, entre otros, los siguientes aspectos:

- Precipitación pluvial
- Área, pendiente y formación geológica de la cuenca
- Uso del terreno aguas arriba de la estructura del drenaje

Los métodos para un correcto diseño hidráulico requieren de cierta información básica que incluye: el coeficiente de escorrentía para el área local, el área de cuenca y datos de intensidad de precipitación. Es necesario conocer la cantidad de agua o descarga que correrá en un área determinada.

Las estructuras de drenaje menor deberán tener la suficiente capacidad para acomodar ésta cantidad de agua.

Al diseñar las estructuras de drenaje se busca saber, entre otras cosas: el tamaño de dichas estructuras, el diámetro de un tubo de alcantarilla y la distancia a que deben quedar las cunetas. Si se conoce el volumen de agua que pasará a través de una estructura se sabrá exactamente como calcular los parámetros anteriormente mencionados.

Si una estructura no puede acomodar toda la descarga, entonces el agua se fuerza a ir sobre ella, alrededor de ella, o se acumula, esto da como resultado el asolvamiento, socavación o daño de la misma.

La capacidad total para cualquier estructura deberá determinarse en base a una combinación de factores, además de la descarga calculada. Estos incluyen aumentos posibles en la descarga, debido a cambios en el uso de la tierra de la cuenca, como: desarrollo, deforestación o cambios en intensidades y modelos de precipitación. También, se debe prevenir la capacidad extra para arrastrarse, particularmente río debajo de las áreas que han sido taladas o destinadas a la agricultura.

Dependiendo del riesgo y costo de la estructura, puede hacerse una previsión para capacidad extra debido a la inexactitud en el proceso de diseño hidrológico.

La descarga puede determinarse por varios métodos hidrológicos:

- **Por medio de fórmulas**

Todas las fórmulas toman en cuenta la cantidad de lluvia, el tamaño de la cuenca, la pendiente y condiciones de vegetación de la misma.

Las fórmulas más conocidas son:

Fórmula de Talbot. Proporciona directamente el diámetro de la tubería o el área de descarga.

Fórmula Racional. Esta fórmula expresa que el caudal es igual a un porcentaje de la cantidad de lluvia que cae, multiplicado por el área de la cuenca.

- **Por medio de observación de estructuras próximas**

Puede ser una tubería o alcantarilla de los alrededores, ubicada sobre la misma corriente. En éste caso bastará tomar las medidas del área de descarga de ellas se parte para deducir el diámetro necesario.

- **Por medio de marcas de aguas o creciente máximas**

La descarga puede ser determinada por las marcas que deja el agua al haber una correntada. Cuando una corriente alcanza su máximo nivel, siempre deja señas de todo lo que arrastró a su paso. En este caso pueden tomarse medidas del cauce al cortar la línea central de la carretera. Se debe obtener el perfil transversal a dicho cauce perpendicular a dicha línea; en el perfil deben anotarse los datos de corriente máxima, creciente normal, la cual puede aumentarse en un 10 por ciento para tener un margen de seguridad aceptable y también las corrientes extra-máximas, información que por lo general es proporcionada por los vecinos del lugar.

Otra manera para calcular la descarga es por medio de registros históricos de correntadas, utilizando información tabulada de ríos y riachuelos específicos de la zona.

También puede utilizarse información general de la intensidad pluvial de la región, análisis regresivo de una región específica para determinar las corrientes en función de la cuenca y sus características.

2.5.2.3.1 El método racional

Es un método muy utilizado para medir descargas de pequeños drenajes, consiste en una fórmula para calcular la escorrentía superficial de una cuenca hidrográfica. Se adapta muy bien para la determinación de la escorrentía para drenaje superficial de carreteras y descargas para alcantarillas o tuberías de pequeñas cuencas.

Por lo general, se obtienen resultados con éste método, para cuencas menores de 120 hectáreas, pero puede utilizarse para estimar cuencas mucho mayores, aunque con menos precisión, siempre y cuando no pueda aplicarse algún otro método por falta de información o datos para llevar a cabo un cálculo exhaustivo.

En el método racional se asume que la intensidad de lluvia sobre el área de drenaje es uniforme para un tiempo considerado.

La fórmula racional es la siguiente:

$$Q = \frac{CiA}{360}$$

Donde:

Q = Caudal de escorrentía, en metros cúbicos por segundo (m³ / seg.)

C = Coeficiente de escorrentía (adimensional)

i = Intensidad de lluvia, en milímetros por hora (mm / hr)

A = Área de la cuenca en hectáreas (Ha) (1 Ha = 10,000 m²)

2.5.2.3.1.1 Parámetros de la fórmula racional

Coefficiente de escorrentía (C): Es el porcentaje de agua total llovida tomada en consideración, puesto que no todo el volumen de precipitación pluvial drena por medio de alcantarilla natural o artificial.

Esto se debe a la evaporación, infiltración, detención en el suelo, etc. Por lo que existirá diferente coeficiente para cada tipo de terreno, el cual será mayor cuanto más impermeable sea la superficie.

El coeficiente de escorrentía promedio se calculará así:

$$C = \frac{\sum (c \times A)}{A}$$

Donde:

c = Coeficiente de escorrentía de cada una de las áreas parciales

A = Áreas parciales (Hectáreas)

C = Coeficiente de escorrentía promedio del área drenada

Intensidad de lluvia (i): Es uno de los factores más difíciles de obtener y está expresado como el promedio de intensidad de lluvia en milímetros por hora para una selección de frecuencia de recurrencia y una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca. Al inicio de la tormenta, la escorrentía parte desde la distancia más lejana de la cuenca, que no alcanza el punto de descarga y cuando el agua alcanza el punto de descarga, se encuentra el tiempo de concentración, entonces, puede suceder un paso de corriente permanente. Este período inicial es el tiempo de concentración (Tc). Para cuencas pequeñas, un tiempo de concentración recomendado es de cinco minutos, para encontrar la intensidad utilizando una determinada descarga de diseño.

Área (A): Es la que contribuye a la escorrentía del agua de la estructura de drenaje. Los límites van desde la divisoria de aguas a los pies de talud de la alcantarilla, cuando se trata de cuencas. En la carretera el “área de drenaje” es la parte alta del talud de corte y la superficie de rodadura; área que está entre las cuentas.

El área de una cuenca natural se puede determinar utilizando un mapa topográfico de la región y determinar los puntos más altos o límites de la divisoria de aguas.

2.5.2.3.2 El método Talbot

Es un método muy utilizado para estimar el área de descarga en estructura de drenaje. Para hacer una estimación preliminar del tamaño de las estructuras de drenaje menor se usa la fórmula de Talbot.

La fórmula de Talbot fue determinada mediante observaciones en zonas de alta precipitación pluvial (hasta 100 mm/Hr), en los Estados Unidos.

La expresión de la fórmula de Talbot es la siguiente:

$$a = 0.183 \times C \times A^{3/4}$$

Donde:

a = Área hidráulica necesaria en la obra, en metros cuadrados (m²)

A = Área de la cuenca en hectáreas (Ha)

C = Coeficiente relacionado con las características del terreno (adimensional)

Proceso de cálculo de área hidráulica usando el método Talbot

Este método se aplica principalmente a estructuras de drenaje menor, por lo que las áreas consideradas son generalmente carreteras o caminos; también es aplicable en cuencas hidrográficas. El proceso de cálculo es el siguiente:

- a) Definir el área de la cuenca. Delimitando la partición de aguas que llegan a la cuenca hidrográfica. Para definir ésta área se deben marcar todos los cursos de fondos o cauces de la cuenca, luego delimitar todas las particiones de aguas o divisorias de aguas (cuenca topográfica), deberá ser circuito cerrado, partiendo desde el punto de interés para el paso por éste, luego siguiendo en dirección de las agujas del reloj, por todas las divisorias hasta completar el circuito.

El área hidráulica de la cuenca, se puede obtener por diferentes métodos topográficos, fotografía aérea, planos cartográficos, etc.

- b) Medir el área de la cuenca. En la medición del área de la cuenca pueden utilizarse varios métodos, los cuales varían debido a la exactitud de los mismos, entre ellos están:
 - Contar la cuadrícula de mapas
 - Área por coordenadas
 - Uso de planímetro
- c) Determinar el coeficiente "C". De acuerdo a la clasificación de colores y simbología de vegetación del mapa, se identifica el terreno y sus condiciones: si es cultivado, suelo desnudo, bosque, etc. Con las curvas de nivel se establece la pendiente del terreno y la forma del mismo, pudiendo ser: plano, ondulado o montañoso.

Los valores del coeficiente C dependen de las características anteriores. Algunos valores de C son los siguientes:

C = 1.0 Terrenos montañosos con suelos de roca y con pendientes pronunciadas.

C = 0.65 Terrenos quebrados con pendientes moderadas

C = 0.50 Cuencas irregulares muy largas.

C = 0.33 Terrenos agrícolas ondulados, en los que el largo de la cuenca es 3 ó 4 veces el ancho.

C= 0.20 Terrenos llanos, sensiblemente horizontales no afectados por inundaciones fuertes.

En terrenos permeables los valores de C deben disminuirse en un 50 por ciento, por lo que además de la formación geológica de la zona, se debe conocer el tipo de vegetación y prever el uso futuro del terreno.

- d) Calcular el área hidráulica. Ésta se obtiene al aplicarse la fórmula de Talbot.

2.5.2.4 Pendiente crítica

Es la pendiente capaz de sostener un caudal dado con flujo uniforme y a profundidad crítica. La pendiente crítica puede calcularse usando cualquier fórmula conocida para canales, en el manual para tuberías de concreto, *Concrete Pipe Handbook*, de la *American Concrete Pipe Association*, se encuentra un gráfico que relaciona descarga y altura crítica y descarga con pendiente crítica.

Estas curvas están construidas con una base unitaria, es decir, que los valores de pendiente y descarga son aplicados directamente a una alcantarilla o canal de 1 pie de diámetro con un coeficiente de rugosidad (N) de 0.01.

Para otro diámetro y otro coeficiente de rugosidad, hay que aplicar las siguientes fórmulas de conversión:

Descarga crítica:

$$Q_c = Q_{c1} \times D^{5/2}$$

Pendiente crítica:

$$S_c = S_{c1} \times 10^4 \times \frac{n^2}{D^{1/3}}$$

Donde:

Q_c = Descarga crítica para diámetro deseado

Q_{c1} = Descarga crítica para un canal de 1 pie de diámetro

D = Diámetro de la tubería

S_c = Pendiente de un N dado

S_{c1} = Pendiente crítica para N = 0.01

n = Coeficiente de rugosidad que tiene la nueva tubería.

Cuando la pendiente es más plana que la crítica, para una descarga específica, la sección crítica se traslada de la entrada a la salida. Para alcantarillas es satisfactorio asumir que se encuentre 6 metros antes de la salida. Para determinar la altura en la entrada, es necesario calcular los puntos de la curva de remanso entre la sección crítica y la entrada.

Una vez la altura crítica está determinada, se pueden calcular la altura, la velocidad y las pérdidas en la entrada, con ésto podemos calcular la altura aguas arriba. La forma de la curva de remanso depende de la rugosidad, longitud y pendiente de la alcantarilla. La pendiente de la alcantarilla a un valor más alto que la pendiente crítica no aumenta la descarga; simplemente hace que el agua corra a mayor velocidad y a menor profundidad que la sección crítica.

2.6 Movimiento de tierras

Con la sub-rasante ya definida podemos definir el volumen de movimientos de tierras, el que a su vez se convierte en el renglón más caro en la ejecución.

2.6.1 Maquinaria a utilizar

2.6.1.1 Bulldozer (tractor sobre orugas)

Se compone de las siguientes partes:

- a. Protecciones.
- b. Manillas asideros y barandilla.
- c. Elementos de desplazamiento.
- d. Sistemas hidráulicas de accionamiento.
- e. Pala.

El Bulldozer se usa preferentemente en aquellos lugares que presentan condiciones de trabajo difíciles tales como pendientes fuertes y terreno con poca capacidad de soporte y en cortas distancias. A parte de los elementos descritos, debe tener también algún tipo de blindaje en su parte inferior para evitar daños en el radiador dadas las condiciones de trabajo. Los trabajos que se pueden efectuar con el bulldozer son los siguientes:

- Roturación
- Destronque
- Empuje de tierra
- Nivelación
- Perfilado
- Excavación en línea recta
- Extendido de capas
- Construcción de terraplenes

El Bulldozer es una máquina especial para los trabajos de despejado y despedregado. El tractor, para su óptimo aprovechamiento, debe trabajar a favor de la fuerza de gravedad, es decir, en sentido descendente del terreno. Para ejecutar un perfil mixto sobre las laderas, el Bulldozer puede trabajar siguiendo las curvas de nivel.

2.6.1.2 Motoniveladora

Partes componentes de la motoniveladora:

- a. Sistema de desplazamiento.
- b. Cuchilla niveladora

- c. Escarificador.
- d. Sistemas hidráulicas.
- e. Manillas asideros y barandillas.

La motoniveladora es una maquinaria de gran versatilidad, pudiendo ser mecánica o hidráulica, de chasis articulado o fijo; la pala posee gran capacidad de movimiento.

Esta máquina puede excavar el terreno, transportarlo o extenderlo; pero su principal aplicación es en trabajos de terminación de la explanación, refinado de taludes, extensión y mezcla de materiales, limpieza de terrenos, cunetas y mantenimiento de caminos.

Este tipo de máquina puede tener 2 ó 3 ejes y una cuchilla de 3 a 3.5 metros. La cuchilla puede ascender o descender, desplazarse lateralmente, girar 180º en el plano horizontal, girar de 0º a 90º en el plano vertical o girar alrededor de su propio eje.

Es limitante para su utilización la presencia de raíces mayores, suelos rocosos o muy húmedos.

2.6.1.3 Escavadora

La excavadora se compone de las siguientes partes:

- a. Tornamesa.
- b. Sistema de desplazamiento (oruga)

- c. Sistemas hidráulicas para accionamiento
- d. Cucharón con dedo.
- e. Manillas asideros y barandillas.

Entre otras, esta máquina se emplea preferentemente en:

1. Construcción de zanjas
2. Espaciamento de relleno suelto
3. Conformación y nivelación
4. Excavación
5. Madereo de trozas desde la faja
6. Construcción de taludes

Junto con la pala o cucharón, la máquina cuenta con un dedo que hace las veces de tapa del mismo para poder retirar material arbustivo de los lados del camino al efectuar faenas de confección de taludes, así también puede contar con un escarificador como equipo adicional; el cual servirá para soltar el suelo compactado y rocas semiduras y en general facilitar el trabajo posterior del Bulldozer.

2.6.1.4 Angledozer

La hoja puede girar alrededor de un eje vertical que pasa por su centro, con lo que puede adoptar una posición oblicua al eje longitudinal del tractor. Se puede levantar y bajar, e incluso inclinarse como el Bulldozer.

Esta máquina se emplea en excavaciones a media ladera, en relleno de zanjas y para extender las tierras. Variando la hoja de posición se pueden verter los materiales a uno y otro lado del tractor, que éste cambie de dirección. No es buena para los terrenos rocosos.

2.6.1.5 Rodillos

- Rodillos de pata de cabra:

Consisten fundamentalmente en cilindros de chapa gruesa que presentan en su superficie externa, clavijas en forma de tronco, de cono o pirámide de unos 20 cm, que ejercen una presión sobre el suelo, variable según los casos, entre unos 10 y 20 Kg/cm. El efecto de éstos rodillos, puede compararse con el pisoteo de un rebaño de cabras u ovejas, de donde proviene su nombre. Los cilindros son huecos, de tal forma que puedan lastrarse con arena o agua.

Estos rodillos se utilizan solos o en baterías de 2 ó 3. El primer caso será el que convenga en los caminos forestales por evidentes razones de economía. La longitud de los cilindros varía entre 1.20 y 1.80 cm.; dimensión que corresponde a la anchura útil de las pasadas. Los únicos rodillos que interesan en las obras forestales, son los lastrados que pueden pesar 3.7 ó 10 toneladas.

El efecto de un rodillo de éste tipo se produce de abajo a arriba. En una capa de suelo de 20 a 25 cm. El rodillo pata de cabra, está particularmente indicado para utilizarlo en los suelos arcillosos. No es una máquina del todo indispensable en la explotación forestal o en construcción de caminos; pero rinde un buen servicio, sobre todo en terrenos voluminosos, que deban utilizarse poco después de construidos.

- Rodillo de neumáticos:

Fundamentalmente, un rodillo de neumáticos está formado por una caja montada sobre uno o dos ejes, por neumáticos de banda rodada lisa. Cuando es de dos ejes, cada uno lleva un número diferente de ruedas, por ejemplo 3 y 4 ó 6 y 7, de forma que estén escalonados y sus huellas se superpongan. Los modelos de tracción, son los únicos que satisfacen las necesidades de las obras forestales. La dimensión de estas máquinas es de 1.60 a 2.70 m, correspondiente a un ancho de compactación de 1 a 2.10 m. Su peso totalmente lastrado varía entre 8 y 11 toneladas. Estos rodillos pueden remolcarse con tractores agrícolas de neumáticos de potencia media.

Los rodillos de neumáticos se adaptan bien a los suelos de los tipos siguientes:

- A-2
- A-4
- A-6
- A-7

Actúan en una capa delgada de unos 10 cm que pueden apisonarse en dos o cuatro pasadas consecutivamente. La compactación con rodillo, debe complementarse siempre con rodillo neumático, para apisonar los últimos 5 cm de la capa superior.

2.7 Creación de planos

La elaboración de planos finales se realizó en Autocad y Softdesk 8 Civil Survey, se encuentran en el apéndice y contienen todos los detalles de la planta general y planta-perfil del terreno. En la planta se colocaron todos los datos necesarios de las curvas horizontales, las longitudes de tangentes y también el kilometraje de cada principio de tangente y principio de curva; en el perfil se especifican los diferentes niveles de cada punto, cambios de pendientes y los datos de las curvas verticales.

Para completar el juego de planos, se dibujaron las secciones transversales del movimiento de tierras a cada 20 metros, se incluyó el plano de sección típica de la pavimentación y detalles de drenajes longitudinal y transversal.

2.8 Presupuesto y cronograma físico-financiero de ejecución

Para la elaboración del presupuesto, se encontraron los renglones de trabajo, se realizaron las cuantificaciones de cada renglón del proyecto de pavimentación y luego se calcularon los costos directos. Con estos resultados, se establecieron las relaciones físico-financieras que deben existir entre ellos para el éxito del proyecto estipulando un tiempo para su ejecución de cinco meses.

Los precios de los materiales, son precios de venta en el municipio de San Juan Comalapa y los precios de arrendamiento y transporte de maquinaria, los cuales incluyen operador y combustible fueron cotizados en Chimaltenango.

Los salarios de la mano de obra, son los que se pagan en el municipio.

Tabla IX. Costo y precios unitarios de pavimentación rígida

CUADRO DE CANTIDADES ESTIMADAS DE TRABAJO, PRECIOS UNITARIOS Y COSTOS

PROYECTO: PAVIMENTACION RIGIDA PARA EL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA PAMUMUS
 UBICACIÓN: ALDEA PAMUMUS, SAN JUAN COMALAPA, CHIMALTENANGO.
 LONGITUD: 2,100 m.

No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	MONTO
1.00	TRAZO Y NIVELACIÓN	2,100.00	m	Q 3.63	Q 7,627.73
2.00	MOVIMIENTO DE TIERRA	5,830.87	m ³	Q 183.09	Q 1,067,580.75
3.00	SUB-BASE (0.10 m DE ESPESOR)	11,550.00	m ²	Q 61.67	Q 712,264.48
4.00	PAVIMENTO (0.17 m DE ESPESOR)	11,550.00	m ²	Q 250.02	Q 2,887,690.27
5.00	CUNETAS	2,700.00	m	Q 132.71	Q 358,304.06
6.00	DRENAJES TRANSVERSALES	36.00	m	Q 3,004.28	Q 108,154.05
7.00	TRANSPORTE DE MAQUINARIA	1.00	Global	Q 11,165.00	Q 11,165.00
COSTO TOTAL DE LA OBRA					Q 5,152,786.33

El costo total de la obra asciende a la cantidad de cinco millones, ciento cincuenta y dos mil, setecientos ochenta y seis quetzales con treinta y tres centavos (Q. 5,152,786.33).

Tabla X. Cronograma físico-financiero de ejecución pavimentación rígida

CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCIERO

PROYECTO: PAVIMENTACION RIGIDA PARA EL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA PAMUMIUS
 UBICACION: ALDEA PAMUMIUS, SAN JUAN COMALAPA, CHIMALTENANGO.
 LONGITUD: 2,100 m.

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	%	AVANCE FINANCIERO	MESES																			
						MES 1					MES 2					MES 3					MES 4				
						S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6	S-7	S-8	S-9	S-10	S-11	S-12	S-13	S-14	S-15	S-16	S-17	S-18	S-19	S-20
1.00	TRAZO Y NIVELACIÓN	2,100.00	m	0.15%	Q 7,627.73																				
2.00	MOVIMIENTO DE TIERRA	5,830.87	m³	20.72%	Q 1,067,580.75																				
3.00	SUB-BASE (0.10 m DE ESPESOR)	11,550.00	m²	13.82%	Q 712,264.48																				
4.00	PAVIMENTO (0.17 m DE ESPESOR)	11,550.00	m²	56.04%	Q 2,887,690.27																				
5.00	CUNETAS	2,700.00	m	6.96%	Q 358,304.06																				
6.00	DRENAJES TRANSVERSALES	36.00	m	2.10%	Q 108,154.05																				
7.00	TRANSPORTE DE MAQUINARIA	1.00	Global	0.22%	Q 11,165.00																				
				100.00%	Q 5,152,786.33																				

3. DISEÑO DE DRENAJE SANITARIO PARA EL CASERÍO PAXOT LA CUMBRE

3.1 Estudio de la población a servir

El estudio de la población se efectúa con el objeto de estimar la población que tributará caudales al sistema, al final del período de diseño, será estimada utilizando alguno de los métodos conocidos. Para el caso del barrio Paxot la Cumbre se optó por el método geométrico, por ser el modelo que mejor se adapta para poblaciones en vías de desarrollo.

3.2 Levantamiento topográfico.

Es el proceso de trabajo que se realiza previo a un estudio de proyecto de pre-inversión de una infraestructura básica, el cual conlleva dos actividades en el campo: el trazo planimétrico y el trazo altimétrico, utilizando para los mismos, aparatos de precisión.

3.2.1 Planimetría

Está definida como el conjunto de trabajos necesarios para representar gráficamente la superficie de la tierra, tomando como referencia el Norte para su orientación.

En la medición de planimetría del proyecto se utilizó el método de conservación del azimut. Que consiste en tomar un azimut inicial referido al norte y fijando éste con una vuelta de campana en la vista atrás se toma la medida hacia la siguiente estación. Se utilizó éste método por ser muy exacto.

3.2.2 Altimetría

Son los trabajos necesarios para representar sobre el plano horizontal la tercera dimensión sobre el terreno, definiendo las diferencias de nivel existentes entre los puntos de un terreno o construcción, para ello es necesario medir distancias verticales, ya sea directa o indirectamente, a todo éste procedimiento se le llama nivelación. Para la nivelación del proyecto se utilizó el método de nivelación compuesta, partiendo de una referencia (banco de marca).

3.3 Trazo de la red

Para éste sistema, el colector principal irá al centro del camino y veredas que conforman la comunidad, para luego descargar el agua residual en el barranco Paxot.

3.4 Localización de la descarga

Para seleccionar el punto de descarga de aguas residuales se tomó en cuenta el barranco Paxot, el cual conduce al río conocido como Pixcaya, que tiene su yacimiento en el departamento de Chimaltenango. A sus alrededores se encuentra un terreno donde se pretende construir una planta de tratamiento de aguas residuales o fosas sépticas, ésta es una ubicación exacta, ya que se encuentra alejada de la población y así se crea un impacto ambiental favorable.

Las fosas sépticas deberán localizarse donde no puedan provocar contaminación de algún pozo, manantial u otra fuente de abastecimiento de agua. Las fosas no deben de estar a menos de 15 m de cualquier fuente de abastecimiento de agua, mayores distancias son preferibles donde sea posible.

La fosa séptica no debe localizarse a menos de 1.5 m de cualquier edificio, ya que pueden ocurrir daños estructurales durante la construcción o las filtraciones pueden llegar al sótano. La fosa no debe localizarse en zonas pantanosas ni en áreas sujetas a inundaciones. Debe considerarse la localización desde el punto de vista de limpieza y mantenimiento.

3.5 Período de diseño

El período de diseño de un sistema de alcantarillado, es el tiempo durante el cual el sistema dará un servicio con una eficiencia aceptable; este período variará de acuerdo a:

- La cobertura considerada en el período de diseño estudiado.
- Crecimiento de la población.
- Capacidad de administración, operación y mantenimiento.
- Según el criterio del diseñador y basándose en datos de instituciones como el Instituto de Fomento Municipal (I.N.F.O.M.); según el capítulo 2 de las Normas Generales para el Diseño de Alcantarillado, los sistemas de alcantarillado 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, para el

proyecto se tomó 30 años por ser el tiempo de vida útil del proyecto y por los costos del mismo.

3.6 Diseño de la red

3.6.1 Población de diseño

Para determinar la población de diseño o población futura se utilizó el método geométrico, el cual requiere nada más que una información acerca de la población actual del lugar, ya que la tasa de crecimiento es un dato que se puede establecer con censos recientes y tomando en cuenta el área en que se puede expandir el barrio, así como el período de diseño, el cual ya se tiene establecido. La expresión a utilizar para el cálculo de la población futura es:

$$P_f = P_A (1+R)^n$$

Donde:

P_f = población futura

P_A = población actual

n = período de diseño

R = tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento con la que se trabajó en el barrio Paxot la Cumbre es del 3% anual, según Instituto Nacional de Estadística (INE).

No. viviendas: 245, dato obtenido en conteo realizado durante el levantamiento topográfico.

$$P_A = (\text{No.viviendas})(\text{hab} / \text{vivienda})$$

$$P_A = (248\text{viviendas})(5\text{hab} / \text{vivienda}) = 1,240 \text{ hab.}$$

$$P_f = 1,240 \text{ hab} (1 + 0.03)^{30} = 3,010 \text{ hab}$$

La población proyectada para el año 2037 es de 3,010 habitantes.

3.6.2 Dotación

Es la cantidad de agua que una persona necesita por día para satisfacer sus necesidades y se expresa en litros por habitante al día.

Las dotaciones se establecen de acuerdo al clima, nivel de vida, actividad, productividad, abastecimiento privado, servicios comunales o públicos y región donde se está trabajando el proyecto.

Para este caso, se estableció una dotación de 150 lts. /hab. / día.

3.6.3 Factor de retorno

Es el factor que indica la relación que existe entre la cantidad de agua que se consume al día y la dotación destinada para cada persona.

Este factor puede variar de 0.70 a 0.80 dependiendo del clima de la región y el acceso al agua, para el proyecto se optó por un factor de 0.80 por ser el más crítico, ya que la precipitación pluvial en la región es alta y existen varios yacimientos de agua.

3.6.4 Factor de Flujo Instantáneo (FH)

Es un factor experimental que indica la relación que existe entre el caudal domiciliar máximo y el caudal medio. Este factor se calculó por medio de la siguiente expresión:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

Donde:

FH: Factor de Harmond o Flujo Instantáneo.

P: Población acumulada en miles de habitantes de cada tramo.

1. 3.6.5 Relación de diámetro y caudales

Por requerimientos de flujo y por posibilidades de limpieza el diámetro mínimo es de 6 pulgadas para tuberías PVC en el colector central. Un cambio de diámetro en el diseño está influido por la pendiente, el caudal o la velocidad, para lo cual se toman en cuenta los requerimientos hidráulicos.

3.6.6 Caudal sanitario

El caudal sanitario que puede transportar el drenaje está determinado por diámetro, pendiente y velocidad del flujo dentro de la tubería. Por norma se supone que el drenaje funciona como un canal abierto, es decir, que no funciona a presión. El tirante máximo de flujo se obtiene de la relación d/D , donde “d” es la profundidad o altura del flujo y “D” es el diámetro interior de la tubería, ésta relación debe ser mayor de 0.10 para que exista arrastre de las excretas y menor de 0.75 para que funcione como un canal abierto.

3.6.6.1 Caudal domiciliar

Es el volumen de aguas servidas que se evacúa de cada una de las viviendas. Este caudal debe calcularse con base en el número de habitantes futuro, la dotación y el factor de retorno, expresado en litros por segundo.

$$Q_d = \frac{Dt \times F.R. \times Hab}{86,400 \text{ seg / día}}$$

Siendo:

Qd: Caudal de diseño lts/ seg.

F.R.: Factor de retorno

Dt:: Dotación lts. / Hab. / Día

Hab: Número de habitantes

3.6.6.2 Caudal de infiltración

Es considerado como la cantidad de agua que se infiltra o penetra a través de las paredes de la tubería, éste depende de: la permeabilidad de la tubería, la transmisibilidad del suelo, la longitud de la tubería y de la profundidad a la que se coloca la tubería.

Pero como depende de muchos factores externos, se calcula en función de la longitud de la tubería y del tiempo, generalmente se expresa en litros por kilómetro por día, su valor puede variar entre 12,000 y 18,000 litros por kilómetro por día.

Para éste caso, por ser tubería de P.V.C., no existe caudal de infiltración, dadas las propiedades del material.

3.6.6.3 Caudal de conexiones ilícitas

Este caudal es producido por las viviendas que conectan las tuberías de sistema del agua pluvial al alcantarillado sanitario. Para efecto de diseño se hace necesario hacer el cálculo del caudal de conexiones ilícitas. Para este cálculo se hace uso de la siguiente fórmula:

$$Q_{c. \text{ ilícitas}} = \frac{CiA}{360} = \frac{Ci(A \times \%)}{360}$$

Donde:

Qc. Ilícitas = caudal de conexiones ilícitas (m³ /seg.)

C = Coeficiente de escorrentía (%)

i = Intensidad de lluvia (mm / hora)

A = Área que es factible conectar ilícitamente (hectáreas)

3.6.6.3.1 Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía está en función directa del tipo de superficie por donde corre el agua pluvial, como es techos y pavimentos 0.70 – 0.90, patios y arboledas 0.15 – 0.30.

Área total de techos = (100 m² x 248 casas) / 10,000 m² / ha.

Área total de techos = 2.48 hectáreas.

Área total de patios = (40 m² x 248 casas) / 10,000 m² / ha.

Área total de patios = 0.99 hectáreas.

$$C = \frac{\sum(c \times a)}{\sum a} = \frac{(2.48 \times 0.80) + (0.99 \times 0.15)}{(2.48 + 0.99)} = 0.61$$

3.6.6.3.2 Intensidad de lluvia

La intensidad de lluvia que se expresa en mm/hr, se determina por medio de la siguiente fórmula.

$$i = \frac{13455.2}{T + 104.14} \qquad i = \frac{13455.2}{12' + 104.14} = 115.85 \text{ mm / hora}$$

Donde:

i = Intensidad de lluvia para las localidades de la región central, según Tabla II contenida en el anuario del colegio de ingenieros de Guatemala, del año 1998.

T = tiempo de concentración en minutos, que tiene un valor de 12' por ser tiempo de concentración inicial recorrido en montañas, terreno plano, cunetas, zanjas y depresiones.

3.6.7 Caudal de diseño

Es el que se utiliza para diseñar el sistema del drenaje sanitario. Para su cálculo se utiliza la siguiente expresión:

$$Q_{diseño} = \text{núm.de hab} \times F_{qm} \times FH$$

Donde:

núm. de hab. = Número de habitantes en cada uno de los tramos

F_{qm} = Factor de caudal medio

FH = Factor de Harmond

3.6.7.1 Factor de caudal medio

Es el factor relacionado con la aportación media de agua por persona, una vez computado el valor de los caudales anteriormente descritos, y al no contar con caudales comerciales e industriales, se procede a integrar el caudal medio del área a drenar, que a su vez, al ser distribuido entre el número de habitantes, se obtiene un factor del caudal medio, el cual varía entre el rango de 0.002 a 0.005; si el cálculo del factor está entre esos dos límites, se utiliza el calculado; en cambio, si es inferior o excede, se utiliza el límite más cercano según sea el caso.

$$Q_{\text{medio}} = Q_{\text{domiciliar}} + Q_{\text{infiltración}} + Q_{\text{c.ilicitas}}$$

$$f_{\text{qm}} = \frac{Q_{\text{medio}}}{\text{núm.hab.}}$$

3.6.8 Velocidades máximas y mínimas de diseño

La velocidad mínima admisible en tuberías de PVC es de 0.5mts/seg.

Esto hace que los sólidos no se sedimenten y, por consecuencia, no se obstruya la tubería. Respecto a la velocidad máxima admisible en las tuberías de PVC, por lo general se acepta una de 4mts/seg.

3.6.9 Pendientes máximas y mínimas de diseño

Para que el agua que conducen las alcantarillas se desplace libremente, dependiendo de la gravedad, existe una pendiente mínima en un sistema, ésta debe ser del 1% en terrenos muy planos. En terrenos donde la topografía es muy quebrada, la pendiente máxima será cuando la velocidad es de 4 mts./seg. para tubería PVC.

$$S = \frac{\text{Cota inicial del terreno} - \text{Cota final del terreno}}{\text{Longitud del tramo}} \times 100$$

Para todo diseño de alcantarillado es recomendable seguir la pendiente del terreno, dependiendo siempre si la pendiente va a favor o en contra del sentido del fluido.

3.6.10 Cotas invert

Son las cotas inferiores e interiores de la tubería de drenaje, que indican a qué profundidad de la superficie se encuentra la tubería de llegada y la de salida en un pozo de visita.

Estas cotas se calculan con base en la pendiente de la tubería y la distancia del tramo respectivo, para su diseño se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- La cota invert de salida de un pozo se coloca 3 centímetros más baja que la cota invert de entrada, cuando las tuberías son del mismo diámetro.

- La cota invert de salida está a un nivel más bajo que la entrada, la cual será la diferencia de diámetros de las tuberías, cuando éstas son de diferente diámetro.
- Cuando a un pozo de visita llegan varias tuberías de distintos diámetros y sale una de igual diámetro al mayor de las que llega, la cota invert de salida está 3 centímetros debajo de la de entrada, si la tubería que sale es de diámetro mayor, la cota invert de salida será la diferencia de diámetro con la tubería de mayor diámetro que llega al pozo de visita.

3.6.11 Pozos de visita

Los pozos de visita siempre son necesarios en el lugar donde concurren dos o más tuberías así como también en los lugares donde hay cambio de dirección o de pendiente en la línea central de diseño. Son parte de las obras accesorias de un alcantarillado y son empleados como medios de inspección y limpieza. Según las normas para construcción de alcantarillados, se recomienda colocar pozos de visita en los siguientes casos:

- En toda intercepción de colectores
- Al comienzo de todo colector
- En cambios de dirección
- En líneas de conducción rectas, a distancias no mayores de 100 metros
- En cambios de pendiente

Las alturas de los pozos de visita varían en cuanto a su profundidad, dependiendo de casos como lo son:

- Pendiente del terreno
- Topografía del terreno
- Ubicación del pozo
- Caudal de diseño
- Cotas Invert.

3.6.12 Conexiones domiciliarias

Normalmente al construir un sistema de alcantarillado, se tiene previsto una conexión en Y o en T en cada lote edificado o en cada lugar donde haya que conectar un desagüe doméstico. Una conexión domiciliar es un tubo que lleva las aguas servidas desde la vivienda o edificio a una alcantarilla común.

3.6.13 Profundidades mínimas de tubería

La profundidad mínima del coronamiento de la tubería con respecto a la superficie del terreno tiene que ser de un metro, y cuando la altura del coronamiento de la tubería principal resulte a una profundidad mayor de tres metros bajo la superficie del terreno, se diseñará una tubería auxiliar, sobre la principal para las conexiones domiciliarias del tramo correspondiente.

3.6.14 Diseño de la red de alcantarillado

Ejemplo del procedimiento del cálculo para el tramo que va del pozo de visita PV – 1 al pozo de visita PV – 2.

3.6.14.1 Datos generales

- Población de diseño: Densidad = 5 hab. / casa. dato obtenido por encuestas a pobladores durante el levantamiento topográfico del proyecto.
- Factor de caudal medio = 0.002

3.6.14.2 Datos poblacionales

Población futura acumulada en el tramo = 49 habitantes

3.6.14.3 Datos específicos para el tramo PV-0 a PV-1

- Longitud = 41.25 metros (entre pozos)
- Diámetro de la tubería = 6 pulgadas (se asume el mínimo)
- Cotas del terreno: al inicio = 1000.00
al final = 1001.80

- Pendiente del terreno = $\frac{(1000.00 - 1001.80) \times 100}{41.25}$

Pendiente del terreno = -4.36%

Como la pendiente natural del terreno va en contra del sentido del fluido, ésta no se utilizará como referencia para la pendiente de la tubería, a cambio se utilizará una pendiente que vaya a favor del sentido del fluido, la cual deberá cumplir con los chequeos de velocidades.

Nueva pendiente a utilizar en éste tramo = 8.00%

- Profundidad del pozo de visita inicial = HPV – 1 = 1.40 (se asume la mínima)
- Cota inicial PV-0 = cota del terreno al inicio – HPV
- Cota inicial PV-0 = 1000.00 – 1.40 = 998.60
- Cota fina PV - 1 = $C.inicial - \frac{pendiente \times dist.}{100}$
- Cota fina PV - 1 = $998.60 - \frac{8.00 \times 41.25}{100} = 995.30$
- Pendiente de la tubería = 8.00% (asumida)
- Integración al caudal del diseño = núm. de habitantes x fqm x FH

- P = población actual

$$P = \frac{20}{1000} = 0.020$$

$$FH = \frac{(18 + \sqrt{0.020})}{(4 + \sqrt{0.020})} = 4.38$$

$$\text{Caudal de diseño} = 20 \times 0.002 \times 4.38 = 0.175 \text{ lts. / seg.}$$

3.6.14.4 Diseño hidráulico

- Velocidad a sección llena

$$V = \left(\frac{1}{N}\right) 0.03429 \left(D^{2/3}\right) \left(\frac{S}{100}\right)^{1/2}$$

Donde :

N = coeficiente de rugosidad

D = diametro de la tubería

S = pendiente

$$V = \left(\frac{1}{0.01}\right) 0.03429 \left(6^{2/3}\right) \left(\frac{8.00}{100}\right)^{1/2} = 3.20 \text{ mts/seg.}$$

- Caudal a sección llena

$$Q = V \times A$$

Donde:

A = Área a sección llena

V = Velocidad a sección llena

$$Q = V \times A$$

$$Q = 3.20 \times 0.018 \times 1,000 = 58.42 \text{ lts./seg.}$$

3.6.14.5 Relaciones hidráulicas

Es la relación que existe entre cada uno de los parámetros de diseño a sección llena y los parámetros de diseño a sección parcialmente llena, las cuales deben cumplir con $q/Q < 1$ y $d/D \leq 0.75$, para que las tuberías no trabajen a sección llena.

$$\frac{q}{Q} = \frac{0.175}{58.42} = 0.003 \leq 1$$

Ya que cumple con la condición de que $q/Q < 1$, se toma el valor de 0.005 y se busca en la tabla de elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular para determinar la relación v/V , la cual en este caso equivale a 0.264.

$$V = 0.264 \times 3.20 \text{ mts/seg.} = 0.84, \text{ cumpliendo con el rango.}$$

Luego, con el mismo valor de q/Q se busca el valor de la relación d/D , el cual es de 0.0525 y por lo tanto cumple con la condición de que $d/D \leq 0.75$.

3.6.14.6 Parámetros de diseño

• Período de diseño	30 años
• Densidad de la población	5 habitantes/viviendas
• Tasa de crecimiento	3 % anual
• Población beneficiada actual	1240 habitantes
• Viviendas actuales	248
• Población futura	3,010 habitantes
• Viviendas futuras	602
• Sistema adoptado	Drenaje sanitario
• Forma de evacuación	Gravedad
• Dotación de agua potable	150 lts. / hab. / día
• Factor de caudal medio	0.002 lts / hab / día
• Factor de retorno	0.80
• Tubería a utilizar	PVC, norma ASTM F-949
• Velocidad mínima	0.5 mts/seg.
• Velocidad máxima	4.00 mts/seg.
• Lugar de descarga	Barranco Paxot, San Juan Comalapa

3.6.15 Descarga

Para este proyecto, el punto de descarga no contará con ningún tipo de tratamiento, éste se encontrará en la parte más baja de un barranco, donde no ocasionará problemas de carácter sanitario a las localidades situadas aguas abajo de éste proyecto, además cuenta con un espacio para que en el futuro se pueda implementar una fosa séptica o una planta de tratamiento.

3.7 Planos

La elaboración de planos finales se realizó en Autocad y Softdesk 8 Civil Survey, se encuentran en los anexos y contienen todos los detalles de la planta general y planta-perfil del terreno. En la planta se colocaron todos los datos necesarios para la localización de pozos de visita, estaciones topográficas, dirección del flujo, distancias entre pozos de visita, caudal y diámetro de tubería que existe entre los pozos de visita; en el perfil se especifican los diferentes niveles de altura entre pozos de visita, cotas invert, cota del pozo de visita, pendiente de la tubería, pendiente del terreno natural y el diámetro de tubería entre los pozos de visita.

Para completar el juego de planos, se dibujaron detalles típicos de pozos de visita, caja de inicio y pozos rompe presión.

3.8 Presupuesto y cronograma físico-financiero

Para la elaboración del presupuesto, se encontraron los renglones de trabajo, se realizaron las cuantificaciones de cada renglón del proyecto de drenaje sanitario y luego se calcularon los costos directos. Con estos resultados, se establecieron las relaciones físico-financieras que deben existir entre ellos para el éxito del proyecto estipulando un tiempo para su ejecución de cinco meses.

Los precios de los materiales son precios de venta en el municipio de San Juan Comalapa y los precios de arrendamiento y transporte de maquinaria, los cuales incluyen operador y combustible fueron cotizados en Chimaltenango y los salarios de la mano de obra, se tomaron los que se pagan en el municipio.

Tabla XI. Costo y precios unitarios de drenaje sanitario

CUADRO DE CANTIDADES ESTIMADAS DE TRABAJO, PRECIOS UNITARIOS Y COSTOS

PROYECTO: DRENAJE SANITARIO, BARRIO PAXOT LA CUMBRE
 UBICACIÓN: BARRIO PAXOT LA CUMBRE, SAN JUAN COMALAPA, CHIMALTENANGO.
 LONGITUD: 3,330 m.

No.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	MONTO
1.00	PRELIMINARES				
1.01	Trazo o replanteo topográfico	1,998.00	m ²	Q 6.05	Q 12,095.39
1.02	Excavación de zanja	6,978.00	m ³	Q 48.43	Q 337,944.54
1.03	Relleno y compactado de zanja	6,722.55	m ³	Q 96.86	Q 651,145.85
TOTAL DE RENGLON					Q 1,001,185.78
2.00	COLOCACION DE TUBERIA				
2.01	Tubería NOVAFORT P.V.C. ASTM F-949 ϕ 6"	1,698.00	m	Q 96.30	Q 163,512.16
2.02	Tubería NOVAFORT P.V.C. ASTM F-949 ϕ 8"	1,632.00	m	Q 182.82	Q 298,368.14
TOTAL DE RENGLON					Q 461,880.30
3.00	POZOS DE VISITA				
3.01	Pozo de visita de 0.80 m a 13.45 m de altura	1.00	U	Q 960,530.32	Q 960,530.32
TOTAL DE RENGLON					Q 960,530.32
COSTO TOTAL DE LA OBRA					Q 2,423,596.40

El costo total de la obra asciende a la cantidad de dos millones, cuatrocientos veintitrés mil, quinientos noventa y seis quetzales con cuarenta centavos (Q. 2,423,596.40).

Tabla XI. Cronograma físico-financiero de ejecución drenaje sanitario

CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCIERO

PROYECTO: DRENAJE SANITARIO, BARRIO PAXOT LA CUMBRE
 UBICACIÓN: BARRIO PAXOT LA CUMBRE, SAN JUAN COMALAPA, CHIMALTENANGO.
 LONGITUD: 3,330 m.

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDA D	UNIDA D	%	AVANCE FINANCIERO	MESES																				
						MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5																
						5-1	5-2	5-3	5-4	5-5	5-6	5-7	5-8	5-9	5-10	5-11	5-12	5-13	5-14	5-15	5-16	5-17	5-18	5-19	5-20	
1.00 PRELIMINARES																										
1.01	Trazo o replanteo topográfico	1,998.00	m ²	0.50%	Q. 12,095.39																					
1.02	Excavación de zanja	6,978.00	m ³	13.94%	Q. 337,944.54																					
1.03	Repleno y compactado de zanja	6,722.55	m ³	26.87%	Q. 651,146.85																					
2.00 COLOCACION DE TUBERIA																										
2.01	Tubería NOVAFOR T.P.V.C. ASTM F-949 Ø 6"	1,698.00	m	6.76%	Q. 163,512.16																					
2.02	Tubería NOVAFOR T.P.V.C. ASTM F-949 Ø 8"	1,632.00	m	12.31%	Q. 298,368.14																					
3.00 POZOS DE VISITA																										
3.01	Pozo de visita de 0.80 m a 13.45 m de altura	1.00	U	39.63%	Q. 960,530.32																					
				100.00%	Q. 2,423,596.40																					

4. PROPUESTA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Para la operación y mantenimiento de estos proyectos se contratará a un fontanero (en el caso del sistema de drenaje del barrio Paxot la Cumbre) y se capacitará a la comunidad beneficiada, principalmente al comité de vecinos, para que sean los administradores del sistema; con el propósito de prepararlos en la administración, operación y mantenimiento del sistema de drenaje y del camino pavimentado, atendiendo diferentes problemas frecuentes de éste tipo de proyectos, proporcionando posibles soluciones y la forma de como deben de afrontarse a los problemas mayores.

Se propone el siguiente programa de operación y mantenimiento, para el sistema de drenaje y del camino a pavimentar:

Tabla XIII. Programa de operación y mantenimiento del sistema de drenaje del barrio Paxot la Cumbre.

ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE	HERRAMIENTAS A UTILIZAR
Limpieza e inspección de los pozos de visita	Cada 6 meses	Fontanero y comunitarios	Cepillo de raíz, botas de hule, pala, cubeta, carretas, azadón
Inspección del área adyacente para determinar fuentes de contaminación	Cada 3 meses	Fontanero	Machete y azadón

Tabla IV. Programa de operación y mantenimiento del camino pavimentado que conduce a la aldea Pamumus

ACTIVIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE	HERRAMIENTAS A UTILIZAR
Limpieza e inspección de las cunetas del camino pavimentado	Cada mes	Comunitarios	Costal, machete, escoba, carretas, conos, guantes, pala, azadón
Limpieza e inspección de los taludes o área adyacente al proyecto	Cada mes	Comunitarios o COVIAL	Costal, machete, escoba, carretas, conos, guantes, pala, azadón

5. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

En sentido estricto, la ecología ha definido al ambiente como el conjunto de factores externos que actúan sobre un organismo, una población o una comunidad. Estos factores son esenciales para la supervivencia, el crecimiento y la reproducción de los seres vivos e inciden directamente en la estructura y dinámica de las poblaciones y de las comunidades. Sin embargo, la naturaleza es la totalidad de lo que existe.

Dentro de ella, también, entra lo que la sociedad construye a través de su accionar. Generalmente, ésto es lo que se identifica como "ambiente".

Podría definirse el Impacto Ambiental (IA) como la alteración, modificación o cambio en el ambiente, o en alguno de sus componentes de cierta magnitud y complejidad originado o producido por los efectos de la acción o actividad humana. Esta acción puede ser un proyecto de ingeniería, un programa, un plan, o una disposición administrativo-jurídica con implicaciones ambientales.

Debe quedar explícito, sin embargo, que el término impacto no implica negatividad, ya que éste puede ser tanto positivo como negativo. Se puede definir el Estudio de Impacto Ambiental como el estudio técnico, de carácter interdisciplinario, que incorporado en el procedimiento del Estudio de Impacto Ambiental, está destinado a predecir, identificar, valorar y corregir, las consecuencias o efectos ambientales que determinadas acciones pueden causar sobre la calidad de vida del hombre y su entorno. Es un documento técnico que debe presentar el titular del proyecto y sobre la base del cual se produce la Declaración o Estimación de Impacto Ambiental.

5.1 Impacto ambiental en pavimentación rígida

La construcción de vías pavimentadas, al igual que todos los proyectos de infraestructura, genera impactos en los componentes ambientales: ambiente físico, biológico y social. Para la construcción de un pavimento rígido los impactos generados se consideran poco significativos, debido a que generalmente no cruzan zona de alto valor escénico, área turística, sitio ceremonial, sitio arqueológico, área de protección agrícola, área de producción forestal, área de producción pecuaria.

Toda autorización derivada de un estudio de evaluación de impacto ambiental significativo, deberá garantizar su cumplimiento por parte de la persona interesada, individual o jurídica, por medio de una fianza que será determinada por el Ministerio de Ambiente.

Factores que puedan causar impacto ambiental y sus obras de mitigación

Tabla XV. Medidas de mitigación de impactos ambientales en pavimentos

Componentes	Impacto	Medida de mitigación
Suelos	Deslaves de material	Prevención durante la construcción, prevención de erosión usando estabilización física.
	Erosión de cortes	
Recursos hídricos	Alteración del drenaje superficial	Construcción durante estación seca, minimizar la erosión de la ribera del río, alteración mínima de corrientes de aguas naturales.
	Disminución de la calidad del agua	

Continuación

Componentes	Impacto	Medida de mitigación
Recursos hídricos	Contaminación cuerpos de agua por causas de los insumos utilizados durante la construcción	Depositar los desechos de insumos en un lugar fuera de la zona del cause del río
Calidad del aire	Contaminación del aire por polvo generado en construcción.	Uso de agua para minimizar la generación de polvo
Salud humana	Riesgos para la salud de los trabajadores	Desarrollar plan de seguridad e higiene
	Generación de desechos sólidos, derivados de las actividades de los trabajadores de la obra	Hacer servicios sanitarios provisionales. Colocar toneles para la basura, para posterior disposición en una zona adecuada
Vegetación y fauna	Remoción y afectación de cobertura vegetal	Utilizar la infraestructura existente para la instalación de los trabajadores. Separar la capa de material orgánico de la del material inerte. Disponer adecuadamente del material orgánico para su posible reutilización. Evitar el paso de maquinaria sobre el suelo con cobertura vegetal fuera del área de la obra. Restaurar las zonas afectadas con especies establecidas en el lugar.
Población	Alteración de las costumbres y cultura de las comunidades cercanas	Evitar la interferencia entre el tráfico peatonal y/o vehicular y los frentes de trabajo, además disponer de rutas alternativas en fechas de importancia para la población.

Continuación

Componentes	Impacto	Medida de mitigación
Población	Incremento en los niveles de accidentes	<p>Transportar el material de excavación sin superar la capacidad del vehículo de carga.</p> <p>Mantener una adecuada señalización en el área de la obra, en etapa de ejecución y operación.</p> <p>Instalar cercos perimetrales en los frentes de trabajo.</p> <p>Controlar la velocidad de los vehículos y que éstos cuenten con alarma reversa.</p>
Paisaje	Impacto visual	Recuperar y restaurar el espacio público afectado, una vez finalizada la obra, retirando todos los materiales y residuos provenientes de las actividades constructivas.
Patrimonio cultural	Daño al patrimonio cultural	Suspender la obra, delimitar el área e informar a quién corresponda para una correcta evaluación; en eventualidades de encontrar hallazgos históricos y arqueológicos, una vez realizadas estas actividades se puede continuar el trabajo.

5.2 Impacto Ambiental en drenaje sanitario

5.2.1 Identificación de factores que puedan causar Impacto Ambiental y a qué parte está afectando

Al analizar el diseño del proyecto, se determinó que los elementos bióticos, abióticos y socioeconómicos que serán impactados por el proyecto son:

El agua: debido a que existen fuentes superficiales pequeñas, quebradas, ríos, que pueden contaminarse con el movimiento de tierra, al momento del zanjeo.

El suelo: sí impactaran negativamente el mismo si no se verifica la etapa del zanjeo porque habrán movimientos de tierra por el mismo solamente se dará en la etapa de construcción y sus efectos son fácilmente prevenibles.

El aire: si no se verifican las fugas de aguas negras rápidamente hay peligro en el ambiente con malos olores.

Salud: hay un impacto relativamente pequeño en la salud en la etapa de construcción que debido al movimiento de tierras se producirá polvo en las sucesivas etapas del proyecto.

5.2.2 Impactos negativos

Los impactos negativos del proyecto se dan sólo en las etapas de construcción y operación del proyecto, y la mayoría se da en la fase de construcción, los elementos más impactados negativamente son:

- El suelo
- El agua
- Las partículas en suspensión.

5.2.3 Medidas de mitigación

- Para evitar las polvaredas, será necesario programar adecuadamente el horario de las labores de zanjeo, las que deberán efectuarse en el tiempo más corto posible, compactándose, adecuadamente, las mismas para evitar; el arrastre de partículas por el viento.
- Deberá de capacitarse al o a las personas encargadas del mantenimiento del sistema del drenaje sanitario, referente al manejo de las aguas servidas y reparaciones menores.
- Capacitar a las amas de casa, sobre el adecuado uso del sistema de drenaje para evitar que el mismo se convierta en un depósito de basura producida en el hogar.

5.2.4 Plan de contingencia

En áreas planas, ríos y riachuelos cercanos, es común que en épocas de lluvia ocurran inundaciones con el consecuente arrastre de fango y otros materiales o cuerpos extraños que en un dado caso pudieran dañar el proyecto.

- Integrar un comité de emergencia contra inundaciones, asolvamiento en la comunidad beneficiada y además deben velar por que los lugares en donde se ubican las obras civiles se encuentran lo más despejado posible.
- Elaborar un programa de capacitación para prevención de accidentes.
- Capacitar a los trabajadores que se encargarán de darle mantenimiento al sistema, especialmente sobre aspectos de limpieza de pozos de visita.
- Se debe velar porque los comunitarios no depositen su basura en las aguas negras, para evitar obstaculizaciones al sistema.
- Para la disposición de desechos generados por las familias se debe contar con depósitos, distribuidos en lugares estratégicos.
- Capacitar al personal que laborará en el proyecto en el momento de entrar en operación para su mantenimiento y limpieza, así se evitará la creación de basureros clandestinos.

5.2.5 Programa de monitoreo ambiental

- Supervisar periódicamente si están siendo ejecutadas las medidas de supervisión y mantenimiento del sistema.
- Monitorear si el personal utiliza el equipo necesario para la prevención de accidentes y de salud.
- Monitorear si la comunidad está organizada de acuerdo a lo propuesto en las medidas o plan de contingencia.

5.2.6 Plan de seguridad humana

- El personal que trabajará en la ejecución del proyecto debe contar con el equipo adecuado, tal como mascarillas, guantes, overoles, botas, casco, etc., que minimicen los riesgos de accidentes de salud.
- Plan de capacitación al personal que laborará en la ejecución del proyecto sobre aspectos de salud y manejo del sistema, y del equipo a utilizar.
- Mantener en un lugar de fácil acceso un botiquín con medicamentos de primeros auxilios.

5.2.7 Plan de seguridad ambiental

En el análisis de los impactos se observa que el proyecto tiene aspectos negativos al ambiente, solamente en la etapa de construcción, pero éstos son fácilmente manejables mediante la implementación de las medidas de mitigación que se explicaron en el apartado de alternativas de ahí en adelante no se visualizan impactos que dañen el ambiente.

5.2.8 Impactos positivos

Cabe resaltar que uno de los impactos positivos que tendrá el proyecto en el ambiente es el evitar la contaminación de los acuíferos, pues el objetivo del proyecto es que las aguas servidas no corran a flor de tierra y por lo tanto no contaminen el nivel freático. También cabe mencionar que se evitará la proliferación de bacterias en el ambiente, causantes de enfermedades a los pobladores, ayudando con ello al mejoramiento de las condiciones de salud.

5.2.9 Impacto Ambiental de las aguas tratadas en el cuerpo receptor

El impacto ambiental se puede calificar de tipo positivo, debido a que las aguas que llegarán al cuerpo receptor pasarán por una planta de tratamiento, evitando con ello la contaminación del barranco Paxot, que fue escogido como cuerpo receptor en el proyecto del alcantarillado sanitario para el barrio Paxot la Cumbre, San Juan Comalapa, Chimaltenango.

6 EVALUCIÓN SOCIO-ECONÓMICA

Cuando se analizan los costos se determina el impacto socioeconómico del proyecto; es decir, se enfatizará en los beneficios de los habitantes, ya que disminuirán el tiempo de desplazamiento para llegar a la cabecera municipal y viceversa, además de hacer que el viaje en ésta ruta sea más seguro y confortable para los pobladores de la aldea Pamumus, con ésto tendrán mayor tiempo para otras actividades productivas; por otra parte los pobladores, del barrio Paxot la Cumbre serán beneficiados con la prevención de enfermedades, y por ende gastos médicos; es aquí donde se dará el enfoque principal al problema.

Como todo proyecto de beneficio comunitario, debe de involucrarse a los beneficiarios directos; en la construcción del sistema de drenaje para el Barrio Paxot la Cumbre y para los habitantes de la aldea Pamumus, la pavimentación del camino que conduce a dicha Aldea, deben aportar la mano de obra no calificada, también se deben involucrar en la parte legal del proyecto, gestionando los derechos de paso de la tubería de drenaje. Además, la comunidad debe comprometerse en hacer sostenibles los proyectos, para darles mantenimiento y operación; éste compromiso radica en concienciar a los beneficiados del pago de una cuota por el servicio de drenaje con un monto considerable, determinado luego de analizar las características socioeconómicas de la comunidad del barrio Paxot, y en el caso de las personas de la aldea Pamumus, que éstos se comprometan en darle mantenimiento al camino pavimentado a trabes de jornales. El impacto financiero para la comunidad será mínimo.

Se tiene por otra parte el impacto económico social de los proyectos, donde se analiza no solo el costo monetario, sino las bondades desde el punto de vista de los aspectos que tienen impacto en la colectividad, los cuales son:

- El ahorro familiar de las personas del Barrio Paxot la Cumbre será incrementado al disminuir los gastos de medicina para aliviar enfermedades como cólera, paludismo, dengue, etc., son generadas por el agua residual no tratada.
- Se garantiza que el agua residual que generará éste sistema de drenaje no contamine el agua que se consume en esta localidad, pues se contará con una constante vigilancia y mantenimiento.
- Se incrementará el ahorro familiar de los pobladores de la aldea Pamumus pues el tiempo de viaje para llegar a vender productos agrícolas a la cabecera de San Juan Comalapa será acortado, con esto las personas ganarán tiempo para otras actividades productivas.
- Se evitarán enfermedades pulmonares ocasionadas cuando se respira el polvo que genera el camino de terracería que conduce a la aldea Pamumus.
- Mejorará la calidad de vida de los habitantes, higiene y salud, que incidirán en el desarrollo de la comunidad.
- Habrá bienestar de la comunidad por contar con el servicio de drenaje.

Por lo tanto, los beneficios de estos proyectos van en función de mejorar la calidad de vida de los miembros de la comunidad, no en el beneficio económico que de éstos pueda obtenerse.

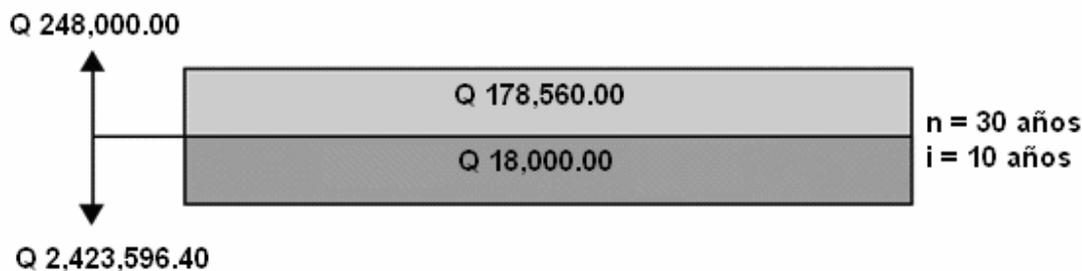
6.1 Valor presente neto

La municipalidad de San Juan Comalapa pretende invertir Q2,423,596.40 en la ejecución del proyecto, de la red de drenaje sanitario para el barrio Paxot la Cumbre. Se contratará un fontanero para el mantenimiento del sistema por Q1,500.00 mensuales. Se estima tener los siguientes ingresos: la instalación de la acometida será un pago único de Q500.00 por vivienda, también se pedirá un ingreso mensual por vivienda de Q10.00. Suponiendo una tasa del 10% al final de los 30 años de vida útil, se determinará la factibilidad del proyecto por medio del valor presente neto.

Tabla XVI. Costos de la red de distribución de drenaje

	Operación	Resultado
Costo inicial	Q 2,423,596.40	Q 2,423,596.40
Ingreso inicial	(1,000.00 Q/viv)(248 viv)	Q 248,000.00
Costos anuales	(Q 1500 Q/mes)(12 mes)	Q 18,000.00
Ingresos anuales	(Q 60.00Q/viv mes)(248 viv)(12 mes)	Q 178,560.00
Vida útil, en años		30 años

Una forma de analizar éste proyecto es situar en una línea de tiempo los ingresos y egresos y trasladarlos posteriormente al valor presente, utilizando una tasa de interés del 10%.



Si se utiliza el signo negativo para los egresos y el signo positivo para los ingresos se tiene:

$$VPN = -2,423,596.40 + 248,000.00 - 18,000.00(1 + 0.10)^{30} + 178,560.00(1 + 0.10)^{30}$$

$$VPN = 626,079.63$$

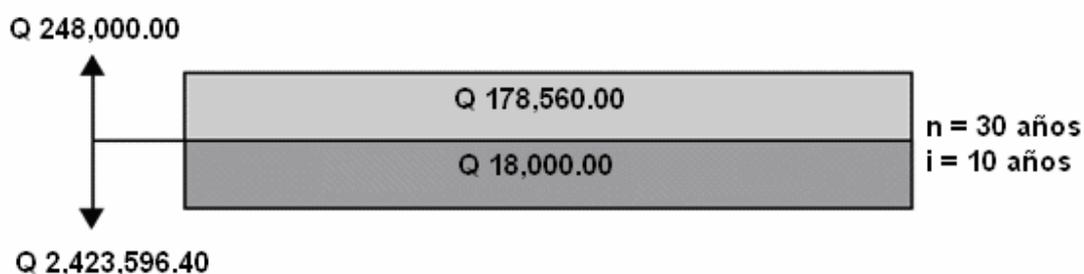
Como el Valor Presente Neto calculado es mayor que cero, lo más recomendable sería aceptar el proyecto, pero se debe tener en cuenta que éste es sólo el análisis matemático y que también existen otros factores que pueden influir en la decisión como el riesgo inherente al proyecto, el entorno social, político o a la misma naturaleza que circunda el proyecto, es por ello que la decisión debe tomarse con mucho tacto.

De la misma manera se calculará el valor presente neto para el proyecto de pavimentación del camino que conduce a la aldea Pamumus.

6.2 Tasa interna de retorno

La empresa ejecutora propondrá a la alcaldía construir el sistema de la red de drenaje para el barrio Paxot la Cumbre, con un costo inicial aproximado de Q2,423,596.40. Por otra parte, la alcaldía necesita de Q18,000.00 al final de cada año, como costo de mantenimiento y 178,560.00, por la cuota de amortización, también se tendrá un ingreso inicial por el derecho de cada conexión domiciliar, éste será de Q248,000 por el total de 248 viviendas existentes, con lo cual se pretende cubrir los gastos en el período de 30 años, que es la vida útil del sistema.

1. Se realiza la gráfica del problema



2. Teniendo claro lo anterior, se plantea y soluciona la ecuación de valor por medio de la metodología de la tasa interna de retorno (TIR).

a). Se utiliza una tasa de interés $i = 10\%$

$$VPN = -2,423,596.40 + 248,000.00 - 18,000.00(1 + 0.10)^{30} + 178,560.00(1 + 0.10)^{30}$$
$$VPN = 626,079.63$$

b). Se utiliza una tasa de interés de $i = 8\%$

$$VPN = -2,423,596.40 + 248,000.00 - 18,000.00(1 + 0.08)^{30} + 178,560.00(1 + 0.08)^{30}$$

$$VPN = -559,936.21$$

4. Se utiliza la interpolación matemática para hallar la tasa de interés que se busca.

$$\left[\begin{array}{l} 10\% \rightarrow 626,079.63 \\ i \rightarrow 0 \\ 8\% \rightarrow -559,936.21 \end{array} \right]$$

5. Se utiliza la proporción entre diferencias que se correspondan:

$$VPN = -2,423,596.40 + 248,000.00 - 18,000.00(1 + 0.10)^{30} + 178,560.00(1 + 0.10)^{30}$$

$$VPN = 626,079.63$$

$$\frac{10 - i}{10 - 8} = \frac{626,079.63}{(626,079.63) - (-559,936.21)}$$

Después de una serie de interpolaciones matemáticas sucesivas se tiene que, la tasa de interés $i = 8.944230576\%$, representaría la tasa efectiva mensual de retorno.

De la misma manera se calculará la tasa interna de retorno para el proyecto de pavimentación del camino que conduce a la aldea Pamumus.

CONCLUSIONES

1. El Ejercicio Profesional Supervisado –EPS- permite conocer a profundidad la situación en que se encuentran las comunidades del interior de la República. Con el trabajo de campo se hace un mejor estudio para diseñar con certeza, los proyectos de infraestructura que se adecúan a las necesidades de la comunidad, contribuyendo de ésta manera, con un servicio para la población guatemalteca.
2. El beneficio que obtendrá la población de la aldea Pamumus al pavimentar el camino que conduce a esta localidad será mejorar la fluidez de vehículos que transitan de la Aldea a la cabecera municipal de San Juan Comalapa.
3. El proyecto de drenaje sanitario para el barrio Paxot la Cumbre, se determinó que es importante, ya que la población es víctima de enfermedades de tipo gastro-intestinal, causadas por aguas negras. Demostrando que con una correcta evacuación de las aguas residuales, la población será beneficiada, ya que ésto ayudará a preservar el medio ambiente.
4. Se determinó que la planta de tratamiento para el drenaje sanitario tiene un riesgo de vulnerabilidad por el sitio donde se encuentra ubicada, estando su punto de desfogue en las orillas de un río.
5. Es importante tomar en cuenta una planta de tratamiento para las aguas negras, pues con ello, se reduce la contaminación ambiental y la preservación de la flora y la fauna, pudiéndose reutilizar dichas aguas para usos diversos.

RECOMENDACIONES

1. La Oficina Municipal de Planificación deberá exigir el cumplimiento de las especificaciones contenidas en los planos a la entidad ejecutora del proyecto.
2. Tener un plan de limpieza de cunetas y tragantes, antes de la época de invierno, ya que es difícil evacuar el agua pluvial cuando éstos se encuentran repletos de basura, lo cual puede traer como consecuencia, inundaciones. Una vez terminado el proyecto de sistema de alcantarillado, se sugiere tener un plan de limpieza para el sistema que deberá realizarse dos veces al año, ya que el objetivo es evitar la acumulación en las tuberías, colectores y pozos de visita de basura o material que perjudique el buen funcionamiento del proyecto.
3. Previo a la descarga de las aguas residuales, que en éste caso es en el barranco Paxot, se aconseja construir una planta de tratamiento de aguas residuales, contando con la asesoría de un Ingeniero Sanitario.
4. Se sugiere tomar en cuenta la vulnerabilidad de la planta de tratamiento con obras de mitigación, ya que la ubicación es inmediata al barranco Paxot, que fue considerado como cuerpo receptor.

BIBLIOGRAFÍA

1. **CIFUENTES Barrios, Marco Tulio.** Estudio de introducción de drenajes sanitarios y planta de tratamiento en el caserío El silencio, Municipio de Coatepeque, departamento de Quetzaltenango. Trabajo de graduación de ingeniero civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004.
2. **CHACON Valdez, Henry Ernesto.** Diseño de pavimento rígido de la calzada principal de acceso al municipio del Progreso y ampliación del sistema de agua potable de la aldea El Ovejero del municipio del Progreso. Trabajo de graduación de ingeniero civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1995.
3. **DÍAZ Flores, Juan Carlos.** Diseño de pavimento y drenaje pluvial de un sector de las zonas 1 y 9, y Drenaje sanitario del Cantón Choqui Zona 5, Quetzaltenango. Trabajo de graduación de ingeniero civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1998.
4. **Pórtland Cement Association (PCA).** Design of concrete pavement for city streets. USA 1974
5. **RODAS Ceballos, Gustavo Adolfo.** Estudio comparativo entre la utilización de alcantarilla de metal corrugado y alcantarilla de material plástico en drenajes menores de carreteras. Trabajo de graduación de ingeniero civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004.
6. **SOLMINIHAC Tamper, Hernán E.** Gestión de Infraestructura Vial, segunda edición, Ediciones Universidad Católica de Chile, Chile, 2001.
7. **WEISSIG, Dirk.** Fundamentos sobre la compactación de suelos. Editorial Wacker-Werke GMBH & Co., Alemania, 1995.

APÉNDICE 1

Tabla XVII. Resumen del cálculo de curvas horizontales

Curva	Deflexión	G	R(m)	Lc(m)	St(m)	Cmax	E(m)	OM(m)	PC	PI	PT
1	37° 43' 20"	30°	38.20	25.15	13.05	24.70	2.17	2.05	0+019.12	0+032.17	0+044.27
2	19° 14' 6"	20°	57.30	19.24	9.71	19.14	0.82	0.81	0+060.76	0+070.47	0+080.00
3	21° 25' 44"	15°	76.39	28.57	14.45	28.41	1.36	1.33	0+098.91	0+113.36	0+127.48
4	5° 39' 43"	10°	114.59	11.32	5.67	11.32	0.14	0.14	0+184.94	0+190.61	0+196.26
5	12° 52' 44"	15°	76.39	17.17	8.62	17.14	0.49	0.48	0+222.02	0+230.64	0+239.19
6	42° 28' 24"	25°	45.84	33.98	17.81	33.21	3.34	3.11	0+240.66	0+258.47	0+274.64
7	15° 39' 37"	15°	76.39	20.88	10.51	20.82	0.72	0.71	0+277.03	0+287.54	0+297.91
8	12° 22' 30"	12°	95.49	20.63	10.35	20.58	0.56	0.56	0+385.38	0+395.73	0+406.01
9	14° 57' 59"	12°	95.49	24.94	12.54	24.87	0.82	0.81	0+444.01	0+456.55	0+468.95
10	26° 6' 40"	18°	63.66	29.01	14.76	28.76	1.69	1.65	0+521.26	0+536.02	0+550.27
11	29° 52' 46"	20°	57.30	29.88	15.29	29.54	2.00	1.94	0+627.77	0+643.06	0+657.65
12	43° 44' 34"	30°	38.20	29.16	15.33	28.46	2.96	2.75	0+679.20	0+694.53	0+708.36
13	21° 24' 51"	30°	38.20	14.28	7.22	14.19	0.68	0.67	0+711.37	0+718.59	0+725.65
14	45° 38' 4"	20°	57.30	45.63	24.11	44.44	4.86	4.48	0+741.00	0+765.11	0+786.63
15	29° 39' 51"	10°	114.59	59.33	30.35	58.67	3.95	3.82	0+796.75	0+827.10	0+856.08
16	21° 8' 40"	15°	76.39	28.19	14.26	28.03	1.32	1.30	0+935.27	0+949.53	0+963.46
17	16° 9' 38"	10°	114.59	32.32	16.27	32.21	1.15	1.14	0+988.67	1+004.94	1+020.99
18	21° 51' 20"	10°	114.59	43.71	22.12	43.45	2.12	2.08	1+056.55	1+078.67	1+100.26
19	53° 32' 44"	30°	38.20	35.70	19.27	34.41	4.59	4.09	1+151.74	1+171.01	1+187.44
20	83° 35' 57"	63°	18.19	26.54	16.26	24.25	6.21	4.63	1+193.84	1+210.10	1+220.38
21	34° 11' 29"	15°	76.39	45.59	23.50	44.92	3.53	3.38	1+276.44	1+299.94	1+322.03
22	16° 19' 25"	15°	76.39	21.76	10.96	21.69	0.78	0.77	1+382.00	1+392.96	1+403.76
23	18° 28' 24"	15°	76.39	24.63	12.42	24.52	1.00	0.99	1+423.07	1+435.49	1+447.70
24	19° 38' 10"	12°	95.49	32.73	16.53	32.57	1.42	1.40	1+488.52	1+505.05	1+521.25
25	6° 41' 57"	10°	114.59	13.40	6.71	13.39	0.20	0.20	1+534.59	1+541.30	1+547.99
26	21° 56' 18"	10°	114.59	43.88	22.21	43.61	2.13	2.09	1+568.49	1+590.70	1+612.37
27	4° 11' 14"	5°	229.18	16.75	8.38	16.75	0.15	0.15	1+655.10	1+663.48	1+671.85
28	20° 14' 35"	12°	95.49	33.74	17.05	33.56	1.51	1.49	1+735.90	1+752.95	1+769.64
29	14° 29' 53"	10°	114.59	29.00	14.58	28.92	0.92	0.92	1+823.28	1+837.86	1+852.28
30	27° 34' 28"	20°	57.30	27.57	14.06	27.31	1.70	1.65	1+884.97	1+899.03	1+912.54
31	18° 45' 16"	20°	57.30	18.75	9.46	18.67	0.78	0.77	1+924.27	1+933.73	1+943.02
32	53° 38' 39"	63°	18.19	17.03	9.20	16.41	2.19	1.96	1+947.30	1+956.50	1+964.33
33	14° 31' 37"	10°	114.59	29.05	14.61	28.98	0.93	0.92	1+969.10	1+983.71	1+998.15

Tabla XVIII. Resumen de cálculo de curvas verticales

Curva	P1 %	P2 %	A %	LCV (m)	K	Est. PIV	Elev. PIV	Tipo Curva
1	13.33	-5.00	-18.33	20.00	1.09	0+030.00	964.00	Convexa
2	-5.00	10.36	15.36	30.00	1.95	0+070.00	962.00	Concava
3	10.36	-5.98	-16.34	30.00	1.84	0+179.89	973.39	Convexa
4	-5.98	3.85	9.83	30.00	3.05	0+270.00	968.00	Concava
5	3.85	-2.50	-6.35	40.00	6.30	0+400.00	973.00	Convexa
6	-2.50	10.00	12.50	30.00	2.40	0+520.00	970.00	Concava
7	10.00	-12.00	-22.00	30.00	1.36	0+570.00	975.00	Convexa
8	-12.00	2.86	14.86	30.00	2.02	0+620.00	969.00	Concava
9	2.86	-4.37	-7.23	40.00	5.53	0+690.00	971.00	Convexa
10	-4.37	-1.33	3.04	40.00	13.16	0+850.00	964.00	Concava
11	-1.33	-13.85	-12.52	30.00	2.40	1+000.00	962.00	Convexa
12	-13.85	-5.00	8.85	30.00	3.39	1+130.00	944.00	Concava
13	-5.00	14.29	19.29	40.00	2.07	1+310.00	935.00	Concava
14	14.29	8.89	-5.40	40.00	7.41	1+450.00	955.00	Convexa
15	8.89	-9.00	-17.89	20.00	1.12	1+540.00	963.00	Convexa
16	-9.00	14.55	23.55	50.00	2.12	1+640.00	954.00	Concava
17	14.55	17.50	2.95	30.00	10.17	1+750.00	970.00	Concava
18	17.50	8.00	-9.50	30.00	3.16	1+910.00	998.00	Convexa
19	8.00	-5.41	-13.41	20.00	1.49	1+960.00	1002.00	Convexa
20	-5.41	-0.83	4.58	30.00	6.55	2+000.00	999.83	Concava

APÉNDICE 2

Figura 6. Resultados de ensayo de laboratorio de suelos



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



INFORME No. 543 S.S. O.T.: 22,431

Interesado: Wilby Miguel Batz Saquimux

Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.

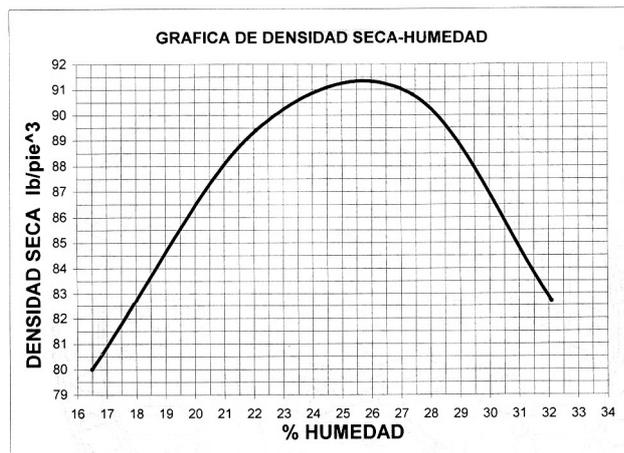
Proctor Estándar: () Norma:

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

Proyecto: Trabajo de Graduación - EPS

Ubicación: San Juan Comalapa, Chimaltenango.

Fecha: 27 de noviembre de 2007



Banco No. 1

Descripción del suelo: Arena limo arcillosa color café

Densidad seca máxima γ_{dmax} : 1463 Kg/m³

91,3 lb/ft³

Humedad óptima Hop.: 25,7 %

Observaciones: Muestra tomada por el interesado

Atentamente,

Vo. Bo.:



Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
DIRECTOR 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 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993

Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Continuación



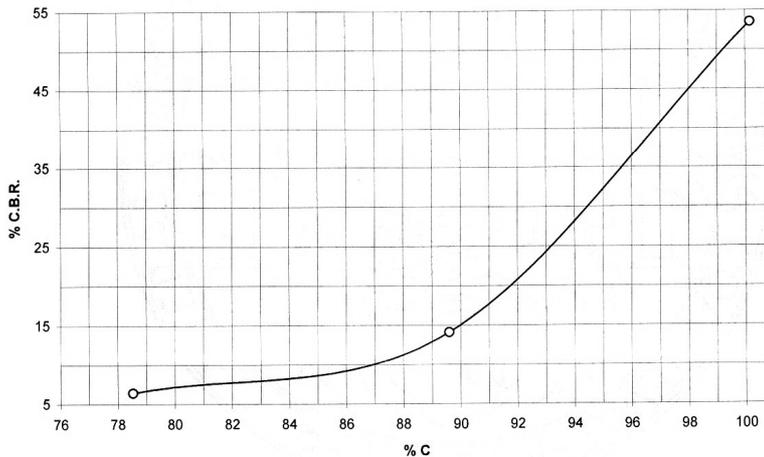
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No.: 544 S.S. O.T.: 22,431
 Interesado: Wilby Miguel Batz Saquimux
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O. T-193
 Proyecto: Trabajo de Graduación - EPS
 Ubicación: San Juan Comalapa, Chimaltenango.
 Descripción del suelo: Arena limo arcillosa color café
 Banco No.: 1
 Fecha: 27 de noviembre de 2007

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	γ_d (Lb/pie ³)			
1	10	15,00	71,7	78,5	1,83	6,4
2	30	15,00	81,8	89,6	2,13	14,1
3	65	15,00	91,5	100,2	1,70	53,5

GRAFICA DE % C.B.R.-% DE COMPACTACION



Atentamente,

Vo. Bo.:

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Álvarez
DIRECTOR CII/USAC

Omar E. Medrano Mendez
Ing. Omar Enrique Medrano Mendez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2476-3992, Planta 2443-9500 Ext. 1502, FAX: 2476-3993
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Continuación



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



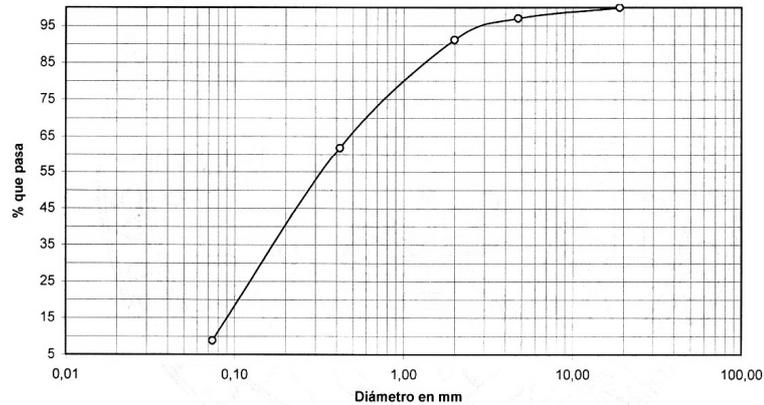
INFORME No. 545 S.S. O.T.: 22,431

Interesado: Wilby Miguel Batz Saquimux
Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo.
Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11
Proyecto: Trabajo de Graduación - EPS

Procedencia: San Juan Comalapa, Chimaltenango.
Fecha: 27 de noviembre de 2007
Banco No. 1

Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
2"	50,8	100,00
3/4"	19,00	100,00
4	4,76	97,05
10	2,00	91,17
40	0,42	61,76
200	0,074	8,82

% de Grava: 2,95
% de Arena: 88,23
% de Finos: 8,82



Descripción del suelo: Arena limo arcillosa color café
Clasificación: S.C.U.: SM P.R.A.: A -3
Observaciones: Muestra tomada por el interesado

Atentamente,



Vo. Bo.
Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez
DIRECTOR CIUSAC



Omar E. Medrano Méndez
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Continuación



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



INFORME No. 546 S. S.

O.T.: 22,431

Interesado: Wilby Miguel Batz Saquimux
Proyecto: Trabajo de Graduación - EPS

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG
Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Banco No: 1
Ubicación: San Juan Comalapa, Chimaltenango.

FECHA: 27 de noviembre de 2007

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	40,6	8,5	ML	Arena limo arcillosa color café

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

Observaciones: Muestra tomada por el interesado

Atentamente,

Vo. Bo.

Ing. Oswaldo Romeo Escobar Alvarez
DIRECTOR CII/USAC



Oscar E. Medrano Méndez
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

APÉNDICE 3

Tabla XVIII. Diseño hidráulico del drenaje sanitario

ALCANTARILLADO SANITARIO
 BARRIO: PAXOT LA CUMBRE
 MUNICIPIO: SAN JUAN COMALAPA
 DEPARTAMENTO: CHIMALTENANGO
 FECHA: FEBRERO DE 2008

PERIODO: DE DISEÑO 30 AÑOS

DE PV	A PV	COTAS DE TERRENO		DH mts.	PENDIENTE S(%) TERRENO	No. CASAS		HAB. SERVIR ACTUAL		CAUDAL DE DISEÑO		FACT. HARM.		Qd (Lts/seg)		DIAM. (Pig.)	S(%) TUBO	SECCIÓN LLENADA	
		INICIO	FINAL			LOCAL	ACUM	LOCAL	ACUM	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.			V (ms./s)	Q (Lts./s)
0	1	1000,00	1001,80	41,25	(4,36)	4	4	20	20	0,020	0,048	4,380	4,317	0,175	0,419	6	8,00	3,20	58,42
1	2	1001,80	1001,80	8,2	-	1	5	5	25	0,025	0,060	4,367	4,297	0,218	0,521	6	8,00	3,20	58,42
2	3	1001,80	1000,29	39,56	3,82	2	7	10	35	0,034	0,084	4,344	4,262	0,304	0,724	6	4,00	2,26	41,31
3	4	1000,29	998,75	39,56	3,89	3	10	15	50	0,049	0,227	4,315	4,125	0,431	1,902	8	4,00	2,74	88,96
4,1	4	998,75	998,06	50,29	1,37	4	4	20	20	0,020	0,048	4,380	4,317	0,175	0,419	6	5,50	2,66	48,44
4,3	4,2	1001,98	1000,23	35,47	4,93	4	4	20	20	0,020	0,048	4,380	4,317	0,175	0,419	6	5,50	2,66	48,44
4,2	4	1000,23	998,06	36	6,03	3	7	15	35	0,034	0,084	4,344	4,262	0,304	0,724	6	6,03	2,78	50,77
4	5	998,06	995,77	27,6	8,30	2	23	10	115	0,113	0,275	4,226	4,092	0,972	2,284	8	2,00	1,94	62,99
5	6	995,77	990,24	50,32	10,99	4	27	20	135	0,133	0,322	4,206	4,062	1,135	2,662	8	4,08	2,77	89,87
6	7	990,24	988,22	49,5	4,08	4	31	20	155	0,152	0,370	4,186	4,035	1,298	3,036	8	2,00	1,94	62,99
7	8	988,22	973,50	29,66	49,63	2	33	10	165	0,162	0,394	4,177	4,022	1,379	3,222	12	49,63	12,66	923,87
2.1.2	2,1	1011,22	1005,20	31,83	18,91	4	4	20	20	0,020	0,048	4,380	4,317	0,175	0,419	6	8,00	3,20	58,42
2	2,1	1001,80	999,20	66	3,94	3	3	15	15	0,015	0,036	4,396	4,341	0,132	0,316	6	8,00	3,20	58,42
2,1	2,2	999,20	995,25	23,11	17,09	10	17	50	85	0,084	0,203	4,262	4,143	0,725	1,710	6	7,00	3,00	54,61
2,2	2,3	995,25	988,04	50,79	14,20	1	18	5	90	0,089	0,215	4,256	4,134	0,766	1,806	6	14,20	4,27	77,87
2,3	2,4	988,04	978,52	38,4	24,79	1	19	5	95	0,093	0,227	4,250	4,125	0,807	1,902	6	24,79	5,64	102,83
2,4	8	978,52	973,50	44,47	11,29	0	19	0	95	0,093	0,227	4,250	4,125	0,807	1,902	6	11,29	3,80	69,32
8	9	973,50	965,43	49,73	16,23	3	55	15	275	0,271	0,657	4,094	3,906	2,252	5,215	12	16,23	7,24	528,27
9,1	9	965,43	965,43	46,37	-	6	6	30	30	0,030	0,072	4,355	4,279	0,261	0,623	6	3,80	2,21	40,22
9	10	965,43	950,31	46,74	32,35	6	67	30	335	0,330	0,800	4,058	3,856	2,719	6,271	15	30,00	11,42	1,302,37
10	11	950,31	934,19	35,26	45,72	3	70	15	350	0,344	0,836	4,049	3,845	2,834	6,532	18	44,00	15,62	2,564,77
11,2	11,1	934,19	933,98	15	5,40	1	1	5	5	0,005	0,012	4,439	4,406	0,044	0,107	6	18,00	4,80	87,61
11,1	11	933,98	934,19	21,6	(0,97)	4	5	20	25	0,025	0,060	4,367	4,297	0,218	0,521	6	5,00	2,53	46,11
11	12	934,19	920,90	28	47,46	3	78	15	390	0,384	0,931	4,027	3,815	3,141	7,223	18	44,00	15,62	2,564,77
12	13	920,90	910,45	46	22,72	1	79	5	395	0,389	0,943	4,025	3,812	3,180	7,309	18	22,72	11,23	1,842,87
13,2	13,1	915,19	912,90	12,68	18,06	1	1	5	5	0,005	0,012	4,439	4,406	0,044	0,107	6	18,00	4,80	87,61
13,1	13	912,90	911,95	19,44	4,89	1	2	5	10	0,010	0,024	4,415	4,369	0,088	0,212	6	10,00	3,58	65,33
13	14	911,95	905,29	70	9,51	4	85	20	425	0,418	1,015	4,010	3,791	3,408	7,822	18	9,51	7,26	1,192,66
14,4	14,3	910,21	908,58	29,47	5,53	4	4	20	20	0,020	0,048	4,380	4,317	0,175	0,419	6	5,50	2,66	48,44
14,3	14,2	908,58	907,11	26,23	5,60	4	8	20	40	0,030	0,096	4,333	4,247	0,347	0,825	6	5,50	2,66	48,44
14,2	14,1	907,11	906,68	30,66	1,40	1	9	5	45	0,044	0,107	4,324	4,233	0,389	0,925	6	4,50	2,40	43,80
14,1	14	906,68	905,29	14	9,93	5	14	25	70	0,069	0,167	4,283	4,173	0,600	1,418	6	9,93	3,57	65,00
14	15	905,29	895,90	49,98	18,79	3	102	15	510	0,502	1,218	3,970	3,738	4,049	9,255	18	18,79	10,21	1,675,92
15	16	895,90	890,45	33,96	16,05	0	102	0	510	0,502	1,218	3,970	3,738	4,049	9,255	18	16,05	9,43	1,548,93
16	17	890,45	879,26	45,36	24,67	2	104	10	520	0,512	1,242	3,965	3,733	4,124	9,422	21	24,67	12,96	2,896,88
17	18	879,26	867,18	29,5	40,95	0	104	0	520	0,512	1,242	3,965	3,733	4,124	9,422	21	35,00	15,44	3,450,43
18,2	18,1	870,38	867,71	48,92	5,46	7	7	35	35	0,034	0,084	4,344	4,262	0,304	0,724	6	5,50	3,22	104,32
18,1	18	867,71	867,18	41,95	1,26	8	15	40	75	0,074	0,179	4,276	4,163	0,641	1,516	8	5,00	3,07	99,44
18	19	867,18	852,50	38,63	38,00	1	120	5	600	0,590	1,433	3,932	3,689	4,719	10,744	21	35,00	15,44	3,450,43
19	20	852,50	840,72	39,47	29,85	0	120	0	600	0,590	1,433	3,932	3,689	4,719	10,744	21	22,50	12,38	2,766,55
20	21	840,72	836,35	30	14,57	1	121	5	605	0,595	1,445	3,930	3,686	4,756	10,826	21	14,57	9,96	2,225,99
21	22	836,35	820,85	65,74	23,58	6	127	30	635	0,625	1,516	3,919	3,671	4,977	11,316	21	22,00	12,24	2,735,65
1	26	1001,80	996,57	44,6	11,73	2	2	10	10	0,010	0,024	4,415	4,369	0,088	0,212	6	10,00	3,58	65,33
26	27	996,57	991,99	39,13	11,70	2	4	10	20	0,020	0,048	4,380	4,317	0,175	0,419	6	20,34	5,11	93,11
27	28	991,99	986,84	26,54	19,40	2	6	10	30	0,030	0,072	4,355	4,279	0,261	0,623	6	19,40	4,99	90,90
28	29	986,84	981,85	39,21	12,73	5	11	25	55	0,054	0,131	4,306	4,207	0,474	1,123	6	12,70	4,03	73,33
29	30	981,85	976,00	45,75	12,79	2	13	10	65	0,064	0,155	4,290	4,184	0,558	1,320	6	12,81	4,05	73,33
30,4	30,3	980,19	978,45	31,76	5,48	4	4	20	20	0,020	0,048	4,380	4,317	0,175	0,419	6	5,50	2,66	48,44
30,3	30,2	978,45	977,48	38,19	2,54	6	10	30	50	0,049	0,119	4,315	4,220	0,431	1,024	6	2,50	1,79	32,22
30,2	30,1	977,48	976,64	46,62	1,80	4	14	20	70	0,069	0,167	4,283	4,173	0,600	1,418	6	1,80	1,52	27,17
30,1	30	976,64	976,00	42,98	1,49	3	17	15	85	0,084	0,203	4,262	4,143	0,725	1,710	6	1,49	1,38	25,25
30	31	976,00	974,71	54,36	2,37	3	33	15	165	0,162	0,394	4,177	4,022	1,379	3,222	8	2,01	1,94	63,33
31	32	974,71	972,91	57,87	3,11	5	38	25	190	0,187	0,454	4,156	3,992	1,579	3,682	8	3,46	2,55	82,22
32	33	972,91	970,41	17,36	14,40	1	39	5	195	0,192	0,466	4,152	3,986	1,619	3,774	8	14,40	5,21	168,33
33,4	33,3	977,03	974,18	23,43	12,16	2	2	10	10	0,010	0,024	4,415	4,369	0,088	0,212	6	10,00	3,58	65,33
33,3	33,2	974,18	972,85	35,52	3,74	4	6	20	30	0,030	0,072	4,355	4,279	0,261	0,623	6	3,75	2,19	40,22
33,2	33,1	972,85	972,19	18	3,67	1	7	5	35	0,034	0,084	4,344	4,262	0,304	0,724	6	3,67	2,17	39,33
33,1	33	972,19	970,41	28,6	6,22	5	12	25	60	0,059	0,143	4,298	4,195	0,516	1,222	6	6,22	2,82	51,11
33	34	970,41	967,91	85,65	2,92	2	53	10	265	0,261	0,633	4,101	3,915	2,173	5,037	8	2,92	2,34	75,55
34	35	967,91	964,79	60,91	5,12	3	56	15	280	0,275	0,669	4,091	3,902	2,291	5,304	8	5,12	3,10	100,00
35	36	964,79	949,79	29,72	50,47	0	56	0	280	0,275	0,669	4,091	3,902	2,291	5,304	10	31,00	8,86	449,00
36,1	36	956,79	949,79	36,7	19,07	5	5	25	25	0,025	0,060	4,367	4,297	0,218	0,521	6	19,07	4,94	90,90
36	37	949,79	936,79	60	21,67	7	68	35	340	0,334	0,812	4,055	3,852	2,757	6,358	21	21,67	12,15	2,715,55
37	38	936,79	922,02	20	73,85	2	70	10	350	0,344	0,836	4,049	3,845	2,834	6,532	21	37,00	15,88	3,547,77
38,1	38	924,19	922,02	56,9	3,81	7	7	35	35	0,034	0,084	4,344	4,262	0,30					

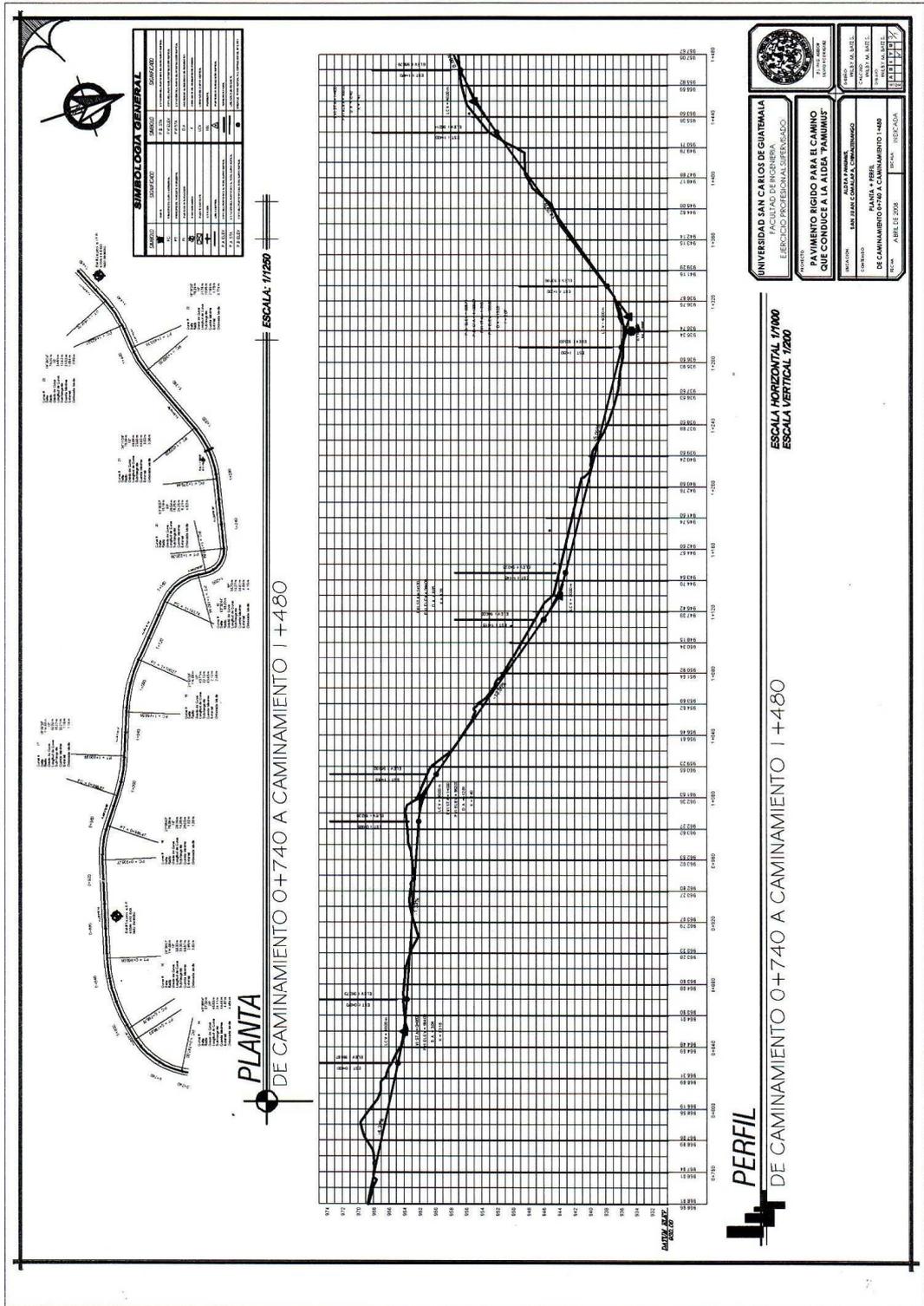
q/Q		v/V		VELOCIDAD DE DISEÑO (ms./s)		COTA INVERT		PROF. POZO		ALTURA DE POZO	ANCHO ZANJA (m)	EXC. m ³	CHEQUEO VELOCIDAD	
ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	SALIDA	ENTRADA	INICIO	FINAL				ACTUAL	FUTURO
0,002999	0,007175	0,191885	0,289158	0,61	0,93	998,60	995,30	1,40	6,50	1,40	0,60	97,82	OK	OK
0,003738	0,008927	0,236362	0,307527	0,76	0,98	995,27	994,61	6,55	7,19	6,55	0,60	33,80	OK	OK
0,007361	0,017532	0,292267	0,380479	0,66	0,86	994,58	993,00	7,25	7,29	7,25	0,60	172,55	OK	OK
0,004850	0,021384	0,256893	0,403692	0,70	1,11	992,97	991,39	7,35	7,36	7,35	0,60	174,63	OK	OK
0,003617	0,008654	0,232842	0,304512	0,62	0,81	997,35	994,58	1,40	3,48	1,40	0,60	73,64	OK	OK
0,003617	0,008654	0,232842	0,304512	0,62	0,81	999,58	997,63	2,40	2,60	2,40	0,60	53,21	OK	OK
0,005996	0,014282	0,273304	0,356302	0,76	0,99	997,80	995,63	2,40	2,43	2,40	0,60	52,16	OK	OK
0,015453	0,036313	0,364475	0,473014	0,71	0,92	991,36	990,80	6,70	4,97	6,70	0,60	96,61	OK	OK
0,012638	0,029628	0,342408	0,445252	0,95	1,23	990,77	988,72	5,00	1,52	5,00	0,60	98,33	OK	OK
0,020631	0,048262	0,398611	0,514669	0,77	1,00	988,69	987,70	1,55	0,52	1,55	0,60	30,69	OK	OK
0,001492	0,003487	0,175765	0,232842	2,23	2,95	985,54	970,82	2,70	2,68	2,70	0,60	47,87	OK	OK
0,001951	0,004667	0,191885	0,250157	0,94	1,23	1001,22	995,20	10,00	10,00	10,00	0,60	190,98	OK	OK
0,002258	0,005411	0,191885	0,263528	0,61	0,84	995,80	990,52	6,00	8,68	6,00	0,60	290,66	OK	OK
0,013260	0,031286	0,348007	0,452307	1,04	1,35	994,77	993,15	4,50	2,10	4,50	0,60	45,74	OK	OK
0,009844	0,023210	0,319412	0,413727	1,36	1,76	993,17	985,96	2,10	2,08	2,10	0,60	63,69	OK	OK
0,007852	0,018498	0,298427	0,385717	1,68	2,17	986,08	976,56	1,95	1,96	1,95	0,60	45,04	OK	OK
0,011636	0,027414	0,3339	0,433316	1,27	1,65	976,54	971,52	2,00	1,98	2,00	0,60	53,10	OK	OK
0,004263	0,009872	0,246749	0,319412	1,79	2,31	969,87	961,80	3,65	3,63	3,65	0,60	108,61	OK	OK
0,006490	0,015478	0,279709	0,364475	0,62	0,80	963,43	961,67	2,00	3,76	2,00	0,60	80,16	OK	OK
0,002087	0,004815	0,191885	0,256893	2,19	2,93	961,51	947,49	3,90	2,82	3,90	0,60	94,26	OK	OK
0,001105	0,002547	0,163129	0,191885	2,55	3,00	947,49	931,98	2,80	2,21	2,80	0,60	53,04	OK	OK
0,000507	0,001221	0,126464	0,167398	0,61	0,80	934,01	931,31	0,80	2,67	0,80	0,60	15,62	OK	OK
0,004728	0,011292	0,253537	0,331034	0,64	0,84	932,54	931,46	1,45	2,73	1,45	0,60	27,09	OK	OK
0,001225	0,002816	0,167398	0,191885	2,62	3,00	930,92	918,60	3,30	2,30	3,30	0,60	47,04	OK	OK
0,001725	0,003966	0,187926	0,239853	2,11	2,69	918,87	908,42	2,00	2,03	2,00	0,60	55,61	OK	OK
0,000507	0,001221	0,126464	0,167398	0,61	0,80	913,79	911,51	1,40	1,39	1,40	0,60	10,62	OK	OK
0,001352	0,003247	0,171609	0,191885	0,61	0,69	911,73	909,79	1,35	2,16	1,35	0,60	20,49	OK	OK
0,002858	0,006559	0,191885	0,279709	1,39	2,03	910,02	903,36	1,95	1,93	1,95	0,60	81,48	OK	OK
0,003617477	0,008654	0,232842	0,304512	0,62	0,81	908,81	907,19	1,40	1,39	1,40	0,60	24,72	OK	OK
0,007157	0,017026	0,289158	0,375193	0,77	1,00	907,18	905,73	1,40	1,38	1,40	0,60	21,86	OK	OK
0,008882	0,021105	0,307527	0,401157	0,74	0,96	905,71	904,33	1,40	2,35	1,40	0,60	34,53	OK	OK
0,009213	0,021790	0,310524	0,406216	1,11	1,45	905,28	903,89	1,40	1,40	1,40	0,60	11,78	OK	OK
0,002416	0,005523	0,191885	0,266810	1,96	2,72	903,25	893,86	2,05	2,04	2,05	0,60	61,33	OK	OK
0,002614	0,005975	0,191885	0,273304	1,81	2,58	893,77	888,32	2,15	2,13	2,15	0,60	43,60	OK	OK
0,001424	0,003253	0,175765	0,191885	2,28	2,49	888,40	877,21	2,05	2,05	2,05	0,60	55,79	OK	OK
0,001195	0,002731	0,167398	0,191885	2,58	2,96	875,70	865,38	3,55	1,80	3,55	0,60	47,39	OK	OK
0,002915	0,006942	0,191885	0,286029	0,62	0,92	868,98	866,29	1,40	1,42	1,40	0,60	41,49	OK	OK
0,006448	0,015238	0,279709	0,364475	0,86	1,12	866,31	864,21	1,40	2,97	1,40	0,60	55,05	OK	OK
0,001368	0,003114	0,171609	0,191885	2,65	2,96	864,13	850,61	3,05	1,89	3,05	0,60	57,26	OK	OK
0,001706	0,003884	0,183921	0,239853	2,28	2,97	847,99	839,11	4,50	1,61	4,50	0,60	72,36	OK	OK
0,002136	0,004864	0,191885	0,256893	1,91	2,56	838,81	834,44	1,90	1,91	1,90	0,60	34,29	OK	OK
0,001819	0,004137	0,187926	0,243315	2,30	2,98	829,85	815,39	6,50	5,46	6,50	0,60	235,93	OK	OK
0,001352	0,003247	0,171609	0,191885	0,61	0,69	999,58	995,12	2,20	1,45	2,20	0,60	48,84	OK	OK
0,001881	0,004500	0,191885	0,250157	0,98	1,28	995,09	987,13	1,50	4,86	1,50	0,60	74,65	OK	OK
0,002872	0,006849	0,191885	0,286029	0,96	1,43	987,10	981,95	4,90	4,89	4,90	0,60	77,93	OK	OK
0,006436	0,015261	0,279709	0,364475	1,13	1,47	981,92	976,94	4,90	4,91	4,90	0,60	115,37	OK	OK
0,007545	0,017859	0,292267	0,380479	1,18	1,54	976,91	971,05	4,95	4,95	4,95	0,60	135,85	OK	OK
0,003617	0,008654	0,232842	0,304512	0,62	0,81	978,79	977,04	1,40	1,41	1,40	0,60	26,79	OK	OK
0,013213	0,031363	0,348007	0,452307	0,62	0,81	976,97	976,02	1,50	1,46	1,50	0,60	33,97	OK	OK
0,021639	0,051176	0,403692	0,523112	0,61	0,79	976,01	975,17	1,50	1,47	1,50	0,60	41,53	OK	OK
0,028741	0,067811	0,440505	0,569685	0,61	0,79	975,16	974,52	1,50	1,48	1,50	0,60	38,43	OK	OK
0,021860	0,051086	0,406216	0,523112	0,79	1,02	971,00	969,91	5,00	4,80	5,00	0,60	159,86	OK	OK
0,019088	0,044503	0,388318	0,501799	0,99	1,28	969,88	967,87	4,85	5,04	4,85	0,60	171,66	OK	OK
0,009593	0,022356	0,316466	0,408730	1,65	2,13	967,84	965,34	5,10	5,07	5,10	0,60	52,91	OK	OK
0,001352	0,003247	0,171609	0,191885	0,61	0,69	975,03	972,69	2,00	1,49	2,00	0,60	24,55	OK	OK
0,006533	0,015580	0,279709	0,367173	0,61	0,81	972,75	971,42	1,45	1,43	1,45	0,60	30,71	OK	OK
0,007688	0,018312	0,298427	0,383103	0,65	0,83	971,42	970,76	1,45	1,43	1,45	0,60	15,55	OK	OK
0,010010	0,023715	0,319412	0,416210	0,90	1,18	970,73	968,95	1,45	1,46	1,45	0,60	24,97	OK	OK
0,028601	0,066283	0,440505	0,565762	1,03	1,33	965,31	962,81	5,10	5,10	5,10	0,60	261,83	OK	OK
0,022758	0,052685	0,411234	0,527293	1,28	1,64	962,78	959,66	5,15	5,13	5,15	0,60	187,66	OK	OK
0,005102	0,011812	0,260223	0,336751	2,31	2,98	957,34	948,13	7,45	1,66	7,45	0,60	81,25	OK	OK
0,002421	0,005781	0,191885	0,270068	0,95	1,34	955,17	948,17	1,65	1,62	1,65	0,60	36,00	OK	OK
0,001016	0,002342	0,1588	0,191885	1,93	2,33	947,27	934,27	2,50	2,52	2,50	0,60	90,40	OK	OK
0,000799	0,001841	0,145412	0,187926	2,31	2,98	925,37	917,97	11,45	4,05	11,45	0,60	93,00	OK	OK
0,007538	0,017955	0,292267	0,383103	0,65	0,85	922,19	920,02	2,00	2,00	2,00	0,60	68,28	OK	OK
0,000904	0,002079	0,145412	0,191885	2,26	2,98	908,58	901,48	13,45	3,35	13,45	0,60	100,80	OK	OK
0,003617	0,008654	0,232842	0,304512	0,62	0,81	904,59	902,68	1,40	2,15	1,40	0,60	37,05	OK	OK
0,001274	0,002921	0,167398	0,191885	2,07	2,37	901,45	887,96	3,40	3,38	3,40	0,60	122,04	OK	OK
0,001135	0,002601	0,163129	0,191885	2,39	2,81	887,93	869,09	3,40	3,41	3,40	0,60	122,58	OK	OK
0,001208	0,002766	0,167398	0,191885	2,37	2,72	869,06	852,87	3,45	3,44	3,45	0,60	113,72	OK	OK
0,001352	0,003247	0,171609	0,191885	0,61	0,69	857,49	854,56	2,55	2,09	2,55	0,60	40,85	OK	OK
0,006325	0,015086	0,276517	0,361764	0,63	0,82	854,62	853,41	2,05	2,90	2,05	0,60	44,74	OK	OK
0,001315	0,003002	0,171609	0,191885	2,45	2,74	852,84	831,85	3,50	3,48	3,50	0,60	146,52	OK	OK
0,001522	0,003472	0,179868	0,191885	2,30	2,45	826,71	819,64	8,60	1,21	8,60	0,60	86,65	OK	OK
0,004537	0,010142	0,250157	0,322342	2,26	2,91	818,08	811,63	2,80	2,47	2,80	0,60	84,84	OK	OK
0,004588	0,010253	0,250157	0,322342	2,26	2,91	811,60	809,49	2,50	2,15	2,50	0,60	24,60	OK	OK
0,004605	0,010290	0,250157	0,322342	2,26	2,91	809,46	807,63	2,20	1,87	2,20	0,60	18,55	OK	OK

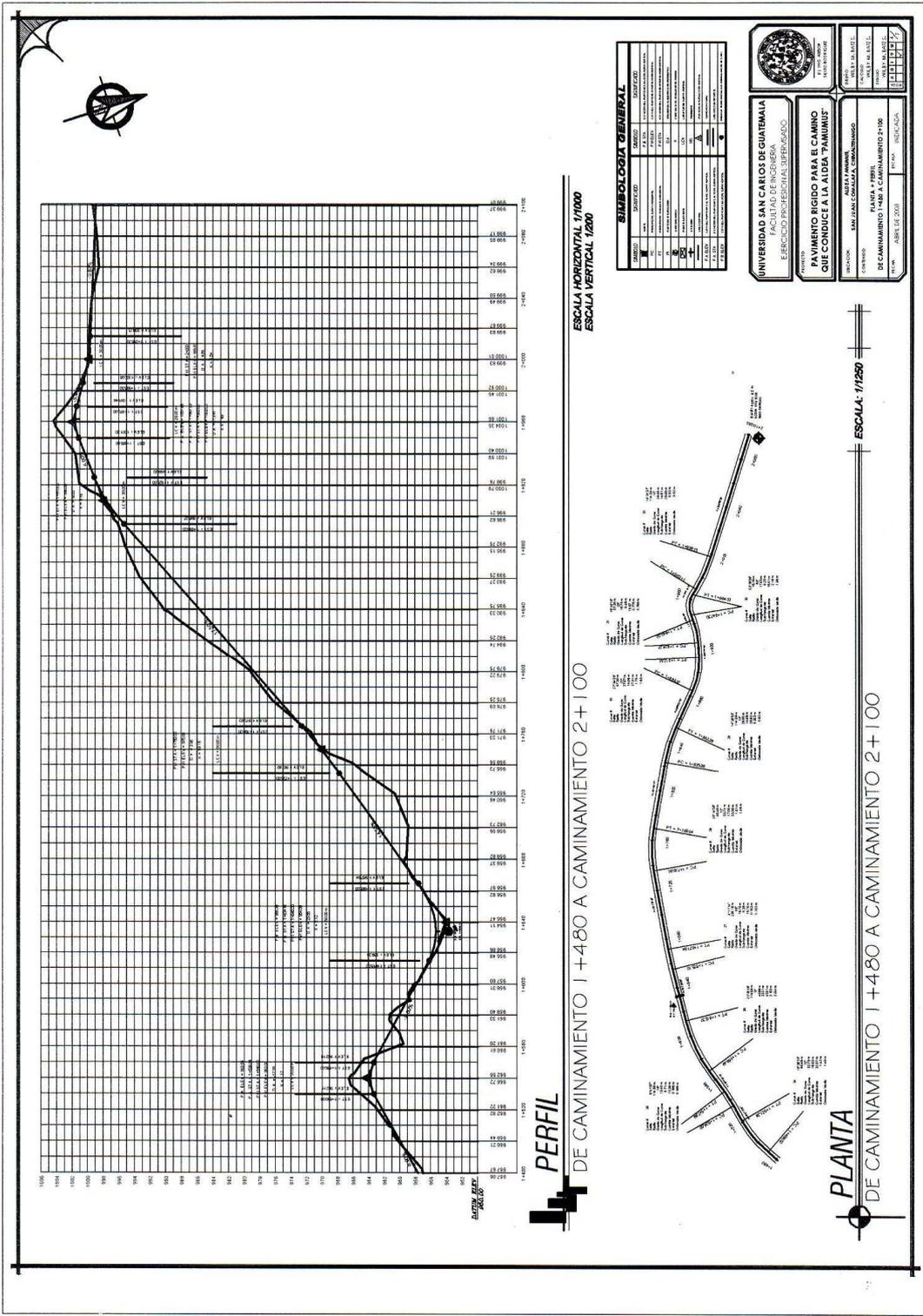
5.846,86

APÉNDICE 4

Planos constructivos de pavimentación y drenaje sanitario

(Las escalas indicadas en los planos son originales para un formato A-1, por lo que los dibujos dentro de los planos no corresponden a la escala indicada, pues se han tenido que reducir para poder incorporarlos en el presente trabajo)





SIMBOLÓGICA GENERAL	
TIPO DE OBRA	CONSTRUCCIÓN
ESTADO DE OBRA	PROYECTO
PROYECTO	PROYECTO
ESTUDIO PRELIMINAR	ESTUDIO PRELIMINAR
ESTUDIO DE DISEÑO	ESTUDIO DE DISEÑO
ESTUDIO DE EJECUCIÓN	ESTUDIO DE EJECUCIÓN
ESTUDIO DE MANTENIMIENTO	ESTUDIO DE MANTENIMIENTO
ESTUDIO DE SEGURIDAD	ESTUDIO DE SEGURIDAD
ESTUDIO DE ECONOMÍA	ESTUDIO DE ECONOMÍA
ESTUDIO DE AMBIENTE	ESTUDIO DE AMBIENTE
ESTUDIO DE HISTORIA	ESTUDIO DE HISTORIA
ESTUDIO DE SOCIOLOGÍA	ESTUDIO DE SOCIOLOGÍA
ESTUDIO DE POLÍTICA	ESTUDIO DE POLÍTICA
ESTUDIO DE LEGISLACIÓN	ESTUDIO DE LEGISLACIÓN
ESTUDIO DE ADMINISTRACIÓN	ESTUDIO DE ADMINISTRACIÓN
ESTUDIO DE FINANZAS	ESTUDIO DE FINANZAS
ESTUDIO DE RECURSOS	ESTUDIO DE RECURSOS
ESTUDIO DE RIESGOS	ESTUDIO DE RIESGOS
ESTUDIO DE CALIDAD	ESTUDIO DE CALIDAD
ESTUDIO DE PRODUCTOS	ESTUDIO DE PRODUCTOS
ESTUDIO DE SERVICIOS	ESTUDIO DE SERVICIOS
ESTUDIO DE TECNOLOGÍA	ESTUDIO DE TECNOLOGÍA
ESTUDIO DE INNOVACIÓN	ESTUDIO DE INNOVACIÓN
ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN	ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN
ESTUDIO DE DESARROLLO	ESTUDIO DE DESARROLLO
ESTUDIO DE PLANIFICACIÓN	ESTUDIO DE PLANIFICACIÓN
ESTUDIO DE EVALUACIÓN	ESTUDIO DE EVALUACIÓN
ESTUDIO DE MONITORING	ESTUDIO DE MONITORING
ESTUDIO DE AUDITORÍA	ESTUDIO DE AUDITORÍA
ESTUDIO DE CONTROL	ESTUDIO DE CONTROL
ESTUDIO DE VERIFICACIÓN	ESTUDIO DE VERIFICACIÓN
ESTUDIO DE VALIDACIÓN	ESTUDIO DE VALIDACIÓN
ESTUDIO DE CALIBRACIÓN	ESTUDIO DE CALIBRACIÓN
ESTUDIO DE VERIFICACIÓN DE RESULTADOS	ESTUDIO DE VERIFICACIÓN DE RESULTADOS
ESTUDIO DE ANÁLISIS DE DATOS	ESTUDIO DE ANÁLISIS DE DATOS
ESTUDIO DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	ESTUDIO DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS
ESTUDIO DE ELABORACIÓN DE REPORTES	ESTUDIO DE ELABORACIÓN DE REPORTES
ESTUDIO DE PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	ESTUDIO DE PRESENTACIÓN DE RESULTADOS
ESTUDIO DE COMUNICACIÓN DE RESULTADOS	ESTUDIO DE COMUNICACIÓN DE RESULTADOS
ESTUDIO DE SEGUIMIENTO DE RESULTADOS	ESTUDIO DE SEGUIMIENTO DE RESULTADOS
ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO	ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO
ESTUDIO DE MONITORING DE IMPACTO	ESTUDIO DE MONITORING DE IMPACTO
ESTUDIO DE AUDITORÍA DE IMPACTO	ESTUDIO DE AUDITORÍA DE IMPACTO
ESTUDIO DE CONTROL DE IMPACTO	ESTUDIO DE CONTROL DE IMPACTO
ESTUDIO DE VERIFICACIÓN DE IMPACTO	ESTUDIO DE VERIFICACIÓN DE IMPACTO
ESTUDIO DE VALIDACIÓN DE IMPACTO	ESTUDIO DE VALIDACIÓN DE IMPACTO
ESTUDIO DE CALIBRACIÓN DE IMPACTO	ESTUDIO DE CALIBRACIÓN DE IMPACTO
ESTUDIO DE VERIFICACIÓN DE RESULTADOS DE IMPACTO	ESTUDIO DE VERIFICACIÓN DE RESULTADOS DE IMPACTO
ESTUDIO DE ANÁLISIS DE DATOS DE IMPACTO	ESTUDIO DE ANÁLISIS DE DATOS DE IMPACTO
ESTUDIO DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE IMPACTO	ESTUDIO DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE IMPACTO
ESTUDIO DE ELABORACIÓN DE REPORTES DE IMPACTO	ESTUDIO DE ELABORACIÓN DE REPORTES DE IMPACTO
ESTUDIO DE PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE IMPACTO	ESTUDIO DE PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE IMPACTO
ESTUDIO DE COMUNICACIÓN DE RESULTADOS DE IMPACTO	ESTUDIO DE COMUNICACIÓN DE RESULTADOS DE IMPACTO
ESTUDIO DE SEGUIMIENTO DE RESULTADOS DE IMPACTO	ESTUDIO DE SEGUIMIENTO DE RESULTADOS DE IMPACTO



UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVIZADO

PROYECTO: PAVIMENTO RIGIDO PARA EL CAMINO QUE CONDUCE A LA ALDEA "TANUMIST"
INSTRUMENTACIÓN: SAN JUAN C. GUATEMALA, GUATEMALA
CONVENIO: PLANEA + PBRM
DE CAMINAMIENTO 1+480 A CAMINAMIENTO 2+100
FECHA: ABRIL DE 2003
LUGAR: INDIOLACA

PERFIL
DE CAMINAMIENTO 1 + 480 A CAMINAMIENTO 2 + 100

PLANTA
DE CAMINAMIENTO 1 + 480 A CAMINAMIENTO 2 + 100