



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

**DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PAVIMENTO CON ADOQUÍN PARA EL CANTÓN
CHUANOJ, MUNICIPIO DE TOTONICAPÁN, DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN**

Luis Roberto Morales Aguilar

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, septiembre de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PAVIMENTO CON ADOQUÍN PARA EL CANTÓN
CHUANOJ, MUNICIPIO DE TOTONICAPÁN, DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LUIS ROBERTO MORALES AGUILAR

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Buenaventura Coronado Castillo
EXAMINADOR	Ing. José Eduardo Ramírez Saravia
EXAMINADOR	Ing. Gabriel de Jesús Ramírez Saravia
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PAVIMENTO CON ADOQUÍN PARA EL CANTÓN CHUANOJ, MUNICIPIO DE TOTONICAPÁN, DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN

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



Luis Roberto Morales Aguilar



Guatemala 15 de julio de 2011.
Ref.EPS.DOC.859.07.11.

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

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Luis Roberto Morales Aguilar** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **9130715**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PAVIMENTO CON ADOQUÍN PARA EL CANTÓN CHUANOJ, MUNICIPIO DE TOTONICAPÁN, DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN”**.

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

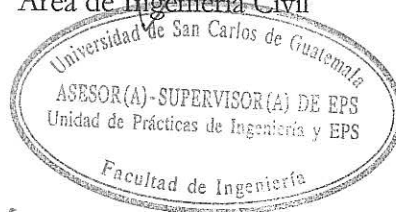
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”



Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
Asesor Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
MAAO/ra



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



Guatemala,
16 de julio de 2012

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PAVIMENTO CON ADOQUÍN PARA EL CANTÓN CHUANOJ, MUNICIPIO DE TOTONICAPÁN, DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Luis Roberto Morales Aguilar, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

bbdeb.



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



Guatemala,
16 de julio de 2012

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PAVIMENTO CON ADOQUÍN PARA EL CANTÓN CHUANOJ, MUNICIPIO DE TOTONICAPÁN, DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Luis Roberto Morales Aguilar, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

bbdeb.



Guatemala, 15 de julio de 2011.

Ref.EPS.D.601.07.11

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PAVIMENTO CON ADOQUÍN PARA EL CANTÓN CHUANOJ, MUNICIPIO DE TOTONICAPÁN, DEPARTAMENTO DE TOTONICAPAN"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Luis Roberto Morales Aguilar**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

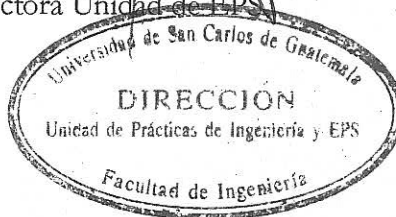
Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor -Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS



NISZ/ra



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



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Sigríd Alitza Calderón de León De de León, al trabajo de graduación del estudiante Luis Roberto Morales Aguilar, titulado DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PAVIMENTO CON ADOQUÍN PARA EL CANTÓN CHUANOJ, MUNICIPIO DE TOTONICAPÁN, DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, septiembre 2012

/bbdeb.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PAVIMENTO CON ADOQUÍN PARA EL CANTÓN CHUANOJ, MUNICIPIO DE TOTONICAPÁN, DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN**, presentado por el estudiante universitario **Luis Roberto Morales Aguilar**, autoriza la impresión del mismo..

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, septiembre de 2012



/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Porque sin Él esto no sería posible.
Mi madre (+)	Por darme la vida y por su ejemplo de lucha, perseverancia y amor.
Mi abuela (+)	Por ser mi segunda madre.
Mi esposa	Por su amor y apoyo incondicional.
Mi hija	Por ser el motor de mi vida.
Mis hermanos	Por estar siempre a mi lado.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por permitirme seguir este camino.
Mi madre (+)	Porque sin su esfuerzo no sería lo que soy.
Paul y Paty	Por abrirme las puertas de su hogar y ser parte fundamental de este logro.
Mis amigos	En especial al Ing. José Guillermo Sum, por su apoyo incondicional.
Los ingenieros	César Marroquín, Aníbal Solórzano y Ronald Xicará.
Ing. Manuel Arrivillaga	Por su asesoría y apoyo desinteresado.
La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios.
La Facultad de Ingeniería	Por formarme como profesional.
La Municipalidad de Totonicapán	Por el apoyo que me proporcionaron para realizar este trabajo junto a ellos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO	1
1.1. Aspectos físicos.....	1
1.1.1. Ubicación geográfica	1
1.1.2. Colindancias de la ciudad.....	2
1.1.3. Clima	3
1.1.4. Suelo y topografía.....	3
1.1.5. División política.....	4
1.1.6. Población.....	4
1.2. Aspectos de infraestructura	5
1.2.1. Vías de acceso	5
1.2.2. Servicios públicos	5
1.2.3. Organización comunitaria	6
2. PAVIMENTO CON ADOQUÍN	7
2.1. Normas y especificaciones de diseño para pavimentos con adoquín.....	7
2.1.1. Normas de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)	7

2.1.2.	Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes, Dirección General de Caminos	8
2.1.3.	Normas y especificaciones de la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA)	8
2.2.	Elementos estructurales del pavimento.....	9
2.2.1.	Subrasante	9
2.2.2.	Subbase	11
2.2.3.	Base	13
2.2.4.	Capa de arena.....	14
2.2.5.	Carpeta de rodadura	15
2.2.6.	Llaves de confinamiento.....	18
2.2.7.	Bordillos.....	18
2.2.8.	Drenajes transversales.....	19
2.3.	Diseño de pavimento con adoquín	20
2.3.1.	Topografía	21
2.3.1.1.	Planimetría	21
2.3.1.2.	Altimetría	22
2.3.2.	Diseño geométrico del camino	22
2.3.2.1.	Curvas horizontales.....	25
2.3.2.2.	Curvas verticales	29
2.3.3.	Movimiento de tierras	34
2.3.4.	Ensayos de laboratorio de suelos	36
2.3.4.1.	Granulometría	37
2.3.4.2.	Límites de consistencia (Límites de Atterberg)	41
2.3.4.3.	Ensayo de compactación (Proctor Modificado).....	45

2.3.4.4.	Ensayo de valor soporte del suelo (CBR)	49
2.3.4.5.	Determinación de valor soporte de subrasante	52
2.3.5.	Métodos de diseño	53
2.3.5.1.	Método de Murillo López de Souza	54
2.3.5.2.	Método argentino	55
2.3.5.3.	Método AASHTO	57
2.3.5.4.	Método Británico	59
2.3.5.5.	Método de Mills	60
2.3.6.	Diseño de espesores utilizando el método de Mills	61
2.3.6.1.	Subbase	62
2.3.6.2.	Base	68
2.3.6.3.	Capa de arena	69
2.3.6.4.	Carpeta de rodadura	69
2.3.6.5.	Diseño de drenajes transversales	71
3.	MÉTODO CONSTRUCTIVO	79
3.1.	Corte y relleno	80
3.2.	Subrasante	81
3.3.	Subbase	81
3.4.	Base	82
3.5.	Cama de asiento	82
3.6.	Adoquín	83
3.6.1.	Tipos de adoquín	84
3.6.1.1.	Tipos de adoquín por su forma	85
3.6.1.2.	Tipos de adoquín por el tipo de tránsito que soporta	85

3.6.2.	Especificaciones.....	86
3.6.2.1.	Materiales y fabricación.....	87
3.7.	Sello de juntas.....	90
3.8.	Llaves de confinamiento.....	91
3.9.	Bordillos	92
3.10.	Drenajes transversales.....	92
3.11.	Disipadores de energía	93
4.	ANÁLISIS ECONÓMICO	95
4.1.	Concepto de renglones de trabajo	95
4.1.1.	Planos finales	95
4.1.2.	Limpia, chapeo y destronque	95
4.1.3.	Excavación no clasificada	96
4.1.4.	Excavación no clasificada de desperdicio	96
4.1.5.	Excavación estructural para alcantarillas	96
4.1.6.	Relleno estructural para alcantarillas	96
4.1.7.	Alcantarilla de concreto no reforzado	97
4.1.8.	Reacondicionamiento de subrasante	97
4.1.9.	Capa de base	97
4.1.10.	Mampostería de piedra.....	97
4.1.11.	Disipadores de energía	98
4.1.12.	Bordillos.....	98
4.1.13.	Llaves de confinamiento.....	98
4.1.14.	Capa de arena.....	98
4.1.15.	Pavimento de adoquín.....	99
4.1.16.	Sello de juntas.....	99
4.1.17.	Señales de tráfico.....	99
4.2.	Integración de precios unitarios.....	99

5.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL INICIAL	103
5.1.	Evaluación de impacto ambiental del proyecto de construcción del camino del cantón Chuanoj, Totonicapán.....	103
5.1.1.	Características generales del proyecto.....	103
5.1.2.	Área y situación legal del terreno.....	104
5.1.3.	Trabajos necesarios para la preparación del terreno	104
5.1.4.	Sustancias y materiales utilizados en el proyecto.....	105
5.2.	Impacto ambiental producido por el proyecto	105
5.3.	Medidas de mitigación.....	106
	CONCLUSIONES	109
	RECOMENDACIONES	111
	BIBLIOGRAFÍA.....	113
	APÉNDICES	117

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación del proyecto	2
2.	Elementos de una curva horizontal	26
3.	Elementos de curvas verticales.....	30
4.	Procedimiento de tamizado.....	37
5.	Representación de curva granulométrica.....	40
6.	Copa de Casagrande	42
7.	Llenado de la copa de Casagrande.....	43
8.	Procedimiento para obtener límite plástico	44
9.	Equipo para ensayo de compactación	47
10.	Procedimiento de ensayo de compactación	48
11.	Equipo para ensayo CBR.....	50
12.	Espesor de pavimento según CBR.	65
13.	Espesor del pavimento según el índice de grupo	66
14.	Detalle típico de adoquín.....	85

TABLAS

I.	Velocidad de diseño según tipo de sección	24
II.	Valores de K según tipo de curva.....	31
III.	Ejemplo de cálculo de movimiento de tierras	36

IV.	Resistencias a diferentes penetraciones en piedra triturada	50
V.	Clasificación del suelo según CBR.....	51
VI.	Resultados del estudio de suelos	52
VII.	Espesores de adoquín.....	54
VIII.	Cargas de diseño.....	61
IX.	Recubrimiento para suelos con CBR bajo	66
X.	Factor de incremento por mal drenaje	67
XI.	Requisitos para la capa de base.....	68
XII.	Espesores mínimos recomendados para carpeta de rodadura de adoquín.....	70
XIII.	Comparación de espesores de pavimentos por diferentes métodos	71
XIV.	Coeficiente de escorrentía según tipo de superficie	73
XV.	Coeficiente de rugosidad de tubería según tipo de materiales	75
XVI.	Propiedades de arena para cama de asiento	82
XVII.	Propiedades de arena para sello de juntas.....	90
XVIII.	Presupuesto por renglones de trabajo	101

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
a_c	Aceleración centrífuga
h_i	Altura inicial
K	Constante de velocidad de diseño
Δ	Diferencia algebraica entre azimuts
A	Diferencia algebraica entre pendientes
EST	Estación
G	Grado máximo de curvatura
H_i	Hilo inferior
H_m	Hilo medio
H_s	Hilo superior
Kg/m^3	Kilogramo por metro cúbico
KPH	Kilómetro por hora
PSI	Libras sobre pulgada cuadrada
SM	Limo arenoso
LC	Longitud de curva
L	Longitud mínima de curva vertical
M.O.	Mano de obra
MR	Módulo de ruptura del concreto
P.U.	Precio unitario
PC	Principio de curva horizontal
PCV	Principio de curva vertical
PTV	Principio de tangente vertical
PT	Principio de tangentes horizontales

PIV	Punto de intersección de subtangentes verticales
PI	Punto de intersección subtangentes horizontales
PV	Punto de vuelta
P.O.	Punto observado
R	Radio de giro
A/C	Relación agua y cemento
f'c	Resistencia a la compresión del concreto
St	Subtangente
Tg	Tangente
TPD	Tráfico promedio diario
TPDC	Tráfico promedio diario de camiones

GLOSARIO

AASHTO	Asociación Americana de autopistas estatales y transportes oficiales.
ACI	Instituto Americano del Concreto.
Adoquín	Bloque de concreto vibrocompactado manualmente o con máquina, cuyo diseño permite la colocación de los mismos en forma continua y simétrica para formar una carpeta de rodadura.
Apisonado	Sistema de compactación que consiste en hacer pasar un rodillo sobre la masa del terreno cuyos vacíos se requiere suprimir.
ASTM	Asociación Americana de ensayos en materiales.
Balasto	Capa de grava que se tiende para mejorar las condiciones de una carpeta de rodadura.
Banco de marca	Punto fijo que sirve de referencia para trabajar la parte altimétrica de un levantamiento topográfico.
Banqueta	Faja destinada a la circulación de peatones, ubicada generalmente a un nivel superior al de la calzada.

Base	Capa soporte formada de suelo granular o estabilizado, que va directamente abajo de la carpeta de rodadura y de la capa de asiento, cuando la lleva. Tiene como función contribuir a la capacidad de soportar cargas del pavimento; distribuyendo la carga recibida, hasta la subrasante, a un nivel de esfuerzos adecuados a esta última.
BM	Banco de marca.
Bombeo	Pendiente de la sección transversal de un camino sobre un alineamiento recto, el cual tiene como objetivo la evacuación lateral de las aguas pluviales.
Bordillo	Elemento que se construye sobre los acotamientos, junto a los hombros de los terraplenes, para evitar que el agua erosione el talud del terraplén.
CBR	Valor Soporte de California.
Calzada	Parte de la corona destinada al tránsito de vehículos.
Cama de asiento	Capa de arena de río sobre la cual se asientan los adoquines.
Carga máxima	Es la mayor fuerza tomada en cuenta para diseñar pavimentos en Guatemala.

Carpeta de rodadura	Capa superficial que soporta directamente las cargas de los vehículos, sirve de protección a las estructuras subyacentes y para hacer adecuada y durable la superficie al tránsito en todo el tiempo.
Consolidar	Reducción del volumen del suelo con el objetivo de darle mayor densidad, el cual ha sido provocado por el apisonamiento manual o mecánico del mismo.
Contracuneta	Canal que se ubica arriba de la línea de corte, para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural.
Coordenadas	Es un conjunto de valores que permite definir la posición exacta de cualquier punto en un espacio.
Copa de Casagrande	Es el aparato por medio del cual se realiza el ensayo de límites de Atterberg.
Cuneta	Canal que se ubica en los cortes o terraplenes, en uno o en ambos lados de la corona, contiguo a la línea de hombros, para drenar el agua que escurre por la corona y el talud.
Curar	Proceso que consiste en mantener húmeda la superficie del concreto para impedir la rápida evaporación del agua de amasado, con el fin de minimizar la refracción del mismo, y así evitar su agrietamiento por brusca desecación.

Curva vertical	Arco de parábola de eje vertical que une dos tangentes del alineamiento vertical.
Derecho de vía	Superficie de terreno cuyas dimensiones fija la Dirección General de Caminos, que se requiere para la construcción, conservación, reconstrucción, ampliación y protección en general, para el uso adecuado de una vía de comunicación y de sus servicios auxiliares.
Escarificar	Cortar verticalmente la tierra, para ablandarla sin voltearla, empleando un instrumento especial que tiene piezas de acero para el efecto.
Formaleta	Conjunto de obra falsa y molde para una fundición o para la construcción de mampostería.
Grado de curvatura	Ángulo que subtiende un arco de circunferencia de veinte metros de longitud.
Juntas	Cortes o separaciones que se establecen entre dos partes contiguas de una construcción. Empalme, unión.
Llave de confinamiento	Es un elemento estructural igual a un bordillo, interrumpido en su construcción a nivel de pista, que sirve para limitar áreas adoquinadas y evitar con ello el deslizamiento de los adoquines y el deterioro, por arrastre, de otras estructuras de rodadura o de base.

Pendiente	Relación entre el desnivel y la distancia horizontal que hay entre dos puntos.
Rasante	Proyección del desarrollo del eje de la corona de una carretera sobre un plano vertical.
SCA	Asociación del cemento portland.
Subbase	Capa abajo de la base, de menor calidad que ella (material selecto), y que tiene una función completamente de soporte y de distribución de cargas ante una mala subrasante; sobre la cual se coloca.
Subrasante	Capa de 30 cm de espesor mínimo, generalmente formada del mismo suelo de la terracería, que constituye el cimiento de los pavimentos. Por esta razón es importante la calidad y compactación de la misma.
Talud	Inclinación de la superficie de los cortes o de los terraplenes.
Tamiz	Cedazo de malla tupida, que se utiliza para separar las partes finas de las gruesas de una masa pulverulenta.
Tangente horizontal	Tramo recto del alineamiento horizontal de una carretera.

Tangente vertical	Tramo recto del alineamiento vertical de una carretera.
Topografía	Es el arte de representar un terreno en un plano, con su forma, dimensiones y relieve.
Tubería	Es el conducto formado por tubos, en los cuales se desplazará un fluido.

RESUMEN

El presente trabajo de Ejercicio Profesional Supervisado, se refiere al diseño de un camino rural de pavimento semiflexible, también llamado pavimento con adoquín. Para esto se realizó una investigación acerca de las diversas normas que rigen el diseño de este tipo de pavimento y en conjunto con los conocimientos de ingeniería se procedió al diseño del camino ubicado en el cantón Chuanoj, del municipio de Totonicapán, departamento de Totonicapán.

También se pretende con el diseño, mejorar las condiciones del camino que actualmente es de terracería y en época de invierno es muy poco transitable, ya que el agua de precipitación pluvial se estanca y hace que se dificulte el tránsito por el mismo.

Se realizó una investigación para determinar las características monográficas del lugar, así también se procedió a realizar el levantamiento topográfico con estación total con el fin de realizar el diseño y planificación del pavimento. Se incluyen en el presente informe, planos y secciones tanto transversales como longitudinales, detalles constructivos, presupuesto desglosado por renglones unitarios y cronograma de ejecución de obra, también se anexan datos y tablas.

OBJETIVOS

General

Contribuir al mejoramiento de las vías de acceso de las comunidades del municipio, para el desarrollo de las diferentes actividades de los habitantes por medio del diseño del pavimento semiflexible con adoquín.

Específicos

1. Diseñar y planificar el proyecto de pavimentación con adoquín del camino del cantón Chuanoj.
2. Establecer las bases técnicas y financieras para gestionar la construcción del pavimento con adoquín del camino del cantón Chuanoj.
3. Realizar el presupuesto del proyecto adaptado a los precios actuales del lugar.
4. Determinar la influencia que podría tener el proyecto respecto del medio ambiente.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación está dirigido a elaborar el diseño geométrico y del pavimento semiflexible con adoquín del tramo carretero que conduce del cantón Chuanoj hacia la cabecera departamental de Totonicapán y hacia la Carretera Interamericana (CA-1); este proyecto consta de 1 665,42 metros lineales.

El tramo carretero ya existe y es de terracería, con un ancho promedio de 4,00 metros. Las condiciones físicas de dicho tramo carretero son malas, y en algunas partes presenta exceso de pendiente, lo que dificulta el acceso de vehículos de transmisión sencilla.

Lo anterior es parte del problema, sin embargo, el dilema principal es la falta de una ruta adecuada y en óptimas condiciones que permita el fácil acceso vehicular y por ende el desarrollo de los habitantes del lugar.

En el presente estudio se muestran las actividades que se efectuaron para elaborar la investigación y el diseño. La solución adoptada es la pavimentación de tipo semiflexible, con una sección típica "F" modificada a un ancho de 4,50 metros debido a las condiciones y restricciones del lugar, las cuales se mencionan en la sección 2.3.2 del presente trabajo.

Se incluyen todos los elementos necesarios que conformarán el pavimento como bordillos, llaves de confinamiento, drenajes transversales, subbase, base y carpeta de rodadura con adoquín.

También es necesario mencionar que aparte del cantón Chuanoj, son varias las comunidades cercanas las que saldrían beneficiadas con el proyecto de forma indirecta, siendo estas Xesacmalja, Xocsalmalja, Xantun y la cabecera municipal.

1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO

1.1. Aspectos físicos

Los aspectos físicos y principales características del municipio de Totonicapán y del cantón Chuanoj ambos del departamento de Totonicapán, se describen a continuación.

1.1.1. Ubicación geográfica

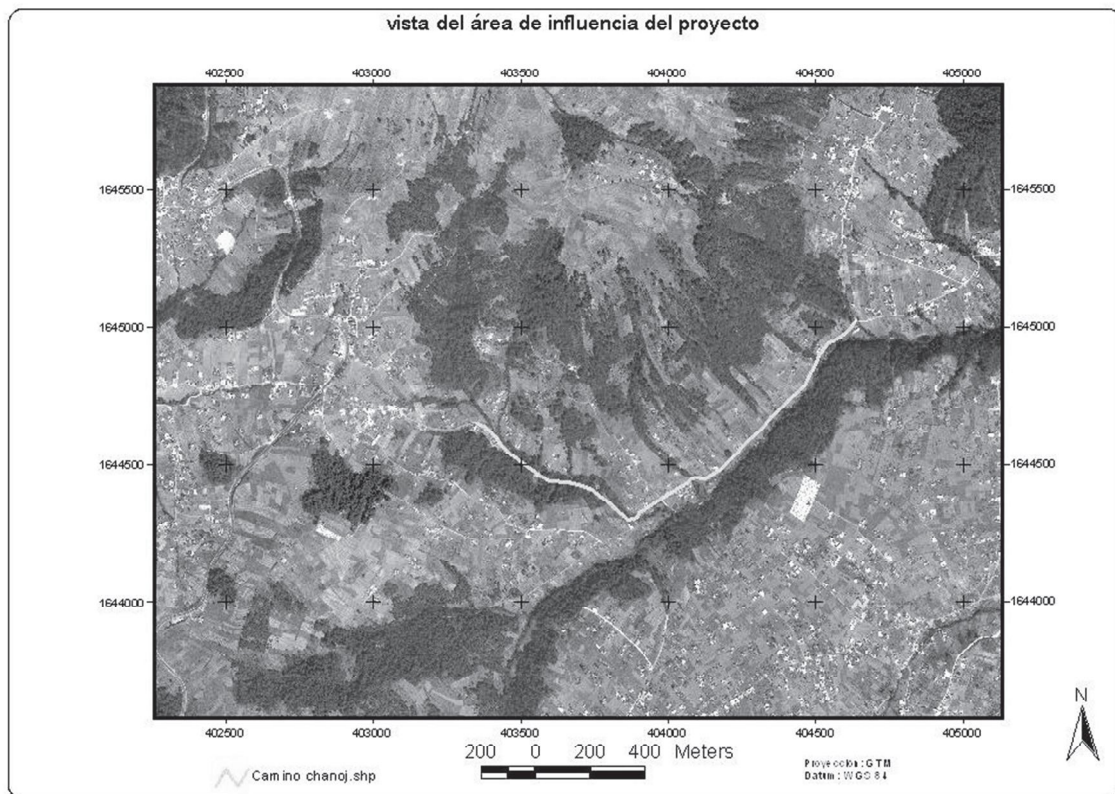
El departamento de Totonicapán se encuentra situado en la Región VI o en el suroccidente de Guatemala. Limita al norte con el departamento de Huehuetenango; al sur con el departamento de Sololá; al este con el departamento de Quiché; y al oeste con el departamento de Quetzaltenango. La cabecera departamental se encuentra a una distancia de 203 kilómetros, aproximadamente, de la ciudad capital.

La ciudad de Totonicapán es la cabecera del departamento de Totonicapán y es también la cabecera del municipio de Totonicapán.

El municipio de Totonicapán se sitúa en la parte sur-este del departamento y tiene una extensión territorial de 328 km² y sus coordenadas son: latitud 14°54'39"N, longitud 91°29'38"O y elevación de 2 495,30 metros sobre el nivel del mar.

El cantón Chuanoj se encuentra ubicado a 8 kilómetros de la cabecera municipal y sus coordenadas son: latitud 14°52'15"N, longitud 91°23'51"O y tiene una elevación de 2 650 metros sobre el nivel del mar.

Figura 1. **Ubicación del proyecto**



Fuente: Base de datos, Municipalidad de Totonicapán.

1.1.2. **Colindancias de la ciudad**

El municipio de Totonicapán limita al norte con los municipios de Santa María Chiquimula, Momostenango, del departamento de Totonicapán y Patzité del departamento de Quiché; al este con Chichicastenango, Santa Cruz del Quiché, San Antonio Llotenango y Patzité del departamento de Quiché; al

oeste con San Francisco el Alto y San Cristóbal Totonicapán del departamento de Totonicapán y Cantel del departamento de Quetzaltenango; al sur con los municipios de Salcajá y Cantel del departamento de Quetzaltenango, Nahualá, Santa Catarina Ixtahuacán y Sololá, del departamento de Sololá.

1.1.3. Clima

Este departamento posee extensiones frías y solamente en municipios como Santa María Chiquimula y Momostenango tienen pequeños sectores templados. Cabe mencionar que en el municipio de Totonicapán se forman vientos y neblinas que dan lugar en determinados días, a una especie de llovizna que localmente se conoce como "Salud del pueblo"; su clima es relativamente frío con una temperatura promedio de 12 °C.

1.1.4. Suelo y topografía

En el departamento de Totonicapán por el clima frío que predomina, el suelo en su mayoría se utiliza para la siembra en una gran diversidad de cultivos anuales, permanentes o semipermanentes, encontrándose entre estos los cereales como el trigo, granos básicos como el maíz y el frijol, hortalizas, árboles frutales.

En Totonicapán, se pueden encontrar en gran parte de su territorio, rocas volcánicas sin dividir, predominantemente del Mio-Plioceno, incluye tobas, coladas de lava, material lahárico, y sedimentos volcánicos, del período terciario. Asimismo, también se encuentra un área del período cuaternario, donde predominan los rellenos y cubiertas gruesas de ceniza y pómez de origen diverso.

Situado en la cordillera de la Sierra Madre, el municipio de Totonicapán tiene una topografía montañosa y quebrada y por situarse en el altiplano occidental lo atraviesan ramificaciones de la Sierra Madre. En él se pueden apreciar además, las montañas Cuxniquel, Campanabaj y otras.

1.1.5. División política

Totonicapán pertenece a la Región VI de la República de Guatemala, junto con los departamentos de Quetzaltenango, Sololá, Retalhuleu y San Marcos, también llamada Región Suroccidente; se divide en ocho municipios, los cuales son Totonicapán, San Cristóbal Totonicapán, San Francisco el Alto, San Andrés Xecul, Momostenango, Santa María Chiquimula, Santa Lucía la Reforma y San Bartolo.

El área urbana del municipio está conformada por la cabecera municipal que es a la vez la cabecera departamental; tiene categoría de ciudad. Esta se subdivide en cuatro zonas, las cuales son identificadas por la población como: zona uno, cantón Palín; zona dos, cantón Independencia; zona tres, cantón Agua Caliente; zona cuatro, cantón Tenerías. El municipio cuenta con una ciudad, la cabecera municipal y departamental, 13 aldeas y 48 cantones, incluyendo dentro de este último a Chuanoj.

1.1.6. Población

La mayoría de la población, un 98% pertenece a la etnia maya quiché y en el municipio, la mayor concentración de la población se localiza en el área rural, conformada por 83 960 personas, que representan el 87% del total de habitantes y 12 432 personas en el área urbana, con el 13%; según censo

elaborado en el año 2,002. En el cantón Chuanoj habitan aproximadamente 3 000 personas.

1.2. Aspectos de infraestructura

Los aspectos de infraestructura del municipio de Totonicapán y del cantón Chuanoj ambos del departamento de Totonicapán, se describen a continuación.

1.2.1. Vías de acceso

Su principal vía de comunicación es la carretera Interamericana CA-1 que proviene de Sololá, así como las rutas nacionales 1 y 9.

Según datos obtenidos en la Dirección General de Caminos, hasta 1997, el departamento de Totonicapán contaba con 92 km de asfalto, 142 km de terracería y 353 km de caminos rurales.

Una de las vías de terracería es la ubicada en el cantón Chuanoj y es la que se desea convertir en una vía pavimentada, mejorando de esta forma la infraestructura del lugar.

1.2.2. Servicios públicos

La cabecera municipal de Totonicapán cuenta con servicios públicos básicos, como agua potable, electricidad, drenajes de aguas negras y pluviales. Existen servicios de carácter privado como teléfono, telefonía celular, señal de cable e Internet.

La cabecera municipal de Totonicapán y sus aldeas tienen acceso a la educación, contando con escuelas de preprimaria, primaria e instituto de

educación básica; cuenta además con centro de salud, estación de Policía Nacional Civil (PNC), supervisión educativa, Juzgado de Paz local, Tribunal Supremo Electoral y estación de bomberos.

El cantón Chuanoj cuenta con servicio de energía eléctrica, agua entubada, telefonía y servicio de transporte público, el cual consiste en *pick ups* y microbuses; esto debido a que el camino es de terracería.

Los servicios de educación consisten en establecimientos de nivel primario, los cuales se localizan en el centro de la comunidad, de igual forma existen centros educativos de nivel básico que se encuentran en comunidades cercanas. No existe puesto de salud en la localidad; reciben atención médica en el centro de salud ubicado en la cabecera municipal de Totoncapán y en Xantún.

1.2.3. Organización comunitaria

Dentro de la comunidad prevalece la máxima autoridad que en este caso es el alcalde comunitario y la organización del COCODE, quienes tienen a su cargo la identificación de las necesidades y la búsqueda de soluciones a los problemas que aquejan a la población.

También prevalecen los diferentes comités, siendo uno de estos quien expuso a la municipalidad la necesidad de mejoramiento del camino del cantón Chuanoj, el cual contribuirá también de forma indirecta a los poblados aledaños, siendo estos: Xesacmaljá, Xolsacmaljá y Xantún.

2. PAVIMENTO CON ADOQUÍN

2.1. Normas y especificaciones de diseño para pavimentos con adoquín

En esta sección se realiza una recopilación de las normas nacionales e internacionales, para los ensayos de suelos y para el diseño del pavimento con adoquín. Además de esto se utilizan dichas normas y especificaciones para los conceptos, propiedades, tolerancias y requisitos de cada uno de los elementos que conforman el pavimento.

2.1.1. Normas de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)

Las normas de la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) rigen los métodos, procedimientos y tolerancias de los procesos de diseño y construcción de un proyecto de pavimentación.

A continuación se enumeran las normas que se utilizan en los respectivos procesos del pavimento con adoquín.

- Ensayo de granulometría AASHTO-T27 Y AASHTO-T11
- Límite líquido AASHTO T-89
- Límite plástico AASHTO T-89
- Índice plástico AASHTO T-90
- Ensayo de compactación o Proctor modificado AASHTO T-180
- Ensayo de valor soporte (CBR) AASHTO-T193

- Clasificación de suelos AASHTO M-145
- Humedad de campo con carburo AASHTO T-217
- Diseño de pavimentos, guía de diseño AASHTO 1993

2.1.2. Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes, Dirección General de Caminos

Estas normas de forma general la relación entre la Dirección General de Caminos y los contratistas de nuestro país; las mismas son comúnmente conocidas como “El Libro Azul”; a continuación se describen las secciones y divisiones consultadas:

- Sección 301 reacondicionamiento de subrasante
- Sección 302 estabilización de la subrasante
- Sección 303 capa de subrasante común
- Sección 304 capa de subbase y base granular
- Sección 601 alcantarillas de tubos de concreto reforzado
- Sección 603 alcantarillas de metal corrugado
- Sección 607 cajas y cabezales para alcantarillas
- Sección 608 cunetas revestidas
- Sección 609 bordillos

2.1.3. Normas y especificaciones de la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA)

Este estudio fue desarrollado a través de un convenio de donación USAID/SIECA No. 0596-0184.20 siendo parte del programa “Mejora de capacidad de la región para mitigar los efectos transaccionales de desastres”.

El programa anterior dio como componente final el Manual centroamericano para diseño de pavimentos en el año 2002.

Se consultaron los siguientes capítulos

- Capítulo 3: Análisis de tránsito
- Capítulo 4: Evaluación de subrasantes
- Capítulo 6: Drenajes
- Capítulo 7: Diseño de espesores

2.2. Elementos estructurales del pavimento

La estructura de un pavimento es integral, compuesta por las capas de subrasante, subbase, base y carpeta de rodadura, colocada sobre la rasante y destinada a sostener y distribuir las cargas vehiculares. Sumados a estos, existen elementos complementarios como cunetas, bordillos, llaves de confinamiento, hombros, bahías, rejillas y drenajes de agua pluvial que son necesarios para el funcionamiento adecuado del pavimento.

2.2.1. Subrasante

Es el nivel del terreno, sobre el que se asientan los diferentes elementos del pavimento de una carretera; se extiende hasta una profundidad, en la que no le afecte la carga de diseño, correspondiente al tránsito previsto.

Los materiales que forman la subrasante 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

(ASTM) y por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

La clasificación que mejor describe y determina las propiedades de un suelo a utilizarse como subrasante es la clasificación AASHTO M-145.

Se puede hacer una clasificación del suelo según los valores de CBR indicados en la tabla V.

Los requisitos que deben de cumplirse para profundidades de al menos 30 centímetros para calles y carreteras y de al menos 50 cm. para aeropistas son:

- Valor soporte: el material debe tener un CBR, AASHTO T 193, mínimo del 5%, efectuado sobre muestras saturadas al 95% de compactación, AASHTO T 180, y una expansión máxima del 5%.
- Graduación: el tamaño de las partículas que contenga el material de subrasante, no debe exceder de 7,5 centímetros.
- Plasticidad: el límite líquido, AASHTO T 89, no debe ser mayor del 50%, determinados ambos, sobre muestra preparada en húmedo, AASHTO T 146.

Si la subrasante no cumple con los requisitos de calidad, debe ser tratada por algún método, para que alcance las características deseables; siempre se recomienda cubrir la subrasante con una capa de subbase, cuando va a ser expuesta al tráfico y a la lluvia.

Los materiales inadecuados para la construcción de la subrasante son los siguientes:

- Los clasificados en el grupo A-8, AASHTO M 145, que son suelos altamente orgánicos, constituidos por materias vegetales parcialmente carbonizadas o fangosas. Su clasificación está basada en una inspección visual y no depende del porcentaje que pasa el tamiz 0,075 mm (N° 200), del límite líquido, ni del índice de plasticidad. Están compuestos principalmente de materia orgánica parcialmente podrida y generalmente tienen una textura fibrosa, de color café oscuro o negro y olor a podredumbre. Son altamente compresibles y tienen baja resistencia. Además, contienen basuras o impurezas que puedan ser perjudiciales para la cimentación de la estructura del pavimento.
- Las rocas aisladas, mayores de 100 milímetros, que se encuentran incorporadas en los 300 milímetros superiores de la capa de suelo de subrasante.

Los materiales adecuados para subrasante son suelos de preferencia granulares con menos de 3 por ciento de hinchamiento de acuerdo con el ensayo AASHTO T 193 (CBR), que no tengan características inferiores a los suelos que se encuentren en el tramo o sección que se esté reacondicionando y que además, no sean inadecuados para subrasante de acuerdo con lo indicado en esta sección.

2.2.2. Subbase

Es una capa de material selecto que se coloca sobre la subrasante y tiene por objeto:

- Soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura.
- Servir de capa de drenaje al pavimento.
- Controlar los cambios de volumen, elasticidad y plasticidad del material de la subrasante.
- Controlar la ascensión capilar del agua, protegiendo así el pavimento.

Los materiales utilizados para subbase, deben cumplir con las siguientes especificaciones:

- El material debe tener un CBR, AASHTO T-193, mínimo del 30%, efectuado sobre una muestra saturada al 95% de compactación según AASHTO T-180.
- En el caso de que contenga grava o rocas, estas no deben ser mayores de 2/3 del espesor de la subbase.
- El índice plástico no debe ser mayor de 6, (AASHTO T-90).
- El límite líquido no debe ser mayor de 25 (AASHTO T-89).
- No deberá tener un hinchamiento mayor de 1% (AASHTO T-193).
- El equivalente de arena no debe ser menor de 25, (AASHTO T-176).

- El material que pasa el tamiz 200 no debe ser mayor que 2/3 de la fracción que pasa el tamiz No. 40.
- El agregado grueso retenido en el tamiz 10, deberá tener un porcentaje de desgaste del 50% a 500 revoluciones, según el método de los Ángeles.

2.2.3. Base

Es la capa que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos. La carpeta de rodadura es colocada sobre ella porque la capacidad de carga del material friccionante es baja en la superficie por falta de confinamiento. Regularmente, esta capa además de la compactación necesita otro tipo de mejoramiento (estabilización) para poder resistir las cargas del tránsito sin deformarse y además de transmitir las en forma adecuada a las capas inferiores.

El valor soporte en una base es indispensable para proporcionar una sustentación adecuada a los pavimentos semiflexibles de adoquín. En caso contrario, cuando las bases se construyen con materiales inertes y se comienza a transitar por la carretera, los vehículos provocan deformaciones transversales.

Los requisitos de los materiales para la capa de base se observan en la tabla XI y deben cumplir con las siguientes normas:

- Los materiales deben de corresponder a los tipos de graduación determinados según AASHTO T-27 y T-11.
- Valor soporte: CBR mínimo del 90% según AASHTO T-193, sobre muestra saturada a 95% AASHTO T-180.

- La porción retenida en el tamiz No. 4 no debe tener un desgaste por abrasión mayor del 50% a 500 revoluciones AASHTO T-96.
- Plasticidad: la porción del tamiz No. 40, no debe tener un índice de plasticidad mayor de 3% según AASHTO T-90, ni un límite líquido mayor de 25% según AASHTO T-89.
- Material más fino que el tamiz No. 200: el porcentaje que pasa el tamiz N° 200 debe ser menor que la mitad del porcentaje que pasa el tamiz N° 40.
- Equivalente de arena: mayor o igual a 40% según AASHTO T-176.

Existen varios tipos de estabilización de base para mejorar las propiedades mecánicas del material, estos tipos de estabilización se mencionan en las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes, de la Dirección General de Caminos, secciones 303 a 310.

2.2.4. Capa de arena

Es una capa de arena gruesa que se coloca sobre la capa de base, inmediatamente antes de colocar el adoquín.

Las funciones de esta capa son:

- Proporcionar un acomodamiento para los adoquines sobre la capa de base, cubriendo perfectamente las pequeñas irregularidades que esta pudiera tener.

- Ofrecer una sustentación y un apoyo uniformes en toda la superficie de cada adoquín.
- Servir también para drenar el agua que pudiera infiltrarse en las juntas de los adoquines, evitando así que penetre en la base y que esta sufra daños.
- El espesor de la capa de arena una vez compactada, debe ser de 3 a 5 cm.

Para la construcción de este lecho o cama de asiento deberán usarse arenas naturales, de río o de mina, con las siguientes características:

- El tamaño máximo de grano debe ser de 5 mm.
- No debe contener materia orgánica.
- Pueden usarse arenas bien graduadas, pero sin finos arcillosos (material que pasa la malla No. 200).

2.2.5. Carpeta de rodadura

Es la capa sobre la cual 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 hidráulico de cemento Portland si es pavimento rígido, o por adoquines si es un pavimento semiflexible.

Las características particulares de los pavimentos de adoquines de concreto se traducen en ventajas significativas, en comparación con otros tipos de pavimento.

Los adoquines no van pegados unos con otros, ni con el suelo o base, más bien van unidos por compactación, por lo que su instalación es fácil y no requiere de mano de obra calificada, ni de maquinaria sofisticada. El mantenimiento de un pavimento de adoquín también resulta muy económico, ya que si con el tiempo la base del pavimento falla, o bien es necesario hacer algún tipo de trabajo en los servicios de agua potable o drenaje sanitario o pluvial, se pueden reemplazar solo los adoquines afectados, o bien reutilizar los mismos al concluir las reparaciones.

En el mercado existen adoquines antidesgaste de concreto y son elementos prefabricados; su calidad es controlada en fábrica, por medio de procesos rigurosamente controlados, y al llegar listos a la obra, se pueden colocar rápidamente, sin tener que esperar procesos térmicos ni químicos, lo que se traduce en menores interrupciones en el tráfico.

Adicionalmente, se puede adoquinar por etapas, según las características de cada proyecto en particular. Una de las principales ventajas que deben proporcionar los adoquines es la resistencia al desgaste, por lo que al ser instalados adecuadamente, seleccionando correctamente la clase de adoquín que se va utilizar según el tráfico que van a soportar, pueden durar por más de veinte años de servicio continuo.

Si se le quiere dar un mejor acabado final al pavimento de adoquines de concreto, se le puede aplicar un sellador acrílico para que tenga brillo, y lo proteja de manchas de aceite, grasa, combustible o cualquier otro líquido que pueda impregnarse permanentemente en la superficie.

En Guatemala, los pavimentos de adoquín son utilizados en gran cantidad alrededor de todo el país, principalmente en calles y avenidas; también se utilizan para decorar y resaltar parques y aceras.

Los pavimentos de adoquines de concreto, le permiten una gran libertad de diseño, a cada proyecto, tanto en composición como en variedad de colores. Existe el gris, negro, amarillo, rojo, naranja, verde, azul y café, entre otros.

El propósito de construir una capa de rodadura o carpeta sobre la estructura del pavimento es proveer una superficie que cumpla las siguientes funciones:

- Ofrecer una superficie de rodadura lisa y uniforme.
- Resistir con un desgaste mínimo los esfuerzos producidos por las llantas de los vehículos.
- Proteger a las capas inferiores de los efectos del sol, las lluvias y el frío.

La capa de rodadura construida con adoquines de concreto cumple satisfactoriamente con estos requisitos.

Además, reúne las características positivas de los pavimentos de concreto con las ventajas de los pavimentos flexibles, agregando las ventajas derivadas de la prefabricación, facilidad de colocación y remoción.

2.2.6. Llaves de confinamiento

En cualquier adoquinado es indispensable confinar la arena del lecho y restringir la tendencia de los bloques a desplazarse, lo cual se puede lograr por los siguientes elementos:

- Bordillo fundido en el lugar
- Bordillo prefabricado
- Adoquines laterales especiales
- Llaves de confinamiento

Una llave de confinamiento es un elemento estructural similar a un bordillo interrumpido en su construcción a nivel de pista, que sirve para limitar áreas adoquinadas y evitar con ello el deslizamiento de los adoquines y el deterioro, por arrastre, de otras estructuras de rodadura. El fin primordial de esta es evitar el desplazamiento longitudinal de los adoquines y además sirve para limitar las áreas adoquinadas.

2.2.7. Bordillos

Elemento estructural longitudinal, generalmente de concreto, que sobresale de la pista y sirve para dar alineamiento a las calles y banquetas. Este elemento brinda confinamiento y consolidación a las estructuras de rodadura.

Es un elemento indispensable en el pavimento con adoquín, y sirve para dar alineamiento a las calles y banquetas y evitar que los adoquines se desplacen lateralmente, reteniéndolos para que no se abran o desacomoden.

Los bordillos también sirven para el encauzamiento de las aguas, sobre todo en las secciones en relleno así como para el ordenamiento del tráfico y seguridad del usuario.

2.2.8. Drenajes transversales

Son las tuberías que se colocan para aliviar la escorrentía pluvial que proviene de la pista por el bombeo lateral, arroyos, techos de viviendas u otra área de recarga hidráulica hacia la carretera. Los materiales de estas tuberías son de acero corrugado, PVC para drenaje, concreto reforzado y concreto no reforzado. La selección del material a utilizar depende de las condiciones del tránsito y el presupuesto del proyecto.

Para diseñar la dimensión del diámetro de la tubería a colocar se utiliza el método de Manning. Este método cita variables que dependen tanto del lugar como de la precipitación pluvial, la cual se calcula con base en datos proporcionados por el Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología INSIVUMEH. Además de esto, cita también datos topográficos del área de recarga hídrica y propiedades del suelo a drenar, como coeficiente de escorrentía.

El drenaje transversal tiene los siguientes elementos:

- Caja recolectora de caudal: esta recibe el agua proveniente de la ladera de la carretera para trasladarla a la tubería.
- Muro cabezal de salida (cabezal de descarga): este sirve para proteger la tubería y el relleno de la carretera para evitar la erosión, adicional a estas partes, si la pendiente del terreno en corte es muy fuerte, se colocan

disipadores de energía al final de la tubería, los cuales servirán para que el caudal de desfogue no erosione el suelo y provoque hundimientos.

2.3. Diseño de pavimento con adoquín

Los pavimentos se clasifican en: rígidos, flexibles y semiflexibles.

El pavimento rígido suele ser de concreto e incluye bloques monolíticos. El pavimento flexible comprende pavimentos tales como hormigón asfáltico, sobre bases de macadam (pavimentos con piedras desmenuzadas que se comprimen por medio de compactadoras de rodillo).

Estos dos tipos de pavimentos, poseen diferentes características estructurales y su habilidad para soportar cargas de tránsito se basa en principios mecánicos completamente diferentes. Por ejemplo las características de la losa de concreto, es de mayor resistencia a la compresión que a la flexión, es por ello que cuando una losa falla, origina grietas por el lado de la tensión (el concreto es siete veces más fuerte en compresión que en tensión).

Para el tipo de pavimentos flexibles, su característica estructural es que puede ser capaz de distribuir cargas en áreas muy grandes (del asfalto a la base, de la base a la subbase y finalmente a la subrasante), debido a que la carpeta asfáltica no posee cualidades resistivas, sino más bien de flexión.

El tipo de pavimento semiflexible es el construido con bloques individuales llamados adoquines, se considera como una mezcla entre los pavimentos rígidos y flexibles, por tal razón se considera un pavimento semiflexible.

Desde el año de 1972 el Instituto de Fomento Municipal (INFOM) ha promocionado ante las municipalidades de la república, el sistema de pavimentación con adoquines de concreto, como una alternativa de solución al problema de recubrimiento de superficies de rodadura en las calles urbanas.

2.3.1. Topografía

En el levantamiento topográfico, se utilizó el siguiente equipo de topografía:

- GPS Etrex garmin
- Estación total (Leica TC307)
- 2 prismas, 2 bastones
- 2 bípodes
- 1 trípode
- 1 almágana de 3 libras
- 2 machetes, pintura, pinceles

Los habitantes del lugar tuvieron colaboración directa con este trabajo ayudando con el chapeo y en la elaboración de trompos y estacas.

En el apéndice 5 se presentan los planos, en los cuales se encuentran los datos de planimetría y altimetría del proyecto.

2.3.1.1. Planimetría

Estos trabajos tienen como base la línea preliminar e indican la ubicación exacta del azimut y distancia a la que se encuentran las estructuras, linderos, postes de luz, casas etc; mismos que son representados gráficamente en un

plano horizontal, por lo tanto, la planimetría está en dos dimensiones (coordenadas X, Y).

2.3.1.2. Altimetría

El levantamiento topográfico de altimetría se realizó de acuerdo con una nivelación de primer orden con bancos de marca ubicados en lugares donde pudieran ser replanteados.

2.3.2. Diseño geométrico del camino

Para realizar el diseño geométrico del camino se tomó en cuenta la tabla I y se propusieron los siguientes parámetros:

- Tráfico promedio diario (T.P.D.) de 10 a 100.
- La velocidad de diseño disminuye conforme el terreno cambia de plano a ondulado y montañoso. Para este camino se ha seleccionado una velocidad de 20 Km/hora.
- El ancho de calzada según la tabla I debe ser de 5,50 metros; sin embargo el camino se diseñará con un ancho de calzada de 4,50 metros, debido a la existencia de viviendas, puentes y otros tipos de instalaciones en el tramo, lo cual restringe el diseño a este ancho.
- La pendiente máxima, para una velocidad de diseño de 20 Km/hora, es del 14%. La pendiente máxima permisible, debe aplicarse únicamente en tramos cortos. Es recomendable que esos pequeños tramos no sean mayores de 100 metros, a menos que no haya otra solución.

- Radio de curvatura mínimo de 18,00 metros.
- La distancia de visibilidad de parada mínima es de 20,00 metros y la recomendada de 25,00 metros.
- El bombeo es la pendiente dada a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal, hacia uno y otro lado del eje para evitar la acumulación de agua sobre la superficie de rodamiento. El bombeo apropiado es aquel que permite un drenaje suficiente de la corona con la mínima pendiente; para ello, es necesaria una pendiente transversal de 2% como mínimo hacia ambos lados del eje en tangente y en un solo sentido en las curvas.
- Para la longitud mínima de curvas verticales se utiliza la de dos estaciones de 20 metros. Sin embargo, los caminos rurales poseen una curvatura vertical en cresta, que está dada en función de la visibilidad, distancia de frenado, ubicación espacial de viviendas, puentes y otras instalaciones en el plano vertical, etc; la aplicación de normas rígidas podría encarecer el costo de los caminos, así como su no viabilidad constructiva, por lo que para el proyecto de diseño de curvas verticales, se debe tener en cuenta estos factores.

Los datos del diseño de curvas horizontales y verticales, del camino del cantón Chuanoj se presentan en los planos en el apéndice 6. En las estaciones E-28, E-29, E-40, E-41, E-64 y E-65 es necesario el diseño de curvas horizontales o verticales sin embargo existe infraestructura de puente vehicular y restricción de parte de los vecinos, ya que no permiten modificar los linderos de los terrenos, por lo que no se realizaron las modificaciones de diseño geométrico de la ruta.

Tabla I. Velocidad de diseño según tipo de sección

T.P.D.	Tipo de carretera	Velocidad de diseño Km/hora	Radio mínimo	Pendiente máxima	Ancho de calzada
3 000-5 000	TIPO A				2 x 7,20
	Llanas	100	375	3	
	Onduladas	80	225	4	
	Montañosas	60	110	5	
1 500-3 000	TIPO B				7,20
	Llanas	80	225	6	
	Onduladas	60	110	7	
	Montañosas	40	47	8	
900-1 500	TIPO C				6,00
	Llanas	80	225	6	
	Onduladas	60	110	7	
	Montañosas	40	47	8	
500-900	TIPO D				5,50
	Llanas	80	225	6	
	Onduladas	60	110	7	
	Montañosas	40	47	8	
100-500	TIPO E				5,50
	Llanas	50	75	8	
	Onduladas	40	47	9	
	Montañosas	30	30	10	
10-100	TIPO F				5,50
	Llanas	40	47	10	
	Onduladas	30	30	12	
	Montañosas	20	18	14	

Fuente: Dirección General de Caminos. Especificaciones generales para carreteras y puentes 1,989. P. 45.

2.3.2.1. Curvas horizontales

Por ser un camino ya existente, algunas curvas horizontales se adecuaron a la forma física del mismo, respetando las viviendas aledañas, con parámetros de diseño de curvas horizontales, entre las cuales se pueden mencionar:

- La seguridad al tránsito que debe ofrecer el proyecto, es la condición de mayor preferencia.
- La distancia de visibilidad debe considerarse conjuntamente con la topografía, ya que la visibilidad requiere radios mayores.

Para el cálculo de elementos de una curva es necesario tener las distancias entre los puntos de intersección (PI), la desviación del caminamiento delta (Δ) y el grado de curvatura (G) que se deberá usar en función a la topografía de la ruta. Los elementos geométricos de una curva horizontal se observan en la figura 2.

Conforme se describan los elementos que conforman la curva horizontal se desarrollará el diseño de la primera curva del proyecto, utilizándola como ejemplo del proceso a seguir.

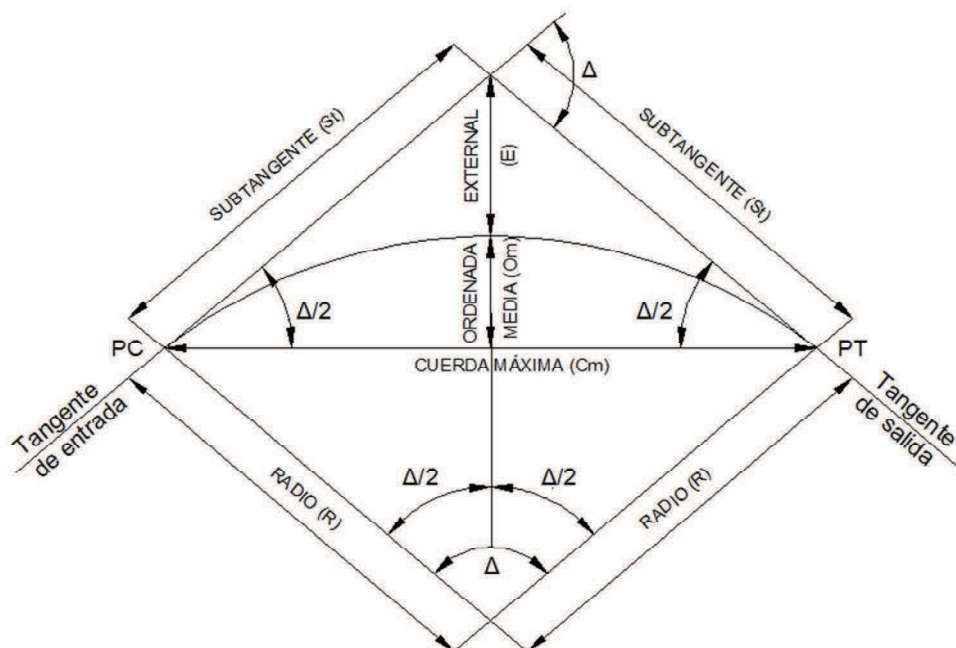
- Cálculo de delta (Δ): entre dos tangentes existe un delta o diferencia angular; la forma de calcularlo es restando el azimut 2 del azimut 1. Este sirve para escoger el tipo de curvatura que se utilizará, mientras más grande es este se utiliza un grado de curvatura mayor.
- Grado de curvatura (G): es el ángulo central que subtiende un arco de circunferencia de 20 metros. El grado máximo de curvatura que puede

tener una curva, es el que permite a un vehículo recorrer con seguridad la curva con sobreelevación máxima a la velocidad del proyecto. El grado de curvatura a utilizar para el diseño de las curvas horizontales depende del tipo de carretera; este será de 18° mínimo por ser una zona que varía de ondulada a montañosa y por ser una carrera de sección típica F.

$$\frac{G}{360} = \frac{20}{2 * \pi * R} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Una vez escogida la curva, se calculan sus elementos, entre los que se encuentra al radio (R), la longitud de curva (Lc), la subtangente (St), el principio de curva (PC), la cuerda máxima (CM), la ordenada media (Om), el external (E), el centro de la curva, el punto de intersección (PI), como se muestra en la figura 2.

Figura 2. **Elementos de una curva horizontal**



Fuente: PAIZ MORALES, Byron René. Guía de cálculo para carreteras. P. 23.

- Longitud de curva (Lc): es la distancia desde el principio de curva (PC) hasta el principio de tangente (PT), medida a lo largo de la curva, según la definición por arco de 20 m.

$$Lc = \frac{20 * \Delta}{G} \quad \text{Ecuación (2-1)}$$

- Subtangente (St): es la distancia entre el principio de curva (PC) y el punto de intersección (PI), ya que la curva es simétrica la distancia entre el punto de intersección (PI) y el principio de tangente (PT) es igual, en curvas circulares simples que forma un ángulo de 90° con el radio.

$$St = R * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) \quad \text{Ecuación (2-2)}$$

- Cuerda máxima (Cm): es la distancia en línea recta desde el principio de curva (PC) al principio de tangente (PT).

$$Cm = 2 * R * \sen\left(\frac{\Delta}{2}\right) \quad \text{Ecuación (2-3)}$$

- External (E): es la distancia entre el punto de intersección (PI) al punto medio de la curva.

$$E = R * \sec\left(\frac{\Delta}{2}\right) \quad \text{Ecuación (2-4)}$$

- Ordenada media (Om): es la distancia radial entre el punto medio de la cuerda máxima y el punto medio de la curva. Los estacionamientos se calculan con base en las distancias entre los PI de localización; se calcula

una estación para cada PI, se resta la estación del PI menos la subtangente, se ubicará el principio de la curva (PC); al sumar el PC, más la longitud de curva, se ubicará el principio de tangente (PT) al final de la curva, y así se calculan los demás datos de las siguientes curvas.

$$Om = R * \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right) \quad \text{Ecuación (2-5)}$$

- Ejemplo de cálculo: primera curva horizontal

$$\Delta = \text{azimut } 2 - \text{azimut } 1 = 259^{\circ}42'02'' - 234^{\circ}33'14'' = 25^{\circ}08'48''$$

$$R = St / \tan(\Delta/2) = 10,04 / \tan(25^{\circ}08'48''/2) = 45,0148 \text{ metros}$$

$$G = 1\,145,9156/R = 1\,145,9156/45,0148 = 25^{\circ}27'53''$$

$$Lc = 20 (\Delta) / G = 20 * 25^{\circ}08'48'' / 25^{\circ}27'53'' = 19,75 \text{ metros}$$

$$Cm = 2 * R * \text{sen}(\Delta/2) = 2 * 45,0148 * \text{sen}(25^{\circ}08'48''/2) = 38,25 \text{ metros}$$

Cálculo de caminamiento para primera curva horizontal:

$$PC1 = PI - St = (0 + 27,215) - 10,04 = 0 + 17,175$$

$$PT1 = PC + Lc = (0 + 17,175) + 19,75 = 0 + 36,925$$

Cálculo de caminamiento para curvas subsecuentes:

- Segunda curva horizontal:

$$PC2 = PT1 + Tg2 = (0 + 36,925) + 104,22 = 0 + 141,145$$

$$PT2 = PC2 + LC2 = (0 + 141,145) + 15,32 = 0 + 156,465$$

Este último procedimiento se deberá de realizar en todas las curvas horizontales restantes.

2.3.2.2. Curvas verticales

Son utilizadas en el perfil de la subrasante, sirven para unir la pendiente de entrada con la de salida y para suavizar los cambios de pendiente, puesto que a través de su longitud, se efectúa un cambio gradual de concavidad, proporcionando una operación segura y confortable en el manejo del vehículo. En la figura 3 se observan los tipos de curvas verticales.

Cuando la diferencia de pendientes es menor al 0,5%, no es necesario proyectar una curva vertical, pues el cambio de pendiente es muy pequeño y se pierde durante la construcción.

Existen varios tipos de curvas verticales, la que usa la Dirección General de Caminos de Guatemala, es la parabólica simple, debido a la facilidad del cálculo y adaptabilidad a las condiciones necesarias de operación.

Para el diseño deben considerarse las longitudes mínimas permisibles de las curvas, con el fin de evitar traslape entre las mismas y permitir mejor visibilidad al conductor.

Para el cálculo de las curvas se debe tener en cuenta lo siguiente:

La longitud mínima de las curvas verticales se calcula con la expresión siguiente:

$$L = k * A \qquad \text{Ecuación (2-6)}$$

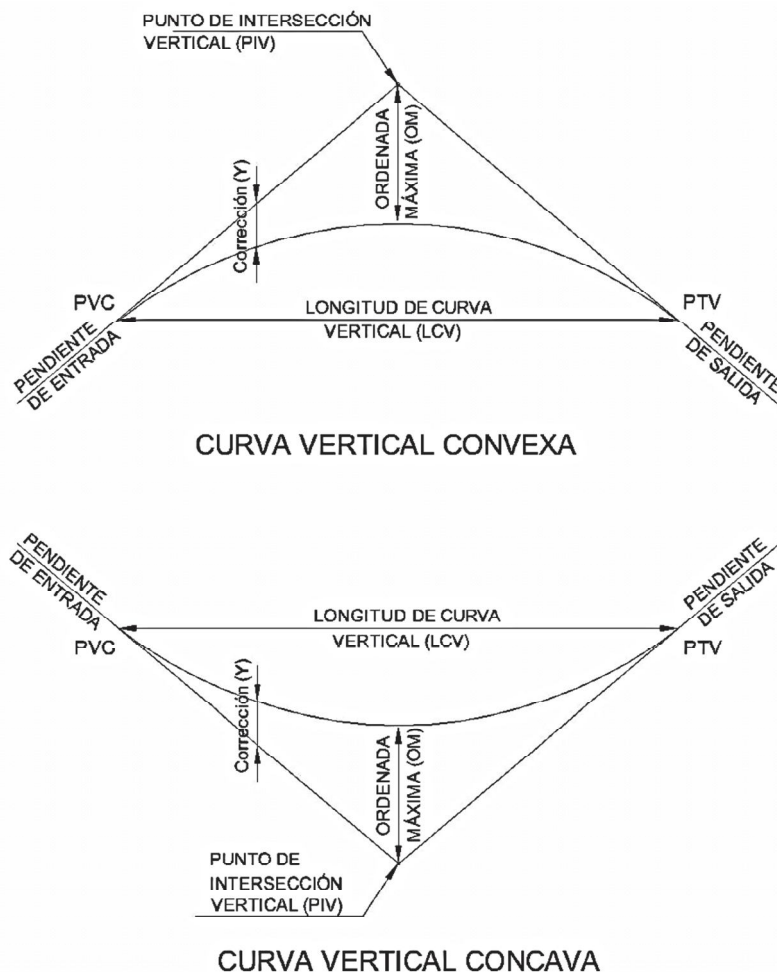
Donde:

L = Longitud mínima de la curva vertical en metros

A = Diferencia algebraica entre la pendiente de la tangente vertical de salida y la pendiente de entrada, en porcentaje

k = Parámetro de la curva, cuyo valor mínimo se especifica en la tabla II

Figura 3. **Elementos de curvas verticales**



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

Es necesario enfatizar que el resultado de la ecuación anterior indica el valor mínimo de longitud de curva vertical; si se tiene un valor mayor de la misma, será más seguro circular por ella.

Tabla II. **Valores de K según tipo de curva**

Velocidad en K.P.H.	Valores de K según tipo de curva	
	Cóncava	Convexa
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

Fuente: PÉREZ MÉNDEZ, Augusto René. Metodología de actividades para el diseño geométrico de carreteras. P. 54.

Para el diseño de las curvas verticales se procede de la siguiente manera:

Tomando como base la línea del eje central del camino se trazó un perfil natural del terreno, ya que se conocen los valores de los niveles y secciones transversales de cada estación de la línea del eje central.

A partir de este perfil se diseñó la subrasante de la calle principal; teniendo diseñado el perfil de subrasante de las calles y conociendo las pendientes

existentes en el mismo y los datos de las elevaciones y de estacionamiento de los puntos principales de cada curva, se procedió al diseño de cada una de las curvas verticales, tomando el valor de longitud de curva, la distancia entre estaciones y utilizando las fórmulas siguientes:

Para hallar la elevación de un punto cualquiera:

$$E2 = E1 + \frac{Est.2 - Est.1}{100} * P \quad \text{Ecuación (2-7)}$$

Para hallar el valor de la ordenada media:

$$O.M = \frac{P2 - P1}{800} * LCV \quad \text{Ecuación (2-8)}$$

Para hallar la corrección de la curva de un punto cualquiera:

$$Y = \frac{O.M. * D^2}{\left(\frac{LCV}{2}\right)^2} \quad \text{Ecuación (2-9)}$$

Donde:

E2 = Elevación de sub rasante en el punto 2

E1 = Elevación de sub rasante en el punto 1

Est.2 = Estación de sub rasante en el punto 2

Est.1 = Estación de sub rasante en el punto 1

P = Pendiente del tramo en estudio

P2 = Pendiente de salida

P1 = Pendiente de entrada

LCV = Longitud de curva vertical

O.M. = Ordenada media

D = Distancia cualquiera a partir de la estación 1

Y = Corrección de la curva en un punto cualquiera

Ejemplo de cálculo:

PIV = Est. 0 + 127,94

Elevación = 490,777 metros

Velocidad de diseño 20 K.P.H. curva cóncava

L (longitud mínima de curva vertical) = $K * A$

K = 2 (Ver tabla II)

Pendiente de entrada, P1 = -8,093%

Pendiente de salida, P2 = 2,194 %

Diferencia algebraica de pendientes, A = 2,194-(-8,093) = 10,287

L = $2 * 10,287 = 20,574$ metros

Aproximando L = 21,00 metros

Como ya se mencionó anteriormente, el valor de L es el mínimo para la longitud de curva vertical. Tomando en cuenta que el camino actual ya tiene un trazo definido, el cual no puede tener mayores cambios y utilizando el programa *Autodesk Land Desktop*, se obtiene para esta curva un valor de K = 3,888.

Utilizando este valor, se obtiene:

K = 3,888

LCV = $3,888 * 10,287 = 39,999$ metros

Aproximando LCV = 40,00 metros

Ordenada media OM = $LCV * (A/800) = 40,00(10,287/800) = 0,5144$

2.3.3. Movimiento de tierras

La topografía del terreno en el sentido perpendicular a la línea central de la carretera determina el volumen de movimiento de tierras necesario en la construcción de un proyecto de caminos.

Es uno de los principales renglones que proporcionan una buena referencia del costo directo de un camino, ya que dependiendo de la experiencia del diseñador, logrará realizar un balance óptimo entre el corte y el relleno.

Por tal razón es que el cálculo de movimiento de tierras debe realizarse de una manera óptima para lograr un mejor balance y así proporcionar el costo mínimo, con la mejor calidad del camino.

Tomando en cuenta la sección topográfica transversal, se localiza el punto central de la carretera, el cual puede quedar ubicado sobre el terreno natural, marcando con esta área de relleno y debajo del terreno natural, área de corte; a partir del cual, se habrá de trazar la sección típica, contemplando el ancho de rodadura, con su pendiente de bombeo de 2% o el peralte que sea apropiado, si corresponde a un caminamiento en curva horizontal.

Se mide o calcula el área enmarcada entre el trazo del perfil del terreno y el perfil que se desea obtener, clasificando aparte el corte y el relleno necesario.

Un ejemplo de cálculo de volúmenes de movimientos de tierras es el siguiente: con las áreas calculadas anteriormente, estas se constituyen en un lado de un prisma de terreno que debe rellenarse o cortarse.

Asumiendo que el terreno se comporta en una manera uniforme entre las dos estaciones, se hace un promedio de sus áreas y se multiplica por la distancia horizontal entre ellas, obteniendo así los volúmenes de corte y relleno en ese tramo.

Cuando en un extremo la sección tenga solo área de corte y la otra solamente área de relleno, debe calcularse una distancia de paso, donde teóricamente el área pasa a ser de corte a relleno. La fórmula que facilita este cálculo es la siguiente:

$$V = \frac{(A1+A2)*d}{2} \quad \text{Ecuación (2-9a)}$$

Donde:

V = Volumen de tierra

A1 = Área de sección No. 1

A2 = Área de sección No. 2

A continuación se presenta el ejemplo de cálculo de volumen y una tabla con su respectivo cálculo del movimiento de tierras.

$$V = \frac{(0 + 0.101) * 10}{2} = 0,507 \text{ m}^3$$

La totalidad del volumen de tierra para corte y relleno es de:

Volumen total de corte = 1 782,212 m³

Volumen total de relleno = 1 245,874 m³

La totalidad de los cálculos se adjunta en el apéndice 2.

Tabla III. **Ejemplo de cálculo de movimiento de tierras**

ESTACIÓN	ÁREA DE CORTE	ÁREA DE RELLENO	DIST. (m)	VOLUMEN DE CORTE	VOLUMEN DE RELLENO
0+000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0+010	0,101	2,878	10,000	0,507	14,389
0+020	0,003	2,227	10,000	0,521	25,524
0+030	0,020	1,756	10,000	0,114	19,916
0+040	0,605	2,8	10,000	3,127	22,781
0+050	0,081	4,242	10,000	3,433	35,210
0+060	0,092	2,382	10,000	0,868	33,119

Fuente: elaboración propia.

2.3.4. **Ensayos de laboratorio de suelos**

Para diseñar cualquier tipo de pavimento, es necesario hacer un estudio completo de las características del suelo de la subrasante para determinar qué tan adecuado o no es el material que va a soportar dicho pavimento, la subrasante debe cumplir con las normas establecidas por la *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO). Entre los ensayos que deben realizarse se pueden mencionar los siguientes:

- Granulometría
- Límites de consistencia (Límites de Atterberg)
- Ensayo de compactación (Proctor modificado)
- Ensayo de valor soporte del suelo (CBR)
- Determinación del valor soporte de la subrasante

- Resistencia a la penetración

2.3.4.1. Granulometría

El conocimiento de la composición granulométrica de un suelo grueso sirve para discernir 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 los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo.

Figura 4. Procedimiento de tamizado



Fuente: HERNÁNDEZ CANALES, Juan Carlos. Características físicas y propiedades mecánicas de los suelos y sus métodos de medición. P. 84.

Para el conocimiento de la composición granulométrica de un determinado suelo existen diferentes procedimientos. Para clasificar por tamaños las partículas gruesas, el procedimiento más expedito es el del tamizado. Sin embargo, al aumentar la finura de los granos, el tamizado se hace cada vez más difícil, teniendo entonces que recurrir a procedimientos por sedimentación.

Conocida la composición granulométrica del material, se le representa gráficamente para formar la llamada curva granulométrica del mismo. Como tamaño de las partículas puede considerarse el diámetro de ellas cuando es indivisible bajo la acción de una fuerza moderada, como la producida por un mazo de madera golpeando ligeramente.

El procedimiento para realizar el ensayo granulométrico es el siguiente:

- Se toma una muestra representativa de unos 20 kg y se seca al sol o en horno durante unas 12 horas;
- Por medio de cuarteos a la muestra mencionada se sacan unos 2 kg;
- Se pasan los 2 kg por las mallas de 2", 1 ½", 1", ¾", 3/8" y No. 4 y se pesa el retenido en cada una de dichas mallas (ver figura 4);
- Del material que pasa la malla No. 4 se toma una cierta cantidad del mismo, normalmente 200 gr y se colocan en un vaso de agua, dejando que el material se remoje unas 12 horas;
- Con un agitador metálico se agita el contenido del vaso durante un minuto, se vacía sobre la malla No. 200, se vacía nuevamente el material al vaso,

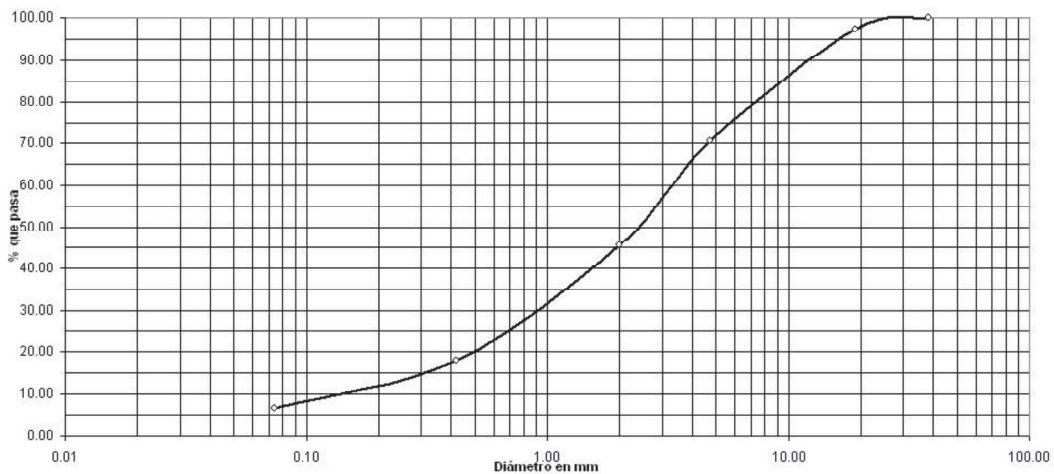
lavando de la malla en posición invertida, se agita nuevamente el agua del vaso y se repite el procedimiento tantas veces como sea necesario hasta que no se enturbie el agua al ser agitada;

- Se elimina el agua y se pone la muestra a secar en un horno a temperatura constante;
- Se pesa y por diferencia a los 200 g se obtiene el porcentaje que pasó la malla No. 200;
- Se vacía el material que pasó la malla No. 4 y se retuvo en la No. 200 para que pase lo correspondiente por las mallas No. 10, 20, 40, 60, 100, y 200, pesando los retenidos;
- Conociendo los pesos parciales retenidos desde la malla de 2" hasta la No. 200, se obtienen los porcentajes retenidos parciales, los porcentajes retenidos acumulativos y los porcentajes que pasan;
- Es necesario aclarar que los retenidos parciales en cada malla deberán expresarse como porcentajes de la muestra total, y para calcular los porcentajes retenidos en las mallas 10 a 200, se divide el peso en gramos retenido en cada malla entre el peso seco de la muestra para la prueba de lavado (200 gr generalmente) y se multiplica este cociente por el porcentaje que pasa la malla No. 4, determinado en el análisis del material grueso;
- El retenido acumulado en la malla No. 10 se calcula sumando el retenido parcial en dicha malla al retenido acumulado en la malla No. 4. El retenido acumulado en la malla No. 20 es igual al retenido acumulado en la malla

No. 10 más el retenido parcial en la malla No. 20. De igual manera se calculan los demás retenidos acumulados hasta la malla No. 200;

- Se traza la curva de la composición granulométrica del material en una gráfica que tiene por abscisas, a escala logarítmica, las aberturas de las mallas y por ordenadas los porcentajes de material que pasan por dichas mallas, a escala aritmética;
- La curva resultante se compara con las que se tengan como especificaciones, o se obtienen de ella relaciones entre ciertos porcentajes que dan idea de la graduación del material. Además, la forma de la curva granulométrica del suelo. Así, un suelo que está formado por partículas de un mismo tamaño quedará representado por una línea vertical y un suelo con curva granulométrica bien graduada, indicará gran variedad de tamaños (ver figura 5).

Figura 5. **Representación de curva granulométrica**



Fuente: HERNÁNDEZ CANALES, Juan Carlos. Características físicas y propiedades mecánicas de los suelos y sus métodos de medición. P. 88.

2.3.4.2. Límites de consistencia (Límites de Atterberg)

Las propiedades plásticas de los suelos limosos y arcillosos pueden ser analizadas a través de pruebas empíricas o bien por el ensayo de límites de Atterberg o límites de consistencia, como también se le conoce. Dentro de los primeros se pueden citar los análisis de identificación preliminar de suelos finos: dilatancia, resistencia en seco, tenacidad y sedimentación. Los límites de Atterberg son:

- Límite líquido
- Límite plástico

Un suelo arcilloso con un alto contenido de humedad, posee una consistencia semilíquida; al perder agua por evaporación va aumentando su resistencia hasta alcanzar una consistencia plástica. Al continuar el secado llega a adquirir un estado semisólido y se agrieta o desmorona al ser deformado.

Al intervalo de contenido de humedad en el cual un suelo posee consistencia plástica se le denomina intervalo plástico.

El límite líquido (LL) es el contenido de humedad de un suelo en el límite superior del intervalo plástico. También se define como el contenido de humedad expresado en porcentaje de su peso seco, bajo el cual el suelo comienza a fluir, después de 25 golpes, utilizando el aparato propuesto por Artur Casagrande (ver figura 6).

Figura 6. **Copa de Casagrande**



Fuente: HERNÁNDEZ CANALES, Juan Carlos. Características físicas y propiedades mecánicas de los suelos y sus métodos de medición. P. 54.

La copa de Casagrande, debe ajustarse la altura de caída, para producir un impacto estándar, colocando el material sobre el platillo de bronce del aparato, hasta llenarlo aproximadamente $\frac{1}{3}$ de su capacidad, usando la espátula para mezclar; se debe extender el material formando una masa lisa de 1cm de espesor. Con el acanalador se divide la pasta en dos partes, haciendo un trazo firme a lo largo del diámetro, que arranque del centro del soporte, formando un surco claro y bien definido (ver figura 7).

Luego se determina, el número de golpes necesarios, para que el fondo del surco se cierre a una longitud de $\frac{1}{2}$ ", aproximadamente. Como en la práctica, será difícil conseguir que la muestra se una a los 25 golpes, se registra un punto, con el contenido de humedad que corresponda a menos y otro a más de 25 golpes, ploteando estos datos en papel semilogarítmico, el contenido de agua en la escala aritmética vertical y la cantidad de golpes en la logarítmica horizontal, dando una línea recta. La intersección con la recta a 25 golpes, indica el límite líquido.

$$LL = \frac{\%H * N}{25}$$

Ecuación (2-10)

%H = Porcentaje de humedad

N = Número de golpes

Figura 7. Llenado de la copa de Casagrande



a) Antes del ensayo



b) Después del ensayo

Fuente: HERNÁNDEZ CANALES, Juan Carlos. Características físicas y propiedades mecánicas de los suelos y sus métodos de medición. P. 59.

El Límite Plástico (LP) se define como el contenido de humedad, expresado en porcentaje respecto del peso seco de la muestra secada al horno, para el cual los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico. Para determinar el límite plástico, generalmente se hace uso del material que, mezclado con agua, ha sobrado de la prueba de límite líquido y al cual se le evapora humedad por mezclado hasta tener una mezcla plástica que sea fácilmente moldeable. Se forma luego una pequeña bola que deberá conformarse en seguida con la palma de la mano o en una placa de vidrio, aplicando la suficiente presión a efecto de formar filamentos (ver figura 8).

Figura 8. **Procedimiento para obtener límite plástico**



Fuente: HERNÁNDEZ CANALES, Juan Carlos. Características físicas y propiedades mecánicas de los suelos y sus métodos de medición. P. 66.

Otra forma de describir el límite plástico de un suelo, es el contenido de humedad, que permite cilindrarlo, haciendo cilindros de 3 mm de diámetro sin romperse o desquebrajarse y se determina utilizando la siguiente fórmula:

$$LP = \frac{PBH - PBS}{PBS - TARA} \times 100 \quad \text{Ecuación (2-11)}$$

Donde:

PBH = Peso bruto húmedo

PBS = Peso bruto seco

El Índice de Plasticidad (IP) o Índice Plástico (IP) es la diferencia numérica entre los límites líquidos y plástico, e indica el margen de humedades dentro del cual se encuentra en estado plástico tal como lo definen los ensayos.

Tanto el límite líquido como el límite plástico dependen de la cantidad y tipo de arcilla del suelo; sin embargo, el índice plástico depende generalmente de la cantidad de arcilla del suelo.

$$IP = LL - LP \quad \text{Ecuación (2-12)}$$

Donde:

LL = Límite líquido

LP = Límite plástico

Condicionantes:

IP = 0 Suelo no plástico

IP < 7 Suelo con baja plasticidad

7 < IP < 17 Suelo medianamente plástico

IP > 17 Suelo altamente plástico

2.3.4.3. Ensayo de compactación (Proctor modificado)

Se entiende por compactación de los suelos el mejoramiento artificial de sus propiedades mecánicas por medios mecánicos.

La importancia de la compactación de los suelos estriba en el aumento de resistencia y disminución de capacidad de deformación que se obtienen al sujetar al suelo a técnicas convenientes que aumenten su peso específico seco, disminuyendo sus vacíos. Para determinar la densidad máxima, se hace por el método Proctor, que consiste en la determinación del peso por unidad de volumen de un suelo que ha sido compactado por un procedimiento definido para diferentes contenidos de humedad y tiene dos formas de ensayo: Proctor Estándar y Proctor Modificado.

- Proctor Standard (características)
 - Peso de martillo 5,50 lbs
 - Altura de caída 12 plg
 - Capas a compactar 3
 - Número de golpes 25

- Proctor Modificado (características)
 - Peso de martillo 10 lbs
 - Altura de caída 18 plg
 - Capas a compactar 5
 - Número de golpes 25

Para realizar este ensayo, se necesita de un equipo especial (ver figura 9) y de 2 a 3 kg de material secado al aire libre, pasándolo por el tamiz de $\frac{1}{4}$ ". Es importante conocer la cantidad de agua con la que se inicia el ensayo, dependiendo del tipo de suelo a ensayar. Se suele empezar con un equivalente al 2% del peso de material que se tenga, incrementándolo a 60 cc de agua, para suelos arenosos y unos 120 cc, para suelos limosos y arcillosos.

Figura 9. **Equipo para ensayo de compactación**



Fuente: HERNÁNDEZ CANALES, Juan Carlos. Características físicas y propiedades mecánicas de los suelos y sus métodos de medición. P. 5.

Teniendo preparada la muestra, se compactan 5 capas, con un espesor aproximadamente 2,54 cm cada una, en toda la superficie del cilindro uniformemente, con 25 golpes (ver figura 10). Se pesa el material compactado, siendo este el peso bruto húmedo (PBH). Se toman dos muestras con la humedad de cada punto, aproximadamente de 100 gr cada una; se pesa y se ponen a secar en el horno.

Para obtener su contenido de humedad, se toma el promedio de las dos muestras. Para calcular la densidad máxima y la humedad óptima se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$PNH = PBH - TARA \quad \text{Ecuación (2-13)}$$

$$PNU = \frac{PNH}{V_{cilindro}} \quad \text{Ecuación (2-14)}$$

$$\%H = \frac{PNH - PNS}{PNS} \quad \text{Ecuación (2-15)}$$

$$PUS = \frac{PUH}{100 * \%H} \quad \text{Ecuación (2-16)}$$

Donde:

PNH = Peso neto húmedo

PUH = Peso unitario húmedo

PNS = Peso neto seco

PUS = Peso unitario seco

%H = Porcentaje de humedad

$V_{cilindro}$ = Volumen del cilindro

Figura 10. **Procedimiento de ensayo de compactación**



Fuente: HERNÁNDEZ CANALES, Juan Carlos. Características físicas y propiedades mecánicas de los suelos y sus métodos de medición. P. 10.

Al tener los cálculos, se procede a hacer la gráfica %H vrs PUS, las ordenadas son los valores correspondientes a los porcentajes de humedad y las abscisas son los correspondientes al peso unitario seco.

En el punto más alto de la curva, se obtiene la densidad máxima y su respectiva humedad óptima; esta densidad máxima es la que se conoce como densidad Proctor.

2.3.4.4. Ensayo de valor soporte del suelo (CBR)

El CBR 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.

El CBR generalmente se determina para 0,1" y 0,2" de penetración o sea dividiendo el esfuerzo para cada penetración entre un esfuerzo de 1000 lbs/plg² y uno de 15000 lb/plg², respectivamente. De estos valores se usa el que sea mayor, generalmente el de 0,1" de penetración (ver tabla IV).

Con el fin de duplicar en el laboratorio la condición más crítica que pueda presentarse en el terreno, las muestras y el equipo para ensayo del CBR se sumergen en agua varios días, hasta obtener su saturación.

Para realizar este ensayo, se necesita de un equipo especial (ver figura 11), 3 kg de material y teniendo los porcentajes de humedad actual y humedad óptima. Con estos datos, se calcula la cantidad de agua que hay que agregar a los 13 kg de muestra:

$$Agua (c/c) = \frac{\%H \text{ óptima} - \%H \text{ actual}}{100 + \%H \text{ actual}} \quad \text{Ecuación (2-17)}$$

Tabla IV. **Resistencias a diferentes penetraciones en piedra triturada**

Penetración	Carga en lb/plg ²	Carga en lb
0,1"	1 000	3 000
0,2"	1 500	4 500
0,3"	1 900	5 700
0,4"	2 300	6 000
0,5"	2 600	7 800

Fuente: GIRÓN WETJEN, Rodolfo Ernesto. Diseño de pavimentos de adoquín. P. 22.

Figura 11. **Equipo para ensayo CBR**



Fuente: HERNÁNDEZ CANALES, Juan Carlos. Características físicas y propiedades mecánicas de los suelos y sus métodos de medición. P. 21.

Los cilindros se compactan en 5 capas, para 10, 30 y 65 golpes, por cada capa. Luego se pesa el material que queda en el cilindro, siendo este el PBH.

Con el peso del cilindro, se obtiene el peso neto húmedo (PNH). Luego se tiene:

$$PUH = \frac{PNH}{V_{cilindro}} \quad \text{Ecuación (2-18)}$$

Tabla V. **Clasificación del suelo según CBR**

Valores en % de CBR	Clasificación
0-5	Subrasante muy mala
5-10	Subrasante mala
10-20	Subrasante regular a buena
20-30	Subrasante muy buena
30-50	Subbase buena
50-80	Base buena
80-100	Base muy buena

Fuente: GIRÓN WETJEN, Rodolfo Ernesto. Diseño de pavimentos de adoquín. P. 23.

Para calcular el peso unitario seco:

$$PUS = \frac{PNH}{\%H \text{ despues} + 100} \quad \text{Ecuación (2-19)}$$

Con los datos anteriores se calcula el porcentaje de compactación, que es igual a:

$$\%C = \frac{PUS \text{ del CBR}}{PUS \text{ máximo proctor}} \quad \text{Ecuación (2-20)}$$

Con el valor del porcentaje de CBR obtenido, se puede clasificar el suelo usando la tabla V, encontrando el uso que puede dársele al material en estudio.

2.3.4.5. Determinación del valor soporte de la subrasante

Las características del suelo de subrasante fueron determinadas por examen directo en el campo y por análisis de laboratorio. Las pruebas de identificación se hicieron con base en examen visual y al manual Límites de Atterberg, según AASHTO T-89 y T-90. Compactación, según AASHTO T-180. Valor Soporte de California (CBR) según AASHTO T-193.

Los resultados de las pruebas de acuerdo con los informes 353, 354, 355 y 356 S.S del Laboratorio de Suelos del Centro de Investigaciones de Ingeniería fueron:

Tabla VI. **Resultados del estudio de suelos**

Muestra Material	LL	IP	Densidad máxima	Humedad optima	CBR al 95% de compactación	AASHTO M-145
Arena limosa color café	0	0	1 439	27%	65%	A-4

Fuente: ensayo de suelos. Informes 353 S.S. a 356 S.S, USAC.

Según los resultados obtenidos de los ensayos realizados que se presentan en el Apéndice 1 se puede considerar lo siguiente:

- De acuerdo con su granulometría y plasticidad, el suelo se describe como una arena limosa con grava color beige, se clasifica según el sistema C.S.U. (Clasificación Sistema Unificado) como SM y P.R.A = A-4.
- Según el límite líquido y plástico lo clasifica como una arena limosa no muy fina y no plástica, determinando esto sobre la base de Límites de Atterberg. Este tipo de material es susceptible de compactarse con equipo especial.
- El ensayo Proctor indica que a una humedad óptima del 27% se obtendrá una densidad seca máxima de 1 439 kg/m³.
- El CBR indica un valor de soporte bueno ya que con una compactación al 95% se obtiene un CBR del 65% aproximadamente; lo cual indica que se puede utilizar como base buena según la tabla V.

2.3.5. Métodos de diseño

Para el diseño de espesores en adoquines, se utilizarán los cuatro métodos descritos en el Manual centroamericano para el diseño de pavimentos, elaborado por la Secretaria de Integración Económica Centro Americana (SIECA), los cuales son los siguientes:

- Método de Murillo López de Souza
- Método Argentino
- Método de AASHTO

- Método Británico

Además de estos cuatro métodos se adiciona a este trabajo de investigación el método de Mills, el cual sirve para comparación entre los cuatro métodos descritos en la SIECA.

2.3.5.1. Método de Murillo López de Souza

Método utilizado en caminos rurales con un tipo de tránsito medio (menos de 750 vehículos comerciales por día con 20% de carga máxima) una carga por rueda de 5 toneladas y un CBR de la subrasante del 5% mínimo.

Espesores requeridos, bajo esas condiciones sobre un terreno natural con un CBR de 5% o mayor, debe ser de 45 a 55 centímetros y cumplir con lo indicado en la tabla VII.

La capa de arena se considera que no aporta soporte estructural.

Tabla VII. **Espesores de adoquín**

Estructura de Pavimento (cm)	Precipitación pluvial (mm/año)		
	≤ 800	800 - 1 500	$\geq 1 500$
Adoquín	10	10	10
Cama de asiento	3-5	3-5	3-5
Base	20	20	20
Sub base	12	16	20
TOTAL	42	46	50

Fuente: Manual centroamericano para diseño de pavimentos. P. 103.

Para subrasantes con CBR menores a 5% debe colocarse un espesor de terracería mejorada, por debajo de la estructura de pavimento anteriormente indicada con espesores de 10 a 45 centímetros, dependiendo del valor del CBR y de la precipitación pluvial de la zona en donde se ubique el pavimento a construir.

Según el mapa de Isoyetas Medias Anuales proporcionadas por el INSIVUMEH, el proyecto se encuentra en un área con precipitación pluvial anual de entre 1 000 a 1 500 mm/año; con este dato y utilizando la tabla VII el pavimento se conforma de la siguiente manera:

Base	= 20 cm
Subbase	= 16 cm
Cama de asiento	= 3-5 cm
Adoquín	= 10 cm

2.3.5.2. Método argentino

Otro método con el que se obtienen espesores similares es el desarrollado con base en experiencias del Instituto de Cemento Portland argentino, por el Ing. Juan F. García Balado, para el cálculo de espesores de pavimentos de adoquines quien ha propuesto la siguiente ecuación:

$$e = \frac{100 + \sqrt{P}}{CBR + 5} \quad \text{Ecuación (2-21)}$$

Donde:

e = Espesor total del pavimento requerido, en centímetros

P = Carga por rueda, en toneladas

CBR = El de la subrasante en condiciones de servicio

Empleando la ecuación 2-21 y considerando:

CBR de la subrasante = 65% al 95% de compactación

Carga por rueda = 12 000 lbs. \cong 5,4545 ton (Ver tabla VIII)

Se obtiene:

$$e = \frac{100 + \sqrt{5,4545}}{0,65 + 5} = 41,33 \text{ cm}$$

El método argentino contempla además, la utilización de factores de equivalencia para las diferentes capas de pavimento en función de los diferentes tipos de materiales que se utilizan para su conformación. Dichos factores dependen del tipo de material a utilizar y se describen a continuación:

- Base de suelo granular 1,0
- Suelo-cemento 1,5 a 2,0
- Adoquín 2,0 a 2,5

Si se toman en cuenta estos factores de equivalencia, el espesor quedaría conformado de la siguiente manera:

$$e = k_1 * e_1 + k_2 * e_2 \quad \text{Ecuación (2-22)}$$

Donde:

e = Espesor total del pavimento

e₁ = Espesor del adoquín

e_2 = Espesor de la base
 k_1 = Factor de equivalencia del adoquín
 k_2 = Factor de equivalencia de suelo granular

Se tiene entonces que:

$e = 41,33$ cm
 $e_1 = 10$ cm. (espesor del adoquín)
 e_2 = espesor de la base (variable a encontrar)
 $k_1 = 2,0$ (factor de equivalencia del adoquín)
 $k_2 = 1,0$ (factor de equivalencia de base de suelo granular)

$$e_2 = \frac{e - k_1 e_1}{k_2} \quad \text{Ecuación (2-23)}$$

$e_2 = 21,33$ cm (base de suelo granular)

El espesor del pavimento quedaría conformado por:

Adoquín = 10 cm
Arena (cama de asiento) = 3 a 5 cm
Base granular = 21,33 cm

2.3.5.3. Método AASHTO

En este método, para el cálculo de espesores, se utiliza la Guía de diseño AASHTO 1,993.

Los datos de diseño especificados para este método son:

- Índice de confianza (%) = 85 (parámetro AASHTO 1993: 75 – 95)
- Índice de servicio inicial = 4,2 (parámetro AASHTO 1993: 4,2 – 4,4)
- Índice de servicio final = 2,2 (parámetro AASHTO 1993: 2,0 – 2,5)
- Índice de servicio de diseño = 2
- Desviación estándar S_o = 0,45 (parámetro AASHTO 1993: 0,45)
- Módulo de resiliencia, M_r = 7 500
- Periodo de diseño (años) = 15
- No. de ejes equivalentes = 1,5 millones
- Número estructural: SN = 3,4

Cálculo de espesores:

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 \quad \text{Ecuación (2-24)}$$

Donde:

SN = Número estructural = 3,4

a_1 = Coeficiente de carpeta (adoquín) = 0,45

a_2 = Coeficiente de base = 0,14

D_1 = Espesor del adoquín (pulgadas) = 3,94 plg

D_2 = Espesor de la base =

Si el espesor del adoquín es de 10 cm, equivalente a 3,94 plg, entonces:

$$3,4 = 0,45 * 3,94 + 0,14 * D_2$$

$$D_2 = 11,62 \text{ plg}$$

$$D_2 = 29,52 \text{ cm}$$

Con base en lo anterior, la estructura de pavimento quedaría conformada de la manera siguiente:

Adoquín = 10 cm
Arena = 3 a 5 cm
Base granular = 29,52 cm

2.3.5.4. Método Británico

La publicación “Adoquines de Concreto” del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (IMCYC) demostró en su informe técnico “*The desing of concrete block roads*”, que los adoquines colocados sobre un lecho de 5 cm tienen una capacidad de distribución de carga, similar a la del asfalto compactado de 16 cm de espesor. Asimismo, señala que la pavimentación con adoquines de concreto se puede colocar directamente sobre una subbase de acuerdo con las normas de la *Road Note 29 “A guide to the structural design of paviments for new roads”*, tercera edición; donde la base y la superficie de rodamiento se sustituyen con los adoquines y 5 cm de arena.

Ahora bien, si esto se toma como base para el diseño, es posible utilizar las Road Note 29, para determinar el espesor de la subbase, para cualquier subrasante y la duración esperada para diversos caminos, que soporten hasta 1,5 millones de ejes estándar.

Por otra parte, las mencionadas normas recomiendan que el espesor total de la construcción sobre el nivel de la terracería no sea menor de 45 cm.

Los materiales para subbase que recomiendan las *Road Note 29* deben cumplir las normas británicas, ya que pueden ser susceptibles a la humedad, la cual penetrará entre las juntas de los adoquines recién colocados.

De los cuatro métodos de diseño descritos en el Manual centroamericano para diseño de pavimentos de la SIECA, el único que toma como variable el CBR de la subrasante es el método Argentino, el resto toman como dato fijo de referencia un CBR cercano o igual al 5% y espesor de pavimentos de entre 40 a 45 cm.

Como uno de los objetivos del presente trabajo es encontrar un método adecuado a nuestro medio para el diseño de pavimentos de adoquín, se ha efectuado un estudio de varios métodos de diseño de pavimentos flexibles, encontrado dentro de estos el método de Mills, mismo que será analizado a continuación.

2.3.5.5. Método de Mills

El método de Mills se empezó a usar en Guatemala en 1956 por la Dirección General de Caminos y desde entonces se ha utilizado en la mayor parte de proyectos de pavimentos con adoquín que han sido construidos en la república.

Este método toma como factor principal el CBR auxiliado por el índice de grupo, un factor adicional que toma en cuenta el drenaje de la superficie y considera además la intensidad y peso del tráfico.

A continuación se presenta el diseño de espesores de los elementos que forman el pavimento semiflexible de adoquín con el método de Mills.

Para realizar una comparación de los métodos antes desarrollados contra el método mencionado, se utilizará una carga por rueda de 12 000 lbs, que corresponden a 5,45 ton, lo que equivale a un diseño para tráfico mediano según tabla VIII. Los otros métodos utilizan una carga por rueda de 5 ton.

2.3.6. Diseño de espesores utilizando el método de Mills

La estimación del tránsito que usará el pavimento debe considerar los conteos actuales y las actividades del área a que servirá el camino a construir, así como posibles usos futuros; sin embargo, Mills estima como de más importancia el peso máximo de los vehículos que su número; un solo vehículo excesivamente pesado puede causar más daño a un pavimento que mil vehículos ligeros.

Tabla VIII. Cargas de diseño

Tipo de Tráfico	Tráfico total durante 24 horas			Carga de diseño (lb/rueda)
	Total de Vehículos	Camiones y autobuses	Camiones pesados	
PESADO	3 000 mínimo	700 mínimo	150 mínimo	14 000
MEDIANO	1 000 - 3 000	250 - 700	50 - 150	12 000
LIVIANO	1 000 máximo	250 máximo	50 máximo	10 000

Fuente: GIRÓN WETJEN, Rodolfo Ernesto. Diseño de pavimentos de adoquín. P. 40.

Sin embargo, el número de aplicaciones de carga tiene un efecto y por ello la clasificación del tráfico considera tanto el número como el peso de los vehículos.

2.3.6.1. Subbase

El espesor de la subbase se determina tomando en cuenta el espesor indicado por el método del CBR así como el indicado por el método del índice de grupo; la experiencia ha demostrado que un método señala propiedades malas de un suelo que no indica el otro. La fórmula empleada es la siguiente:

$$T_{sb} = \left(\frac{(2 \cdot T_c + T_g)}{3} - (S + B + L) \right) \times F_d \quad \text{Ecuación (2-25)}$$

Donde:

T_{sb} = Espesor de subbase

T_c = Espesor total del pavimento indicado por el método del CBR (ver figura 12), espesor que depende del CBR de la subrasante.

T_g = Espesor total de pavimento indicado por el método del índice de grupo (ver figura 12), espesor que depende del índice de grupo de la subrasante.

S = Espesor de capa de rodadura (determinado según la tabla XII)

B = Espesor de capa de base (determinado según la tabla XI).

L = Espesor de capa de asiento o lecho.

F_d = Factor de incremento de espesor por mal drenaje (determinado según la tabla X).

Debe cumplirse además que:

$$\frac{2 T_c + T_g}{3} \geq T_c \quad \text{Ecuación (2-26)}$$

En caso de ser menor, se utilizará el valor de T_c .

La fórmula de Mills obtiene un promedio de los espesores según los dos métodos, por medio de la expresión $(2 T_c + T_g) / 3$, pero le da más peso al T_c debido a que este es obtenido con la muestra compactada en forma óptima, y sujeta a las peores condiciones de humedad que se podrán dar en la realidad.

Sustituyendo los valores en la fórmula, para hallar el espesor de subbase T_{sb} , se obtiene:

$T_c = 15$ cm según figura 12 para tráfico mediano y el valor del CBR del estudio de suelos a un 95% de compactación.

$T_g = 22,5$ cm según figura 13 para tráfico mediano y el índice de grupo que se calcula mediante la fórmula y los resultados del ensayo de suelos:

$$IG = (F - 35)(0,20 + 0,005(LL - 40)) + 0,01(F - 15)(IP - 10)$$

$$IG = (42 - 35)(0,20 + 0,005(0 - 40)) + 0,01(42 - 15)(0 - 10)$$

$$IG = -2,70 \text{ entonces } IG = 0$$

Donde:

F = Porcentaje que pasa a través del tamiz No 200, expresado como número entero (ver ensayo de suelos).

LL = Límite líquido (ver ensayo de suelos).

IP = Índice de plasticidad (ver ensayo de suelos).

I.G. = Se informa en números enteros y si es negativo se usa un valor igual a 0.

S = 10 cm (ver tabla XII)

B = 18 cm (ver tabla XI)

L = 3 cm, espesor de la cama de asiento

Fd = No aplica debido a que el CBR es mayor que 20 y el índice de grupo es menor que 3.

Calculando:

$$Tsb = ((2 \times 15 + 22,5) / 3) - (10 + 18 + 3) = -13,50 \text{ cm}$$

$$Y \text{ debe cumplirse con: } (2 \times 18 + 22,5) / 3 = 17,50 \geq 15$$

$$Tsb = 17,50 - 31 = -13,50$$

Como Tsb es negativo, indica que no será necesaria la construcción de la subbase, quedando el pavimento conformado de la siguiente manera:

Base = 18 cm

Cama de asiento = 3 cm

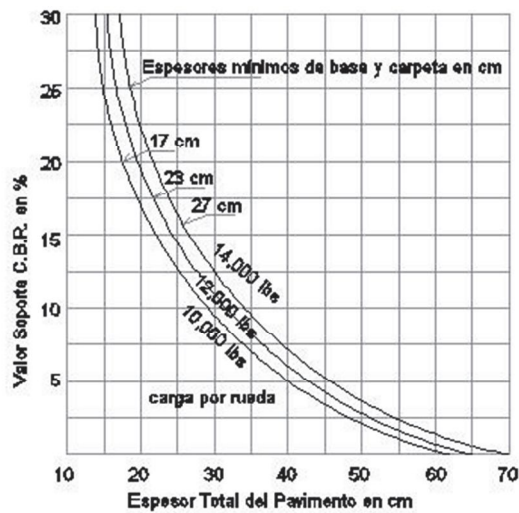
Adoquín = 10 cm

En algunos ensayos de la subrasante se obtienen valores de CBR menores que dos por ciento. En este caso se deberán hacer nuevas determinaciones del CBR para confirmarlo, ya que este valor corresponde a suelos muy malos. Si se obtiene nuevamente un valor tan bajo, deberán tomarse precauciones especiales para el diseño y construcción como:

- Construir un drenaje adecuado
- Darle al tramo pendientes suficientes

- Recubrir a manera de aislamiento el suelo malo con material de buena graduación y que contenga alguna arcilla, en espesores de acuerdo con la tabla IX.

Figura 12. **Espesor de pavimento según CBR**

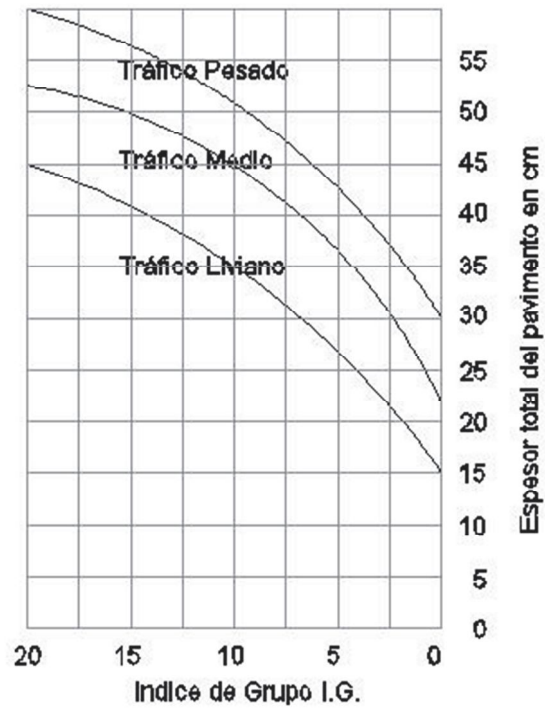


Fuente: GIRÓN WETJEN, Rodolfo Ernesto. Diseño de pavimentos de adoquín. P. 49.

El margen de espesor adicional para mal drenaje fue ideado para obtener un diseño balanceado a lo largo de todo el proyecto. Tiene el propósito de dar pavimentos de capacidad de carga uniforme empleando espesores extra de subbase donde el drenaje natural es malo.

Cuando la pendiente longitudinal de la pista es fuerte, el agua fluye rápidamente, pero al disminuir la pendiente aumenta el peligro de estancamiento de agua. El problema se agudiza en pendientes planas especialmente en secciones de corte en trinchera, donde es mayor la posibilidad de sobresaturación de la subrasante.

Figura 13. **Espesor del pavimento según el índice de grupo**



Fuente: GIRÓN WETJEN, Rodolfo Ernesto. Diseño de pavimentos de adoquín. P. 49.

Tabla IX. **Recubrimiento para suelos con CBR bajo**

CBR de la Subrasante	Espesor mínimo del material de recubrimiento
1,5	0,61 m (24")
1,0	0,76 m (30")
0,5	0,97 m (38")

Fuente: GIRÓN WETJEN, Rodolfo Ernesto. Diseño de pavimentos de adoquín. P. 50.

El espesor adicional de la subbase aumenta la profundidad de distribución de cargas en estas áreas críticas y disminuye la intensidad de las presiones transmitidas a la subrasante.

El factor no se aplica cuando la subrasante está compuesta de material de alta estabilidad y buenas propiedad de permeabilidad, o sea cuando el suelo de la subrasante tiene un CBR igual o mayor que 20 y un índice de grupo igual o menor que 3.

En la tabla X se da el factor para espesor adicional por mal drenaje.

Tabla X. **Factor de incremento por mal drenaje**

Sección transversal	Pendiente longitudinal (%)	Espesor mínimo (cm)	Factor de Incremento
Corte	0	20	1,25
Relleno	0	15	1,20
Corte	1	10	1,15
Relleno	1	5	1,10
Corte	2	0	1,05
Relleno	2	0	1,00

Fuente: GIRÓN WETJEN, Rodolfo Ernesto. Diseño de pavimentos de adoquín. P. 40.

2.3.6.2. Base

Generalmente la capa de base, al igual que la capa de superficie, se conserva con un espesor uniforme a lo largo de todo el proyecto, variando solamente el espesor de la subbase de acuerdo con la calidad del suelo de subrasante.

La tabla XI da los espesores de base en función del tráfico previsto y establece ciertos valores límites en las propiedades de los materiales a usar. Podrá reducirse el espesor de la base en un 25 por ciento cuando el material de la subrasante tiene un valor de soporte CBR mayor de 40 y un índice de grupo de 0. Como se ve en la sección 2.3.6.1 el espesor de la base a utilizar es de 18 cm.

Tabla XI. **Requisitos para la capa de base**

Clasificación de tráfico	Granulometría para materiales AASHTO M-147	Espesor mínimo (cm)	CBR de 55 golpes mínimo (%) AASHTO T-193	Límite líquido máximo	Índice de plasticidad máximo
Pesado	Col A o B	20	90	25	6
Mediano	Col A,B,C o D	18	75	25	7
Liviano	Col A,B,C,D,E o F	15	60	27	8

Fuente: GIRÓN WETJEN, Rodolfo Ernesto. Diseño de pavimentos de adoquín. P. 45.

2.3.6.3. Capa de arena

El lecho de arena sobre el cual se colocan los adoquines no es objeto de diseño, ya que no tiene una función estructural; su espesor se fija de acuerdo con lo indicado en la sección 2.2.4.

2.3.6.4. Carpeta de rodadura

La capa de rodadura está constituida por los adoquines en sí. El espesor de adoquín a usar se elegirá atendiendo al tránsito para el cual se proyecte la carpeta de rodadura. Los espesores recomendados están en la tabla XII.

Según la tabla XII se elige un espesor de adoquín de 10 cm.

Con los resultados obtenidos del análisis de diseño de espesores de los cinco métodos anteriores se hace una comparación y se presenta en la tabla XIII.

Los métodos Murillo López de Souza, AASHTO y Británico tienen la desventaja para este proyecto en particular, de utilizar valores de subrasante con CBR muy bajos, alrededor del 5%, lo cual no se aplica para la subrasante existente ya que tiene un valor de CBR del 65% al 95% de compactación. Estos métodos dan como resultado pavimentos de mayor tamaño, provocando que el costo del proyecto se incremente.

El método Argentino y el de Mills toman en cuenta como variable el CBR existente de la subrasante, resultando en pavimentos con espesores menores y por ende en una reducción en la inversión del proyecto.

Tabla XII. **Espesores mínimos recomendados para carpetas de rodadura de adoquín**

Clasificación del tráfico	Espesor del adoquín (cm)	Recomendable aplicarlo para:
Pesado	12	Calles en ciudades con tráfico alto Pacios para maquinaria pesada Calles de tráfico de autobuses y camiones Pacios industriales y para vehículos pesados Pacios para vehículos militares o sobre orugas
Mediano	10	Calles con tráfico de vehículos usuales y vehículos de carga livianos Autopistas con tráfico moderado Calles secundarias de colonias y lotificaciones Caminos vecinales con tráfico pesado pero escaso
Liviano	8	Acceso a residencias Garajes particulares Calles en pequeñas poblaciones Parqueos para vehículos livianos Parqueos y áreas de circulación de vehículos en centros comerciales Calles secundarias de colonias y lotificaciones
Otros	5	Aceras para peatones Calles para bicicletas o motocicletas Veredas en parques, zoológicos, etcétera.

Fuente: GIRÓN WETJEN, Rodolfo Ernesto. Diseño de pavimentos de adoquín. P. 42.

El método británico refiere a las normas británicas que no se aplican con frecuencia en el país.

Los métodos Argentino y el de Mills dan valores de espesor de pavimento similares, sin embargo se considera tomar los valores del método de Mills porque tiene la ventaja de haber sido creado para el diseño y construcción de carreteras en el Brasil, bajo condiciones climáticas semejantes a las de Guatemala; sumado a esto, toma en cuenta los valores de CBR e índice de grupo de la subrasante, que como se observan en el ensayo de laboratorio son resultados adecuados.

Tabla XIII. **Comparación de espesores de pavimentos por diferentes métodos**

Elemento	Método				
	Murillo López de Souza	Argentino	AASHTO	Británico	Mills
Base	20	21,33	29,52		18
Sub base	16			30	
Cama de asiento	3	3	3	5	3
Adoquín	10	10	10	10	10
Total en cm	46	31,33	39,52	45	31

Fuente: elaboración propia.

2.3.6.5. Diseño de drenajes transversales

En el presente estudio se utiliza el método racional, donde se asume que el caudal máximo para un punto dado, se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía superficial durante un periodo de precipitación máxima.

Para lograr esto, la tormenta máxima (de diseño) debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana, para llegar hasta el punto considerado (tiempo de concentración).

Para el cálculo se utilizan las siguientes fórmulas:

$$Q = \frac{C i A}{360} \quad \text{Ecuación (2-27)}$$

Donde:

Q = Caudal de diseño en [m³/seg]

A = Área drenada de la cuenca en [ha]

I = Intensidad de lluvia en [mm/hora]

C = Coeficiente de escorrentía, ver tabla XIV

La intensidad de lluvia la proporciona el INSIVUMEH, según la región en estudio y está dada por la fórmula siguiente:

$$i = \frac{a}{(t+b)^n} \quad \text{Ecuación (2-28)}$$

Donde:

i = Intensidad de lluvia en mm/hora

a, b y n = Varían en cada región, los datos son proporcionados por el INSIVUMEH en el informe de intensidades de lluvia

t = Tiempo de concentración en minutos

Tabla XIV. **Coeficiente de escorrentía según tipo de superficie**

Tipos de superficie	Coeficiente de escorrentía C
Pavimentos de hormigón y bituminosos	0,70-0,95
Pavimentos de macadam	0,25-0,60
Adoquinados	0,50-0,70
Superficie de grava	0,15-0,30
Zonas arboleadas y bosques	0,10-0,20
Zonas con vegetación densa granular	0,05-0,35
Zonas con vegetación densa arcillosa	0,15-0,50
Zonas con vegetación media granular	0,10-0,50
Zonas con vegetación media arcillosa	0,30-0,75
Tierra sin vegetación	0,20-0,80
Zonas cultivadas	0,20-0,40

Fuente: MERRIT, Frederick S. Manual del Ingeniero Civil. P. 21-104.

El tiempo de concentración está dado por la siguiente fórmula:

$$t = \frac{3 * L^{1,15}}{154 * H^{0,38}} \quad \text{Ecuación (2-29)}$$

Donde:

t = Tiempo de concentración en minutos

L = Longitud del cauce principal en metros

H = Diferencia de elevación entre los puntos extremos del cauce principal en metros

Fórmulas auxiliares (Manning):

$$V = \left(\frac{1}{n}\right) * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ecuación (2-30)}$$

Donde:

V = Velocidad

R = Radio hidráulico el cual es D/4 para tuberías circulares

S = Pendiente

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \quad \text{Ecuación (2-31)}$$

$$Q = V * A \quad \text{Ecuación (2-32)}$$

Y sustituyendo las ecuaciones 2-30 y 2-31 en ecuación 2-32 se obtiene:

$$Q = \left(\frac{1}{N}\right) * \frac{D^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * \pi * D^2}{4^{\frac{2}{3}} * 4} \quad \text{Ecuación (2-33)}$$

Dónde:

Q = Caudal (m³/seg)

A = Área de tubería circular (m²)

D = Diámetro de la tubería en m

N = Coeficiente de rugosidad

Los coeficientes de rugosidad para diferentes materiales de tuberías se presentan en la tabla XV.

Entonces, conociendo las variables se despeja D:

$$D = \left(\frac{4^{\frac{5}{3}} * Q * N}{\frac{1}{S^2 * \pi}} \right)^{\frac{3}{8}} \quad \text{Ecuación (2-34)}$$

Con las fórmulas anteriores y con los datos del informe de intensidad de lluvia del INSIVUMEH, se diseñaron los drenajes transversales en las estaciones necesarias; los resultados se muestran en el Apéndice No. 3, donde se utiliza un coeficiente de escorrentía de 0,60 se uniformiza y se adecua el diámetro de las tuberías a los diámetros comerciales.

Se utiliza el coeficiente de rugosidad de 0,025 que se encuentra dentro del rango de los valores de la tabla XV para tuberías concreto rugoso.

Tabla XV. **Coeficientes de rugosidad de tubería según tipo de materiales**

Material de tuberías	n
Asbesto-cemento	0,01-0,015
Hierro fundido o acero altamente corroídos	Hasta 0,035
Ladrillo	0,013-0,027
Hierro fundido revestido limpio	0,010-0,014
Hierro fundido nuevo	0,011-0,015
Acero corrugado	0,021-0,027
Concreto rugoso	0,015-0,027
Concreto liso	0,012-0,014
Plástico liso (incluye PVC)	0,009-0,013
Madera	0,013-0,027

Fuente: MERRIT, Frederick S. Manual del Ingeniero Civil. P. 21-26.

Ejemplo de cálculo para estación 4:

Datos:

A = Área a drenar = 4 hectáreas

L = Longitud del cauce = 202,27 m

H = Diferencia de elevaciones = 9,21 m

S = Pendiente en % = $(9,21 / 202,27) * 100 = 4,55\%$

C = Coeficiente de escorrentía (tabla XIV) = 0,60

a = Dato proporcionado por INSIVUMEH = 13320

b = Dato proporcionado por INSIVUMEH = 30

n = Dato proporcionado por INSIVUMEH = 1,244

N = Coeficiente de rugosidad para tubería de concreto) = 0,025

Calculando:

$$t = \frac{3 * L^{1,15}}{154 * H^{0,38}} = \frac{3 * 202,27^{1,15}}{154 * 9,21^{0,38}} = 3,76 \text{ min}$$

$$i = \frac{a}{(t + b)^n} = \frac{13320}{(3,76 + 30)^{1,244}} = 167,18 \text{ mm/hora}$$

$$Q = \frac{C i A}{360} = \frac{0,60 * 167,18 * 4}{360} = 1,1145 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$D = \left(\frac{4^{\frac{5}{3}} * Q * n}{\frac{1}{S^2} * \pi} \right)^{\frac{3}{8}} = \left(\frac{4^{\frac{5}{3}} * 1,1145 * 0,025}{4,55^{\frac{1}{2}} * \pi} \right)^{\frac{3}{8}} = 0,72 \text{ m} = 28 \text{ plg}$$

En el Apéndice No. 3 se puede observar que para intensidades de lluvia entre 167 y 185 mm/hora, las tuberías necesarias para soportar la escorrentía están dentro del rango de Ø 25" a Ø 30" de concreto rugoso para un área de aproximadamente 4 hectáreas; este valor se utiliza como área tributaria debido a que se debe tomar en cuenta el área de escorrentía de la calle, así como también el área de los techos y patios de las viviendas los cuales en su mayoría desfogan las aguas pluviales a la calle; además, se debe tomar en cuenta la contribución de caudal de los terrenos que tributarán la escorrentía pluvial al camino.

Para facilitar el proceso constructivo se uniformiza el diámetro de la tubería a 30".

3. MÉTODO CONSTRUCTIVO

La construcción de la subrasante, subbase y base, en pavimentos con adoquín, no difiere en nada de la empleada en pavimentos de asfalto. La capa adoquinada o carpeta de rodadura y la capa de asiento sí tienen su técnica especial de construcción.

Ninguna de las operaciones que forman parte de la construcción del pavimento de adoquines se realizará en momento de lluvia. Si la capa de arena que sirve de apoyo a los adoquines ha soportado lluvia o agua de escorrentía, deberá ser levantada y reemplazada por una arena suelta de humedad baja y uniforme.

Si se tenían adoquines colocados sin compactar ni sellar, se investigará si el agua ha producido erosión de la arena por debajo de las juntas y, en caso de que ello haya sucedido, se deberán retirar los adoquines y la capa de arena, y repetir el trabajo.

El tránsito automotor no se permitirá hasta que el pavimento haya recibido la compactación final y esté completamente confinado. Debe colocarse una apropiada señalización en los desvíos considerados en el proyecto; estos no deberán pasar por lugares donde se ubican centros de salud, zonas de derrumbes, etc. No debe permitirse el acceso de personas ajenas a la obra.

Durante un lapso de al menos dos semanas, se dejará un sobrante de arena esparcido sobre el pavimento terminado, de manera que el tránsito y las posibles lluvias ayuden a acomodar la arena en las juntas.

3.1. Corte y relleno

Esta actividad se basa en la sección típica de cada tramo, la cual es la representación gráfica transversal y acotada mostrada en los planos, que indica las partes componentes de una carretera.

Corte es el material no clasificado que se excava dentro de los límites de construcción, para utilizarlo en la construcción de terraplenes.

Excavación no clasificada, es la operación de cortar y remover cualquier clase de material independiente de su naturaleza o de sus características, dentro o fuera de los límites de construcción, para incorporarlo en la construcción de rellenos, terraplenes y cualquier elemento que implique la construcción del camino.

Cuando se hayan completado todos los rellenos y demás elementos, con el material proveniente del corte y exista material sobrante, este tendrá que desperdiciarse cuando así haya sido contemplado en el diseño o porque el material es inadecuado.

Excavación no clasificada de desperdicio es el material resultante de la excavación que de acuerdo con los planos constituye sobrante o que sea material inadecuado para la construcción de la obra.

Excavación no clasificada para préstamo, es aquella que se refiere a que cuando todo el material proveniente del corte sea insuficiente para completar los rellenos y terraplenes de conformidad con los planos, tendrá que recurrirse a obtener materiales provenientes de áreas ubicadas fuera de los límites de construcción o bancos de préstamo.

La excavación también contempla la excavación de cunetas, contracunetas y su prolongación; afinamiento, acabado y terminación de todo el trabajo de terracería.

El trabajo también incluye el retiro y reemplazo del material inadecuado que se encuentre en áreas inestables; remoción y prevención de derrumbes; excavación de bancos de préstamo aprobados, transportación del material dentro de la distancia de acarreo libre e incorporación del mismo a la obra.

3.2. Subrasante

En el diseño del pavimento con adoquín se puede observar que debido al CBR de la subrasante no es necesaria la subbase, sin embargo por seguridad del proyecto y para que la vida útil del mismo se garantice, en toda la longitud del proyecto y a una profundidad de 15 centímetros, la subrasante se deberá de reacondicionar homogeneizando la misma por medio de una escarificación, compactándola hasta obtener un CBR mínimo del 65%. Así se cumplirá con los valores establecidos en el diseño.

3.3. Subbase

Según el diseño del pavimento con adoquín, debido al buen CBR encontrado en la subrasante, no será necesaria la subbase, sin embargo habrá que realizar el reacondicionamiento de la subrasante como se indica en la sección 3.2.

3.4. Base

Esta capa del pavimento tendrá un espesor no menor a 18 cm en toda su longitud y el material que se va a utilizar como base deberá cumplir con lo estipulado en las normas descritas en la sección 2.2.3.

3.5. Cama de asiento

La arena utilizada para la capa de apoyo de los adoquines, será de origen aluvial, sin trituración, libre de polvo, materia orgánica y otras sustancias objetables. Deberá además, satisfacer los siguientes requisitos:

La arena por emplear deberá ajustarse a la granulometría que se presenta en la tabla XVI.

Tabla XVI. **Propiedades de arena para cama de asiento**

Tamiz	Porcentaje que pasa Min. – Max.
9,5 mm (3/8")	100
4,75 mm (No.4)	90-100
2,36 mm (No.8)	75-100
1,18 mm (No. 16)	50-95
600 µm (No. 30)	25-60
300 µm (No.50)	10-30
150 µm (No.100)	0-15
75 µm (No.200)	0-5

Fuente: Instituto Colombiano de Productores de Cemento. Notas técnicas. P. 3.

Antes de ser descargada la arena, la misma tendrá que estar humedecida. Esta actividad deberá ser realizada en las primeras horas de la mañana, de tal modo que el polvo no afecte las principales actividades humanas.

Esta capa se puede trabajar de dos formas:

- Tender, nivelar y dar una ligera compactación a la capa de arena de río, con el auxilio de dos reglas guías instaladas a los lados de la calle, sobre la capa de base terminada. El espacio entre la reglas se llena con la arena que se rasa después, haciendo correr otra regla sobre las guías.
- Acondicionar y nivelar la arena de río para cada adoquín a colocar, pero en esta forma, el proceso es más lento.

3.6. Adoquín

La colocación de los adoquines requiere de mucho cuidado para alinear y nivelar perfectamente las hileras de estos. Al colocar los adoquines, el obrero tiene que ir pisando sobre los adoquines ya colocados. No debe pisarse la cama de asiento.

Primero se colocan tres estacas a cada 3,00 metros del tramo que se va a adoquinar, una en el centro y las otras dos en cada orilla de la calle; en cada estaca se marca el grueso o espesor de los adoquines sobre el nivel de la capa de asiento y en estas marcas se colocan pitas o cordeles, bien estirados, para obtener el nivel de la calle que se utilizará.

Con estas pitas o cordeles se colocan los adoquines testigos o guías para, con base en ellos, colocar los demás y poder pasar nivel con la regla maestra.

Al tener colocados los adoquines testigos o guías, se comienza el adoquinamiento; poniéndolos del centro hacia las orillas.

En el centro se colocan medios adoquines a lado y lado de la pita o cordel central, dejando una separación no mayor de 1 cm entre cada uno. Se debe tener especial cuidado en que estos queden bien asentados, nivelados y alineados.

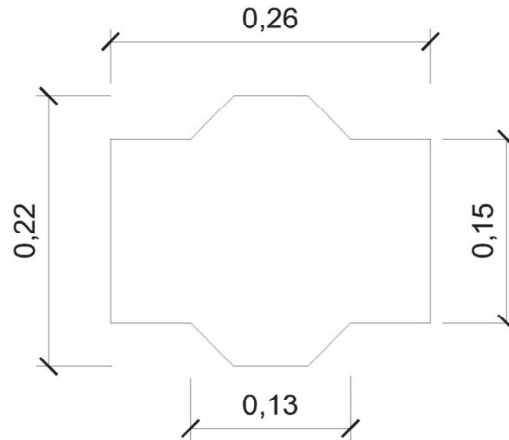
3.6.1. Tipos de adoquín

Los adoquines se puede definir como bloques de concreto, cuya función esencial es distribuir eficientemente las cargas concentradas de los ejes de los vehículos hacia las otras estructuras que lo soportan, de manera que estas no presenten fallo o deformación excesiva; asimismo, constituyen la capa del pavimento que soportará directamente el paso de los vehículos.

El adoquín no tiene forma definida, esto dependerá de la estética que el ingeniero diseñador le quiera dar a su proyecto; el espesor dependerá del tipo de tránsito que se frecuente en esa área. Se puede utilizar cualquier forma para fabricar los adoquines, aunque se recomienda la de la figura 14, por razones de facilidad de construcción, uniformidad de diseño y porque se utiliza un solo tipo de molde.

Su forma es tal que impide el deslizamiento entre un adoquín y otro; la sisa entre adoquines, que debe ser de 1 cm. de ancho, se llena de arena fina o arena y barro, para evitar filtraciones, y de esta forma se evita que se quiebren y desportillen entre ellos. Por consiguiente, no se necesitan mezclas, ni material ligante entre adoquines.

Figura 14. **Detalle típico de adoquín**



Fuente: elaboración propia.

3.6.1.1. Tipos de adoquín por su forma

No se establece prácticamente ninguna restricción en cuanto a la forma del adoquín; pero se persigue asegurar que este pueda ser levantado con facilidad y que cuando se coloque en forma correcta, ajuste perfectamente con el otro; es recomendable que se fabriquen con medidas exactas, lo que permite colocarlos con espacios sumamente pequeños entre las propias juntas.

3.6.1.2. Tipos de adoquín por el tipo de tránsito que soporta

En la actualidad, la mayoría de los métodos de diseño de pavimentos con adoquín consideran el tránsito de todos los vehículos que circularán por el mismo, para un periodo de diseño de 20 años. En la tabla XII se muestran las categorías de tránsito según lo indica el método de Mills.

3.6.2. Especificaciones

Las caras superior e inferior del adoquín deben tener forma plana, la cara expuesta puede tener aristas vivas o biseladas. Ambas superficies deben ser rugosas o ásperas. Los bloques deben estar totalmente libres de grietas.

Su forma en planta debe ser tal que permita engrape entre un adoquín y otro, al colocar alternados los adoquines de dos filas adyacentes.

El área de fabricación de los adoquines deberá ser suficientemente amplia, de acuerdo con el volumen de producción y de almacenamiento previsto para la planta.

El lugar de fundición y fraguado inicial no deberá estar expuesto al sol directo y el lugar de mezclado protegido de la caída de basuras, hojas, etc.

La forma y dimensión de los adoquines que se van a utilizar en este proyecto están indicadas en la figura 14 y las tolerancias en dimensión serán de 2 mm para los anchos y largos y de 3 mm para el espesor. Otras especificaciones para el adoquín son:

- Color: concreto natural, sin aditivo colorante.
- Textura: fina, antideslizante.
- Resistencia al desgaste: el resultado de cualquier prueba mecanizada, práctica y confiable no debe desgastar el adoquín más de 3 mm.

- Resistencia a la flexión: el valor del módulo de ruptura mínimo, determinado en una probeta rectangular, cortada de un adoquín entero, es de 40 Kg/cm².
- Resistencia a la compresión: esta debe ser de 210 Kg/cm², determinada en probetas cúbicas, con un espesor de 10 cm. Este tipo de adoquín está considerado para tráfico pesado, sin embargo se utilizará en este proyecto debido a que tiene mayor resistencia al desgaste.

3.6.2.1. Materiales y fabricación

Los adoquines se deben fabricar de concreto de mezclas secas, en relaciones de 1:4 a 1:5 (cemento, agregados). La mezcla recomendada por el INFOM es de 1 parte de cemento, 3 partes de arena y 2 de agregado grueso.

Los adoquines se fabrican por lo general de una sola capa. Si se fabrican en dos capas superpuestas, el concreto de la capa inferior y el de la capa superior deben quedar unidos de manera inseparable.

Es usual usar dos capas cuando se fabrican adoquines coloreados colocando una primera capa de concreto sin colorante y luego otra capa de aproximadamente 2 cm de concreto con colorante, lo cual aunque hace más lenta la fundición, resulta más económico que colorear todo el bloque. La factibilidad de fundir en esta forma depende del modo en que se alimente la prensa.

El concreto de la superficie de rodadura puede ser claro, oscuro o de color, si se desea mejorar el coeficiente de fricción debe usarse una granulometría conveniente para los agregados.

Los materiales para el concreto deberán ser los siguientes:

- Cemento: debe proceder de bolsas selladas en buen estado, que no se hayan humedecido. Dichas bolsas deben ser almacenadas en lugares ventilados y secos, y no guardarse durante más de un mes.
- Agregado grueso: estará constituido por grava de río perfectamente lavada o pedrín proveniente de piedra triturada. El fabricante podrá usar el tamaño de agregado que él crea conveniente para obtener la resistencia al desgaste y compresión especificada. El más recomendable es el agregado que pase un tamiz de 13 mm (1/2") y quede retenido en un tamiz de 9 mm (3/8").
- Agregado fino: deberá ser arena de río de origen basáltico perfectamente lavada y libre de arcilla, tierra vegetal, sales y basuras. No debe contener partículas mayores de 6 mm, ni pasar el tamiz número 30 más de 1/4 parte de la muestra. No debe utilizarse arena de mar o de mina.
- Agua: el agua a utilizar debe estar libre de aceites, grasas, residuos de materia orgánica, sales y sulfatos. En general debe utilizarse agua potable para la mezcla. Nunca utilizarse agua de mar o estancada.

La fabricación del adoquín debe llevarse a cabo inmediatamente después de haber hecho la mezcla. Después de fundido el adoquín deberá apilarse bajo techo en pilas no mayores de diez adoquines, al menos durante los primeros siete días.

Se debe curar el adoquín humedeciendo constantemente los apilamientos durante todo el periodo de fraguado del concreto, durante el cual, si no se tiene

bajo techo, deberá cubrirse con bolsas de cemento o sacos de brin, manteniéndolos húmedos.

Se puede usar aditivos para acelerar el endurecimiento del concreto; en este caso se reducirá el periodo de curado. Si se usa concreto normal, no deberá colocarse el adoquín antes de transcurrir 28 días de la fundición.

En este punto se mencionan únicamente las normas para los ensayos sobre adoquín, indicando cuáles se utilizan en diferentes países.

En lo que se refiere a los ensayos sobre los materiales que conforman el adoquín, las normas consultadas no poseen información al respecto.

Respecto de la recopilación de información de Normas Extranjeras e Internacionales, en esta etapa se procedió a visitar centros de información técnica como: el CENARI en la biblioteca del Banco de Guatemala, la biblioteca de la Facultad de Ingeniería, biblioteca central de la Universidad de San Carlos, y el Centro de Información para la Construcción CICON, siendo estos últimos dos centros, de donde se obtuvieron las normas que sirven de base al estudio.

Inicialmente se obtuvo en el CICON la norma alemana “Adoquines de concreto, DIN 18501”, seguidamente se consultaron tesis en el CICON, de donde se obtuvo el conjunto de normas alemanas “Pruebas de desgaste, DIN 52108” y “Prueba de comprensión, DIN 52105”, y las normas españolas “Ensayo de comprensión de adoquines de piedra, UNE 7068”, “Ensayo de desgaste por razonamiento en adoquines de piedra, UNE 7069” y “Adoquines de granito para pavimentos del mismo tipo y tamaño, UNE 41005”.

3.7. Sello de juntas

Después de colocados los adoquines se rellenan parcialmente los espacios entre estos con arena de río fina, dejando, aproximadamente, 1,5 cm sin rellenar. La arena utilizada para el sello de las juntas entre los adoquines será de origen aluvial sin trituración, libre de finos plásticos, materia orgánica y otras sustancias objetables. Su granulometría se ajustará a los siguientes límites según la tabla XXI.

El relleno se puede hacer barriendo la arena sobre el adoquinado a manera de llenar las juntas a la altura deseada y, en caso que no penetre bien, puede echársele un poco de agua para que asiente.

Tabla XVII. **Propiedades de arena para sello de juntas**

Tamiz	Porcentaje que pasa Min. – Max.
2,36 mm (No.8)	100
1,18 mm (No. 16)	90-100
600 µm (No. 30)	60-90
300 µm (No.50)	30-60
150 µm (No.100)	5-30
75 µm (No.200)	0-5

Fuente: Instituto Colombiano de Productores de Cemento. Notas técnicas. P. 6.

Después de concluido el relleno de las juntas, se prepara una mezcla de arena fina con arcilla en proporción 1:5, o sea, 1 cubeta de arcilla por 5 cubetas de arena, mezclándolas cuidadosamente. Esta mezcla de sellado se utiliza para llenar los espacios que quedaron en las juntas cuando se rellenaron

parcialmente; procurando que la mezcla del sellado sobresalga de la junta para que se pueda apisonar pasando un rodillo pesado sobre el área adoquinada.

3.8. Llaves de confinamiento

Los pavimentos de adoquines deberán tener una estructura de confinamiento que impida su desplazamiento lateral a causa del empuje del tránsito vehicular, usualmente llamadas llaves de confinamiento.

Estos elementos serán construidos de concreto con resistencia de 3 000 PSI a los 28 días de realizada la fundición y tendrán una distancia máxima entre cada una de 10,00 metros.

Las estructuras de confinamiento deberán rodear completamente el área pavimentada y penetrar, por lo menos, quince centímetros (15 cm) en la capa de base. Se fundirán hasta llegar a un nivel de 1/2 cm más bajo que los adoquines.

Para acoplar las juntas sinuosas o quebradas del adoquinado a la cara lateral recta del bordillo se usan “medios adoquines” o “adoquines laterales” fabricados para el efecto; si no se cuenta con ellos, se podrán cortar los adoquines enteros por la mitad utilizando medios mecánicos o llenar el espacio con concreto de mezcla igual a la del adoquín.

En los cruces de calles, en el final del adoquinado y en las partes donde no sea necesaria banqueteta, la llave de confinamiento será de concreto y tendrá, dependiendo del uso, de 15 cm. a 25 cm. de alto y se fundirá a un nivel de 1/2 cm. más bajo que los adoquines, ya que estos se asentarán con el uso y llegarán al mismo nivel que la llave.

A estas llaves de confinamiento también se les puede llamar bordillos tipos ya que solamente varían en el tamaño con estos y también servirán para asegurar los adoquines cuando haya necesidad de alguna reparación, para no causar un desajuste entre los mismos o se lave la capa de asiento.

3.9. Bordillos

Estos son de concreto de 3 000 PSI y deben fundirse antes de la colocación de la capa de rodadura, obligadamente, a efecto de lograrse la consolidación de la misma, o fundirse directamente en contacto con la última hilera de adoquines para que queden ligados.

Cuando el bordillo sirva para dar nivel a la banqueta deberá tener, como mínimo, 35 cm. de alto y sobresalir 10 cm sobre el nivel del adoquinado.

3.10. Drenajes transversales

Este trabajo consiste en la fabricación, suministro, acarreo y colocación de las alcantarillas de los diámetros, medidas y clases requeridas en los planos; debiendo colocarse sobre una cama adecuadamente preparada.

Como resultado del diseño realizado en la sección 2.3.6.5 del presente trabajo, se utilizará tubería de concreto de 30" de diámetro y deberá de cumplir con lo siguiente: los conductos de concreto reforzado y no reforzado deben cumplir con lo especificado en AASHTO M 86M (ASTM C 14). La tubería puede ser recubierta con concreto hidráulico para protección de la misma, esto a criterio del supervisor, y además deberá cumplir en la medida de lo posible con las profundidades mínimas de tráfico pesado, la cual oscila entre 1,10 a 1,20 m.

3.11. Disipadores de energía

Normalmente se presentan problemas de erosión en el desfogue de las alcantarillas, para disminuir la velocidad del agua se deben de construir disipadores de energía. Sin embargo la ubicación final de los disipadores estará en función de que el delegado residente indique o no la colocación de alcantarillas en los lugares indicados y de la opinión del supervisor.

Cada disipador de energía debe de tener un promedio de 5 escalones y cada escalón las dimensiones siguientes: huella 1,00 metros, contrahuella 1,25 metros, ancho 0,60 metros y profundidad de 0,50 metros. Los disipadores de energía serán en forma de cuneta trapezoidal construida de mampostería de piedra.

4. ANÁLISIS ECONÓMICO

4.1. Concepto renglones de trabajo

Los renglones de trabajo son rubros específicos en los cuales se fija un precio unitario para la construcción de ellos. Los renglones de trabajo que se utilizan en los proyectos de carreteras son los siguientes:

4.1.1. Planos finales

Este renglón de trabajo se realiza cuando la obra está finalizada totalmente. Se puede realizar un levantamiento topográfico al final o se actualiza el levantamiento inicial conforme el avance del proyecto y según los cambios que se realicen. La forma de pago será por unidad.

4.1.2. Limpia, chapeo y destronque

Son las operaciones a la iniciación de los trabajos de terracería y otros, con el objeto de eliminar toda clase de vegetación existente en el área de trabajo.

Este trabajo consiste en el chapeo, tala, destronque, remoción y eliminación de toda clase de vegetación y desechos que están dentro de los límites del derecho de vía y en las áreas de los bancos de préstamo. La medida de pago será en metros cuadrados (m²).

4.1.3. Excavación no clasificada

Es el material adecuado que se puede utilizar dentro de la carretera para la construcción de terraplenes o rellenos, subrasantes, hombros, ampliación y acabados de taludes, que resulta del corte. La medida de pago será en metros cúbicos (m³).

4.1.4. Excavación no clasificada de desperdicio

Es el material que no se debe utilizar dentro de la carretera ya sea para la construcción de terraplenes o rellenos, subrasantes, hombros, ampliación y acabados de taludes, que resulta del corte. La medida de pago será en metros cúbicos (m³).

4.1.5. Excavación estructural para alcantarillas

Es la operación de excavar y demás trabajos para colocar las alcantarillas transversales en el tramo carretero. La excavación estructural para alcantarillas se debe efectuar de conformidad con el alineamiento, dimensiones, pendientes y detalles mostrados en los planos respectivos. La medida de pago será en metros cúbicos (m³).

4.1.6. Relleno estructural para alcantarillas

Es la operación de rellenar y demás trabajos necesarios para cubrir la alcantarilla colocada hasta llegar a la subrasante. La medida de pago será en metros cúbicos (m³).

4.1.7. Alcantarilla de concreto no reforzado

Son los conductos que se construyen por debajo de la subrasante de una carretera u otras obras viales, con el objeto de evacuar las aguas superficiales y evitar que fluyan sobre la carpeta de rodadura. Las alcantarillas, por su forma, pueden ser tubos circulares o elípticos, tubos de arco (con fondo metálico), o arcos (con cimentación de concreto) todos fabricados con planchas estructurales. La medida de pago será en metros lineales (m).

4.1.8. Reacondicionamiento de subrasante

Es la operación que consiste en escarificar, homogeneizar, mezclar, uniformizar, conformar y compactar la subrasante de una carretera previamente existente o construida efectuando cortes y rellenos con un espesor no mayor de 150 mm, con el objeto de regularizar y mejorar, mediante estas operaciones, las condiciones de la subrasante como cimiento de la estructura del pavimento. La medida de pago será en metros cuadrados (m²).

4.1.9. Capa de base

Es la capa formada por la combinación de material selecto compactado clasificado según la norma AASTHO T-180 para construir una base integral en un pavimento. La medida de pago será en metros cúbicos (m³).

4.1.10. Mampostería de piedra

Es una combinación de concreto estructural y piedra grande de tamaño no mayor de 300 mm y consiste en la fabricación, suministro y colocación de los materiales para formar la estructura.

Se utilizará en los cabezales de entrada y salida de los drenajes transversales formados por tubería de concreto no reforzado. La medida de pago será en metros cúbicos (m³).

4.1.11. Disipadores de energía

Son los canales de salida construidos en el desfogue de la alcantarilla para darle cauce a las aguas que transportan dichas alcantarillas. Estos serán de mampostería de piedra y se utilizará. La medida de pago será en metros cúbicos (m³).

4.1.12. Bordillos

Son estructuras de concreto hidráulico, que se construyen en ambos lados de la carretera para encausar las aguas pluviales, por ordenamiento del tráfico, por seguridad del usuario y por rigidizar el adoquinado. La medida de pago será en metro lineal (m).

4.1.13. Llaves de confinamiento

Son estructuras de concreto simple, que se construyen a cada 10,00 metros lineales o en cada curva e intersección de calles. La medida de pago será en metro (m).

4.1.14. Capa de arena

Esta operación debe incluir el suministro y la colocación de los materiales para formar la capa de arena con las propiedades indicadas en la sección 3.2. La forma de pago será en metros cuadrados (m²).

4.1.15. Pavimento de adoquín

Esta operación consiste en el transporte, suministro y la colocación de los materiales para formar la estructura de la carpeta de rodadura atendiendo las especificaciones y lo descrito en la sección 3.3. La forma de pago será en metros cuadrados (m²).

4.1.16. Sello de juntas

Esta operación debe incluir el suministro y la colocación de los materiales para sellar los espacios en cada adoquín con arena, esta debe cumplir con las propiedades indicadas en la sección 3.4. La forma de pago será en metros cuadrados (m²).

4.1.17. Señales de tráfico

Es el conjunto de figuras, letreros y rótulos, en postes y planchas metálicas, colocados en uno o ambos lados de la carretera, que sirven para el control y el ordenamiento del tráfico. La forma de pago será en unidades.

4.2. Integración de precios unitarios

Es la que se utiliza para determinar el precio o costo unitario de cada uno de los renglones de trabajo descritos en la sección 4.1. El precio unitario se realiza con base en rendimientos, precios de materiales, precios de mano de obra, equipo, herramienta y maquinaria, aplicando los respectivos factores de prestaciones a la mano de obra, y de costos indirectos de supervisión, administración y utilidades a los costos directos.

A continuación se presenta el presupuesto por renglones de trabajo y en el apéndice 4 se presenta el mismo con la integración de los precios unitarios junto con el cronograma de ejecución de obra, para su respectivo análisis económico.

El precio total del proyecto asciende a la cantidad de dos millones ochocientos treinta y tres mil quinientos ochenta y cuatro quetzales con setenta y cuatro centavos (Q 2 833 584,74).

El precio por unidad de trabajo es de trescientos setenta y ocho quetzales con nueve centavos por metro cuadrado (Q 378,09 / m²) el cual se encuentra dentro del rango utilizado por el Consejo Departamental de Desarrollo del departamento de Totonicapán, siendo el límite bajo de trescientos cuarenta quetzales exactos (Q 340,00) y el límite alto de cuatrocientos veinte quetzales exactos (Q 460,00).

Tabla XVIII. Presupuesto por renglones de trabajo

PRESUPUESTO POR RENGLONES DE TRABAJO					
PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PAVIMENTO CON ADOQUIN PARA EL CANTÓN CHUANOJ, MUNICIPIO Y DEPARTAMENTO DE TONICAPÁN				Fecha: Mayo de 2,012	
No.	Renglón	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
1	Limpieza, chapeo y destronque	7 494,39	m ²	Q 5,50	Q 41 225,59
2	Excavación no clasificada	1 245,87	m ³	Q 51,37	Q 64 003,35
3	Excavación no clasificada de desperdicio	536,34	m ³	Q 47,73	Q 25 601,34
4	Excavación estructural para alcantarillas	100,00	m ³	Q 113,55	Q 11 355,00
5	Relleno estructural para alcantarillas	80,00	m ³	Q 249,84	Q 19 987,15
6	Alcantarilla de concreto no reforzado	56,00	m	Q 524,40	Q 29 366,61
7	Reacondicionamiento de subrasante	7 494,39	m ²	Q 16,87	Q 126 433,85
8	Capa de base	1 348,99	m ²	Q 169,76	Q 229 001,16
9	Mampostería de piedra	40,00	m ³	Q 2 116,79	Q 84 671,51
10	Disipadores de energía	18,00	m ²	Q 2 047,25	Q 36 850,55
11	Bordillos	3 330,84	m	Q 105,24	Q 350 538,23
12	Llaves de confinamiento	753,94	m	Q 100,68	Q 75 904,52
13	Capa de arena	374,72	m ³	Q 288,37	Q 108 059,04
14	Adoquinamiento	7 494,39	m ²	Q 208,68	Q 1 563 965,53
15	Sello de juntas	150,00	m ²	Q 220,19	Q 33 028,50
16	Señales de tráfico	18,00	Unidad	Q 991,84	Q 17 853,03
17	Limpieza general	7 494,39	m ²	Q 2,10	Q 15 739,80
TOTAL					Q 2 833 584,74
Dos millones ochocientos treinta y tres mil quinientos quinientos ochenta y cuatro con 74/100					

Fuente: elaboración propia.

5. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL INICIAL

5.1. Evaluación de impacto ambiental del proyecto de construcción del camino del cantón Chuanoj, Totonicapán

El proyecto de construcción del camino del Cantón Chuanoj se localiza en el municipio de Totonicapán

El departamento de Totonicapán se encuentra situado en la región VI o en el suroccidente de Guatemala. La cabecera departamental se encuentra a una distancia de 203 kilómetros, aproximadamente, de la ciudad capital.

El municipio de Totonicapán se sitúa en la parte sureste del departamento y tiene una extensión territorial de 328 km² y sus coordenadas son latitud 14°54'39"N y longitud 91°29'38"O y a una altura de 2 495,30 metros sobre el nivel del mar.

5.1.1. Características generales del proyecto

El proyecto consiste en la construcción de un tramo carretero con pavimento de adoquín para el Cantón Chuanoj, del municipio y departamento de Totonicapán.

Las características del proyecto de construcción del tramo son las siguientes:

- Longitud del proyecto: 1 665,42 metros
- Tipo de carretera: Tipo F modificada

- Tipo de región: Ondulada a montañosa
- Velocidad de diseño máxima: 20 Km/hora
- Ancho de vía: 4,50 metros
- Pendiente máxima: 12%
- Costo del proyecto: Q 2 833 584,74

5.1.2. Área y situación legal del terreno

El área de influencia del proyecto es de 7 517,34 m² de terreno ondulado con vegetación mediana no boscosa, existen en sus alrededores viviendas, y obras de infraestructura como puentes.

Debido a que el camino se localiza en una ruta ya definida por las autoridades y vecinos, no presenta problemas legales de cesión de derechos de paso.

5.1.3. Trabajos necesarios para la preparación del terreno

Los trabajos necesarios para realizar el proyecto que modifican las condiciones ambientales son: limpia y chapeo, reacondicionamiento de subrasante.

El material que se obtenga de los diferentes cortes ya sea de subrasante, talud, cunetas etc; se utilizará el que no contenga material vegetal; el restante material proveniente del corte se colocará en un botadero, al cual se deberá realizar tratamiento de mitigación ambiental.

5.1.4. Sustancias y materiales utilizados en el proyecto

Diesel y lubricantes para la maquinaria y equipo menor, madera, cemento, arena, grava, piedra graduada, tuberías de metal corrugado, capa de subrasante, subbase, base y adoquines, serán utilizados en el proyecto.

5.2. Impacto ambiental producido por el proyecto

Dentro de los residuos y/o contaminantes que serán generados se tendrán las emisiones de partículas a la atmósfera, descarga de aguas residuales y pluviales y descargas de lubricantes entre otros.

El componente atmosférico se verá impactado por las actividades de operación de maquinaria y equipo debido a la emanación de gases producto de la combustión de derivados del petróleo. También es impactado por la explotación de bancos de materiales y el acarreo de materiales, ya que en la ejecución de estas actividades se generan partículas de polvo, las cuales quedan en suspensión. Este impacto puede producir enfermedades respiratorias a los trabajadores y habitantes del área de influencia directa.

No se impactarán sitios arqueológicos ya que en el área de influencia no existen dichos sitios.

Dentro de los contaminantes que se producirán en la fase de construcción y operación del proyecto se tienen residuos de excavación y corte sobrantes, además se tendrán desechos producidos por maquinaria como filtros, repuestos usados, neumáticos, aceite y basura producto de los trabajadores y del trabajo mismo.

Los impactos ambientales por ruido se dan principalmente por la utilización de maquinaria y equipo durante la fase de construcción del camino. El ruido puede resultar perjudicial para los trabajadores de la construcción y a los habitantes del cantón que se ubican en el tramo carretero.

Una mala selección del lugar donde se instale el campamento, la explotación de bancos de materiales o el lugar destinado a depositar el material de desperdicio, pueden ocasionar alteraciones al paisaje, lo que ocasionará contaminación visual.

5.3. Medidas de mitigación

- Emisiones a la atmósfera: verificar que a toda la maquinaria y equipo que se utilizará en la construcción del proyecto tenga los mejores controles en sus servicios preventivos y utilizando para ello elementos de calidad, así se podrá reducir en un buen porcentaje los daños a la atmósfera.
- Desechos sólidos: el material producto del corte y que no sea utilizado en el volumen de relleno, tendrá que ser depositado en bancos autorizados por la municipalidad y debidamente controlados para no ocasionar daños a la vegetación cercana. Los desechos producidos por el mantenimiento de la maquinaria y equipo (lubricantes, aceites, filtros, neumáticos) se contactará a una empresa de reciclaje de estos elementos para evitar contaminación del suelo.
- Ruidos y/o vibraciones: se necesitará equipo adecuado para las personas que trabajen con maquinaria que produce decibeles muy altos y que pueden afectar de forma parcial o permanente el sistema auditivo.

- Contaminación visual: para no crear alteraciones negativas a los paisajes en donde se instalen campamentos de trabajo y donde se realice el depósito de material de desperdicio será necesaria la siembra de árboles, con el respectivo control de especies, procedimientos, tiempo de siembra y distancias, que deben ser supervisadas por técnicos en la materia.

CONCLUSIONES

1. La ejecución del proyecto de pavimento con adoquín es sin duda parte esencial para el desarrollo del cantón Chuanoj, del municipio y departamento de Totonicapán, ya que al mejorar el acceso vehicular se beneficiará directamente a todos los habitantes de dicho cantón e indirectamente a las comunidades vecinas, contribuyendo así a mejorar el transporte y comercio en el sector, además de mejorar aspectos de educación, salud y producción.
2. El pavimento que se seleccionó es de tipo semiflexible conformado con adoquín, ya que es una opción económica, pues permite aprovechar las propiedades existentes de la subrasante evitando la construcción de una subbase. El pavimento estará compuesto por una base de material selecto la cual tendrá un espesor de 18 centímetros; cama de asiento de 3 centímetros y capa de rodadura de adoquín de 10 centímetros, para un total de 31 centímetros.
3. Se utilizó una sección típica tipo “F” modificada, ya que fue la que más se adaptó a las condiciones geométricas del lugar, es decir, permite pendientes máximas del 12%, una velocidad promedio de 20 kilómetros por hora, así como un ancho de pista modificado a 4,50 metros, debido a la existencia de infraestructura vehicular y viviendas, lo cual restringió el mismo.

4. En la ruta ya establecida existe infraestructura de puentes vehiculares que no se pueden modificar ubicados entre las estaciones E-28 y E-29, E-40 y E-41, E-64 y E-65 por lo que no se pueden diseñar curvas horizontales y verticales según se requería.
5. El precio por unidad de trabajo es de trescientos setenta y ocho quetzales con nueve centavos por metro cuadrado (Q 378,09 / m²) el cual se encuentra dentro del rango utilizado por el Consejo Departamental de Desarrollo del departamento de Totonicapán, siendo el limite bajo de trescientos cuarenta quetzales exactos (Q 340,00) y el limite alto de cuatrocientos veinte quetzales exactos (Q 460,00).
6. Debido a la ejecución del proyecto, el medio ambiente se verá afectado por contaminación en la fase de construcción y operación del proyecto debido a que se tendrán residuos de excavación, desechos producidos por el mantenimiento de la maquinaria y basura producida por los trabajadores. Sin embargo se plantean las medidas de mitigación necesarias en la sección 5.3.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de Totonicapán:

1. Se deberá de proveer de mantenimiento constante al proyecto, el cual se realizará trimestralmente con el fin de verificar el estado del camino. Este deberá de ser en su mayoría preventivo evitando de esta manera el deterioro a corto plazo del mismo.
2. Que se efectúe la supervisión técnica en la construcción del pavimento semiflexible con adoquín, a través de un profesional de la ingeniería civil, para que se cumplan con las especificaciones técnicas y todo lo contenido en planos constructivos.
3. Determinar y obtener los derechos de vía, especialmente en las áreas de desfogue de agua pluvial, para evitar conflictos durante la ejecución del proyecto.

A los líderes comunitarios:

4. Que por medio del COCODE o el comité promejoramiento y conservación del camino se vele por el mantenimiento del proyecto con el fin de evitar daños mayores y reparaciones costosas.
5. Coordinar con la oficina forestal municipal y el INAB la siembra de grama y reforestar el área para evitar deslaves que dañen el proyecto por erosión.

BIBLIOGRAFÍA

1. ÁVILA TORRES, Walter Aparicio. *Diseño de la calle La Recolección, Antigua Guatemala, Ruta Nacional 14 (RN-14)*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 120 p.
2. BARRERA VÁSQUEZ, Steeve Philippe. *Costos y rentabilidad de unidades industriales (Producción de pan)*. Trabajo de graduación de Contador Público y Auditor. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Económicas, 2007. 147 p.
3. DIRECCIÓN GENERAL DE CAMINOS. *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas, 2001. 352 p.
4. GIRÓN WETJEN, Rodolfo Ernesto. *Diseño de pavimentos de adoquín*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1976. 75 p.
5. HERNÁNDEZ CANALES, Juan Carlos. *Características físicas y propiedades mecánicas de los suelos y sus métodos de medición*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 510 p.

6. LÓPEZ JEREZ, Sergio Aníbal. *Mejoramiento de las calles del municipio de Patzicía, Chimaltenango*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003. 192 p.
7. MERRIT, Frederick S. *Manual del Ingeniero Civil*. 3ª ed. México: McGraw-Hill, 1995. 1550 p.
8. PAIZ MORALES, Byron René. *Guía de cálculo para carreteras*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1980. 140 p.
9. RUANO PAZ, Marco Antonio. *Instructivo para pavimentación con adoquines de concreto en áreas rurales*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1996. 83 p.
10. SIECA. *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos*. Guatemala: SIECA, 2002. 289 p.
11. SUM LÓPEZ, José Guillermo. *Planificación y diseño de la apertura del camino vecinal que conduce de la aldea Chixolop, hacia la aldea San Gabriel, del municipio de San Miguel Chicaj, departamento de Baja Verapaz*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 105 p.

12. YLLESCAS PONCE, Álvaro Danilo. *Diseño del tramo carretero comprendido desde el entronque del kilómetro 171+400 carretera interamericana (CA-1), hacia el caserío nuevo Xetinamit, del municipio de Nahualá, departamento de Sololá.* Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003. 94 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Informes del estudio de suelos

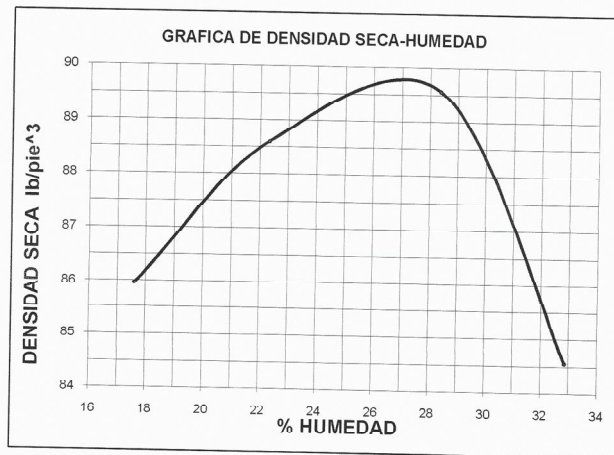


CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 008645

INFORME No. 353 S.S. O.T.: 25,906
Interesado: Luis Roberto Morales Aguilar
Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN. Proctor Estándar: () Norma:
Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.T.H.O. T-180
Proyecto: Diseño y Planificación de Pavimento con Adoquin - EPS
Ubicación: Canton Chuanoj, Totonicapan
Fecha: 01 de septiembre de 2009



Descripción del suelo: Arena limosa color café
Densidad seca máxima γ_d : 1439 Kg/m³ 89.8 lb/ft³
Humedad óptima Hop.: 27.0 %
Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.:

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos





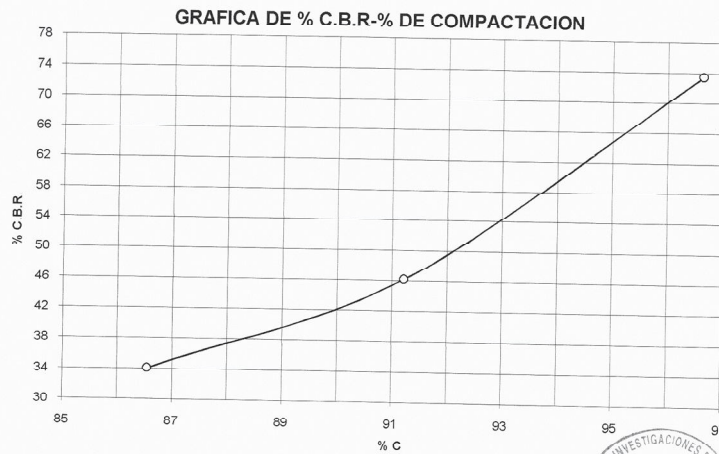
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 008646

INFORME No.: 354 S.S. O.T.: 25,906
 Interesado: Luis Roberto Morales Aguilar
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O. T-193
 Proyecto: Diseño y Planificación de Pavimento con Adoquin - EPS
 Ubicación: Canton Chuanoj, Totonicapan
 Descripción del suelo: Arena limosa color café
 Fecha: 01 de septiembre de 2009

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	γ_d (Lb/pie ³)			
1	10	26.30	77.7	86.54	0.00	34.1
2	30	26.30	81.9	91.21	0.00	46.2
3	65	26.30	86.8	96.65	0.00	73.5



Atentamente,

Vo. Bo.:

Inga. Telma Marcela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



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





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



Nº 008647

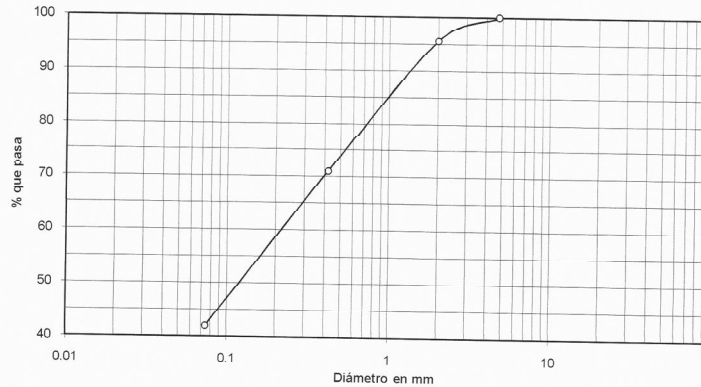
INFORME No. 355 S.S.

O.T. No. 25,906

Interesado: Luis Roberto Morales Aguilar
Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo.
Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11
Proyecto: Diseño y Planificación de Pavimento con Adoquin - EPS
Ubicación: Canton Chuanoj, Totonicapan
Fecha: 01 de septiembre de 2009

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
2"	50.8	100.00
3/4"	19.00	100.00
4	4.76	100.00
10	2.00	95.65
40	0.42	71.01
200	0.074	42.02

% de Grava: 0.00
% de Arena: 57.98
% de Finos: 42.02



Descripción del suelo: Arena Limosa con grava color beige
Clasificación: S.C.U.: SM P.R.A.: A-4
Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CI/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



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



Nº 008648

INFORME No. 356 S. S. O.T.: 25,906

Interesado: Luis Roberto Morales Aguilar
Proyecto: Diseño y Planificación de Pavimento con Adoquin - EPS

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

Ubicación: Canton Chuanoj, Tonicapán

FECHA: 01 de septiembre de 2009

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	0	0	S.M.	Arena limosa color café

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

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CIIUSAC



Inga. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



Apéndice 2. **Cálculo de movimiento de tierras**

ESTACIÓN	ÁREA DE CORTE (m ²)	ÁREA DE RELLENO (m ²)	DIST. (m)	VOLUMEN DE CORTE (m ³)	VOLUMEN DE RELLENO (m ³)
0+000	0	0	0	0	0
0+010	0,101	2,878	10	0,507	14,389
0+020	0,003	2,227	10	0,521	25,524
0+030	0,02	1,756	10	0,114	19,916
0+040	0,605	2,8	10	3,127	22,781
0+050	0,081	4,242	10	3,433	35,21
0+060	0,092	2,382	10	0,868	33,119
0+070	0,311	0	10	2,018	11,908
0+080	0,728	1,349	10	5,199	6,747
0+090	0,249	1,683	10	4,886	15,16
0+100	0	1,391	10	1,244	15,366
0+110	0,002	2,098	10	0,008	17,442
0+120	0	1,164	10	0,008	16,308
0+130	0,063	0,216	10	0,317	6,897
0+140	0,177	0	10	1,2	1,078
0+150	0,058	0,745	10	1,175	3,727
0+160	0,631	0,622	10	3,445	6,834
0+170	1,374	0,404	10	10,026	5,129
0+180	0,666	0,355	10	10,204	3,796
0+190	1,171	1,415	10	9,186	8,852
0+200	1,524	0,501	10	13,477	9,582
0+210	2,686	0	10	21,05	2,506
0+220	2,003	0	10	23,445	0
0+230	2,222	0	10	21,126	0
0+240	2,871	0	10	25,464	0
0+250	4,423	0	10	36,472	0
0+260	2,672	0	10	35,475	0
0+270	0,149	0,139	10	14,103	0,693
0+280	0	1,322	10	0,743	7,304
0+290	0	3,035	10	0	21,787

Continuación de apéndice 2.

0+300	0	4,574	10	0	38,048
0+310	0	4,112	10	0	43,431
0+320	0,564	0	10	2,819	20,559
0+330	1,688	0	10	11,259	0
0+340	2,08	0	10	18,837	0
0+350	2,413	0	10	22,46	0
0+360	2,748	0	10	25,804	0
0+370	1,57	0,219	10	21,592	1,097
0+380	0,688	3,224	10	11,292	17,218
0+390	0,752	2,365	10	7,202	27,948
0+400	1,281	2,15	10	10,164	22,574
0+410	1,245	3,789	10	12,63	29,693
0+420	1,939	2,028	10	15,922	29,086
0+430	0,728	0,633	10	13,338	13,306
0+440	2,109	0,146	10	14,187	3,895
0+450	2,221	0,102	10	21,651	1,242
0+460	0,909	0	10	15,65	0,512
0+470	1,839	0	10	13,736	0
0+480	0,476	0,578	10	11,574	2,89
0+490	1,413	0,07	10	9,446	3,241
0+500	0,508	0,031	10	9,604	0,506
0+510	0,282	0,078	10	3,947	0,544
0+520	0,38	0,093	10	3,31	0,853
0+530	0,763	0,513	10	5,718	3,032
0+540	0,572	0,594	10	6,677	5,538
0+550	2,851	0,006	10	17,114	2,999
0+560	1,611	1,013	10	22,309	5,093
0+570	0,66	3,488	10	11,356	22,506
0+580	0,483	2,689	10	5,715	30,888
0+590	0,315	2,593	10	3,988	26,413
0+600	0	2,953	10	1,575	27,73
0+610	0	2,645	10	0	27,989
0+620	0	1,003	10	0	18,242

Continuación de apéndice 2.

0+630	0,301	0,036	10	1,503	5,198
0+640	0,667	0	10	4,839	0,181
0+650	1,787	0	10	12,273	0
0+660	1,576	0	10	16,815	0
0+670	2,054	0	10	18,149	0
0+680	2,112	0	10	20,831	0
0+690	0,466	0	10	12,891	0
0+700	0,142	0	10	3,038	0
0+710	0,15	0	10	1,456	0
0+720	0,373	0	10	2,611	0
0+730	2,85	0	10	16,114	0
0+740	3,209	0	10	30,298	0
0+750	2,148	0	10	26,786	0
0+760	1,328	0	10	17,378	0
0+770	0,844	0	10	10,86	0
0+780	0,098	0,032	10	4,712	0,161
0+790	0	2,285	10	0,491	11,584
0+800	0	5,672	10	0	39,782
0+810	0	8,039	10	0	68,555
0+820	0	5,489	10	0	67,641
0+830	0	2,844	10	0	41,667
0+840	0,083	1,141	10	0,415	19,925
0+850	1,137	0	10	6,101	5,703
0+860	2,304	0	10	17,204	0
0+870	2,584	3,291	10	24,439	16,456
0+880	1,57	3,678	10	20,773	34,846
0+890	3,653	0,628	10	26,115	21,532
0+900	3,846	0,253	10	37,495	4,407
0+910	3,803	0	10	38,245	1,265
0+920	4,72	0	10	42,613	0
0+930	5,902	0	10	53,108	0
0+940	3,292	0	10	45,968	0
0+950	1,896	0	10	25,942	0

Continuación de apéndice 2.

0+960	0,591	0	10	12,438	0
0+970	0,275	0,004	10	4,33	0,018
0+980	0,637	0	10	4,56	0,018
0+990	0,851	0,021	10	7,44	0,105
1+000	0,331	0,132	10	5,91	0,768
1+010	0	0,971	10	1,655	5,516
1+020	2,451	0,333	10	12,254	6,517
1+030	0	0,661	10	12,254	4,967
1+040	0	1,361	10	0	10,109
1+050	0	1,922	10	0	16,414
1+060	0,223	0,769	10	1,117	13,452
1+070	0,379	0,653	10	3,01	7,107
1+080	0,497	0,02	10	4,377	3,363
1+090	1,027	0	10	7,616	0,1
1+100	1,472	0,062	10	12,491	0,31
1+110	2,165	0	10	18,182	0,31
1+120	1,538	0,161	10	18,512	0,803
1+130	1,36	0,101	10	14,488	1,306
1+140	0,639	0,123	10	9,995	1,118
1+150	0,179	0,087	10	4,089	1,047
1+160	0,475	0,335	10	3,268	2,11
1+170	0	0,572	10	2,375	4,535
1+180	0	0,554	10	0	5,626
1+190	0,025	0,502	10	0,127	5,277
1+200	0,121	0,321	10	0,734	4,112
1+210	0,236	0,238	10	1,786	2,795
1+220	0,074	0,338	10	1,551	2,882
1+230	0,485	0,001	10	2,795	1,694
1+240	1,053	0	10	7,691	0,003
1+250	0,7	0	10	8,765	0
1+260	0,142	0,088	10	4,206	0,439
1+270	0	0,44	10	0,708	2,638
1+280	0,089	0,13	10	0,444	2,847

Continuación de apéndice 2.

1+290	0,332	0,001	10	2,104	0,652
1+300	0,256	0,056	10	2,942	0,282
1+310	0,085	0,028	10	1,705	0,419
1+320	0,025	0,103	10	0,547	0,656
1+330	0	0,308	10	0,124	2,053
1+340	0	0,538	10	0	4,228
1+350	0	0,768	10	0	6,533
1+360	0	0,999	10	0	8,837
1+370	0,101	0,121	10	0,506	5,598
1+380	0,525	0	10	3,133	0,604
1+390	1,01	0	10	7,677	0
1+400	1,515	0	10	12,628	0
1+410	2,043	0	10	17,793	0
1+420	1,758	0	10	19,006	0
1+430	1,903	0	10	18,305	0
1+440	2,016	0	10	19,595	0
1+450	2,094	0	10	20,551	0
1+460	2,139	0,012	10	21,165	0,061
1+470	0,952	1,289	10	15,455	6,505
1+480	0,958	0	10	9,551	6,444
1+490	2,906	0	10	19,32	0
1+500	4,749	0	10	38,277	0
1+510	4,141	0	10	44,452	0
1+520	3,86	0	10	40,005	0
1+530	1,311	0	10	25,854	0
1+540	0,514	0	10	9,125	0
1+550	0,556	0	10	5,352	0
1+560	0,566	0	10	5,612	0
1+570	0,502	0	10	5,338	0
1+580	0	0	10	2,508	0
1+590	0	0	10	0	0
1+600	0	0	10	0	0
1+610	0	0	10	0	0

Continuación de apéndice 2.

1+620	0	0	10	0	0
1+630	0,474	0	10	2,368	0
1+640	0,516	0,034	10	4,946	0,168
1+650	1,02	0	10	7,677	0,168
1+660	0,115	0,65	10	5,675	3,249
1+670	0	1,72	10	0,576	11,85
1+670,71	0	1,712	0,71	0	1,226
		TOTALES		1 782,212	1 245,874

Fuente: elaboración propia.

Resumen:

- Total corte: 1 782,212 m³
- Total relleno: 1 245,874 m³

Continuación de apéndice 5.

PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PAVIMENTO CON ADOQUIN PARA EL CANTÓN CHUANOJ, MUNICIPIO DE TONONICAPÁN, DEPARTAMENTO DE TONONICAPÁN

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA

No.	OBRA	CANTIDAD	UNIDAD	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				COSTO RENGLO					
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4						
1	Limpieza, chapeo y destronque	7 494.39	m ²																					Q	41 225.59
2	Excavación no clasificada	1 245.87	m ³																					Q	64 003.35
3	Excavación no clasificada de desperdicio	536.34	m ³																					Q	25 601.34
4	Excavación estructural para alcantarillas	100.00	m ³																					Q	11 355.00
5	Relleno estructural para alcantarillas	80.00	m ³																					Q	19 987.15
6	Alcantarilla de concreto no reforzado	56.00	m																					Q	29 366.61
7	Reacondicionamiento de subrasante	7 494.39	m ²																					Q	126 433.85
8	Capa de base	1 348.99	m ³																					Q	229 001.16
9	Mampostería de piedra	40.00	m ³																					Q	84 671.51
10	Disipadores de energía	18.00	m ³																					Q	36 850.55
11	Bordillos	3 330.84	m																					Q	350 538.23
12	Llaves de confinamiento	753.94	m																					Q	75 904.52
13	Capa de arena	374.72	m ³																					Q	108 059.04
14	Adoquinamiento	7 494.39	m ²																					Q	1 563 965.53
15	Sello de juntas	150.00	m ³																					Q	33 028.50
16	Señales de tráfico	18.00	Unidad																					Q	17 853.03
17	Limpieza general	7 494.39	m ²																					Q	15 739.80
TOTAL																								Q	2 833 584.74

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Presupuesto

PRESUPUESTO POR RENGLONES DE TRABAJO					
PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PAVIMENTO CON ADOQUIN PARA EL CANTÓN CHUANOJ, MUNICIPIO Y DEPARTAMENTO DE TONICAPÁN				Fecha: Mayo de 2,012	
No.	Renglón	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
1	Limpieza, chapeo y destronque	7 494,39	m ²	Q 5,50	Q 41 225,59
2	Excavación no clasificada	1 245,87	m ³	Q 51,37	Q 64 003,35
3	Excavación no clasificada de desperdicio	536,34	m ³	Q 47,73	Q 25 601,34
4	Excavación estructural para alcantarillas	100,00	m ³	Q 113,55	Q 11 355,00
5	Relleno estructural para alcantarillas	80,00	m ³	Q 249,84	Q 19 987,15
6	Alcantarilla de concreto no reforzado	56,00	m	Q 524,40	Q 29 366,61
7	Reacondicionamiento de subrasante	7 494,39	m ²	Q 16,87	Q 126 433,85
8	Capa de base	1 348,99	m ²	Q 169,76	Q 229 001,16
9	Mampostería de piedra	40,00	m ²	Q 2 116,79	Q 84 671,51
10	Disipadores de energía	18,00	m ²	Q 2 047,25	Q 36 850,55
11	Bordillos	3 330,84	m	Q 105,24	Q 350 538,23
12	Llaves de confinamiento	753,94	m	Q 100,68	Q 75 904,52
13	Capa de arena	374,72	m ²	Q 288,37	Q 108 059,04
14	Adoquinamiento	7 494,39	m ²	Q 208,68	Q 1 563 965,53
15	Sello de juntas	150,00	m ²	Q 220,19	Q 33 028,50
16	Señales de tráfico	18,00	Unidad	Q 991,84	Q 17 853,03
17	Limpieza general	7 494,39	m ²	Q 2,10	Q 15 739,80
TOTAL					Q 2 833 584,74
Dos millones ochocientos treinta y tres mil quinientos quinientos ochenta y cuatro con 74/100					

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. Integración de costos unitarios

PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PAVIMENTO CON ADOQUÍN
PARA EL CANTÓN CHUANOJ, MUNICIPIO DE TOTONICAPÁN,
DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN

DESCRIPCIÓN: LIMPIA, CHAPEO Y DESTRONQUE.

CANTIDAD: 0,15 ha/día
 Área en m² = 7 494,39 m²
 Área en Ha = 0,749439 ha Total días 5 días

DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN		UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
LIMPIA, CHAPEO Y DESTRONQUE		m ²	5,50	Q41 225,59
EQUIPO Y MAQUINARIA: incluye renta, operador, mantenimiento, lubricantes y combustible.				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTO HORA	SUB TOTAL
1	TRACTOR D6	8	Q473,21	Q3 785,68
1	PICK-UP	4	Q35,71	Q142,84
1	CAMIONES DE VOLTEO DE 12 m ³	4	Q156,25	Q625,00
1	EQUIPO DE TOPOGRAFÍA	4	Q33,48	Q133,92
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA				Q4,687,44
MANO DE OBRA: incluye prestaciones laborales y beneficios sociales.				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTO HORA	SUB TOTAL
1	ENCARGADO	8	Q42,47	Q339,76
1	TOPÓGRAFO	4	Q40,03	Q160,12
1	CADENEROS	4	Q26,95	Q107,80
1	AYUDANTES DE TOPOGRAFÍA	4	Q13,86	Q55,44
1	AYUDANTES	8	Q12,82	Q102,56
TOTAL MANO DE OBRA:				Q765,68
MATERIALES				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	SUB TOTAL
TOTAL MATERIALES				
RESUMEN				
TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES + EQUIPO + COMBUSTIBLE + MANO DE OBRA + FLETES):				Q5 453,12
TOTAL COSTO INDIRECTO (ADMINISTRATIVOS + FIANZAS + SUPERVISION + UTILIDAD):				Q1 908,59
SUB - TOTAL (SUMA DE DIRECTOS + INDIRECTOS)				Q7 361,71
IVA 12%				Q 883,41
TOTAL DÍA				Q8 245,12
TOTAL DEL RENGLÓN				Q41 225,59
PRECIO UNITARIO DEL RENGLÓN				Q5,50

Continuación de apéndice 5.

PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PAVIMENTO CON ADOQUÍN
 PARA EL CANTÓN CHUANOJ, MUNICIPIO DE TOTONICAPÁN,
 DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN

DESCRIPCIÓN: EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA

CANTIDAD: 300 m³/día
 Volumen= 1 245,87 m³
 Volumen= 1 245,87 m³ Total días 4,15 días
 Total aproximado 5,00

DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN		UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA		m ³	51,37	Q64 003,35
EQUIPO Y MAQUINARIA: incluye renta, operador, mantenimiento, lubricantes y combustible.				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTO HORA	SUB TOTAL
1	RETRO EXCAVADORA	6	Q275,25	Q1 651,50
1	CAMIONES DE VOLTEO DE 12 m ³	6	Q156,25	Q 937,50
1	MOTO NIVELADORA	6	Q325,68	Q1 954,08
1	VIBRO COMPACTADOR LISO	6	Q233,21	Q1 399,26
1	DISTRIBUIDORA DE AGUA	6	Q125,00	Q 750,00
1	EQUIPO DE TOPOGRAFÍA	4	Q33,48	Q 133,92
1	EQUIPO DE LABORATORIO	4	Q44,64	Q 178,56
1	PICK-UP	3	Q35,71	Q 107,13
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA				Q7 111,95
MANO DE OBRA: incluye prestaciones laborales y beneficios sociales.				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTO HORA	SUB TOTAL
1	ENCARGADO	6	Q42,47	Q254,82
1	TOPÓGRAFO	4	Q40,03	Q160,12
2	CADENEROS	4	Q26,95	Q215,60
1	LABORATORISTA DE SUELOS	4	Q40,03	Q160,12
2	AYUDANTES DE TOPOGRAFÍA	4	Q13,86	Q110,88
1	AYUDANTES DE LABORATORIO DE SUELOS	4	Q13,86	Q55,44
2	CHEQUE DE MATERIALES	6	Q13,86	Q166,32
2	AYUDANTES DE MAQUINARIA	6	Q13,86	Q166,32
TOTAL MANO DE OBRA:				Q1 354,10
MATERIALES				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	SUB TOTAL
TOTAL MATERIALES				
RESUMEN				
TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES + EQUIPO + COMBUSTIBLE + MANO DE OBRA + FLETES):				Q8 466,05
TOTAL COSTO INDIRECTO (ADMINISTRATIVOS + FIANZAS + SUPERVISION + UTILIDAD): %				Q2 963,12
SUB - TOTAL (SUMA DE DIRECTOS + INDIRECTOS)				Q11 429,17
IVA 12%				Q1 371,50
TOTAL DÍA				Q12 800,67
TOTAL DEL RENGLÓN				Q64 003,35
PRECIO UNITARIO DEL RENGLÓN				Q51,37

Continuación de apéndice 5.

PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PAVIMENTO CON ADOQUÍN
 PARA EL CANTÓN CHUANOJ, MUNICIPIO DE TOTONICAPÁN,
 DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN

DESCRIPCIÓN: EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA DE DESPERDICIO

CANTIDAD: 300 m³/día

Volumen= 536,34 m³

Volumen= 536,34 m³ Total días 1,79 días

Total aproximado 2,00

DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN		UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA DE DESPERDICIO		m ³	47,73	Q25 601,34
EQUIPO Y MAQUINARIA: incluye renta, operador, mantenimiento, lubricantes y combustible.				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTO HORA	SUB TOTAL
1	RETRO EXCAVADORA	6	Q275,25	Q1 651,50
1	CAMIONES DE VOLTEO DE 12 m ³	6	Q156,25	Q 937,50
1	MOTO NIVELADORA	6	Q325,68	Q1 954,08
1	VIBRO COMPACTADOR LISO	6	Q233,21	Q1 399,26
1	DISTRIBUIDORA DE AGUA	6	Q125,00	Q750,00
1	EQUIPO DE TOPOGRAFÍA	4	Q33,48	Q133,92
1	EQUIPO DE LABORATORIO	4	Q44,64	Q178,56
1	PICK-UP	3	Q35,71	Q107,13
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA				Q7 111,95
MANO DE OBRA: incluye prestaciones laborales y beneficios sociales.				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTO HORA	SUB TOTAL
1	ENCARGADO	6	Q42,47	Q254,82
1	TOPÓGRAFO	4	Q40,03	Q160,12
2	CADENEROS	4	Q26,95	Q215,60
1	LABORATORISTA DE SUELOS	4	Q40,03	Q160,12
2	AYUDANTES DE TOPOGRAFÍA	4	Q13,86	Q110,88
1	AYUDANTES DE LABORATORIO DE SUELOS	4	Q13,86	Q55,44
2	CHEQUE DE MATERIALES	6	Q13,86	Q166,32
2	AYUDANTES DE MAQUINARIA	6	Q13,86	Q166,32
TOTAL MANO DE OBRA:				Q1 354,10
MATERIALES				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	SUB TOTAL
TOTAL MATERIALES				
RESUMEN				
TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES + EQUIPO + COMBUSTIBLE + MANO DE OBRA + FLETES):				Q8 466,05
TOTAL COSTO INDIRECTO (ADMINISTRATIVOS + FIANZAS + SUPERVISION + UTILIDAD):				Q2 963,12
SUB - TOTAL (SUMA DE DIRECTOS + INDIRECTOS)				Q11 429,17
IVA 12%				Q1 371,50
TOTAL DÍA				Q12 800,67
TOTAL DEL RENGLÓN				Q25 601,34
PRECIO UNITARIO DEL RENGLÓN				Q47,73

Continuación de apéndice 5.

PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PAVIMENTO CON ADOQUÍN
PARA EL CANTÓN CHUANOJ, MUNICIPIO DE TOTONICAPÁN,
DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN

DESCRIPCIÓN: EXCAVACIÓN ESTRUCTURAL PARA ALCANTARILLAS

CANTIDAD: 35 m³/día

Volumen= 100 m³

Volumen= 100 m³ Total días 2,86 días

Total aproximado 3,00

DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN		UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
EXCAVACIÓN ESTRUCTURAL PARA ALCANTARILLAS		m ³	113,55	Q11 355,00
EQUIPO Y MAQUINARIA: incluye renta, operador, mantenimiento, lubricantes y combustible.				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTO HORA	SUB TOTAL
1	RETRO EXCAVADORA	6	Q275,25	Q1 651,50
1	EQUIPO DE TOPOGRAFÍA	1	Q33,48	Q33,48
1	PICK-UP	1	Q35,71	Q35,71
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA				Q1 720,69
MANO DE OBRA: incluye prestaciones laborales y beneficios sociales.				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTO HORA	SUB TOTAL
1	ENCARGADO	6	Q42,47	Q254,82
1	TOPÓGRAFO	1	Q40,03	Q40,03
2	CADENEROS	1	Q26,95	Q53,90
2	AYUDANTES DE TOPOGRAFÍA	1	Q13,86	Q27,72
1	CHEQUE DE MATERIALES	6	Q13,86	Q83,16
1	ALBAÑIL	6	Q21,98	Q131,88
2	AYUDANTES	6	Q12,82	Q153,84
TOTAL MANO DE OBRA:				Q782,62
MATERIALES				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	SUB TOTAL
TOTAL MATERIALES				
RESUMEN				
TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES + EQUIPO + COMBUSTIBLE + MANO DE OBRA + FLETES):				Q2 503,31
TOTAL COSTO INDIRECTO (ADMINISTRATIVOS + FIANZAS + SUPERVISION + UTILIDAD):				Q 876,16
SUB - TOTAL (SUMA DE DIRECTOS + INDIRECTOS)				Q3 379,47
IVA 12%				Q 405,54
TOTAL DÍA				Q3 785,00
TOTAL DEL RENGLÓN				Q11 355,00
PRECIO UNITARIO DEL RENGLÓN				Q113,55

Continuación de apéndice 5.

PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PAVIMENTO CON ADOQUÍN
PARA EL CANTÓN CHUANOJ, MUNICIPIO DE TOTONICAPÁN,
DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN

DESCRIPCIÓN: RELLENO ESTRUCTURAL PARA ALCANTARILLAS

CANTIDAD: 20 m³/día

Volumen= 80,00 m³

Volumen= 80,00 m³ Total días 4 días

Total aproximado 4

DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN		UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
RELLENO ESTRUCTURAL PARA ALCANTARILLAS		m ³	249,84	Q19 987,15
EQUIPO Y MAQUINARIA				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTO HORA	SUB TOTAL
2	VIBRO APISONADOR MANUAL	4	Q35,71	Q285,68
1	RETRO EXCAVADORA	6	Q275,25	Q1 651,50
1	DISTRIBUIDORA DE AGUA	4	Q125,00	Q500,00
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA				Q2 437,18
MANO DE OBRA: incluye prestaciones laborales y beneficios sociales.				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTO HORA	SUB TOTAL
1	ENCARGADO	6	Q42,47	Q254,82
2	ALBAÑIL	6	Q21,98	Q263,76
4	AYUDANTES	6	Q12,82	Q307,68
TOTAL MANO DE OBRA:				Q867,57
MATERIALES				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	SUB TOTAL
TOTAL MATERIALES				
RESUMEN				
TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES + EQUIPO + COMBUSTIBLE + MANO DE OBRA + FLETES):				Q3 304,75
TOTAL COSTO INDIRECTO (ADMINISTRATIVOS + FIANZAS + SUPERVISION + UTILIDAD):				Q1 156,66
SUB - TOTAL (SUMA DE DIRECTOS + INDIRECTOS)				Q4 461,42
IVA 12%				Q 535,37
TOTAL DÍA				Q4 996,79
TOTAL DEL RENGLÓN				Q19 987,15
PRECIO UNITARIO DEL RENGLÓN				Q249,84

Continuación de apéndice 5.

PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PAVIMENTO CON ADOQUÍN
PARA EL CANTÓN CHUANOJ, MUNICIPIO DE TOTONICAPÁN,
DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN

DESCRIPCIÓN: ALCANTARILLAS DE CONCRETO NO REFORZADO

CANTIDAD: 10 m/día
Longitud= 56 m
Longitud= 56 m Total días 5,60 días
Total aproximado 5

DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN		UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
ALCANTARILLAS DE CONCRETO NO REFORZADO		m	524,40	Q29 366,61
EQUIPO Y MAQUINARIA				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTO HORA	SUB TOTAL
1	RETRO EXCAVADORA	6	Q275,25	Q1 651,50
1	EQUIPO DE TOPOGRAFÍA	2	Q33,48	Q66,96
1	EQUIPO DE LABORATORIO	2	Q44,64	Q89,28
1	PICK-UP	2	Q35,71	Q71,42
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA				Q71,42
MANO DE OBRA: incluye prestaciones laborales y beneficios sociales.				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTO HORA	SUB TOTAL
1	ENCARGADO	8	Q42,47	Q339,76
1	TOPÓGRAFO	2	Q40,03	Q80,06
2	LABORATORISTA DE SUELOS	4	Q40,03	Q320,24
2	CADENEROS	2	Q26,95	Q107,80
2	AYUDANTES DE TOPOGRAFÍA	2	Q13,86	Q55,44
1	AYUDANTES DE LABORATORIO DE SUELOS	2	Q21,98	Q43,96
1	CHEQUE DE MATERIALES	8	Q13,86	Q110,88
2	ALBAÑIL	8	Q21,98	Q351,68
2	AYUDANTES	8	Q12,82	Q205,12
TOTAL MANO DE OBRA:				Q1 695,69
MATERIALES				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	SUB TOTAL
5,6	ALCANTARILLA DE CONCRETO NO REFORZADO	m	Q335,85	Q1 880,76
3	CEMENTO	sacos	Q62,50	Q187,50
0,5	ARENA	m ³	Q98,21	Q49,11
TOTAL MATERIALES				Q2 117,37
RESUMEN				
TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES + EQUIPO + COMBUSTIBLE + MANO DE OBRA + FLETES):				Q3 884,47
TOTAL COSTO INDIRECTO (ADMINISTRATIVOS + FIANZAS + SUPERVISION + UTILIDAD):				Q1 359,57
SUB - TOTAL (SUMA DE DIRECTOS + INDIRECTOS)				Q5 244,04
IVA 12%				Q 629,28
TOTAL DÍA				Q5 873,32
TOTAL DEL RENGLÓN				Q29 366,61
PRECIO UNITARIO DEL RENGLÓN				Q524,40

Continuación de apéndice 5.

PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PAVIMENTO CON ADOQUÍN
PARA EL CANTÓN CHUANOJ, MUNICIPIO DE TOTONICAPÁN,
DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN

DESCRIPCIÓN: REACONDICIONAMIENTO DE SUB RASANTE

CANTIDAD: 800 m²/día

ÁREA= 7 494,39 m²

ÁREA= 7 494,39 m² Total días 9,37 días

Total aproximado 10

DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN		UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
REACONDICIONAMIENTO DE SUB RASANTE		m ²	Q16,87	Q126 433,85
EQUIPO Y MAQUINARIA				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTO HORA	SUB TOTAL
1	MOTO NIVELADORA	8	Q325,68	Q2 605,44
1	VIBRO COMPACTADOR LISO	6	Q233,21	Q1 399,26
1	DISTRIBUIDORA DE AGUA	6	Q125,00	Q750,00
1	PICK-UP	2	Q35,71	Q71,42
1	VIBRO COMPACTADOR PATA DE CABRA	4	Q233,21	Q932,84
1	EQUIPO DE TOPOGRAFÍA	8	Q33,48	Q267,84
1	EQUIPO DE LABORATORIO	6	Q44,64	Q267,84
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA				Q6 294,64
MANO DE OBRA: incluye prestaciones laborales y beneficios sociales.				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTO HORA	SUB TOTAL
1	ENCARGADO	8	Q42,47	Q339,76
1	TOPÓGRAFO	8	Q40,03	Q320,24
2	CADENEROS	8	Q26,95	Q431,20
1	LABORATORISTA DE SUELOS	6	Q40,03	Q240,18
1	AYUDANTES DE TOPOGRAFÍA	8	Q13,86	Q110,88
1	AYUDANTES DE LABORATORIO DE SUELOS	6	Q13,86	Q83,16
2	CHEQUE DE MATERIALES	8	Q13,86	Q221,76
2	AYUDANTES DE MAQUINARIA	8	Q13,86	Q221,76
TOTAL MANO DE OBRA:				Q2 067,39
MATERIALES				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	SUB TOTAL
TOTAL MATERIALES				
RESUMEN				
TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES + EQUIPO + COMBUSTIBLE + MANO DE OBRA + FLETES):				Q8 362,03
TOTAL COSTO INDIRECTO (ADMINISTRATIVOS + FIANZAS + SUPERVISION + UTILIDAD):				Q2 926,71
SUB - TOTAL (SUMA DE DIRECTOS + INDIRECTOS)				Q11 288,74
IVA 12%				Q1 354,65
TOTAL DÍA				Q12 643,38
TOTAL DEL RENGLÓN				Q126 433,85
PRECIO UNITARIO DEL RENGLÓN				Q16,87

Continuación de apéndice 5.

PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PAVIMENTO CON ADOQUÍN
 PARA EL CANTÓN CHUANOJ, MUNICIPIO DE TOTONICAPÁN,
 DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN

DESCRIPCIÓN: CAPA DE BASE

CANTIDAD: 125 m³/día
 VOLUMEN= 1 348,99 m³
 VOLUMEN= 1 348,99 m³ Total días 10,79 días
 Total aproximado 11

DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN		UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
CAPA DE BASE		m ³	Q169,76	Q229 001,16
EQUIPO Y MAQUINARIA				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTO HORA	SUB TOTAL
1	RETRO EXCAVADORA	6	Q495,54	Q2 973,24
1	CAMIONES DE VOLTEO DE 12 m ³	6	Q156,25	Q937,50
1	MOTO NIVELADORA	6	Q325,68	Q1 954,08
1	VIBRO COMPACTADOR LISO	6	Q233,21	Q1 399,26
1	DISTRIBUIDORA DE AGUA	6	Q125,00	Q750,00
1	EQUIPO DE TOPOGRAFÍA	4	Q33,48	Q133,92
1	EQUIPO DE LABORATORIO	4	Q44,64	Q178,56
1	PICK-UP	2	Q35,71	Q71,42
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA				Q8 397,98
MANO DE OBRA: incluye prestaciones laborales y beneficios sociales.				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTO HORA	SUB TOTAL
1	ENCARGADO	8	Q42,47	Q339,76
1	TOPÓGRAFO	4	Q40,03	Q160,12
2	CADENEROS	4	Q26,95	Q215,60
1	LABORATORISTA DE SUELOS	4	Q40,03	Q160,12
1	AYUDANTES DE TOPOGRAFÍA	4	Q13,86	Q55,44
1	AYUDANTES DE LABORATORIO DE SUELOS	4	Q13,86	Q55,44
1	CHEQUE DE MATERIALES	8	Q13,86	Q110,88
2	AYUDANTES DE MAQUINARIA	8	Q13,86	Q221,76
TOTAL MANO DE OBRA:				Q1 385,08
MATERIALES				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	SUB TOTAL
159,43	MATERIAL DE BASE	m ³	Q25,00	Q3 985,65
TOTAL MATERIALES (por día)				Q3 985,65
RESUMEN				
TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES + EQUIPO + COMBUSTIBLE + MANO DE OBRA + FLETES):				Q13 768,71
TOTAL COSTO INDIRECTO (ADMINISTRATIVOS + FIANZAS + SUPERVISION + UTILIDAD): %				Q4 819,05
SUB - TOTAL (SUMA DE DIRECTOS + INDIRECTOS)				Q18 587,76
IVA 12%				Q2 230,53
TOTAL DÍA				Q20 818,29
TOTAL DEL RENGLÓN				Q229 001,16
PRECIO UNITARIO DEL RENGLÓN				Q169,76

Continuación de apéndice 5.

PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PAVIMENTO CON ADOQUÍN
PARA EL CANTÓN CHUANOJ, MUNICIPIO DE TOTONICAPÁN,
DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN

DESCRIPCIÓN: MAMPOSTERÍA DE PIEDRA

CANTIDAD: 7 m³/día

VOLUMEN= 40 m³

VOLUMEN= 40 m³ Total días 5,71 días

Total aproximado 6

DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN		UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
MAMPOSTERÍA DE PIEDRA		m ³	Q2 116,79	Q84 671,51
EQUIPO Y MAQUINARIA				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTO HORA	SUB TOTAL
1	PICK-UP	2	Q35,71	Q71,42
3	CONCRETERA DE UN SACO	8	Q35,71	Q857,04
1	DISTRIBUIDORA DE AGUA	8	Q125,00	Q1 000,00
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA				Q1 928,46
MANO DE OBRA: incluye prestaciones laborales y beneficios sociales.				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTO HORA	SUB TOTAL
1	ENCARGADO	8	Q42,47	Q339,76
1	CHEQUE DE MATERIALES	8	Q13,86	Q110,88
4	ALBAÑILES	8	Q21,98	Q703,36
8	AYUDANTES DE ALBAÑIL	8	Q12,82	Q820,48
TOTAL MANO DE OBRA:				Q2 073,20
MATERIALES				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	SUB TOTAL
53	CEMENTO	sacos	Q62,50	Q3 333,33
3	ARENA	m ³	Q98,21	Q327,37
5	PIEDRA	m ³	Q115,62	Q626,28
2	TABLA DE 12'x1'X1/2"	docena	Q321,43	Q642,86
2	PARAL DE 12'X3"X3"	docena	Q200,89	Q401,78
TOTAL MATERIALES				Q5 331,62
RESUMEN				
TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES + EQUIPO + COMBUSTIBLE + MANO DE OBRA + FLETES):				Q9 333,28
TOTAL COSTO INDIRECTO (ADMINISTRATIVOS + FIANZAS + SUPERVISION + UTILIDAD):				Q3 266,65
SUB - TOTAL (SUMA DE DIRECTOS + INDIRECTOS)				Q12 599,93
IVA 12%				Q1 511,99
TOTAL DÍA				Q14 111,92
TOTAL DEL RENGLÓN				Q84 671,51
PRECIO UNITARIO DEL RENGLÓN				Q2 116,79

Continuación de apéndice 5.

PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PAVIMENTO CON ADOQUÍN
PARA EL CANTÓN CHUANOJ, MUNICIPIO DE TOTONICAPÁN,
DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN

DESCRIPCIÓN: DISIPADORES DE ENERGÍA

CANTIDAD: 5 m³/día
VOLUMEN= 18 m³
VOLUMEN= 18 m³ Total días 3,6 días
Total aproximado 4

DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN		UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
DISIPADORES DE ENERGÍA		m ³	Q2 047,25	Q36 850,55
EQUIPO Y MAQUINARIA				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTO HORA	SUB TOTAL
1	PICK-UP	2	Q35,71	Q71,42
2	CONCRETERA DE UN SACO	8	Q35,71	Q571,36
1	DISTRIBUIDORA DE AGUA	8	Q125,00	Q1 000,00
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA				Q1 642,78
MANO DE OBRA: incluye prestaciones laborales y beneficios sociales.				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTO HORA	SUB TOTAL
1	ENCARGADO	8	Q42,47	Q339,76
1	CHEQUE DE MATERIALES	4	Q13,86	Q55,44
2	ALBAÑILES	8	Q21,98	Q351,68
4	AYUDANTES DE ALBAÑIL	8	Q12,82	Q410,24
TOTAL MANO DE OBRA:				Q1 214,98
MATERIALES				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	SUB TOTAL
36	CEMENTO	sacos	Q62,50	Q2 250,00
1,8	ARENA	m ³	Q98,21	Q176,78
2,475	PIEDRA	m ³	Q115,62	Q286,16
1	TABLA DE 12'x1'X1/2"	docena	Q321,43	Q321,43
1	PARAL DE 12'X3"X3"	docena	Q200,89	Q200,89
TOTAL MATERIALES				Q3 235,26
RESUMEN				
TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES + EQUIPO + COMBUSTIBLE + MANO DE OBRA + FLETES):				Q6 093,01
TOTAL COSTO INDIRECTO (ADMINISTRATIVOS + FIANZAS + SUPERVISION + UTILIDAD):				Q2 132,55
SUB - TOTAL (SUMA DE DIRECTOS + INDIRECTOS)				Q8 225,57
IVA 12%				Q987,07
TOTAL DÍA				Q9 212,64
TOTAL DEL RENGLÓN				Q36 850,55
PRECIO UNITARIO DEL RENGLÓN				Q2 047,25

Continuación de apéndice 5.

PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PAVIMENTO CON ADOQUÍN
PARA EL CANTÓN CHUANOJ, MUNICIPIO DE TOTONICAPÁN,
DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN

DESCRIPCIÓN: BORDILLOS

CANTIDAD: 125 m/día
LONGITUD= 3 330,84 m
LONGITUD= 3 330,84 m
Total días 26,65 días
Total aproximado 27

DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN		UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
BORDILLOS		m	Q105,24	Q350 538,23
EQUIPO Y MAQUINARIA				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTO HORA	SUB TOTAL
1	PICK-UP	4	Q35,71	Q142,84
2	CONCRETERA DE UN SACO	4	Q35,71	Q285,68
1	DISTRIBUIDORA DE AGUA	4	Q125,00	Q500,00
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA				Q928,52
MANO DE OBRA: incluye prestaciones laborales y beneficios sociales.				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTO HORA	SUB TOTAL
1	ENCARGADO	4	Q42,47	Q169,88
2	CHEQUE DE MATERIALES	4	Q13,86	Q110,88
8	ALBAÑILES	8	Q21,98	Q1 406,72
8	AYUDANTES DE ALBAÑIL	8	Q12,82	Q820,48
TOTAL MANO DE OBRA:				Q2 633,36
MATERIALES				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	SUB TOTAL
10,42	COSTANERAS DE 6"X2"X1/16"	m	Q187,50	Q1 953,13
35,16	CEMENTO	sacos	Q62,50	Q2 197,43
2,78	ARENA	m ³	Q98,21	Q272,60
3,15	PIEDRÍN	m ³	Q191,22	Q601,54
TOTAL MATERIALES				Q5 024,69
RESUMEN				
TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES + EQUIPO + COMBUSTIBLE + MANO DE OBRA + FLETES):				Q8 586,57
TOTAL COSTO INDIRECTO (ADMINISTRATIVOS + FIANZAS + SUPERVISION + UTILIDAD): %				Q3 005,30
SUB - TOTAL (SUMA DE DIRECTOS + INDIRECTOS)				Q11 591,87
IVA 12%				Q1 391,02
TOTAL DÍA				Q12 982,90
TOTAL DEL RENGLÓN				Q350 538,23
PRECIO UNITARIO DEL RENGLÓN				Q105,24

Continuación de apéndice 5.

PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PAVIMENTO CON ADOQUÍN
PARA EL CANTÓN CHUANOJ, MUNICIPIO DE TOTONICAPÁN,
DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN

DESCRIPCIÓN: LLAVES DE CONFINAMIENTO

CANTIDAD: 100 m/día
LONGITUD= 753,94 m
LONGITUD= 753,94 m
Total días 7,54 días
Total aproximado 8

DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN		UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
LLAVES DE CONFINAMIENTO		m	Q100,68	Q75 904,52
EQUIPO Y MAQUINARIA				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTO HORA	SUB TOTAL
1	PICK-UP	4	Q35,71	Q142,84
2	CONCRETERA DE UN SACO	8	Q35,71	Q571,36
1	DISTRIBUIDORA DE AGUA	8	Q125,00	Q1 000,00
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA				Q1 714,20
MANO DE OBRA: incluye prestaciones laborales y beneficios sociales.				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTO HORA	SUB TOTAL
1	ENCARGADO	4	Q52,47	Q209,88
1	CHEQUE DE MATERIALES	4	Q13,86	Q55,44
8	ALBAÑILES	8	Q21,98	Q1 406,72
8	AYUDANTES DE ALBAÑIL	8	Q12,82	Q820,48
TOTAL MANO DE OBRA:				Q2 617,15
MATERIALES				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	SUB TOTAL
22,38	CEMENTO	sacos	Q62,50	Q1 398,91
1,65	ARENA	m ³	Q98,21	Q161,97
2,00	PIEDRÍN	m ³	Q191,22	Q382,95
TOTAL MATERIALES				Q1 943,83
RESUMEN				
TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES + EQUIPO + COMBUSTIBLE + MANO DE OBRA + FLETES):				Q6 275,18
TOTAL COSTO INDIRECTO (ADMINISTRATIVOS + FIANZAS + SUPERVISION + UTILIDAD): %				Q2 196,31
SUB - TOTAL (SUMA DE DIRECTOS + INDIRECTOS)				Q8 471,49
IVA 12%				Q1 016,58
TOTAL DÍA				Q9 488,06
TOTAL DEL RENGLÓN				Q75 904,52
PRECIO UNITARIO DEL RENGLÓN				Q100,68

Continuación de apéndice 5.

PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PAVIMENTO CON ADOQUÍN
PARA EL CANTÓN CHUANOJ, MUNICIPIO DE TOTONICAPÁN,
DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN

DESCRIPCIÓN: CAPA DE ARENA

CANTIDAD: 12,5 m³/día
VOLUMEN= 374,72 m³
VOLUMEN= 374,72 m³ Total días 29,98 días
Total aproximado 30

DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN		UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
CAPA DE ARENA		m ³	Q288,37	Q108 059,04
EQUIPO Y MAQUINARIA				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTO HORA	SUB TOTAL
1	PLACA VIBRATORIA	8	Q38,35	Q306,80
1	PICK-UP	1	Q35,71	Q35,71
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA				Q342,51
MANO DE OBRA: incluye prestaciones laborales y beneficios sociales.				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTO HORA	SUB TOTAL
1	ENCARGADO	4	Q42,47	Q169,88
2	ALBAÑILES	8	Q21,98	Q351,68
2	AYUDANTES DE ALBAÑIL	8	Q12,82	Q205,12
TOTAL MANO DE OBRA:				Q763,01
MATERIALES				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	SUB TOTAL
13,00	ARENA	m ³	Q98,21	Q1 276,73
TOTAL MATERIALES (por día)				Q1 276,73
RESUMEN				
TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES + EQUIPO + COMBUSTIBLE + MANO DE OBRA + FLETES):				Q2 382,25
TOTAL COSTO INDIRECTO (ADMINISTRATIVOS + FIANZAS + SUPERVISION + UTILIDAD):				Q833,79
SUB - TOTAL (SUMA DE DIRECTOS + INDIRECTOS)				Q3 216,04
IVA 12%				Q385,93
TOTAL DÍA				Q3 601,97
TOTAL DEL RENGLÓN				Q108 059,04
PRECIO UNITARIO DEL RENGLÓN				Q288,37

Continuación de apéndice 5.

PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PAVIMENTO CON ADOQUÍN
PARA EL CANTÓN CHUANOJ, MUNICIPIO DE TOTONICAPÁN,
DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN

DESCRIPCIÓN: ADOQUINAMIENTO

CANTIDAD: 250 m²/día
 ÁREA= 7 494,39 m²
 ÁREA= 7 494,39 m² Total días 29,98 días
 Total aproximado 30

DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN		UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
ADOQUINAMIENTO		m ²	Q208,68	Q1 563 965,53
EQUIPO Y MAQUINARIA				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTO HORA	SUB TOTAL
1	DISTRIBUIDORA DE AGUA	2	Q125,00	Q250,00
1	EQUIPO DE TOPOGRAFÍA	4	Q33,48	Q133,92
1	CAMIÓN	2	Q133,70	Q267,40
1	PICK-UP	4	Q35,71	Q142,84
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA				Q794,16
MANO DE OBRA: incluye prestaciones laborales y beneficios sociales.				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTO HORA	SUB TOTAL
1	ENCARGADO	8	Q42,47	Q339,76
1	TOPÓGRAFO	4	Q40,03	Q160,12
2	CADENEROS	4	Q26,95	Q215,60
1	AYUDANTES DE TOPOGRAFÍA	4	Q13,86	Q55,44
1	CHEQUE DE MATERIALES	4	Q13,86	Q55,44
16	ALBAÑILES	8	Q21,98	Q2 813,44
16	AYUDANTES DE ALBAÑIL	8	Q12,82	Q1 640,96
TOTAL MANO DE OBRA:				Q5 544,80
MATERIALES				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	SUB TOTAL
5250,00	ADOQUÍN	m ²	Q5,36	Q28 140,00
TOTAL MATERIALES (por día)				Q28 140,00
RESUMEN				
TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES + EQUIPO + COMBUSTIBLE + MANO DE OBRA + FLETES):				Q34 478,96
TOTAL COSTO INDIRECTO (ADMINISTRATIVOS + FIANZAS + SUPERVISION + UTILIDAD):				Q12 067,64
SUB - TOTAL (SUMA DE DIRECTOS + INDIRECTOS)				Q46 546,59
IVA 12%				Q5 585,59
TOTAL DÍA				Q52 132,18
TOTAL DEL RENGLÓN				Q1 563 965,53
PRECIO UNITARIO DEL RENGLÓN				Q208,68

Continuación de apéndice 5.

PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PAVIMENTO CON ADOQUÍN
PARA EL CANTÓN CHUANOJ, MUNICIPIO DE TOTONICAPÁN,
DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN

DESCRIPCIÓN: SELLO DE JUNTAS

CANTIDAD: 80 m³/día

VOLUMEN= 150,00 m³

VOLUMEN= 150,00 m³ Total días 1,88 días

Total aproximado 2

DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN		UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
SELLO DE JUNTAS		m ³	Q220,19	Q33 028,50
EQUIPO Y MAQUINARIA				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTO HORA	SUB TOTAL
1	CAMIONES DE VOLTEO DE 12 m ³	2	Q156,21	Q312,42
1	PICK-UP	2	Q35,71	Q71,42
2	PLACA VIBRATORIA	8	Q38,35	Q613,60
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA				Q997,44
MANO DE OBRA: incluye prestaciones laborales y beneficios sociales.				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTO HORA	SUB TOTAL
1	ENCARGADO	4	Q52,47	Q209,88
8	ALBAÑILES	8	Q21,98	Q1 406,72
8	AYUDANTES DE ALBAÑIL	8	Q12,82	Q820,48
TOTAL MANO DE OBRA: Incluye (5% Mano de obra)				Q2 558,93
MATERIALES				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	SUB TOTAL
75,00	ARENA	m ³	Q98,21	Q7 365,75
TOTAL MATERIALES				Q7 365,75
RESUMEN				
TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES + EQUIPO + COMBUSTIBLE + MANO DE OBRA + FLETES):				Q10 922,12
TOTAL COSTO INDIRECTO (ADMINISTRATIVOS + FIANZAS + SUPERVISION + UTILIDAD): %				Q3 822,74
SUB - TOTAL (SUMA DE DIRECTOS + INDIRECTOS)				Q14 744,87
IVA 12%				Q1 769,38
TOTAL DÍA				Q16 514,25
TOTAL DEL RENGLÓN				Q33 028,50
PRECIO UNITARIO DEL RENGLÓN				Q220,19

Continuación de apéndice 5.

PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PAVIMENTO CON ADOQUÍN
PARA EL CANTÓN CHUANOJ, MUNICIPIO DE TOTONICAPÁN,
DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN

DESCRIPCIÓN: SEÑALES DE TRAFICO

CANTIDAD: 9

UNIDAD= 18 UNIDAD

UNIDAD= 18 UNIDAD Total días 2 días

Total aproximado 2

DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN		UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
SEÑALES DE TRAFICO		UNIDAD	Q991,84	Q17 853,03
EQUIPO Y MAQUINARIA				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTO HORA	SUB TOTAL
1	PICK-UP	2	Q35,71	Q71,42
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA				Q71,42
MANO DE OBRA: incluye prestaciones laborales y beneficios sociales.				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTO HORA	SUB TOTAL
9	FABRICACIÓN DE BASES PARA RÓTULOS	2	Q50,00	Q900,00
1	ALBAÑILES	4	Q21,98	Q87,92
1	AYUDANTES DE ALBAÑIL	4	Q12,82	Q51,28
TOTAL MANO DE OBRA:				Q1 091,16
MATERIALES				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	SUB TOTAL
9	RÓTULOS DE SEÑALIZACIÓN	unidad	Q450,00	Q4 050,00
17,28	CONCRETO PRE DOSIFICADO	sacos	Q40,00	Q691,20
TOTAL MATERIALES				Q4 741,20
RESUMEN				
TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES + EQUIPO + COMBUSTIBLE + MANO DE OBRA + FLETES):				Q5 903,78
TOTAL COSTO INDIRECTO (ADMINISTRATIVOS + FIANZAS + SUPERVISION + UTILIDAD): %				Q2 066,32
SUB - TOTAL (SUMA DE DIRECTOS + INDIRECTOS)				Q7 970,10
IVA 12%				Q 956,41
TOTAL DÍA				Q8 926,52
TOTAL DEL RENGLÓN				Q17 853,03
PRECIO UNITARIO DEL RENGLÓN				Q991,84

Continuación de apéndice 5.

PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PAVIMENTO CON ADOQUÍN
PARA EL CANTÓN CHUANOJ, MUNICIPIO DE TOTONICAPÁN,
DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN

DESCRIPCIÓN: LIMPIEZA GENERAL

CANTIDAD: 800 m²/día
 ÁREA= 7 494,39 m²
 ÁREA= 7 494,39 m² Total días 9,37 días
 Total aproximado 10

DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN		UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
LIMPIEZA GENERAL		m ²	Q2,10	Q15 739,80
EQUIPO Y MAQUINARIA				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTO HORA	SUB TOTAL
1	PICK-UP	4	Q35,71	Q142,84
1	LIMPIADORA MECÁNICA	4	Q50,00	Q200,00
1	CAMIÓN	2	Q133,70	Q267,40
TOTAL DE EQUIPO Y MAQUINARIA				Q610,24
MANO DE OBRA: incluye prestaciones laborales y beneficios sociales.				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	HORAS	COSTO HORA	SUB TOTAL
4	AYUDANTES DE ALBAÑIL	8	Q12,82	Q410,24
TOTAL MANO DE OBRA:				Q430,75
MATERIALES				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	SUB TOTAL
TOTAL MATERIALES				
RESUMEN				
TOTAL COSTO DIRECTO (MATERIALES + EQUIPO + COMBUSTIBLE + MANO DE OBRA + FLETES):				Q1 040,99
TOTAL COSTO INDIRECTO (ADMINISTRATIVOS + FIANZAS + SUPERVISION + UTILIDAD): %				Q364,35
SUB - TOTAL (SUMA DE DIRECTOS + INDIRECTOS)				Q1 405,34
IVA 12%				Q168,64
TOTAL DÍA				Q1 573,98
TOTAL DEL RENGLÓN				Q15 739,80
PRECIO UNITARIO DEL RENGLÓN				Q2,10

Continuación de apéndice 5.

PROYECTO: DISEÑO Y PLANIFICACIÓN DE PAVIMENTO CON ADOQUIN PARA EL CANTÓN CHUANOJ, MUNICIPIO DE TONONICAPÁN, DEPARTAMENTO DE TONONICAPÁN

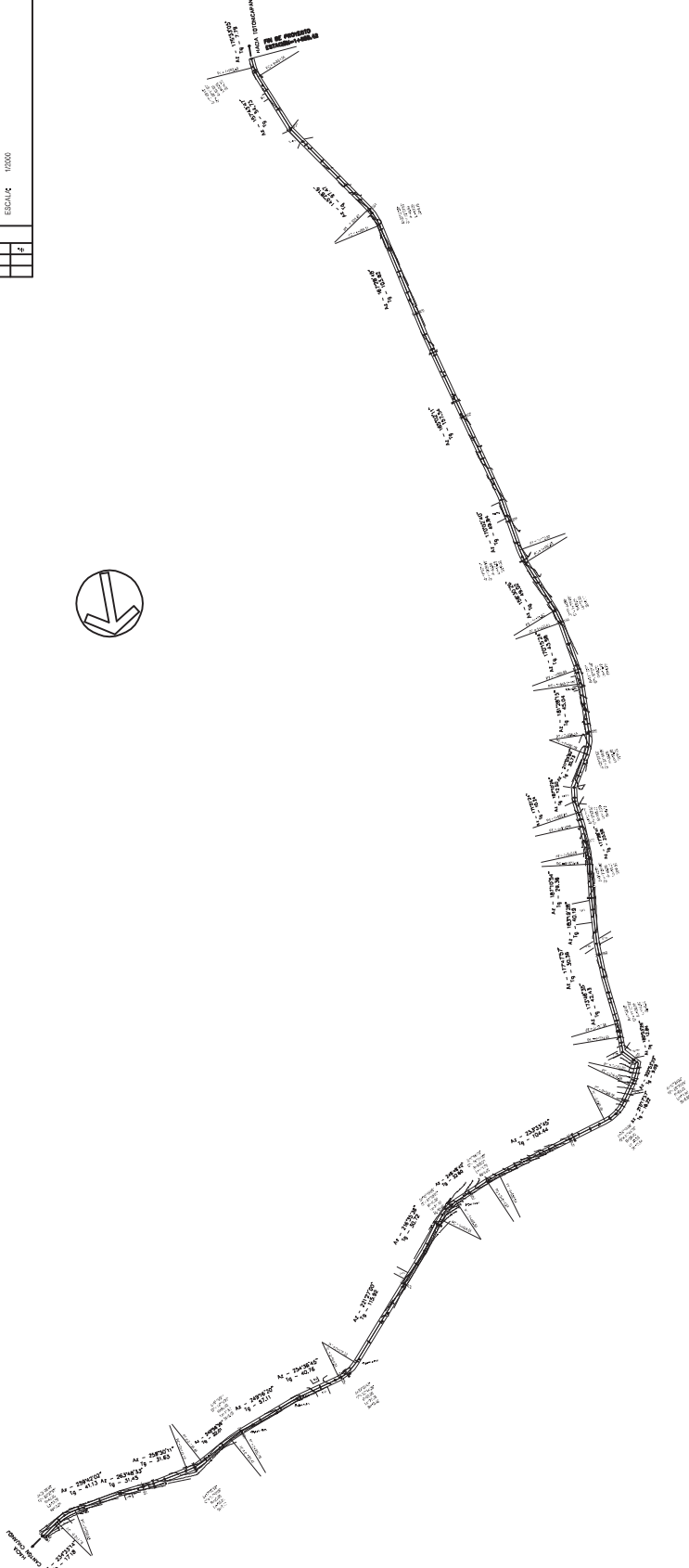
CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE OBRA

No.	OBRA	CANTIDAD	UNIDAD	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				COSTO RENGLO					
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4						
1	Limpieza, chapeo y destronque	7 494.39	m ²																					Q	41 225.59
2	Excavación no clasificada	1 245.87	m ³																					Q	64 003.35
3	Excavación no clasificada de desperdicio	536.34	m ³																					Q	25 601.34
4	Excavación estructural para alcantarillas	100.00	m ³																					Q	11 355.00
5	Relleno estructural para alcantarillas	80.00	m ³																					Q	19 987.15
6	Alcantarilla de concreto no reforzado	56.00	m																					Q	29 366.61
7	Reacondicionamiento de subrasante	7 494.39	m ²																					Q	126 433.85
8	Capa de base	1 348.99	m ³																					Q	229 001.16
9	Mampostería de piedra	40.00	m ³																					Q	84 671.51
10	Disipadores de energía	18.00	m ³																					Q	36 850.55
11	Bordillos	3 330.84	m																					Q	350 538.23
12	Llaves de confinamiento	753.94	m																					Q	75 904.52
13	Capa de arena	374.72	m ³																					Q	108 059.04
14	Adoquinamiento	7 494.39	m ²																					Q	1 563 965.53
15	Sello de juntas	150.00	m ³																					Q	33 028.50
16	Señales de tráfico	18.00	Unidad																					Q	17 853.03
17	Limpieza general	7 494.39	m ²																					Q	15 739.80
TOTAL																								Q	2 833 584.74

Fuente: elaboración propia.


Apéndice 6. **Planos**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
PROYECTO: DISEÑO Y PLANTACION DE PAVIMENTO CONVENCIONAL PARA EL CANTON CHIMANAL, MUNICIPIO DE TUPAC KATUL, DEPARTAMENTO DE TOTONICAPÁN	
CARRERA: PLANTA GENERAL	
KILÓMETROS: KM 0+000 A KM 1+665.42	
FECHA: 15/05/2018	PROFESOR: DR. JUAN CARLOS VILLALBA
ALUMNO: JUAN CARLOS VILLALBA	ESCUELA: INGENIERIA CIVIL
ESCALA: 1:2000	INDICACIONES: 1/2



PLANTA GENERAL

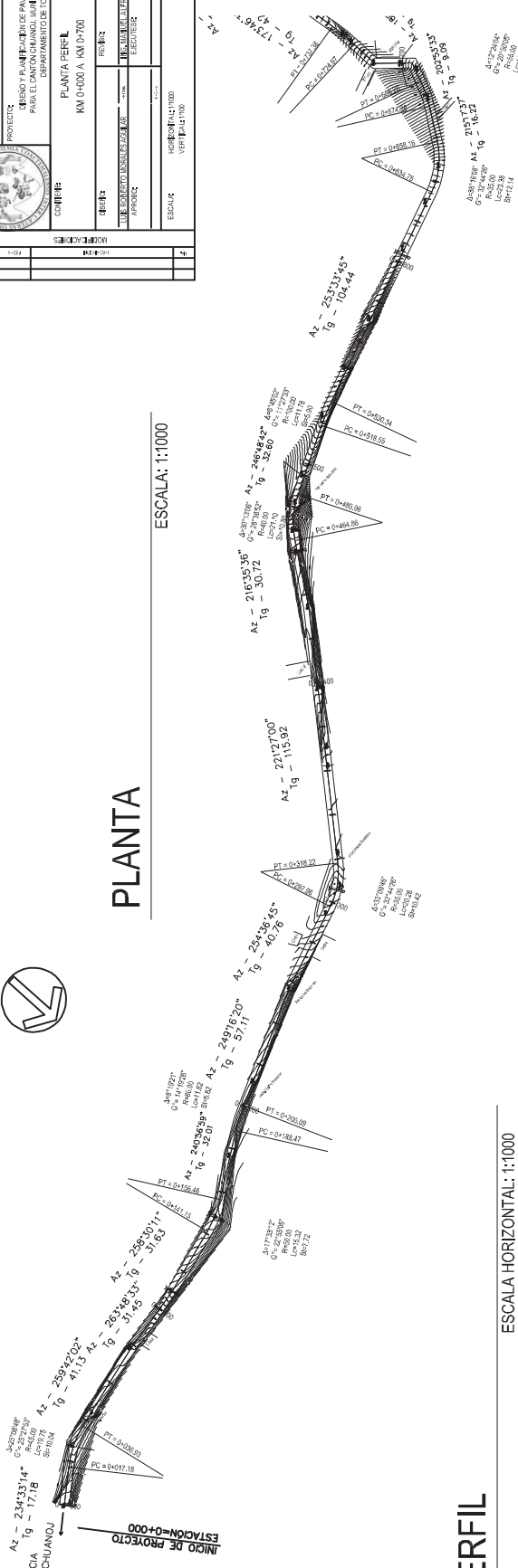
ESCALA: 1:2000

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA PROYECTO: DISEÑO Y PLANEACIÓN DE PAVIMENTO CONVENCIONAL PARA EL CANTÓN CHUANOJ, MUNICIPIO DE TUDUPÁN, DEPARTAMENTO DE TOLIMÁN CANTÓN: PLANTA PERFIL KM 0+000 A KM 0+700	
DISEÑADOR: [Name] APROBADO: [Name] ESCALA: HORIZONTAL: 1:1000 VERTICAL: 1:100	TÍTULO: [Title] FECHA: [Date] HOJA: [Page]



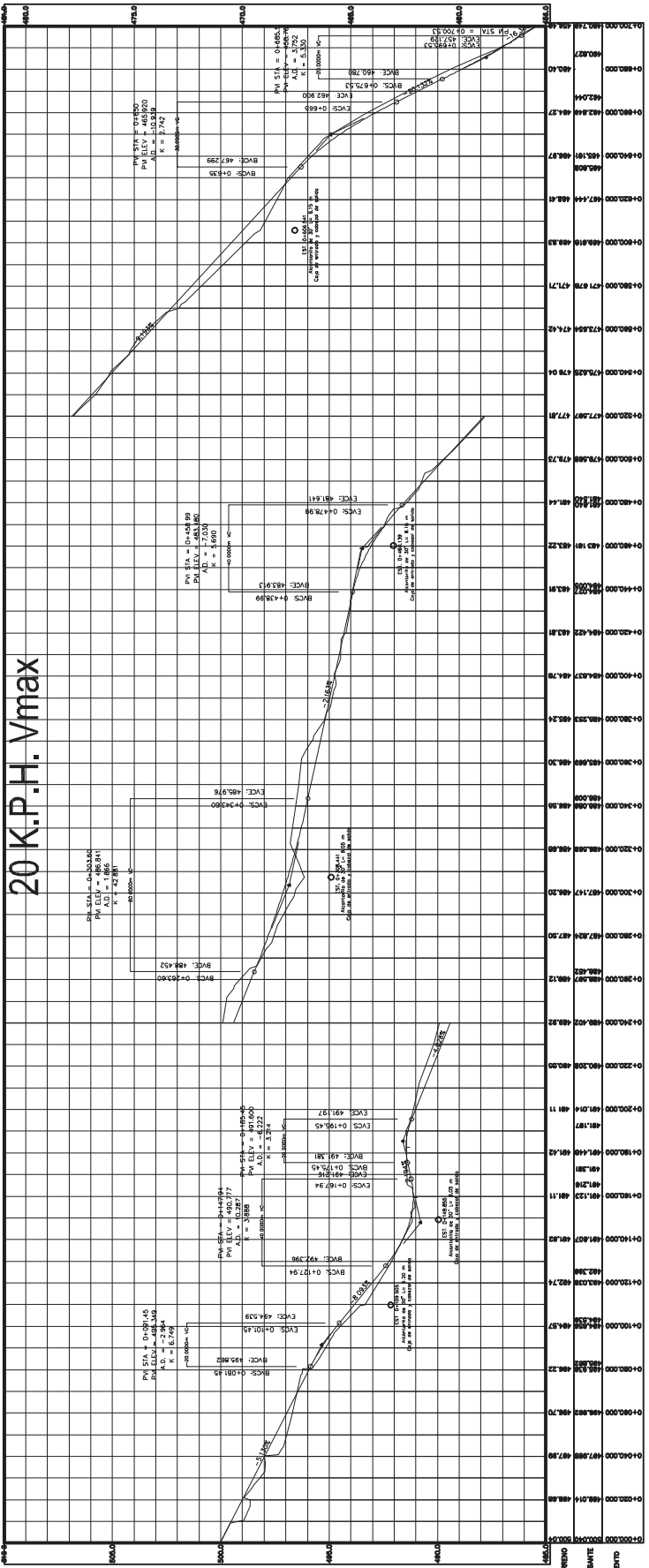
PLANTA


ESCALA: 1:1000

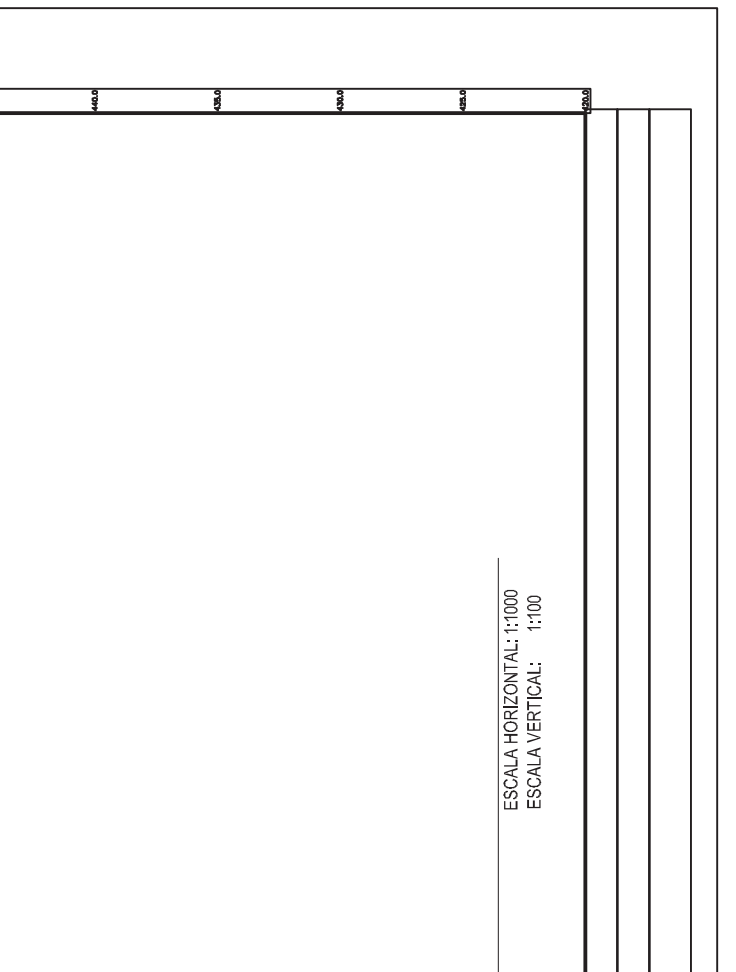
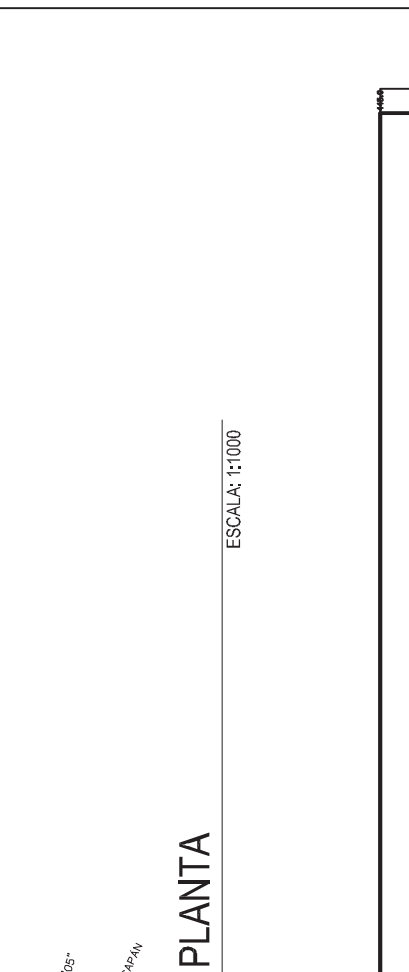


PERFIL

ESCALA HORIZONTAL: 1:1000
 ESCALA VERTICAL: 1:100




 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA PROYECTO: DISEÑO Y PLANEACION DE PAVIMENTO CON ADOSQUIN PARA EL CANTON CHIMANGUJAMAR DE TONICAPAN, DEPARTAMENTO DE TONICAPAN	
COMITE: PLANTA PERIL KM 1+400 A KM 1+665.42	AREA: 1:100 ESCALA: 1:1000
DISEÑADOR: JUAN CARLOS GONZALEZ APROBADO: JUAN CARLOS GONZALEZ INGENIERO CIVIL	DISEÑADOR: JUAN CARLOS GONZALEZ APROBADO: JUAN CARLOS GONZALEZ INGENIERO CIVIL
ESCALA: 1:1000 VERIFICADO: JUAN CARLOS GONZALEZ	ESCALA: 1:1000 VERIFICADO: JUAN CARLOS GONZALEZ

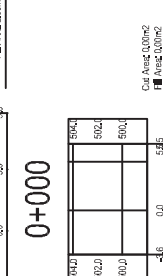
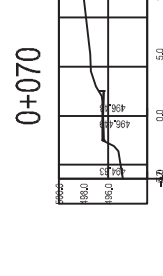
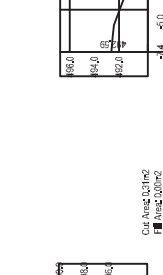
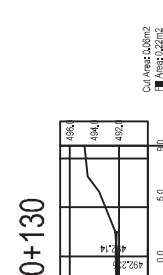
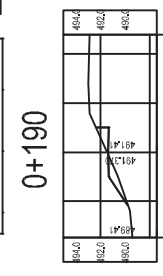
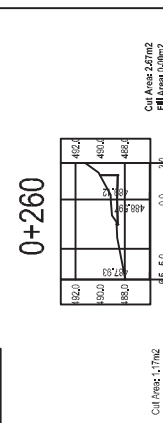
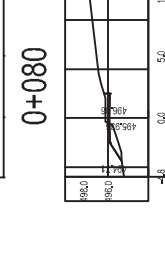
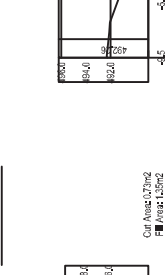
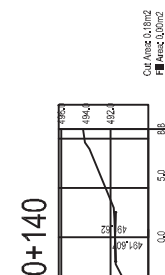
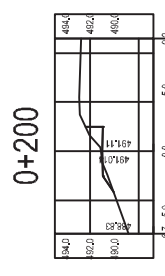
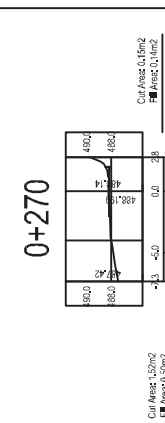
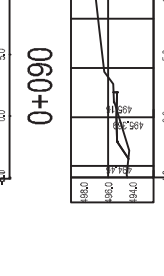
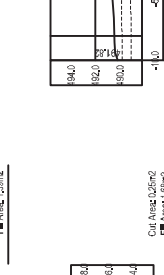
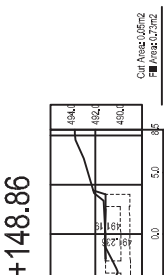
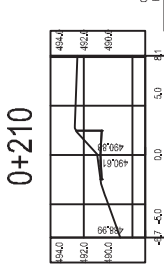
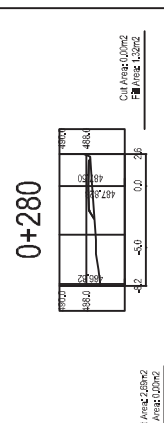
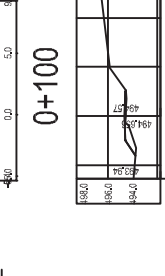
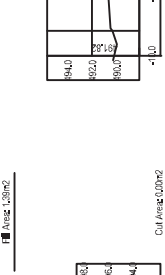
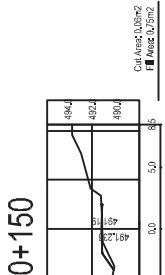
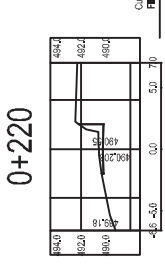
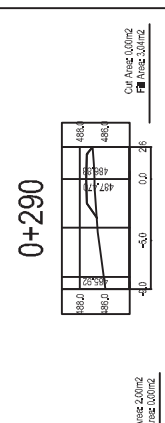
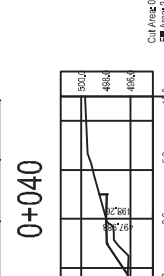
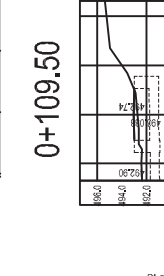
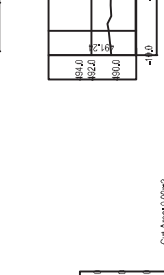
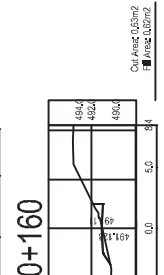
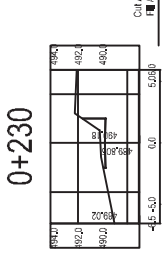
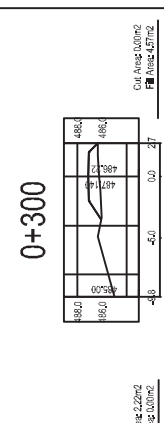
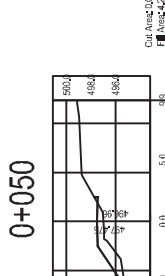
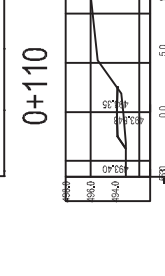
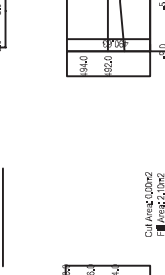
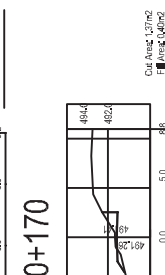
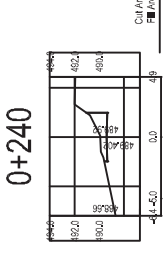
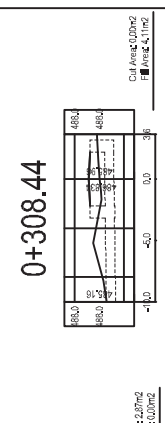
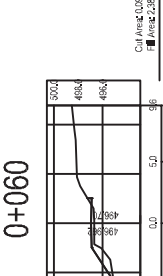
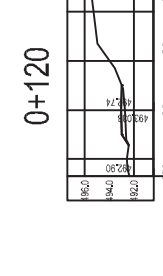
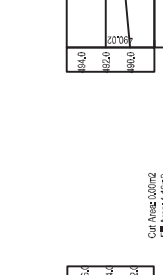
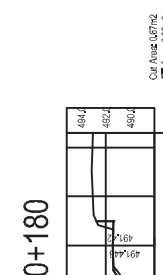
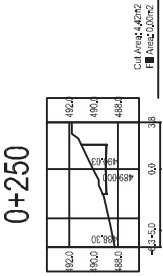



20 K.P.H. Vmax

ESTACIONAMIENTO	COTA DE BARRIO	COTA DE BARRIO
1+400.00	1434.13	1434.50
1+420.00	1433.37	1433.83
1+440.00	1432.30	1433.10
1+460.00	1431.20	1432.10
1+480.00	1429.40	1430.10
1+500.00	1427.40	1428.10
1+520.00	1425.40	1426.10
1+540.00	1423.40	1424.10
1+560.00	1421.40	1422.10
1+580.00	1419.40	1420.10
1+600.00	1417.40	1418.10
1+620.00	1415.40	1416.10
1+640.00	1413.40	1414.10
1+660.00	1411.40	1412.10
1+665.42	1410.00	1411.10

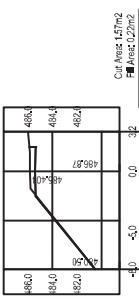
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA PROYECTO: DISEÑO Y PLANEACIÓN DE PAVIMENTO CONVENCIONAL PARA EL CANTÓN CHIMANJ, MUNICIPIO DE TUDUPÁN, DEPARTAMENTO DE TUDUPÁN	
SECCIONES TRANSVERSALES KM 0+000 A KM 0+308.44	
CLIENTE: INSTITUTO VIAL DIRECTOR: DR. JUAN CARLOS VIAL ASESOR: DR. JUAN CARLOS VIAL EJECUTOR: INSTITUTO VIAL	ESCALA: VERTICAL 1:100 HORIZONTAL 1:1000 FECHA: 15/05/2018 HOJA: 15 DE 15

NO.	FECHA	DESCRIPCIÓN
1	15/05/2018	ELABORACIÓN DE SECCIONES TRANSVERSALES

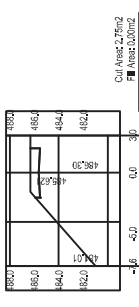


		UNI ESADIA DE SAN CARLOS DE GUATEMALA PROYECTO: OBRAS DE PAVIMENTO DE PAVIMENTO COMPLETO EN EL CANTON CHIMEL, MUNICIPIO DE TOTONICAPÁN, DEPARTAMENTO DE TONICAPÁN CANTÓN: SECCIONES TRANSVERSALES KM 0+310 A KM 0+800
DISEÑO: RICARDO ALVARADO APROBADO: RICARDO ALVARADO ESCALA: 1:1000 FECHA: 14/03/2010	REVISOR: RICARDO ALVARADO EJECUTOR: RICARDO ALVARADO ESCALA: 1:1000 FECHA: 14/03/2010	DISEÑO: RICARDO ALVARADO APROBADO: RICARDO ALVARADO ESCALA: 1:1000 FECHA: 14/03/2010

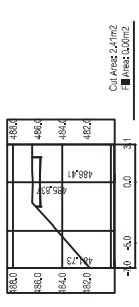
0+370



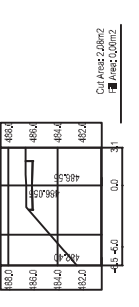
0+360



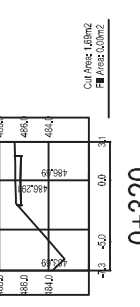
0+350



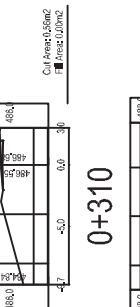
0+340



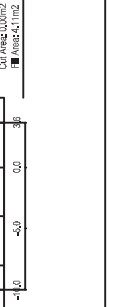
0+330



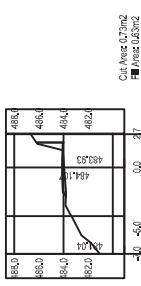
0+320



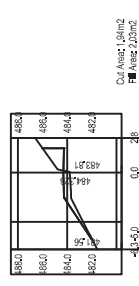
0+310



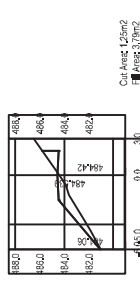
0+430



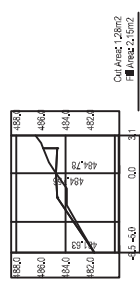
0+420



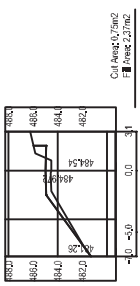
0+410



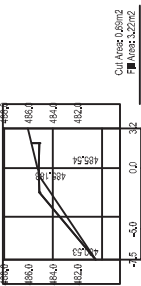
0+400



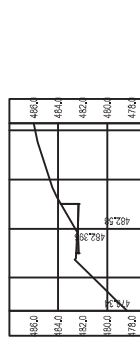
0+390



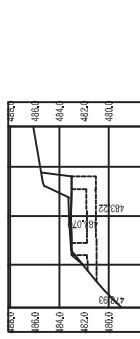
0+380



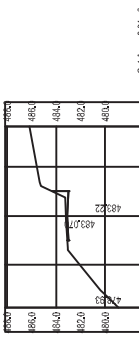
0+470



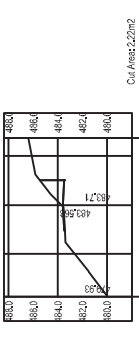
0+460.139



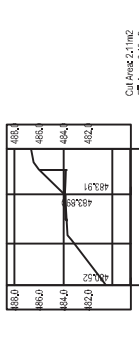
0+460



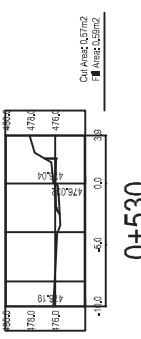
0+450



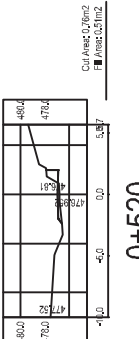
0+440



0+540



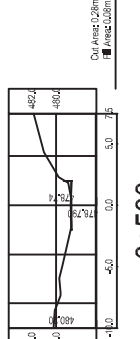
0+530



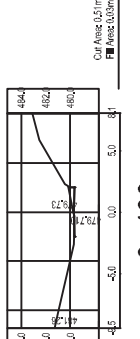
0+520



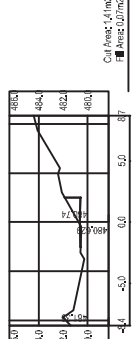
0+510



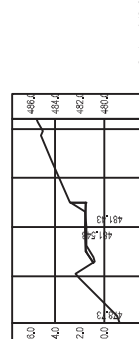
0+500



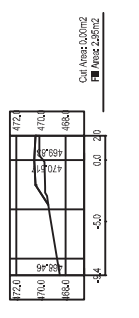
0+490



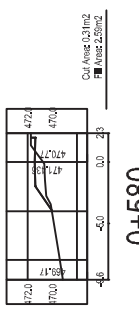
0+480



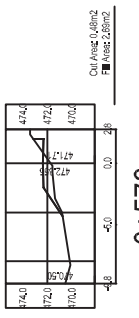
0+600



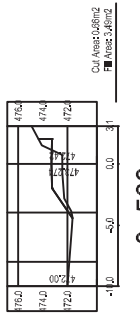
0+590



0+580



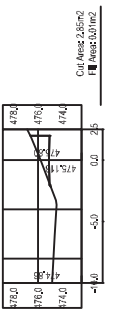
0+570




0+560

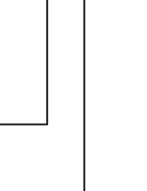
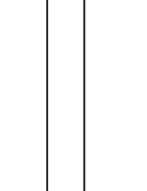
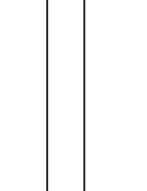
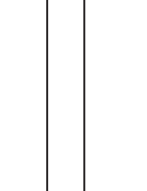
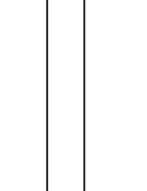
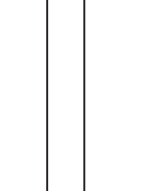
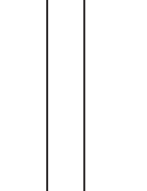
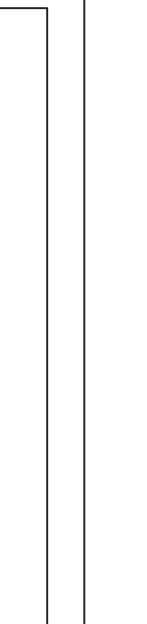
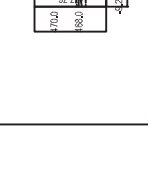
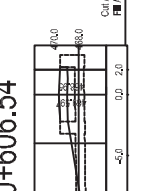
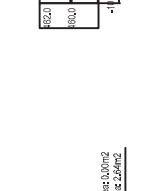
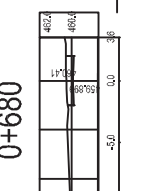
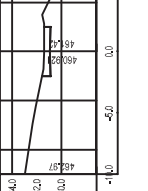
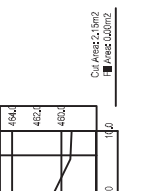
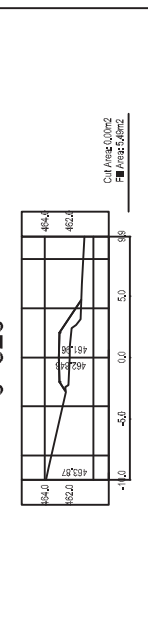
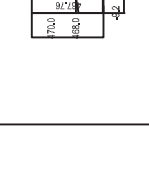
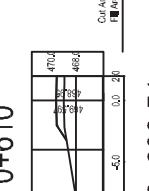
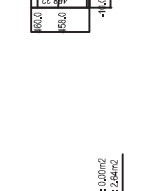
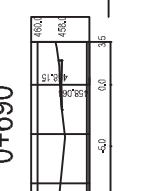
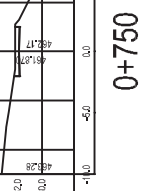
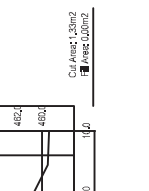
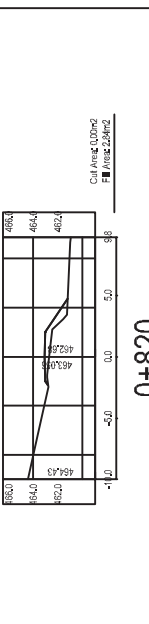
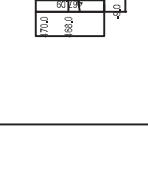
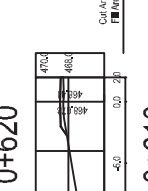
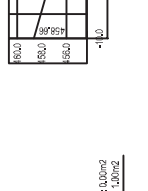
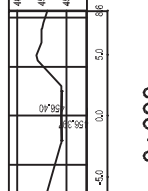
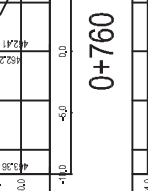
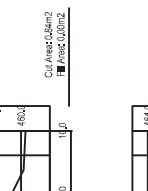
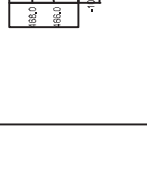
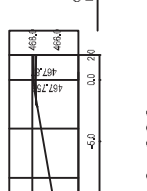
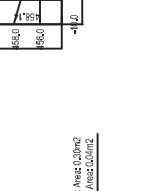
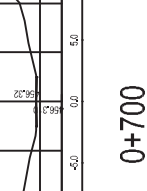
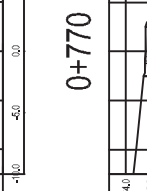
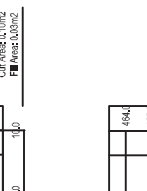
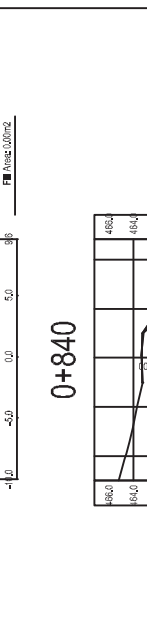
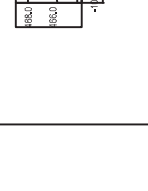
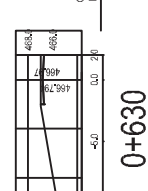
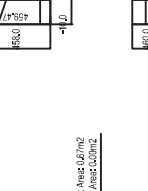
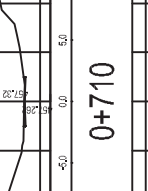
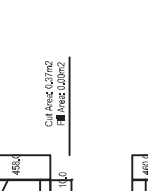
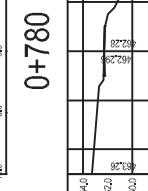
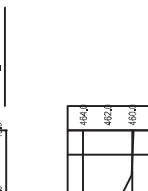
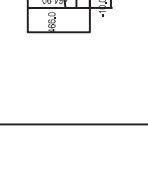
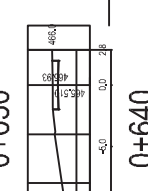
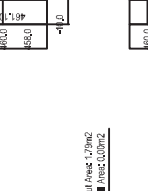
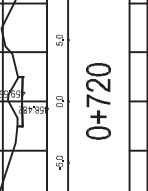
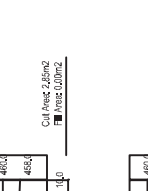
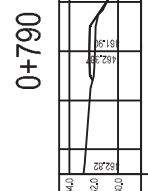
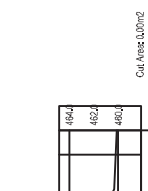
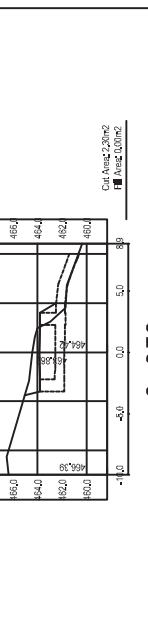
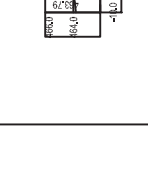
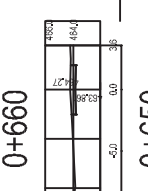
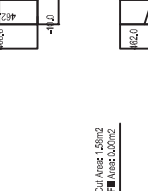
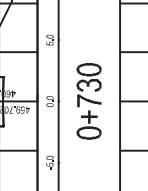
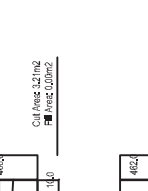
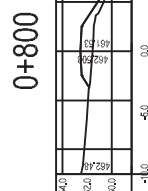
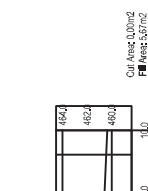
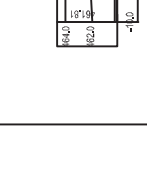
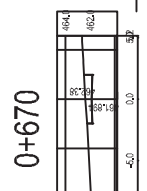
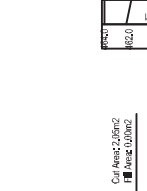
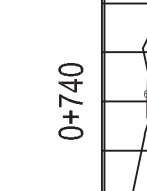
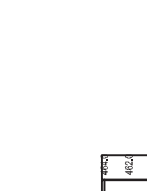
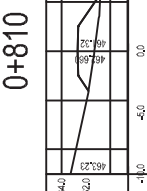
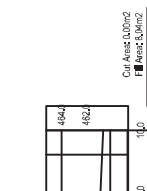



0+550



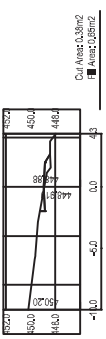
		UNI ESUNIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA PROYECTO: OBRAS DE PAVIMENTACION PARA EL CANTON CHIMEL Y MUNICIPIO DE TOTONICAPAN DEPARTAMENTO DE TONICAPAN
CANTON: SECCIONES TRANSVERSALES KM 0+606.54 A KM 0+850.89		REVISOR: APROBADO: EJECUTOR:
ESCALA: 1:1000 VERBA: 1:1000	FECHA:	1 2 3

ESTACION	0+670	0+660	0+650	0+640	0+630	0+620	0+610	0+606.54	0+850	0+840	0+830	0+820	0+810	0+800	0+790	0+780	0+770	0+760	0+750	0+740	0+730	0+720	0+710	0+700	0+690	0+680	0+670
----------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	----------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

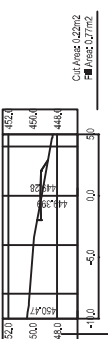


		UNI ESUNIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA PROYECTO: OBRAS DE PAVIMENTO DE PAVIMENTO COMPLETO PARA EL CANTON CHIMEL Y PARRAMONTE DE TOTOSIKAPÁN DEPARTAMENTO DE TOTOSIKAPÁN
CANTON: SECCIONES TRANSVERSALES KM 0+860 A KM 1+130		REVISOR: KARLA M. ALVARADO DISEÑADOR: ESTEBAN O. ESCOBAR
ESCALA: HORIZONTAL 1:1000 VERTICAL 1:100		FECHA: 10/05/2023

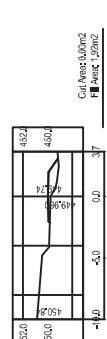
1+070



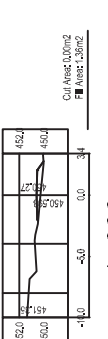
1+060



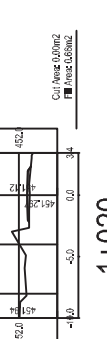
1+050



1+040



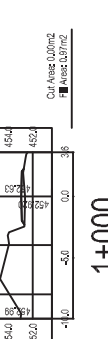
1+030



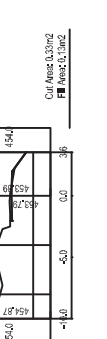
1+020



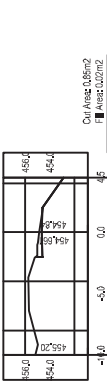
1+010



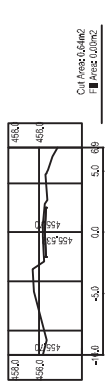
1+000



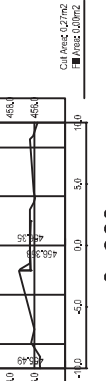
0+990



0+980



0+970



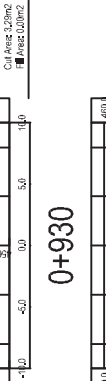
0+960



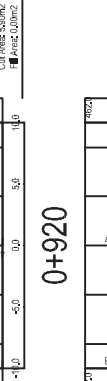
0+950



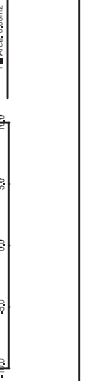
0+940



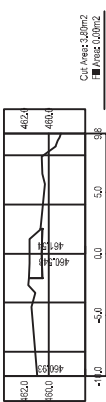
0+930



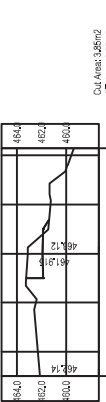
0+920



0+910



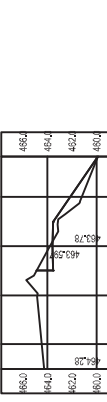
0+900



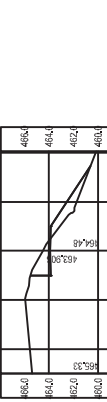
0+890



0+880



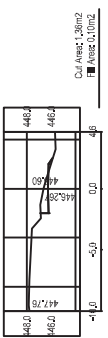
0+870



0+860



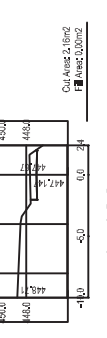
1+130



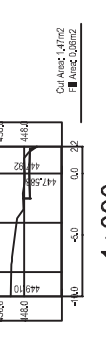
1+120



1+110



1+100



1+090



1+080



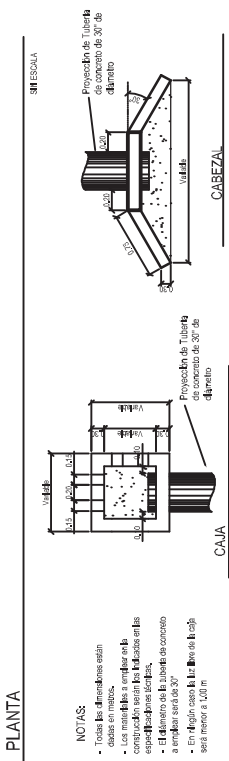
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO: DISEÑO Y PLANEACIÓN DE PAVIMENTO CON ADOQUÍN PARA EL CANTÓN CHIMEL, MUNICIPIO DE TUDUPÁ, DEPARTAMENTO DE TOTSINAPÁN.

COMPITE - SECCIONES TRANSVERSALES
 KIM 1+520.1A, KIM 1+665.42 + DETALLES

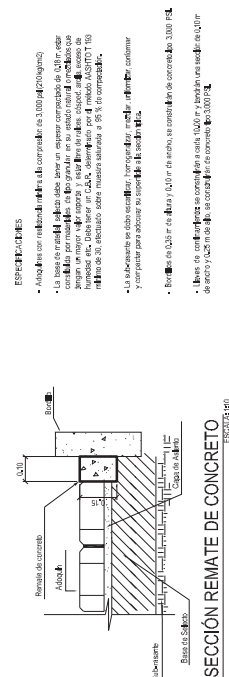
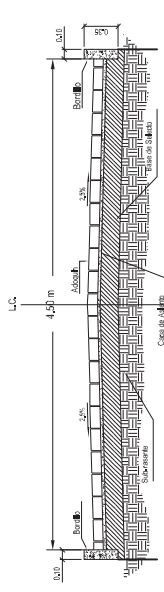
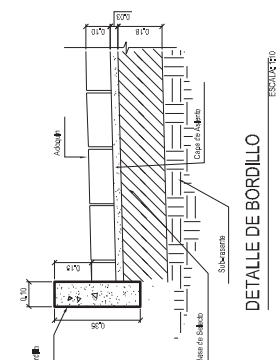
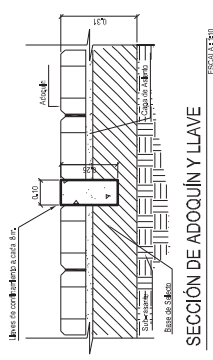
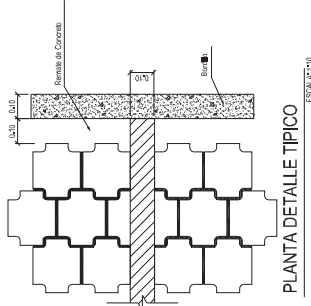
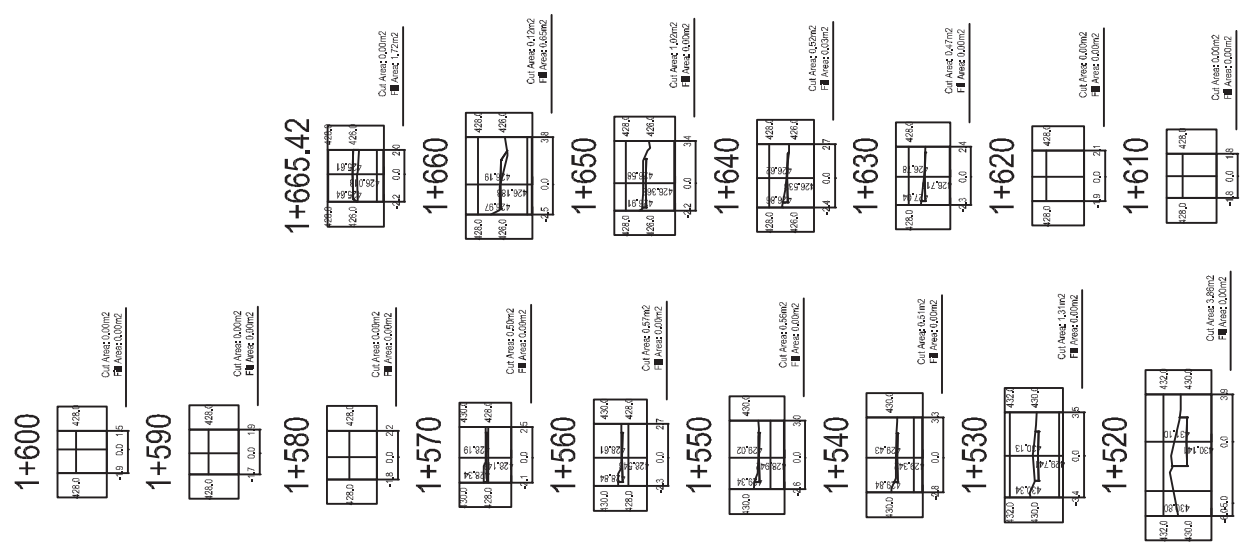
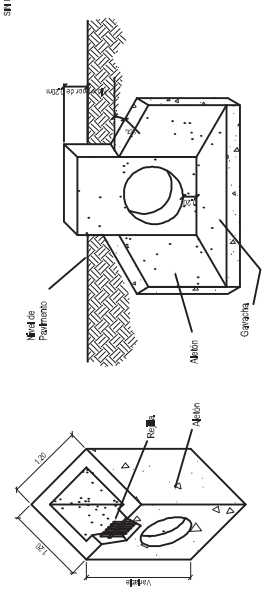
REVISOR: []
 DISEÑADOR: []
 APROBADO: []
 ESCALA: SECCIONES TRANSVERSALES: 1:200
 DETALLES: 1:100

DETALLE DE CAJA Y MURO CABEZAL PARA TUBERÍAS



- NOTAS:**
- Todas las dimensiones están dadas en metros, con decimales con precisión hasta los milímetros en las especificaciones técnicas.
 - El espesor de la tubería de concreto a emplear será de 30" de diámetro y 100 mm de espesor.

ISOMÉTRICO



- ESPECIFICACIONES:**
- Los adoquines con rebeldía de 10 mm y espesor de 100 mm.
 - La base de mortero debe tener un espesor mínimo de 30 mm.
 - El mortero para adobe debe ser de tipo 1:3:6 (parte de cemento: parte de arena: parte de ladrillo).
 - El espesor de la tubería de concreto debe ser de 30" de diámetro y 100 mm de espesor.
 - El espesor de la tubería de concreto debe ser de 30" de diámetro y 100 mm de espesor.