



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

**DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA COLONIA SANTA
MARÍA LA PAZ III, ZONA 21, CIUDAD DE GUATEMALA**

Rodelbí Celso Fuentes Fuentes

Asesorado por el Ing. Wuillian Ricardo Yon Chavarría

Guatemala, agosto de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA COLONIA SANTA
MARÍA LA PAZ III, ZONA 21, CIUDAD DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

RODELBÍ CELSO FUENTES FUENTES

ASESORADO POR EL ING. WUILLIAN RICARDO YON CHAVARRÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Wuillian Ricardo Yon Chavarría
EXAMINADOR	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA COLONIA SANTA MARÍA LA PAZ III, ZONA 21, CIUDAD DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 25 de octubre de 2013.


Rodelbi Celso Fuentes Fuentes

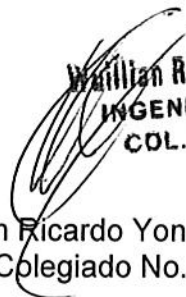
Guatemala, 5 de marzo de 2015

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

Señor Director:

Por este medio me permito informarle que en mi calidad de Asesor del trabajo de tesis titulado **"DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA COLONIA SANTA MARÍA LA PAZ III, ZONA 21, CIUDAD DE GUATEMALA"**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Rodelbí Celso Fuentes Fuentes, he terminado la revisión del trabajo de graduación, el cual ha sido finalizado a satisfacción y revisado por mí, por lo cual recomiendo su aprobación.

Sin otro particular me suscribo de usted como su atento y deferente servidor.


Wullian Ricardo Yon Ch.
INGENIERO CIVIL
COL. No. 2029

Ing. Wullian Ricardo Yon Chavarría
Asesor, Colegiado No. 2,029



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala, 13 de Julio de 2015

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 DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA COLONIA SANTA MARÍA LA PAZ III, ZONA 21, CIUDAD DE GUATEMALA”** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Rodelbí Celso Fuentes Fuentes con carné 1997-31249, quien contó con la asesoría del Ing. Wuillian Ricardo Yon Chavarría.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
TRANSPORTES
USAC

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua





USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Wuillian Ricardo Yon Chavarría y Coordinador del Departamento de Topografía y Transportes , Ing. Mario Estardo Arriola Ávila, al trabajo de graduación del estudiante Rodelbí Celso Fuentes Fuentes, titulado **DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA COLONIA SANTA MARÍA LA PAZ III, ZONA 21, CIUDAD DE GUATEMALA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


 Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, agosto 2015

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





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 DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA COLONIA SANTA MARÍA LA PAZ III, ZONA 21, CIUDAD DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Rodelbí Celso Fuentes Fuentes**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

9/07/15
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polar
Decano



Guatemala, agosto de 2015

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser el que guió mi camino durante mi carrera.
- Mis padres** Juan Fuentes y Oralia Fuentes de Fuentes, su amor será siempre mi inspiración a seguir adelante.
- Mi abuela** Calixta Teresa Fuentes Juárez, (q. e. p. d.), por su amor y apoyo durante mi carrera.
- Mi hermano** Bayron Alexander Fuentes Fuentes, por ser un ejemplo a seguir.
- Mi hijo** Juan Diego Fuentes Pimentel, por ser inspiración para finalizar mis estudios.
- Mi tío** Pedro Ireneo Fuentes Fuentes, un ejemplo a seguir, por su esfuerzo durante su vida.
- Mis amigos** Por compartir alegrías y tristezas, gracias por acompañarme en este logro.

AGRADECIMIENTOS A:

**Ing. Wuillian Ricardo
Yon Chavarría**

Por su valiosa colaboración en la asesoría y corrección del presente trabajo de graduación.

Facultad de Ingeniería

Por haber participado durante toda mi formación académica.

**Universidad de
San Carlos de Guatemala**

Por haberme albergado todos estos años en tan prestigiosa casa de estudios.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. DIAGNÓSTICOS GENERALES DE LA POBLACIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Problemática a resolver	1
1.3. Área de influencia	2
1.4. Descripción geográfica del proyecto.....	3
1.5. Aspectos socioeconómicos	4
1.5.1. Datos generales	4
1.5.2. Tipo de organización	5
1.5.3. Servicios en la colonia	6
1.6. Justificación del proyecto.....	6
1.6.1. Situación de la colonia sin el proyecto.....	6
1.6.2. Situación de la colonia con el proyecto.....	6
2. CONCEPTOS Y DEFINICIONES PARA EL DISEÑO DE UN PAVIMENTO.....	9
2.1. Concepto de topografía	9
2.2. Mecánica de suelos	9
2.2.1. Tipos de suelos	9

2.2.2.	Tipos de ensayos para el diseño de un pavimento	10
2.2.3.	Ensayo de granulometría	10
2.2.4.	Límites de Atterberg.....	12
2.2.4.1.	Límite líquido	12
2.2.4.2.	Límite plástico.....	13
2.2.4.3.	Índice plástico	13
2.2.5.	Proctor.....	14
2.2.6.	CBR.....	15
2.2.7.	Valores de compactación y capacidad de soporte para base y subbase	16
2.2.8.	Definición y objetivos del pavimento	17
3.	ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS.....	19
3.1.	Planimetría	19
3.1.1.	Determinación de la línea de eje principal.....	19
3.2.	Altimetría	20
3.2.1.	Determinación del perfil del eje principal.....	20
4.	DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERA.....	21
4.1.	Alineamiento horizontal	21
4.1.1.	Diseño de curvas horizontales	21
4.2.	Alineamiento vertical	23
4.2.1.	Trazo de subrasante y curvas verticales	24
5.	CAPAS QUE COMPONENTEN UN PAVIMENTO.....	31
5.1.	Terreno de fundación	31
5.2.	Subrasante	31
5.3.	Requisitos para la subrasante	32
5.4.	Subbase	32

5.4.1.	Funciones de la subbase.....	33
5.4.2.	Requisitos de la subbase.....	34
5.4.3.	Subbase estabilizada.....	35
5.5.	Base	36
5.5.1.	Requisitos para los materiales con base de grava triturada.....	37
5.5.2.	Requisitos para los materiales de base granular	38
5.5.3.	Requisitos para los materiales de cemento Portland.	39
5.5.4.	Bases de suelo-cemento	40
5.5.5.	Bases de arena amarilla	41
5.5.6.	Sello final	42
6.	PAVIMENTO RÍGIDO	45
6.1.	Maquinaria utilizada en la compactación de suelos.....	45
6.2.	Maquinaria utilizada en la pavimentación	46
6.3.	El cemento Portland	48
6.4.	Pavimento de concreto de cemento Portland	49
6.5.	Requisitos para los materiales de concreto	50
6.6.	Calidad del concreto	52
7.	DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO.....	55
7.1.	Módulo de ruptura del concreto	55
7.2.	Módulo de reacción del suelo	55
7.3.	Tráfico de cargas de diseño	56
7.4.	Diseño de pavimento por el método PCA simplificado	57
7.5.	Tipos de juntas	64
8.	PRESUPUESTO DEL PROYECTO	67
8.1.	Integración de precios unitarios	67

8.2.	Cantidades estimadas de trabajo	75
8.3.	Cronograma de ejecución físico y financiero	76
9.	EVALUACIÓN AMBIENTAL INICIAL	77
	CONCLUSIONES	83
	RECOMENDACIONES	85
	BIBLIOGRAFÍA	87
	APÉNDICE	89
	ANEXOS	94

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de la zona 21 dentro del municipio de Guatemala.....	2
2.	Mapa de ubicación de la colonia Santa María la Paz III.....	3
3.	Elementos que conforman una curva horizontal	23
4.	Volumen de relleno	25
5.	Distancia de paso.....	26
6.	Sección de una curva vertical.....	28
7.	Interrelación aproximada de las clasificaciones de los suelos y los valores de soporte.....	61

TABLAS

I.	Cantidad de habitantes de la colonia	5
II.	De acuerdo al número de CBR, se clasifica el tipo de suelo y su uso..	16
III.	Prototipo de libreta para altimetría	20
IV.	Velocidad de diseño, según tipo de sección.....	22
V.	Taludes recomendados en corte y relleno.....	26
VI.	Valores de K para curvas cóncavas y convexas	27
VII.	Composición del concreto de cemento hidráulico para pavimentos	50
VIII.	Tipos de suelo de subrasante y valores aproximados del módulo de reacción K	56
IX.	Porcentaje anual de crecimiento de tráfico.....	57
X.	Categorías de carga por eje	60

XI.	Valores de K para diseño sobre bases no tratadas (de PCA).....	60
XII.	Valores de K para diseño sobre bases de suelo cemento (PCA)	62
XIII.	Valores de K para diseño sobre bases granulares (PCA).....	62
XIV.	Espesores estimados de bases según su uso	62
XV.	TPDC permisible, carga por eje categoría 1 pavimento con juntas de trabé por agregado (no necesita dovelas).....	63
XVI.	Pendiente transversal recomendado según el tipo de superficie	64
XVII.	Renglón de trabajo bodega.....	68
XVIII.	Renglón de trabajo replanteo topográfico	69
XIX.	Renglón de trabajo excavación de cajuela.....	70
XX.	Renglón de trabajo conformacion de la subrasante y compactación	71
XXI.	Renglón de trabajo colocacion de base y compactación	72
XXII.	Renglón de trabajo carpeta de rodadura.....	73
XXIII.	Renglón de trabajo bordillo	74
XXIV.	Renglones de trabajo.....	75
XXV.	Cronograma de ejecución físico y financiero	76
XXVI.	Rangos normales de niveles de energía en la construcción equivalente de Db a	80

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Az	Azimut
Cm	Centímetros
Dist H	Distancia horizontal
Est	Estación
I.P.	Índice de plasticidad
Psi	Libra por pulgada cuadrada
L.L.	Límite líquido
Msnm	Metros sobre el nivel del mar
mm	Milímetros
K	Módulo de reacción de subrasante
Mr	Módulo de ruptura del concreto
Pns	Peso neto seco
Puh	Peso unitario húmedo
Pus	Peso unitario seco
F'c	Resistencia a la compresión del concreto
Tdi	Tránsito diario inicial
Tpd	Tránsito promedio diario
Tpdc	Tránsito promedio diario de camiones

GLOSARIO

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation.
Agregados	Es un material granular inerte, significa que no reacciona al mezclarse con la pasta de cemento forma concreto.
Altimetría	Define las diferencias de nivel terreno entre puntos distintos.
Arcilla	Tipo de suelo impermeable y plástico.
ASTM	Sociedad Americana para Pruebas de Materiales.
Azimut	Ángulo horizontal referido a un norte magnético arbitrario su ángulo que va de 0 a 360°, se mide en el plano horizontal en sentido a las agujas del reloj.
Bombeo	Pendiente dada a la corona hacia uno u otro lado del eje, para evitar la acumulación de agua en la superficie de rodamiento.

Concreto	Es un material pétreo, artificial obtenido de la mezcla, en proporciones determinadas de cemento, arena, pedrín, agua.
Compactación	Acción de hacer alcanzar a un material una textura maciza.
Junta	Es el espacio entre losas de concreto para absorber los movimientos diferenciales debido a la expansión y contracción del material.
Tándem	Tipo de vehículo que trasporta un contenedor.
Topografía	Conjunto de particularidades que tiene un terreno en su relieve.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación se refiere al diseño de pavimento rígido de la colonia Santa María la Paz III, zona 21, ciudad de Guatemala, el cual es un proyecto prioritario para la misma. El proyecto está formado de 830 metros lineales de longitud, con un ancho promedio de 6 metros el cual cuenta con un total de 190 familias y está formado de 760 habitantes.

Para el efecto se realizaron estudios de suelos, levantamiento topográfico y conteo de tránsito, de lo cual se obtuvieron resultados como el tipo de suelo: es arena limosa con pómez color café y por lo tanto el tipo de pavimento más adecuado es un pavimento de concreto hidráulico, dado que presenta poca o ninguna deflexión, provocada por el paso de vehículos sobre este pavimento.

En la realización de estos estudios se estuvo en contacto directo con las personas que forman la Directiva de la colonia Santa María la Paz III.

OBJETIVOS

General

Realizar un estudio que permita diseñar un pavimento rígido para la colonia Santa María la Paz III, zona 21, ciudad de Guatemala.

Específicos

1. Mejorar las condiciones en el tránsito de la colonia.
2. Mejorar la calidad de vida de los habitantes de la colonia.
3. Realizar un presupuesto para tener una referencia del costo del proyecto.
4. Hacer uso de topografía para establecer los niveles de la subrasante y base.
5. Facilitar el acceso de las personas que viven en la colonia tanto para niños como adultos.

INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo de graduación se refiere al diseño de pavimento rígido en la colonia Santa María la Paz III, zona 21, ciudad de Guatemala el cual estaba constituida inicialmente por lotes sin ninguna proyección urbanística. Esta colonia actualmente no cuenta con una adecuada vía de transporte como es un pavimento.

Debido a que es una colonia en vías de desarrollo se realizará un estudio de pavimento rígido. La pavimentación beneficiará a todo el sector ya que las calles se encuentran en un estado precario y este problema se agudiza con la llegada del invierno, por lo que en el presente trabajo se desarrolla la planificación de dicho proyecto.

Con el siguiente trabajo se busca, colateralmente, disminuir enfermedades respiratorias provocadas por el polvo y también enfermedades provocadas por vectores tales como el zancudo, el cual se reproduce al empozarse el agua en la que se crían estos. Con ello mejorará la calidad de vida de las personas del lugar, así como organizará y contribuirá al desarrollo urbanístico del municipio de Guatemala.

1. DIAGNÓSTICOS GENERALES DE LA POBLACIÓN

1.1. Antecedentes

La colonia Santa María la Paz III está ubicada en la zona 21, de la ciudad de Guatemala actualmente no cuenta con un pavimento para satisfacer las necesidades de los habitantes. Por tanto, se hará un diseño de pavimentación, en este caso es de concreto hidráulico.

Hace 7 años iniciaron la gestión de un proyecto de pavimento, los vecinos de la colonia, formado por una Directiva, gestionaron el proyecto de pavimentación directamente en la Municipalidad de Guatemala. Sin embargo, no ven resultados de tal trámite, adicionalmente al hacer la visita técnica al lugar se determinó la necesidad de un pavimento, ya que las calles están en mal estado.

La ciudad de Guatemala cuenta con diferentes colonias que no tienen pavimento, por lo cual se diseña este proyecto con el fin de contribuir en el desarrollo de la sociedad.

1.2. Problemática a resolver

Las 190 viviendas de la colonia adolecen del servicio de pavimento, generando que niños y mujeres en su mayoría sufren a la hora de caminar más en época de invierno. Esto ocasiona un mayor riesgo de contraer enfermedades que ocasiona el polvo y disminución de la calidad de vida. Lo anterior es causado por la falta de un proyecto de pavimentación.

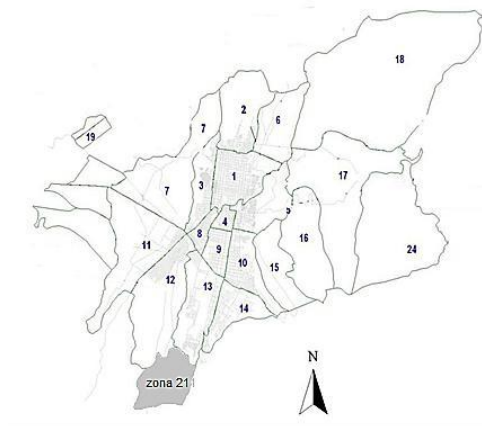
1.3. Área de influencia

La zona 21 es una de las 25 zonas que conforma la ciudad de Guatemala. El distrito está conformado en la actualidad por 40 comunidades que se dividen de la siguiente forma:

- 19 colonias
- 13 asentamientos
- 5 condominios
- 3 residenciales

Colinda al norte con la zonas 12 y 13 del municipio de Guatemala, al sur con el municipio de San Miguel Petapa, en el poniente colinda con el municipio de Villa Nueva y al oriente con el municipio de Villa Canales.

Figura 1. **Ubicación de la zona 21 dentro del municipio de Guatemala**



Fuente: Zonas del Municipio de Guatemala. [www.zonas del municipio de Guatemala](http://www.zonasdelmunicipio.org) – imagen.
Consulta: 10 de octubre de 2014.

1.4. Descripción geográfica del proyecto

La colonia Santa María la Paz III, zona 21, se encuentra en el municipio de Guatemala, departamento de Guatemala. Se ubica específicamente a una latitud de 14° 38' 29" y una longitud de 90° 30 '47" con una altitud de 1 700 msnm. Su clima es templado y se encuentra a 12 kilómetros del centro de la ciudad de Guatemala.

Figura 2. Mapa de ubicación de la colonia Santa María la Paz III



Fuente: Google Maps. www.lazona21.com/general/la-zona-21-vista-via-satelite. Consulta: 10 de octubre de 2014.

Se llega a este sector a través de la avenida Petapa, desviándose en la 53 calle al oriente sobre la calzada Justo Rufino Barrios. Además, a través de la parte sur de la calzada Atanasio Tzul se logra una vía directa a la 53 calle, uniéndose así con la calzada Justo Rufino Barrios. Para luego cruzar a mano derecha buscando la colonia Venezuela, Nimajuyu I ,Nimajuyu II, para luego llegar a la colonia Santa María la Paz III, tomando la ruta del transurbano número 250, 252, 253 directo, ya que dicha colonia está en el extremo de la parada de buses de este medio de transporte.

1.5. Aspectos socioeconómicos

Estos son estudios generales de los habitantes de la colonia, con respecto a su economía, lo cual sirve para conocer el nivel económico en que se encuentran por si acaso se les pide una cuota mensual, para el funcionamiento del proyecto, pero en este caso no es así.

1.5.1. Datos generales

Una significativa parte de la población de la colonia Santa María la Paz III, zona 21, de la ciudad de Guatemala, proviene de familias de nivel socioeconómico bajo, en las cuales ambos padres se encargan de proveer el sostén económico del hogar. Otra parte de esta población está formada por madres solteras con varios hijos, en su mayoría, y por ende son las encargadas de cubrir todas las necesidades del hogar, especialmente las económicas. En algunos casos los adolescentes se ven en la obligación de contribuir al presupuesto familiar trabajando en lugares cercanos o conjuntamente con sus padres o con algún familiar que tienen algún negocio.

La mayoría de la población proviene de áreas marginales, donde existe un alto índice de analfabetismo, violencia, pobreza, inseguridad, carencia de trabajo, entre otras, haciendo entre estas una colonia vulnerable. Estos factores inciden en que los jóvenes provienen de familias desintegradas, madres solteras y madres todavía estudiantes que inciden en la poca estabilidad emocional y en relaciones interpersonales inadecuadas en la esfera social, familiar y escolar.

Luego de hacer los análisis socioeconómico y técnico, la población beneficiada del proyecto la población objetivo es de 760 habitantes en un total de 190 viviendas determinado con un censo específico, definido para saber la cobertura física del proyecto.

Tabla I. **Cantidad de habitantes de la colonia**

Descripción	Hombres	Mujeres	Total
Mayores de 50 años	40	30	70
Entre 16 a 49 años	180	170	350
Entre 0 y 15 años	180	160	340

Fuente: elaboración propia.

1.5.2. Tipo de organización

El tipo de organización en la colonia Santa María la Paz III, zona 21, ciudad de Guatemala es por medio de una directiva formada por un presidente, vicepresidente, tesorero y vocales, estas directivas están por un periodo de dos años, para luego volver a elegirlos.

1.5.3. Servicios en la colonia

Actualmente cuenta con los servicios de agua potable, alcantarillado sanitario, energía eléctrica, pero no de un pavimento, que tanto hace falta. Esto lo han gestionado varias veces, pero las autoridades no responden a dicha petición.

1.6. Justificación del proyecto

El presente tema de investigación es sobre el diseño de pavimento rígido, con un total de 830 metros lineales, con sus estudios principales de topografía, laboratorio de suelos, así también el presupuesto y dibujo.

1.6.1. Situación de la colonia sin el proyecto

Las 190 viviendas de la colonia no cuentan con un pavimento, dificultado el paso de vehículos, como los que caminan, afectado en época de invierno y verano, la incomodidad de caminar, como enfermedades causadas por no contar con el proyecto. Actualmente se tiene varias solicitudes a la Municipalidad de Guatemala pero no responden a dicha petición.

Este proceso del proyecto pretende mejorar la situación actual, con el fin de contar un diseño de pavimento, en este caso será de concreto hidráulico.

1.6.2. Situación de la colonia con el proyecto

Se considera que el proyecto de pavimento rígido vendrá a beneficiar a las 190 viviendas, mejorando la calidad de vida y salud, reduciendo enfermedades tanto en verano e invierno. Por tanto en el ámbito

socioeconómico y ambiental, genera un servicio necesario en cantidad, calidad y continuidad, se espera que no manifieste problemas ambientales al entorno.

Por otra parte los beneficiarios del proyecto formulado, podrán solucionar y mejorar la situación actual en que viven.

2. CONCEPTOS Y DEFINICIONES PARA EL DISEÑO DE UN PAVIMENTO

2.1. Concepto de topografía

La topografía es una de las bases fundamentales para la realización de un proyecto de pavimento y tiene como objetivo determinar la posición relativa de puntos en la superficie de la tierra. Esto usando el equipo de topografía, consiste en trabajo de campo, trabajo de gabinete y dibujo. A través de la topografía se conocen las condiciones geométricas del lugar como: pendientes, áreas, distancias, elevaciones.

2.2. Mecánica de suelos

Es la ciencia que indica el estudio de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los suelos, se clasifica en orgánicos e inorgánicos. A través de la mecánica de suelos se realizan ensayos para determinar el tipo de suelo lo cual nos servirá para nuestro diseño.

2.2.1. Tipos de suelos

- **Gravas:** consiste en partículas grandes de cualquier material rocoso con un diámetro de partículas mayores de 0,5 cms. Las partículas más grandes se denominan piedras y las individuales mayores de 25 cms rocas.

- Arenas: es roca o material mineral granular que tiene más de la mitad de las partículas gruesas menores de 0,5 cms. Las arenas pueden ser finas o gruesas y tener o no resistencia en ambos estados.
- Limos: consiste de partículas de suelo muy finas, presentando una apariencia no granular, a la vista y al tacto. Tiene cualidades de compactación muy pobres, resistencia en estado húmedo y es permeable al agua.
- Arcillas: es un material de suelo extremadamente fino, muy cohesivo, con alta resistencia en estado seco, buenas cualidades de trabajabilidad y compactación.
- Materia orgánica: consiste de la descomposición parcial de vegetales y otras materias vivas, generalmente se presenta como limo orgánico, turba, o arcilla orgánica.

2.2.2. Tipos de ensayos para el diseño de un pavimento

En todo proyecto de pavimentación a realizar se debe tener conocimiento de las características del suelo. El diseño del pavimento se basa en los resultados de los ensayos de laboratorio efectuados con material de suelo del lugar del proyecto. Entre los más importantes están los ensayos de granulometría, proctor y CBR.

2.2.3. Ensayo de granulometría

El análisis granulométrico es determinar los diferentes tamaños de grano presente en una masa dada. Para lograr lo anterior se debe obtener la cantidad

de material que pasa a través de un tamiz, con un tamaño de abertura dado, pero que es retenido en un siguiente tamiz cuya maya tiene aberturas ligeramente menores a la anterior. Este se relaciona con la cantidad retenida en cada tamiz con el total de la muestra inicial pasada a través de todos los tamizes, lo cual es de muchos tamaños, la información obtenida del análisis granulométrico se presenta en forma de curva, los tamizes son hechos de malla de alambre forjado, con aberturas rectangulares que van en tamaño desde 101,6 mm el mas grueso hasta el numero 0,038 mm correspondiente al suelo fino.

Se realizará el ensayo en suelo húmedo cumpliendo con las Normas de AASTHO-T27. Solamente en el caso de que más del 12 % de la muestra pase a través del tamiz # 200, es necesario el procedimiento de granulometría por el método hidrometro según AASTHO -T88.

Con el porcentaje de material retenido a través de la Norma AASHTO T - 27, se hace la respectiva clasificación del tipo de suelo con que se cuenta.

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso del suelo retenido}}{\text{Peso total de los suelos}} \times 100$$

Con base en los ensayos realizados, en laboratorio de mecánica de suelos, se determinó que el suelo tiene ciertas características, las cuales se muestran en el siguiente resumen: el suelo posee un 52,73 % de arena, 19,45 % de grava y 27,81 % de finos.

Clasificación PRA = a -1 -b

Clasificación SCU = SM

Límite líquido = N.P

Índice plástico = N.P
Clasificación = ML
Descripción del suelo = arena limosa con pómez color café
Densidad seca máxima = 88,02 Lb/pie³
Humedad óptima = 17,50 %

2.2.4. Límites de Atterberg

Las propiedades plásticas de los suelos arcillosos o limosos son estudiadas por medio de pruebas simples, las más usuales se denominan límites de consistencia o de Atterberg.

2.2.4.1. Límite líquido

Es el contenido de agua del suelo tal para un material dado, este fija el estado casi líquido y el estado plástico, puede utilizarse para estimar asentamientos en estado de consolidación. También es una medida de resistencia al corte del suelo a un determinado contenido de humedad. El procedimiento analítico para la determinación de este límite se basa en la Norma AASTHO T-89 teniendo como obligatoriedad el hacerlo sobre muestras preparadas en húmedo.

En el ensayo se utiliza el material que pasa por el tamiz núm. 40, mezclándolo con agua hasta formar una pasta suave. Se coloca en el platillo del aparato de Casagrande hasta llenarlo aproximadamente en 1/3 de su capacidad, formando una masa lisa. Se divide esta pasta en la manivela del aparato a razón de dos golpes por segundo, se cuenta el número de golpes necesarios para que el fondo del surco se cierre en una longitud de ½"

aproximadamente. El número de golpes debe ser de 15 a 35. Luego se toma la muestra y se determina su contenido de humedad.

2.2.4.2. Límite plástico

Es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. El procedimiento analítico para la determinación de este límite se basa en la Norma AASTHO T-90. Para determinar el límite plástico se utiliza una porción de la misma muestra preparada para el ensayo del límite líquido. Se tiene que dejar secar hasta que posea una consistencia que no tenga adherencia a la palma de la mano, se hace rodar con la palma de la mano sobre una superficie lisa no absorbente (vidrio), se forman cilindros de aproximadamente 1/8". Por medio del manipuleo de estos cilindros se va reduciendo el contenido de humedad hasta que el cilindro empieza a desmoronarse. En este instante se determina el contenido de humedad y este es el valor del límite.

2.2.4.3. Índice plástico

El índice plástico o de plasticidad es el más importante y más usado se obtiene como la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

Cuando un suelo tiene un índice plástico (IP) igual a cero el suelo es no plástico; cuando el índice plástico es menor de 7, el suelo es de baja plasticidad; cuando el índice plástico está comprendido entre 7 y 17 se dice que el suelo es medianamente plástico; y cuando el suelo presenta un índice plástico mayor de 17 se dice que es altamente plástico. El índice de plasticidad depende, generalmente de la cantidad de arcilla en el suelo.

Resumen de la plasticidad de un suelo:

I.P. = 0 = suelo no plástico

I.P. entre 0 y 7 = suelo con baja plasticidad

I.P. entre 7 y 17 = suelo con plasticidad media

I.P. mayor de 17 =suelo altamente plástico

2.2.5. Proctor

La compactación consiste esencialmente en compactar una muestra de suelo húmedo en un molde cilíndrico de un volumen específico y con una energía de compactación especificada. El procedimiento analítico para la determinación de este límite se basa en la Norma AASTHO T-180 de proctor modificado.

La compactación dinámica creada por el impacto de un martillo metálico de una masa específica que se deja caer libremente desde una altura determinada. El suelo se compacta en un determinado número de capas iguales, cada capa recibe un número especificado de golpes, el cual consta de 3 capas de 25 golpes cada uno en un molde específico. La compactación en el quinto ensayo se basa en una combinación de presión estática y de vibración, luego de obtener los resultados de las diferentes iteraciones se realiza una gráfica de densidad seca vrs contenido de humedad. En la gráfica como se verá después, el pico define el contenido de humedad óptima, a la cual el suelo llega a la densidad máxima.

2.2.6. CBR

El ensayo de CBR (ASTM denomina el ensayo simplemente un ensayo de relación de soporte), mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas. El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, sin embargo, por las condiciones de humedad y densidad, es evidente que este número no es constante para un suelo dado, sino que se aplica solo al estado, en el cual se encontraba el suelo durante el ensayo. El procedimiento analítico para la determinación de este límite se basa en la Norma AASTHO T-193.

En laboratorio ordinariamente deberían compactarse dos moldes de suelo, uno para penetración inmediata y otro para después de dejarlo saturar en agua por un período de 96 horas o más. Bajo una carga aproximadamente igual al peso del pavimento que se utiliza en el campo, pero en ningún caso menor que 4,5 kg. Es durante este período cuando se toman registros de expansión para instantes escogidos arbitrariamente. Al final del período de saturación se hace la penetración para obtener el valor de CBR, para el suelo en condiciones de saturación completa.

El ensayo con la muestra saturada cumple con dos propósitos, el primero dar información sobre la expansión esperada en el suelo, bajo la estructura del pavimento, cuando el suelo se satura. El segundo dar indicación de la pérdida de resistencia debida a la saturación en el campo. El valor final del CBR se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos, principalmente con fines de utilización de bases y subrasantes bajo pavimentos de carreteras o aeropistas. Finalmente el CBR es el factor que determinará los espesores de capas de pavimento.

Tabla II. **De acuerdo al número de CBR, se clasifica el tipo de suelo y su uso.**

Numero de C.B.R	Clasificación general	Usos
0--3	Muy pobre	Subrasante
3--5	Pobre a regular	Subrasante
5--20	Regular	Subbase
20--30	Excelente	Base

Fuente: GALICIA ORDOÑEZ, Caris Gabriela. *Diseño de pavimento rígido*. p. 18.

2.2.7. Valores de compactación y capacidad de soporte para base y subbase

La capa de subbase o base triturada se debe conformar ajustándose a los alineamientos y secciones típicas de pavimentación. Además debe compactarse en su totalidad, hasta lograr el 100 % de la densidad máxima determinada por el Método AASHTO T-180, debiéndose efectuar ambas operaciones, dentro de las tolerancias establecidas.

La determinación de la densidad máxima se debe efectuar por cada 5 000 m³ de material de subbase o base trituradas. También cuando haya evidencia que las características del material han cambiado o se inicie la utilización de un nuevo banco.

La compactación en el campo se debe comprobar de preferencia mediante el Método AASHTO T-191. Con la aprobación escrita del ingeniero se utilizan otros métodos técnicos, incluyendo los no destructivos. El material de subbase o bases trituradas con la compactación realmente aplicada, dentro de

las tolerancias establecidas, debe llenar el requisito de valor soporte especificado.

Cuando el espesor de la capa a compactar, exceda de 300 milímetros, el material debe ser tendido, conformado y compactado en dos o más capas nunca menores de 100 milímetros.

2.2.8. Definición y objetivos del pavimento

Generalmente se denomina así a la estructura multicapa que se coloca sobre la subrasante de una carretera, integrada principalmente por la subbase, la base y la carpeta de rodadura; y que provee un servicio al usuario con la debida seguridad, confort y durabilidad. Los pavimentos son, según la carpeta de rodadura: flexibles, rígidos y semirrígidos. Los pavimentos de losas de concreto son pavimentos rígidos, mientras que los pavimentos de asfalto son pavimentos flexibles, los pavimentos con carpeta de rodadura de adoquín se consideran con semirrígidos o semiflexibles. En este proyecto usará un pavimento rígido. El pavimento rígido, debido a su consistencia y alto módulo de elasticidad, utiliza la acción de viga para distribuir la carga en un área de suelo relativamente grande. En este tipo de pavimento la mayor parte de la capacidad estructural es proporcionada por la losa de concreto.

Los pavimentos de concreto hidráulico están sujetos a los esfuerzos siguientes:

- Abrasivos: causados por las llantas de los vehículos.
- Directos de compresión y acortamiento: causados por las cargas de rueda.

- De compresión y tensión: que resultan de la deflexión de las losas bajo las cargas de la rueda.

Objetivos:

- Soporte adecuado de las cargas por el tránsito
- Protección de la terracería contra el agua
- Desgaste de los materiales por rodamiento
- Contextura superficial adecuada
- Flexibilidad para adaptarse a las fallas de la subbase
- Resistencia a la meteorización

3. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

3.1. Planimetría

Se realizó para obtener una representación gráfica en planta del terreno, localizando así la línea central, secciones transversales y ubicar los servicios existentes en la vía a pavimentar. Para el cual se utilizó el siguiente equipo topográfico:

- Estadal
- Cinta métrica de 50 m
- Plomada
- Estacas
- Estación total

3.1.1. Determinación de la línea de eje principal

El levantamiento debe ser considerado de primer orden. En este caso se utilizó la estación total, para dicho estudio siguiendo los pasos siguientes.

- Centrar y nivelar el aparato en la estación 0.
- Ajustar el aparato en 0" 0" 0".
- Hacer la medida de distancia horizontal entre estaciones.
- Centrar y nivelar el aparato en la siguiente estación.
- Con el movimiento azimutal fijo y el general libre visar la estación de atrás.

- Como fue con estación total no fue necesario sacar las radiaciones, ya que dicho aparato los calcula.

3.2. Altimetría

Tiene como propósito determinar las diferencias de alturas entre los puntos del terreno. Para este caso la altimetría fue la que definió la sección del eje central de la carretera. En el levantamiento altimétrico se utilizó el siguiente equipo:

- Estadal
- Cinta métrica de 50 m
- Plomada
- Estacas
- Estación total

3.2.1. Determinación del perfil del eje principal

Se utilizó para la nivelación una distancia de 20 m, medidos totalmente horizontales, todo punto importante debe tomarse en cuenta, como niveles de piso de viviendas, banquetas, entre otros.

Tabla III. Prototipo de libreta para altimetría

punto	va	hi	vi	pv	cota
punto :	Es la estación correspondiente al punto nivelado				
va. :	Vista atrás				
hi. :	Altura del instrumento				
vi :	Vista intermedia				
pv :	Punto de vuelta				
cota :	Cota calculada para ese punto				

Fuente: elaboración propia.

4. DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERA

4.1. Alineamiento horizontal

Es el diseño geométrico en planta de una carretera, siendo esta la proyección sobre un plano horizontal de su eje real o espacial. Este es importante por el hecho que a partir de él se dibujará el perfil que tiene la carretera en la actualidad. En el alineamiento horizontal se deberá de indicar tanto el azimut, curvas horizontales, distancias, principio de curvas y tangentes, y longitudes de curva, entre otros, para definir la carretera.

4.1.1. Diseño de curvas horizontales

Se debe considerar el grado de curvatura y fórmulas de los elementos de la curva circular siendo estas:

$$\frac{G}{360} = \frac{20}{2\pi R} \rightarrow R = \frac{20 * 360}{2\pi G} = \frac{1\ 145,9156}{G} \rightarrow G = \frac{1\ 145,9156}{R}$$

Para el cálculo de los elementos de curva es necesario tener las distancias entre los puntos de intersección (PI) de localización, el azimut y el grado de curvatura (G) que el diseñador escogerá de acuerdo al delta (∇) y la velocidad de diseño, según la tabla siguiente.

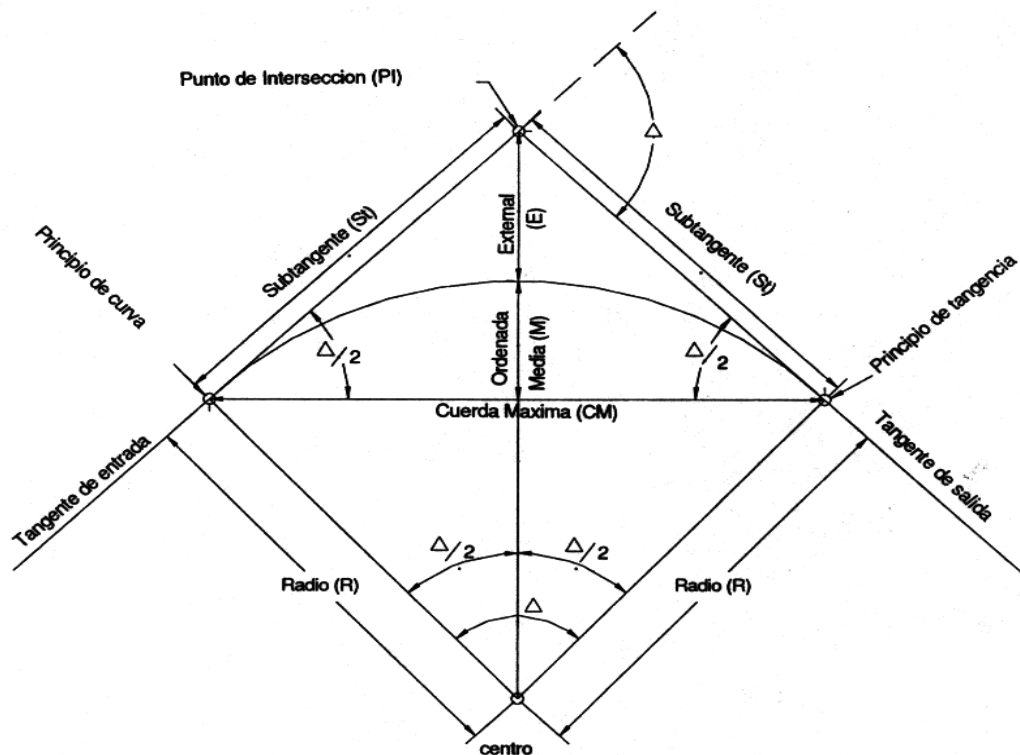
Tabla IV. **Velocidad de diseño, según tipo de sección**

TPDA	Carretera	Velocidad de diseño (Km)	Radio mínimo en metros	Pendiente máxima	Ancho de calzada
	Tipo "A"				2X7,20
De 3000	Llanas	100	375	3	
a	Onduladas	80	225	4	
5000	Montañosas	60	110	5	
	Tipo "B"				7,20
De 1500	Llanas	80	225	6	
a	Onduladas	60	110	7	
3000	Montañosas	40	47	8	
	Tipo "C"				6,50
De 900	Llanas	80	225	6	
a	Onduladas	60	110	7	
1500	Montañosas	40	47	8	
	Tipo "D"				6,00
De 500	Llanas	80	225	6	
a	Onduladas	60	110	7	
900	Montañosas	40	47	8	
	TIPO "E"				5,50
De 100	Llanas	50	75	8	
a	Onduladas	40	47	9	
500	Montañosas	30	30	10	
	TIPO "F"				5,50
De 10	Llanas	40	47	10	
a	Onduladas	20	30	12	
100	Montañosas	30	20	14	

Fuente: MEJÍA GÓMEZ, Hugo Abad. *Diseño de pavimento rígido*. p. 51.

Una vez escogida la curva se calculan sus elementos, entre los que se encuentran la subtangente (St), el largo de curva (Lc), el radio (R), el principio de curva (PC), el delta (∇), la cuerda máxima (CM), la ordenada media (OM), el external (E), el centro de la curva, el punto de intersección (PI).

Figura 3. **Elementos que conforman una curva horizontal**



Fuente: PÉREZ GARCÍA, Rafael. *Diseño de pavimento rígido*. p. 25.

4.2. Alineamiento vertical

Lo constituyen tramos rectos que se denominan tangentes verticales, enlazados entre sí por curvas verticales, tomando en cuenta la topografía del terreno natural.

Caracterizándose primero por tangentes verticales que poseen gran longitud y pendiente, limitándose por dos curvas sucesivas a sobrepasar. Por tanto se trata de establecer la mejor pendiente en donde un vehículo pueda transitar sin ningún problema. Segundo, por las curvas verticales, permitiendo un enlace de dos tangentes verticales consecutivas, afectando lo menos posible, graduando en sí la pendiente de entrada y salida.

4.2.1. Trazo de subrasante y curvas verticales

Para el diseño de estas curvas se debe considerar, no solo la curva vertical si no que, también los volúmenes y distancias de paso.

Ejemplo cálculo de volúmenes de movimiento de tierras. Se debe realizar entre estaciones, regularmente cada 20 m, considerando que las dos estaciones en estudio, se encuentran en corte o en relleno, según la siguiente forma.

$$V = \frac{A1 + A2}{2} * d \Rightarrow V = \text{volumen (corte o relleno)}$$

A1 = área estación 1

A2 = área estación 2

d = distancia entre estaciones (20 metros)

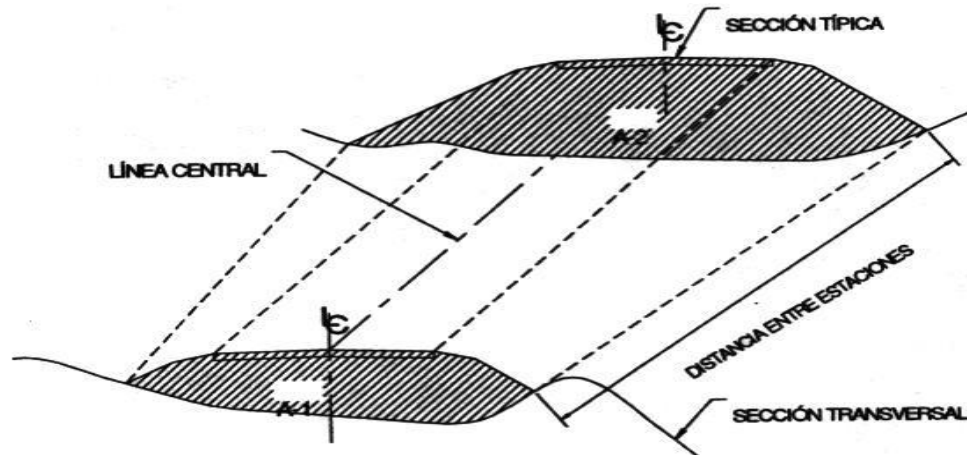
Área de relleno 1 = 17,90 m²

Área de relleno 2 = 8,90 m²

Distancia entre secciones = 20 metros

$$V = \frac{A1 + A2}{2} * d = \frac{(17,90 + 8,90)}{2} * 20 = 268 \text{ m}^3$$

Figura 4. Volumen de relleno



Fuente. PÉREZ, Augusto. *Metodología de actividades para el diseño geométrico de carreteras*. p. 62.

Cuando deberá calcularse las distancias de paso, que es el punto donde el área de la sección cambia de corte a relleno o viceversa.

A continuación un ejemplo de las distancias de paso de las áreas siguientes:

$$\text{Área de relleno 1} = 17,90 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de corte 2} = 5,70 \text{ m}^2$$

$$D1 = \frac{R}{C + R} * D = \frac{17,90}{17,90 + 5,70} * 20 = 15,16 \text{ m}$$

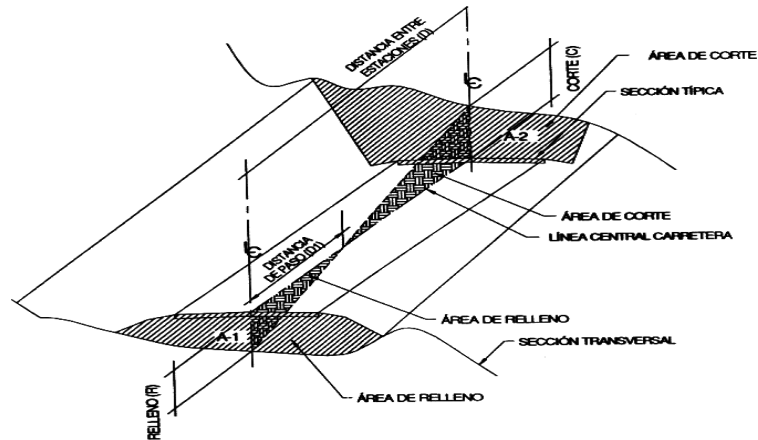
$$D2 = D - D1 = 20 - 15,16 = 4,84 \text{ m}$$

R= relleno, C= corte, D= distancia entre secciones

$$Vr = \frac{R1}{2} * \frac{D1}{2} = \frac{17,90}{2} * \frac{15,16}{2} = 135,68 \text{ m}^3$$

$$V_c = \frac{C_2}{2} * \frac{D_2}{2} = \frac{5,70}{2} * \frac{4,84}{2} = 13,80 \text{ m}^3$$

Figura 5. Distancia de paso



Fuente. PÉREZ, Augusto. *Metodología de actividades para el diseño geométrico de carreteras*. p. 63.

Tabla V. Taludes recomendados en corte y relleno

Corte		Relleno	
Altura	H--V	Altura	H--V
0--3	2--1	0--3	2--1
3--7	1--2	Mayor a 3	3--2
Mayor a 7	1--3	-----	----

Fuente. PÉREZ, Augusto. *Metodología de actividades para el diseño geométrico de carreteras*. p. 62.

Las curvas verticales: pueden ser circulares o parabólicas, aunque la más usada en Guatemala por la Dirección General de Caminos es la parabólica simple, debido a la facilidad de cálculo y a su gran adaptación a las condiciones

de terreno. Las curvas verticales pueden ser cóncavas o convexas, la longitud mínima de las curvas verticales se calcula con la expresión siguiente:

$$L=K*A$$

Siendo:

L = longitud mínima de la curva vertical en metros.

A= diferencia algebraica de las pendientes de las tangentes verticales, en porcentaje.

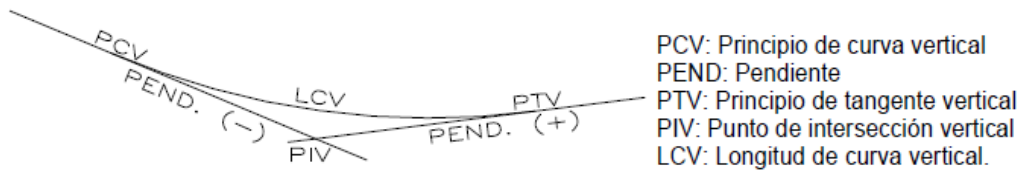
K = parámetro de la curva vertical, cuyo valor mínimo se especifica en tabla VI.

Tabla VI. **Valores de K para curvas cóncavas y convexas**

Velocidad de diseño K.P.H	Valores de K según velocidad de diseño	
	Cóncava	Convexa
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	22	29
90	29	43
100	36	60

Fuente. COLOP, Wafre. *Planificación y diseño de tramo carretero*. p. 33.

Figura 6. **Sección de una curva vertical**



Fuente. HUN AGUILAR, Ligia Elizabeth. *Diseño de pavimento rígido*. p. 23.

La longitud de la curva vertical se considera cuatro criterios los cuales son, seguridad, apariencia, comodidad y drenaje, como la pendiente de entrada y salida, con el fin de saber con exactitud la longitud de la curva, siendo las siguientes fórmulas:

$$\text{Seguridad} = LCV = KA$$

$$\text{Apariencia} = \frac{LCV}{A} \geq 30$$

$$\text{Comodidad} = \frac{LCV}{A} \geq \frac{V^2}{395}$$

$$\text{Drenaje} = LCV \leq 43$$

En la curva vertical se usará como fórmula la ecuación de la parábola que es

$$Y = KX^2 = K(LCV)^2$$

Donde K= constante de la parábola ya sea cóncava o convexa

Donde LCV= longitud de curva vertical

$$K = \frac{A}{200LCV}$$

A= ps – pe en (%), ps= pendiente de salida, pe = pendiente de entrada

5. CAPAS QUE COMPONEN UN PAVIMENTO

5.1. Terreno de fundación

Es aquel que sirve de fundación al pavimento después de haber sido terminado el movimiento de tierras y que una vez compactado, tiene las secciones transversales y pendientes indicadas en los planos de diseño. De la capacidad soporte depende en gran parte el espesor de la estructura del pavimento por ejemplo:

- Si el terreno de fundación es pésimo debe desecharse el material que lo compone siempre que sea posible y sustituirse por un suelo de mejor calidad.
- Si el terreno de fundación es malo, habría que colocar una subbase de material seleccionado antes de poner la base.
- Si el terreno de fundación es regular, podría prescindirse de la subbase.
- Si es excelente, podría prescindirse de la subbase y base.

5.2. Subrasante

Es la capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad en que no le afecte la carga de diseño correspondiente a la estructura prevista. La función de la subrasante es servir de soporte para el pavimento después de ser estabilizada, homogenizada y compactada. Dependiendo de sus características soportan directamente la capa de rodadura de un pavimento rígido.

5.3. Requisitos para la subrasante

Dentro del material apropiado para la subrasante se encuentran los suelos granulares, con menos de 3 % de hinchamiento en ensayo *AASHTO* T-193. Estos no tienen características inferiores a los suelos que se encuentran en el tramo o sección que se está reacondicionando y que además, no sean inadecuados para la subrasante.

Son materiales inapropiados para subrasante los siguientes: suelos clasificados como A-8, que son altamente orgánicos, constituidos por materiales vegetales, parcialmente carbonizados o fangosos. Su clasificación se basa en inspección visual y no dependen de pruebas de laboratorio; se compone de materia orgánica parcialmente podrida; generalmente tiene textura fibrosa; un color café oscuro o negro y olor a podredumbre; son altamente compresibles y tienen muy baja resistencia. Además, basura o impurezas, que son perjudiciales para la cimentación del pavimento.

5.4. Subbase

Es la primera capa de la estructura destinada a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad el efecto de las cargas del tránsito provenientes de las capas superiores del pavimento, de tal manera que el suelo de la subrasante las pueda soportar. Está constituida por una capa de material selecto o estabilizado, de un espesor compactado, según las condiciones y características de los suelos existentes en la subrasante pero, en ningún caso menor de 10 cms, ni mayor de 70 cms. Deberá estar libre de vegetales, basura, terrones de arcilla, y cualquier otro material que causa fallas en el pavimento.

El material de la subbase, debe ser seleccionado y tener mayor capacidad soporte que el terreno de fundación compactado. Este material debe ser de tipo granular: arena, grava, escoria de los altos hornos o volcánica, o bien residuos del material de cantera.

La subbase se incluye en pavimentos de concreto hidráulica para evitar lo siguiente.

- Contrarrestar la expansión y contracción excesiva del suelo de la subrasante.
- Evita la falla de limos y agua en la subrasante.
- Evita el congelamiento de suelos finos.
- Como auxiliar en la construcción, principalmente en subrasante muy arenosos.

Por lo tanto si el suelo de la subrasante es de tipo granular o si el pavimento no está sujeto a tránsito interno no se justifica el uso de la capa de subbase. En todo caso una subbase de 10 a 12 cms de espesor, es suficiente para contrarrestar una mala subrasante en condiciones normales de tránsito.

5.4.1. Funciones de la subbase

Las principales funciones de la subbase son:

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

- Romper la capilaridad de la terracería y drenar el agua proveniente de la base, hacia las cunetas.
- Eliminar la acción del bombeo.
- Aumentar el valor del soporte.
- Hacer mínimos los efectos de cambio de volumen en los suelos de la subrasante.

5.4.2. Requisitos de la subbase

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

- Valor soporte: el material debe tener un CBR, AASHTO T-193, mínimo de 30, efectuado sobre muestra saturada a 95 % de compactación, AASHTO T-180, o bien un valor AASHTO T-90, mayor de 50. Piedras grandes y exceso de suelos finos (arcillas y limos): el tamaño máximo de las piedras que contengan material de subbase, no debe exceder de 7 centímetros, el material de subbase no debe tener más de 50 % en peso, de partículas que pasen el tamiz núm. 200 (0,075 mm).
- Impurezas: el material de la subbase debe estar razonablemente exento de materiales vegetales, basura, terrones de arcilla, o sustancias que incorporadas dentro de la capa de la subbase puedan causar, a criterio profesional, fallas en el pavimento.

- Granulometría: el tamaño máximo de las piedras del material que se utilice para subbase no debe ser mayor de 7cm y no tener más del 50 % en peso, partículas que pasen el tamiz núm. 200.
- Plasticidad y cohesión: el material que pase por el tamiz núm. 40, no deberá tener un índice de plasticidad mayor de 6 % (AASHTO T-90), ni un límite líquido mayor que 25 % (AASHTO T-89). En casos especiales, el índice de plasticidad puede ser más alto, pero no podrá ser mayor de 8 %. El equivalente de arena no puede ser menor de 25 % (AASHTO T-176).

5.4.3. Subbase estabilizada

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

Los suelos a estabilizar pueden ser los existentes en la subrasante previamente preparada y reacondicionada, suelos seleccionados de bancos de material, ya sea en su estado natural, mezclando varios de ellos, o en combinación con los suelos de la subrasante. Los suelos a estabilizar no deben de contener piedras mayores de 5 cms, materias vegetales, basura, terrones de arcilla o sustancias que incorporadas en la subbase estabilizada pueden perjudicar la estructura del pavimento.

Dentro de los materiales estabilizadores se encuentran: la cal hidratada, la lechada, lechada de cal, granza de cal, cal viva, cemento portland, y materiales bituminosos. Aunque pueden establecerse disposiciones especiales con otros productos estabilizadores como: el cloruro de calcio, cloruro de sodio.

5.5. Base

Constituye la capa de material selecto que se coloca encima de la subbase o subrasante; cuyo espesor debe de ser no mayor de 35 cms ni menor de 10 cms. Esta capa permite reducir los espesores de carpeta y drenar el agua atrapada dentro del cuerpo del pavimento a través de las carpetas y hombros hacia las cunetas; deberá transmitir y distribuir las cargas provenientes de la superficie de rodadura y debido a que está en contacto directo con la superficie de rodadura. Este tendrá que ser resistente a los cambios de temperatura, humedad y desintegración por abrasión, producidas por el tránsito.

El material de base debe estar conformado de grava de buena calidad, triturada y mezclada con material de relleno y libre de materia vegetal, basura o terrones de arcilla. Además, debe llenar los requisitos siguientes:

- Valor soporte: debe tener un CBR mínimo de 90, efectuado sobre muestra saturada a 95 % de compactación (AASHTO T-180).
- Abrasión: el material que quede retenido en el tamiz núm. 4, no debe de tener un desgaste mayor de 50 a 500 revoluciones en la prueba de la AASHTO T-96.

Dentro de sus principales características están las siguientes:

- Transmitir y distribuir las cargas provenientes de la superficie de rodadura.
- Servir de material de transición entre la subbase y la carpeta de rodadura.
- Drenar el agua que se filtre a través de las carpetas y hombros, hacia cunetas.

5.5.1. Requisitos para los materiales con base de grava triturada

El material de base debe consistirse en piedra o grava de buena calidad, triturada y mezclada con material de relleno, llenando además los requisitos siguientes:

- Valor soporte: el material debe tener un CBR AASHTO T-193, mínimo de 90 %, efectuado sobre muestra saturada a 95 % de comparación AASHTO T-180.
- Abrasión: la porción retenida en el tamiz núm. 4 (4,75 mm) no debe de tener un desgaste mayor de 50 a 500 revoluciones en la prueba de la AASHTO T- 96.
- Caras fracturadas y partículas planas o alargadas. No menos del 50 % en peso de las partículas retenidas en el tamiz núm. 4 (4,75 mm) deben tener una cara fracturada ni más del 20 % en peso pueden ser partículas planas o alargadas, con una longitud mayor de cinco veces el espesor promedio de dichas partículas.
- Impurezas: estar libre de materia vegetal, basura o terrones de arcilla. Graduación del material: cumplir con AASTHO T-27 y T-11.
- Plasticidad: la porción del tamiz núm. 40 (0,425 mm.) no debe tener un índice de plasticidad mayor de 3 % ni un límite líquido mayor de 25 %. Material más fino de 0,075 mm: el porcentaje que pasa el tamiz núm. 00 (0,075 mm.), debe ser menos que la mitad del porcentaje que pasa el tamiz núm. 40 (0,425 mm.).

5.5.2. Requisitos para los materiales de base granular

Base granular: es la capa formada por la combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural. Para constituir una base integrante de un pavimento debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Valor soporte: debe de tener un CBR determinado por el método de AASHTO T-193, mínimo de 70 %, efectuado sobre muestra saturada, a 95 % de compactación AASHTO T-180, con un hinchamiento máximo de 0,5 % según el ensayo de AASHTO T-193.
- Partículas planas o alargadas: no más del 25 % en peso del material retenido en el tamiz núm. 4, pueden ser partículas planas o alargadas, con una longitud mayor de cinco veces el espesor promedio de dichas partículas.
- Impurezas: el material de base granular debe estar razonablemente exento de materias vegetales, basura o terrones de arcillas.
- Graduación: el material para capa de base granular debe llenar los requisitos de graduación determinados por los métodos de AASHTO T-27 y AASHTO T-11.
- Plasticidad y cohesión: la fracción de material que pasa el tamiz núm. 4, incluyendo el material de relleno, no debe tener en la porción que pasa el tamiz núm. 40, un índice de plasticidad mayor de 6, determinado por el método AASHTO Y-90, ni un límite líquido mayor de 25, según AASHTO T- 89. Determinadas ambas muestras preparadas en humedad, según

AASHTO T-146, el equivalente de arena no debe ser menor de 30, según AASHTO T- 176.

5.5.3. Requisitos para los materiales de cemento portland

Es la capa de base constituida de materiales pétreos y los suelos mezclados con cemento portland y agua, aplicando la técnica de estabilización. Esto con el objeto de mejorar sus condiciones de estabilidad y resistencia a la humedad, además debe cumplir con los siguientes requisitos.

- Abrasión: la porción de material retenida en el tamiz núm. 4, no debe tener un porcentaje de desgaste por abrasión mayor de 50 a 500 revoluciones, salvo casos especiales en donde no debe ser mayor de 60 a 500 revoluciones.
- Impurezas. el material a estabilizar debe estar razonablemente exento de materias vegetales, basura o terrones de arcilla.
- Graduación: debe de cumplir con los requisitos determinados en los métodos de graduación de la AASHTO T-27 y T-11.
- Peso: el material a estabilizar debe ser razonablemente uniforme en calidad y densidad y su peso unitario, determinado según AASHTO T-19, no debe ser menor de 60 libras/pie cúbico.
- Material de relleno: cuando se necesite agregar material de relleno en adición al que se encuentra en forma natural, para proporcionarle

características adecuadas de granulometría, este debe estar libre de impurezas.

5.5.4. Bases de suelo-cemento

Estas bases están protegidas mediante un tratamiento superficial bituminoso, sirven como pavimentos en caminos o calles de poco tránsito. Para arterias principales, las mezclas de tierra y cemento pueden reemplazar la base usual como soporte para una mezcla asfáltica realizada en la planta o para pavimento de cemento Portland.

El suelo de cemento es una mezcla íntima de tierra y cemento portland compactado al contenido óptimo de humedad y curada para hidratar el cemento. Forma una capa de asiento fuerte y estable que tiene poca susceptibilidad a los cambios de la temperatura o a la humedad. Es considerablemente más elástico que el concreto con base en cemento portland.

El cemento afecta a los suelos de dos formas; primero, por acción química superficial reduce la afinidad a la humedad de las arcillas. Segundo, activa la cementación, de ahí que produzca un armazón semirrígido de material del suelo.

La superficie de una base de tierra y cemento es deleznable, por lo tanto, debe protegerse contra la intemperie y contra el contacto directo con las llantas de los vehículos motorizados, pues de otro modo se raspará y se socavará. Un tratamiento superficial bituminoso ofrece protección suficiente para bajos volúmenes de tránsito ligero. De otro modo, la función de la mezcla de tierra y cemento es la de una base cubierta por medio de un pavimento adecuado.

Características:

- Los suelos son susceptibles de utilizarse como elemento de esta clase de bases, siempre que sea económicamente y no contenga más del 2 % de materia orgánica.
- En cuanto al cemento portland puede utilizarse de toda Centroamérica. La cantidad de cemento deberá ser determinada después de determinar la prueba de laboratorio para cada clase de suelo.
- La cantidad de agua en la mezcla será la necesaria para lograr la compactación óptima.
- Es recomendable que esta clase de bases tenga un CBR de más 80 % y un límite líquido menor de 40, y un índice plástico menor de 9.
- Este tipo de bases son recomendables en pavimentos de concreto hidráulico porque evitan la formación de lodos que al ser bombeados destruyen el pavimento.

5.5.5. Bases de arena amarilla

Esta arena deberá ser de origen natural de preferencia de banco de arena amarilla y antes de usarse deberá cernirse en tamiz de ¼" (0,006 m) y no deberá contener más de 2 % de arcilla.

Capa de rodadura

- Está constituida por losas de concreto simple o reforzado, diseñada para soportar las cargas inducidas por la circulación del tránsito.
- La capa de rodadura deberá consistir de una mezcla realizada de materiales que reúnan todos los requisitos de calidad necesarios para la

elaboración de un buen concreto (mezcla adecuadamente proporcionada de cemento hidráulico, arena, pedrín y agua), que proporcione la resistencia de 3 000 psi (Lbs/Plg²).

- La capa de rodadura debe estar diseñada para cumplir las siguientes funciones:
 - Proteger la superficie sobre la cual está construido el pavimento de los efectos destructivos de tránsito.
 - Prevenir la filtración del agua a las capas inferiores.
 - Proveer un valor soporte elevado a fin de que resista las cargas provenientes de los vehículos y estas se distribuyan a las capas inferiores.

5.5.6. Sello final

El acabado final debe efectuarse siguiendo los procedimientos estipulados. Después de utilizar el equipo vibro-compactador consolidado el concreto, debe procederse al alisado longitudinal por medio de una rastra o niveladora manual, flotador, entre otros, de uno a otro lado de la placa. La operación de acabado final debe efectuarse antes del endurecimiento, eliminándose las aristas de las juntas. Debe removerse el exceso de agua de la superficie.

Al terminar el alisado y al haber removido el exceso de agua y estando el concreto en estado plástico, debe comprobarse la exactitud de la superficie de losa por medio de un escantillón de longitud de 3 m de longitud, en el cual debe de colocarse en posiciones aleatorias, sobre toda el área franja o carril, que no esté afectada por cambios de pendientes. Las diferencias observadas por

defecto (depresiones) o excesos (áreas altas), no deben ser mayores de 3 mm y toda irregularidad deben ser eliminado, ya sea agregando concreto fresco el que será compactado y terminado.

- Bombeo: es la pendiente necesaria para evacuar el agua hacia las orillas de las calles, la pendiente de bombeo utilizado en este caso será del 3 % hacia los lados.

6. PAVIMENTO RÍGIDO

6.1. Maquinaria utilizada en la compactación de suelos

- Compactadora (vibratoria)

Todos los compactadores deberán ser autopropulsados, tener inversores del sentido de la marcha de acción suave y estar dotados de dispositivos para mantenerlos húmedos en caso necesario.

Los equipos de compactación se clasifican en dos tipos: de presión estática y compactadores de ruedas neumáticas. Formados por hileras delanteras y traseras de neumáticos lisos, en número, tamaño y configuración tales que permitan el solape de las huellas de las delanteras con las de las traseras.

Serán capaz de alcanzar una masa de al menos treinta y cinco toneladas y una carga por rueda de cinco toneladas, con una presión de inflado que pueda alcanzar al menos ocho décimas de mega pascal (0,8 MPa).

Se usarán para la densificación de todo tipo de capas de firme y explanadas bien graduadas, ya que durante la compactación se consigue un incremento en el efecto de amasado, resultando una superficie acabada más densa y uniforme.

- Compactadores de pata de cabra

Disponen de rodillos cilíndricos de acero a los que se ha dotado de patas de apoyo puntuales distribuidas uniformemente sobre la superficie del cilindro, cuyo efecto de compactación se debe a la alta presión que comunican al terreno. Su uso queda restringido a la compactación de cimientos o núcleos de terraplén de materiales cohesivos sin piedra.

- Vibratorios

Compactador vibratorio mono cilíndrico. Está compuesto por un cilindro metálico vibratorio liso (con o sin tracción) que actuará como elemento de compactación y dos neumáticos traseros de tracción.

6.2. Maquinaria utilizada en la pavimentación

La maquinaria usada en pavimentos se tienen los siguientes:

- Tractor: la maquinaria empleada para las obras en construcción de brechas y mantenimiento de carreteras, están provistos de una cuchilla, un riper o desgarrador y en algunos casos, de un malacate. La prioridad del terreno depende de las condiciones del tren de rodaje o sufrirá arreglos o cambios en el trayecto de la obra.

Maquinaria de exploración utilizada en movimiento de tierras, facilitar el trabajo en las construcciones civiles y sacarlo en menos tiempo.

Dentro de esto se tiene:

- Tractor *bulldozer* de orugas
 - Tractor *bulldozer* de sobre ruedas
 - Tractores forestales
- Excavadora: se utiliza tanto para cargar como para desgarrar material. Es posible confiar en el rendimiento de la excavadora hidráulica para aplicaciones en canteras, minería, construcción vial, ingeniería civil, construcción civil en general y mucho más. Su ángulo óptimo de carga es de 45°, es una máquina que gira 360°. Cuenta con diferentes modelos que varían en la capacidad de la cuchara y el peso operativo.
 - Camión de volteo: un camión de volteo trabaja intensamente día y noche. En conducción en lodo, en pendientes pronunciadas y en terreno irregular, desplazándose a diferentes sitios de trabajo llenos de equipo y con carga pesada en aplicaciones dentro y fuera de carretera. Los camiones de volteo son utilizados para llevar o recoger la tierra o balastro, dejado en el tramo de las brechas y carreteras, los cuales son los más indicados, debido a las grandes distancias de transporte que supera los 3 K. En su parte superior cuenta con dispositivos de ampliación de capacidad de carga, para cuando se utilice en el transporte de materiales de bajo peso específico. Su capacidad es de 3, 5, 6 m³.
 - Motoniveladora o patrol: maquina muy versátil usada para mover tierra u otro material. Su función principal es nivelar, modelar o dar la pendiente necesaria al material en que trabaja. Se considera como una máquina de terminación superficial se utiliza en subrasante, subbases, también puede sustituir a un tractor.

- Su versatilidad está dada por los diferentes movimientos de la hoja, como por la serie de accesorios que puede tener. Puede imitar todo tipo de tractores, pero su diferencia radica en que la motoniveladora es más frágil, ya que no es capaz de aplicar la potencia de movimiento ni la de corte del tractor. Debido a esto es más utilizadas en las tareas de acabado o trabajos de precisión.

Los trabajos más habituales de una motoniveladora son las siguientes:

- Extendido de una hilera de material descargado por los camiones y posterior nivelación.
- Refinado de explanadas.
- Reperfilado de taludes.

6.3. El cemento portland

Es un conglomerante hidráulico cuya principal propiedad es la de formar masas pétreas resistentes y duraderas cuando se mezcla con áridos y agua.

Los cementos portland típicos consisten en mezclas de silicato tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$), aluminato tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$) y silicato dicálcico ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) en diversas proporciones, junto con pequeñas cantidades de compuestos de hierro y magnesio. Para retardar el proceso de endurecimiento se suele añadir yeso. En la fabricación del cemento se trituran las materias primas mezcladas y se calientan hasta que se funden, formando el “clínquer”, que a su vez se tritura hasta lograr un polvo fino. Para el calentamiento se suele emplear un horno rotatorio de más de 150 m de largo y más de 3,2 m de diámetro. Estos hornos están ligeramente inclinados, y las materias primas se introducen por su parte superior, ya sea en forma de polvo seco de roca o como

pasta húmeda hecha de roca triturada y agua. A medida que desciende a través del horno, se va secando y calentando con una llama situada al fondo del mismo. Según se acerca a la llama se separa el dióxido de carbono y la mezcla se funde a temperaturas entre 1 540 y 1 600 °C. Los fabricantes de cemento portland en el medio elaboran producto de primera calidad. El cemento es generalmente distribuido en sacos de 94 libras (42,5 kilogramos), y 0,28m³ (un pie cúbico de volumen).

Las especificaciones de la AASHTO para cemento portland (AASHTO M85-60) se enumeran de cinco tipos: I, II, III, IV, V.

6.4. Pavimento de concreto de cemento portland

Es un pavimento rígido constituido de losas de concreto de cemento Portland simple o reforzado. Los pavimentos de concreto varían en espesor, desde los relativamente delgados de 5 o 6 pulgadas. (13 o 15 cm). Para tráfico de carga ligera, para estacionamientos y algunas calles residenciales; hasta losas más gruesas para calles y carreteras principales, losas para pavimentos interestatales diseñadas para llevar tráfico vehicular de carga pesada, de gran intensidad y velocidad. Finalmente, losas para pavimentos de aeropuertos las cuales pueden ser de hasta 24 plgs (61 cm), con cargas tan grandes de hasta 750 000 libras (340 toneladas). Cada uno de estos tipos carece de refuerzo, tener únicamente acero distribuido, ser relativamente reforzado, por ejemplo, pavimento de concreto con refuerzo continuo, e inclusive, ser preesforzado.

El concreto de cemento Portland para pavimento, debe llenar los requisitos ya establecidos y tener una resistencia a la comprensión de 3 000 psi o 210 kg/cm² (AASHTO T22 mínima) y una resistencia a la flexión (AASHTO T97 mínima) de 650 lb/plg² (46 kg/cm²), determinadas sobre espécimen

preparada según AASHTO T26 y T23, ensayada a los 28 días. La mezcla de concreto debe ser trabajable y tener un asentamiento determinado entre 1 y 2½ plg, debiendo ser siempre debe ser vibrado.

6.5. Requisitos para los materiales de concreto

Los criterios vienen dados de acuerdo al siguiente diseño. Este se compone de un pavimento rígido, con concreto de cemento hidráulico, sin refuerzo, que se diseña y construye para resistir las cargas e intensidad del tránsito. Existen varios tipos de pavimentos rígidos, que pueden dividirse en 1) Pavimentos de concreto simple y 2) Pavimentos de concreto continuamente reforzados con barras de acero. Para este caso se toma el criterio núm. 1, los pavimentos de concreto simple a la vez pueden ser de dos tipos: a) pavimento de concreto simple con juntas sin barras de transferencia, y b) pavimento de concreto simple con juntas con barras de transferencia, ambos con losas de 3 a 6 metros. Habiendo tomado en cuenta lo anterior se especifican los datos técnicos del Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda y las normas AASTHO la cual viene dada en la siguiente tabla.

Tabla VII. **Composición del concreto de cemento hidráulico para pavimentos**

Relación agua - cemento	Temperatura del concreto	Asentamiento AASTHOT-119	Contenido de aire mínimo	Tamaño de agregado AASTHO M-43	Resistencia de compresión T-22	Resistencia de flexión. AASHTO T-97
0,49	20+ 10-C	40+-2mm	4,5%	551,04B y C	28Mpa(4000 PSI)	4,5Mpa(6,5psi)

Si se usa agregado de tamaño nominal máximo 3/8", el contenido mínimo de aire es de 5 %.

Fuente: INGENIEROS CONSULTORES. *Tabla 501-1, especificaciones generales para construcciones de carreteras y puentes, Dirección General de Caminos. 724 p.*

El concreto de cemento hidráulico para pavimentos debe llenar los requisitos de 551,04 (especificaciones de la Dirección General de Caminos clase y resistencia del concreto) y ser como mínimo clase 24,5 Mpa (3500 psi) con una resistencia a compresión AASHTO T - 22 (ASTM C 39), promedio mínima de 24,5 Mega Pascales (3500 psi) y una resistencia a la flexión AASHTO T 97 (ASTM C 78), promedio mínima de 3,8 Mega Pascales (550 psi), determinadas sobre especímenes preparados según AASHTO T 126 (ASTM C 192) y T 23 (ASTM C 31), ensayados a los 28 días. Usando especificaciones de la Dirección General de Caminos para la construcción de carreteras y puentes. Entre otros requisitos se tienen.

- Agregados finos deben consistir en arena natural o manufacturada compuesta de partículas duras y durables que llenen los requisitos estipulados sobre cantidad de finos y desgaste superficial. Debe ser almacenados separadamente del agregado grueso, debe controlarse las características y condiciones por medio de ensayos de laboratorio para hacer ajustes en la dosificación, en el momento de la elaboración del concreto.
- Agregado grueso debe consistir en grava o piedra triturada, procesada adecuadamente para formar un agregado clasificado conforme a los requisitos establecidos. Debe ser suministrado en dos tipos de graduación, y almacenarse en pilas separadas, correspondiendo a los tipos núm. 3 de 2 plg a 1 plg (50 a 25 mm.) y núm. 57, de 1 plg a núm. 4 (25 a 4,75 mm.)
- Cemento Portland: debe corresponder a los tipos I y II, que llenen los requisitos AASHTO M 85-63 para el tipo especificado.
- Agua: debe llenar los requisitos de ser potable, libre de contaminaciones orgánicas, sales minerales o azúcares u otras sustancias contaminantes de uso industrial.

- Aditivos: debe demostrarse que el aditivo es capaz de mantener esencialmente la misma composición y rendimiento del concreto de la mezcla básica. No se permitirá el uso de aditivos que contengan iones de cloruro, en ningún tipo de concreto reforzado o preesforzado o concretos que contenga elementos galvanizados o de aluminio.

6.6. Calidad del concreto

El concreto debe dosificarse y producirse para asegurar una resistencia a la compresión promedio lo suficiente alta, para minimizar la frecuencia de resultados de pruebas por debajo del valor de resistencia a la compresión especificada en los planos. Los planos deben mostrar claramente la resistencia a la compresión del concreto, para la cual se ha diseñado cada parte de la estructura. Los requisitos para comprobar la resistencia del concreto deben basarse en cilindros fabricados y probados de acuerdo con los métodos AASHTO o ASTM.

El concreto que se considera deberá tener una resistencia a la compresión de 300 kg/cms², mínimo a los 28 días de edad, o antes si se especifica su edad. Si se usará una resistencia de 250 kg/cms² se deberá aumentar el espesor de la losa unos 2 cms.

El curado del concreto es de mayor importancia para asegurar su resistencia un descuido en esta etapa puede hacer que el concreto pierda hasta un 50 % de su resistencia. El curado debe iniciarse al momento de terminar el acabado de la superficie del pavimento, dentro de las maneras de curar el concreto esta:

- Con una lámina de agua
- Con arena o paja humedecida
- Con membranas de curado
- Con antisol
- Parafinados

Compactación del concreto, al colocar el concreto sobre la subbase o subrasante atraparé una cantidad de aire perjudicial para su resistencia. Para expulsar la cantidad adecuada de este aire. El concreto se sujetará a una vibración mecánica con base en batería de vibración de inmersión, a una regla vibratoria o vibradora de inmersión para compactar el concreto junto a las cimbras.

El agua para mezclado, curado del concreto y lavado de agregados debe ser preferentemente potable, limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceite, ácidos, álcalis, azúcar, sales como cloruros o sulfatos, material orgánico y otras sustancias que pueden ser nocivas al concreto o al acero.

La colocación de concreto con formaleta fija debe usarse para áreas irregulares o inaccesibles al equipo de pavimentación de formaleta deslizante o en casos de tramos cortos donde no sea práctico el empleo de este último. Las formaletas debe colocarse en cantidad suficiente y por lo menos cien metros delante de las operaciones de colocación del concreto, debiendo ser asentada sobre las superficies, sin dejar espacios vacíos y de acuerdo con los alineamientos y secciones típicas mostradas en los planos, fijándolas a la base o subbase con pernos de acero, de modo que soporten sin deformación o movimiento, las operaciones o vibrado de concreto. El espaciamiento de los pernos, no debe ser mayor de 1 m, debiendo de colocarse en cada extremo de cada pieza, un perno a cada lado de la junta, las formaletas no deben desviarse

respecto al eje de colocación, en cualquier punto y dirección más de 3 mm, por cada 3 m, y debe de limpiarse y engrasarse antes de colocar en concreto.

El concreto debe colocarse de preferencia con máquina esparcidora, que prevenga la segregación de materiales. Si se necesita mover el concreto manualmente se usará palas y no rastrillos. Tampoco se permite trasportarlo con la acción del vibrador de inmersión.

7. DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO

7.1. Módulo de ruptura del concreto

Debido al paso de vehículos sobre las losas de concreto se producen varios esfuerzos de flexión y compresión. Los esfuerzos de compresión son tan mínimos que no influyen en el grosor de la losa.

En cambio los promedios de esfuerzos de flexión y de las fuerzas de flexión son mucho mayores, por eso son usados estos valores para el diseño de espesores de los pavimentos rígidos. La fuerza de flexión está determinada por el módulo de ruptura del concreto (MR), el cual está definido como el esfuerzo máximo de tensión en la fibra extrema de una viga de concreto. La resistencia de la tensión del concreto es relativamente baja. Una buena aproximación para la resistencia a la tensión será de 10 a 20 % de su resistencia a la compresión f'_c , debido a los problemas de agarre de las máquinas de prueba. Por lo que el valor aproximado es de $0,15 \times 4000 \text{ PSI} = 600 \text{ PSI}$.

7.2. Módulo de reacción del suelo

Este es igual a la carga en libras por pulgada cuadrada en un área cargada, dividida entre la deflexión, en pulgadas, para dicha carga. El valor de k está expresado en libras por pulgada cuadrada (PSI/plg²).

El módulo de reacción de la subrasante es la propiedad de apoyo que esta ofrece al tráfico y se define como la pendiente de la gráfica carga deformación obtenida en el campo por el ensayo del disco (norma ASTM D-1196), cuyo resultado estará en kilogramo centímetro cúbico. Esto determina la característica de resistencia de la elasticidad de los suelos.

Tabla VIII. **Tipos de suelo de subrasante y valores aproximados del módulo de reacción K**

Tipos de suelos	Soporte	Rango de Valores de K
Suelos de grano fino en el cual el tamaño de partículas de limo y arcilla predomina.	Bajo	75 - 120
Arenas y mezclas de arenas con grava, con una cantidad considerable de limo y arcilla	Medio	130 - 170
Arenas y mezclas de arena con grava, relativamente libre	Alto	180 - 220
Subbases tratadas con cemento	Muy alto	250 - 400

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

7.3. Tráfico de cargas de diseño

El tráfico futuro tiene considerable influencia en el diseño, el crecimiento anual es del 2 % al 6 % que corresponden a factores de proyección de tráfico a 20 años de 1,2 a 1,8.

Para el tráfico vehicular se considera:

- TPD (tráfico promedio diario en ambas direcciones todos los vehículos).
- TPDC (tráfico promedio diario de camiones en ambas direcciones).
- Carga de eje de camiones.

Pero el uso de razones altas de crecimiento para calles residenciales no son aplicables, ya que estas calles llevan poco tránsito, por lo que las tasas de crecimiento podrían estar debajo del 2 % por año.

Tabla IX. **Porcentaje anual de crecimiento de tráfico**

Porcentaje anual de crecimiento del tráfico %	Factor de proyección de 20 años	Factor de proyección de 40 años
1	1.1	1.2
1 ½	1.1	1.3
2	1.2	1.5
2 ½	1.2	1.6
3	1.3	1.8
3 ½	1.3	2.0
4	1.4	2.2
4 ½	1.5	2.4
5	1.6	2.7
5 ½	1.6	2.9
6	1.7	3.2

Fuente. WESTERGAARD H. N. *Comportamiento de esfuerzos en caminos de concreto*. p. 18.

7.4. **Diseño de pavimento por el método PCA simplificado**

La Asociación del Cemento Portland (PCA) ha desarrollado dos métodos, de capacidad y simplificado para determinar el espesor de losa adecuada para soportar la carga de tránsito de calles y carreteras. En este caso se usa el método simplificado, el cual consiste en hacer un conteo de tránsito promedio de vehículos. Como no se cuenta con datos de conteo de tránsito vehicular para el proyecto, se hizo un conteo sobreestimado de vehículos que circulan por las

calles y avenidas donde pasa mayor cantidad de vehículos; del cual se determinó el tránsito promedio diario de camiones en ambas direcciones. En el método propuesto por la PCA no es tan determinante el número de vehículos que circulan por la vía sino el porcentaje de vehículos pesados. No es posible obtener datos de carga por eje y se utilizan tablas basadas en distribución compuesta de tráfico clasificado, en diferentes categorías según la tabla X.

Tránsito promedio diario (TPD) = 75 vehículos

Tránsito promedio diario de camiones (TPDC) = 20 % TPD = 15 vehículos.

El período de diseño para este proyecto es de 20 años por lo que $15 \times 20/20 = 15$ vehículos. Con el dato estimado de paso de vehículos y su porcentaje de camiones se clasifica la vía según la tabla X.

Las calles y avenidas del proyecto se clasifican en la categoría núm.1, definida como calles residenciales, carreteras rurales y secundarias.

La junta seleccionada es tipo de trabe por agregados, aunque la tabla disponga de una junta de tipo dovelas, no siendo estas necesarias para volúmenes de tránsito de camiones bajos. El tipo de trabe de agregados consiste en insertar una barra de acero para la interconexión entre dos losas, requiere de un espesor más grande para el pavimento; mientras la del tipo dovela, disminuye el espesor del pavimento.

Determinar el espesor de la losa de concreto según la tabla de diseño con los parámetros siguientes:

Para una vía de categoría 1 con juntas de trabe por agregado se utiliza la tabla XV.

El soporte de la subrasante se logró determinar este módulo de reacción por medio de la figura 7, que está en función de CBR teniendo un valor de C.B.R. crítico de 14,76 %. Según los resultados de laboratorio se pudo observar que el módulo de reacción de la subrasante es de 220 lbs/pul³. Al agregar una base de 6" aumenta el valor de K, se interpola en la tabla XIII teniendo un valor final de K = 250 lbs/pul³. Con esto el suelo tiene un soporte alto, dejando una base granular de 15 cms de espesor. Se usará un módulo de ruptura de 600 PSI y el valor que contenga el tránsito promedio diario de camiones de 15. El valor de carpeta de rodadura se busca el lado izquierdo de la tabla XV, porque el diseño no contempla fundir hombros o bordillos integrados a la losa, teniendo un dato de 6" y 6,5", dejándolo de 15 cms por la cantidad de vehículos livianos que pasan en dicho sector y facilidad de construcción.

Referente a la capa con base en el pavimento, la PCA da mayor importancia a la uniformidad de apoyo, que al grado de resistencia del suelo. Esto considera que la losa de concreto tiene gran capacidad de distribución de la carga impuesta por el tránsito. Con frecuencia los materiales que forman parte de la subrasante presentan características favorables, que sustituyen las funciones de la base y por lo tanto esta se hace innecesaria.

Una fracción de TPDC indica que el pavimento transporta un número ilimitado de vehículos pequeños y camiones con dos ejes y cuatro llantas. Pero únicamente pocos camiones pesados por semana (TPDC de 0,3 x 7 días indica dos camiones pesados por semana).

El presente TPDC excluye a camiones de cuatro llantas y dos ejes, por lo que el número de camiones permitidos puede ser grande.

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

Carga por eje de categoría	Descripción	Trafico			Máxima carga por eje kps	
		TPD	TPDC		Eje domicilio	Eje tándem
			%	por día		
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias(bajo a medio)	200 a 800	% 1-3	Arriba de 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias(alta) carreteras primarias y calles artesanales(bajo)	700 a 5000	5-18	De 40 a 100	26	40
3	Calles artesanales, carreteras primarias (medio), súper carreteras e interestatales urbanas y rurales (bajo medio)	3000-12000 (2carriles), 3000-50000	8-30	De 500 a 5000	34	60
4	Calles artesanales, carreteras primarias, súper carreteras (altas), interestatales urbanas y rurales (medio alto).	3000 a 20000(2 carriles) 3000-15000 (4 carriles)	8-30	De 1500 a 8000	34	60

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

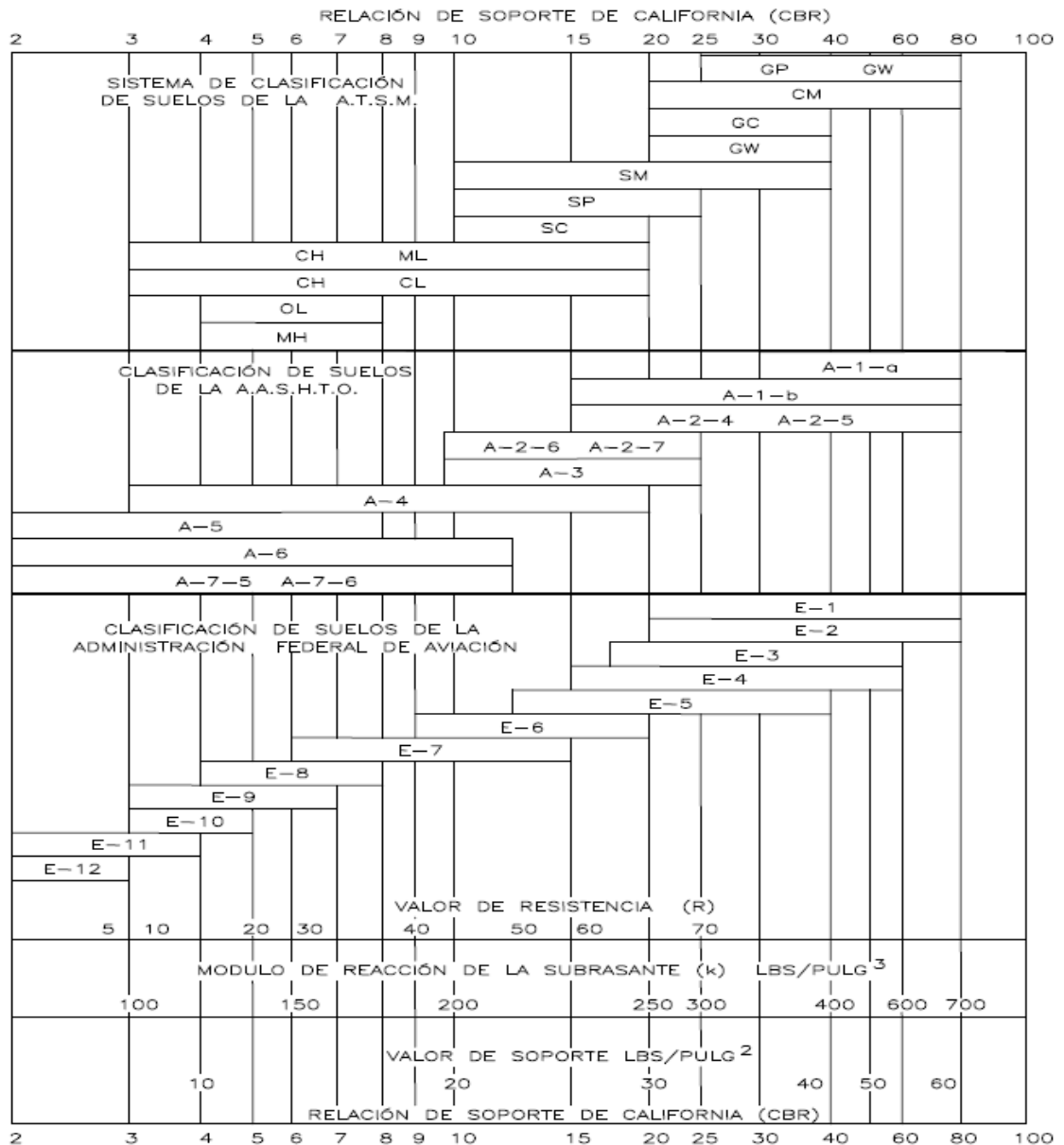
Tabla XI. **Valores de K para diseño sobre bases no tratadas (de PCA)**

Valores de K sobre la base (lbs/plg²).

Valor de K de la subrasante(lib/plg)	Espesor de 4 plg	Espesor de 6 plg	Espesor de 9 plg	Espesor de 12 plg
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	200	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: WESTERGAARD H. N. *Comportamiento de esfuerzos en caminos de concreto*. 150 p.

Figura 7. Interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y los valores de soporte



Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para la construcción de pavimentos rígidos*. p. 5.

Tabla XII. **Valores de K para diseño sobre bases de suelo cemento (PCA)**

Valores de K sobre la base (lbs/plg²).

Valor de k de la subrasante (lb/plg)	Espesor de 4 plg.	Espesor de 6 plg	Espesor de 9 plg	Espesor de 12 plg
50	170	230	310	390
100	280	400	520	640
200	470	640	830	----

Fuente: HERNÁNDEZ MONZÓN, Jorge. *Consideraciones generales para los diferentes tipos de pavimentos*. p. 68.

Tabla XIII. **Valores de K para diseño sobre bases granulares (PCA)**

Sub-base valores de K (pci).

Sub-rasante	De 4 plg	De 6 plg	9 plg	12plg
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: HERNÁNDEZ MONZÓN, Jorge. *Consideraciones generales para los diferentes tipos de pavimentos*. p. 68.

Tabla XIV. **Espesores estimados de bases según su uso**

Tipos de bases	Usos	Espesor (cms)
Granular	Carretera	10--15
Estabilizada	Carretera	10--15

Fuente: FIGUEROA RUANO, Rafael. *Diseño de pavimento rígido*. p. 29.

Tabla XV. **TPDC permisible, carga por eje categoría 1 pavimento con juntas de trabé por agregado (no necesita dovelas)**

Sin hombros de concreto o bordillo				Con hombros de concreto o bordillo			
Espesor de losa PLG.	Soporte de sub-rasante y sub-base			Espesor de losa PLG.	Soporte de sub-rasante y sub-base		
	bajo	medio	alto		bajo	medio	alto
Mr. = 650 psi							
4,5			0,1	4	2	0,2	0,9
				4,5		8	25
5	0,1	0,8	3	5	30	130	330
5,5	3	15	45	5,5	320		
6	40						
6,5	330	160	430				
Mr. = 600 psi							
5	0,5	0,1	0,4	4	0,2	1	0,1
5,5		3	9	4,5			5
6	8	36	98	5	6	27	75
6,5	76	200	760	5,5	73	290	730
7				6	610		
7,5	520						
Mr. = 550 psi							
5,5	0,1	0,3	1	4,5		0,2	0,6
6	1	6	18	5	0,8	4	13
6,5	13	60	160	5,5	13	57	150
7	110	400		6	130	480	
7,5	620						

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

Las descripciones de alto, medio y bajo de la tabla XV, se refieren al valor de soporte de la subrasante.

TPD tránsito promedio diario en el período de diseño.

TPDC tránsito promedio diario de camiones

Tabla XVI. **Pendiente transversal recomendado según el tipo de superficie**

Tipo de superficie		Bombeo
Muy buena	Concreto	1-2 %
Buena	Mezcla asfáltica	1,5-3 %
Regular	Adoquín	2-2,5 %
Mala	Tierra o grava	2,5-3 %

Fuente: GALICIA ORDOÑEZ, Caris Gabriela. *Diseño de pavimento rígido*. p. 19.

7.5. Tipos de juntas

Las juntas que usualmente se usan en los pavimentos de concreto caen dentro de dos clasificaciones: transversales y longitudinales, que a su vez se clasifican como el de contracción, de construcción y de expansión.

Las juntas se clasifica como:

- Juntas longitudinales: estas se colocan paralelamente al eje longitudinal del pavimento, para prevenir la formación de las grietas longitudinales. Son en forma mecánica o unión macho-hembra. La profundidad de la ranura superior de esta junta, no debe ser inferior de un cuarto del espesor de la losa. La separación máxima entre juntas longitudinales es de 12,5 pies (3,81 m) y es la que determina qué ancho tendrá el carril. Esta junta se construirá usando cimbra o formaleta metálica.

- Juntas transversales: la función de estas, es la de controlar las grietas causadas por la retracción del secado del concreto. Las juntas transversales deberán tener una ranura que tenga, por lo menos, tener una profundidad de un cuarto del espesor de la losa. Se deberán de construir perpendicularmente al tráfico. Se pueden llamar también juntas de contracción, ya que controlarán el agrietamiento transversal que produce la contracción del concreto. Se deberán de separar a una distancia no mayor de 15 pies (4,57 m), para losas de 15 centímetros de espesor espaciamiento máximo 4,5 m. Y para losas de más 15 cms de espesor su espaciamiento máximo es de 5 m.
- Juntas de expansión: son necesarias únicamente cuando existan estructuras fijas, tales como: puentes, aceras, alcantarillas, y otras. Se dejará una separación entre losas de 2,50 cms donde sea necesario. Su función es disminuir las tensiones, cuando el concreto se expande. Es obligatoria su colocación frente a estructuras existentes y en intersecciones irregulares. Cuando las juntas de contracción controlan adecuadamente el agrietamiento transversal, las juntas de expansión no son necesarias.
- Juntas de construcción: estas juntas unen carriles de pavimentos adyacentes, cuando estos fueron pavimentados en diferentes fechas. Son de tipo trabado debido a que llevan barras de acero formando tabiques.

8. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Los precios de los materiales fueron tomados de acuerdo a cotizaciones realizadas en diferentes empresas dedicadas a la materia en el lugar del proyecto, dichos materiales ya incluyen el IVA.

Los parámetros para el presupuesto son:

- Ancho carpeta de rodadura: 6 m
- Longitud: 830 m
- Base de selecto: 0,15 m
- Grosor de carpeta de rodadura: 0,15 m
- Área: 4 980 m²
- Bordillo: 0,30 x 0,10 m

8.1. Integración de precios unitarios

Son los cálculos realizados en la elaboración del presupuesto de un proyecto de ingeniería civil, con base en los renglones de trabajo. Cada uno lleva su propio precio unitario, incluye material, mano de obra, maquinaria y equipo, costos directos, costos indirectos para luego comparar con las cantidades de trabajo.

Tabla XVII. Renglón de trabajo bodega

núm.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	SUBTOTAL
1,1					
A. MATERIAL					
	Lámina de 12 pies	35,00	unidad	Q 60,00	Q 2 100,00
	Lámina de 9 pies	12,00	unidad	Q 50,00	Q 600,00
	Parales de 4"x4"x12´	15,00	unidad	Q 70,00	Q 1 050,00
	Parales de 4"x4"x 8´	25,00	unidad	Q 35,00	Q 875,00
	Clavo de lámina	10,00	lb	Q 7,00	Q 70,00
	Clavo de 4" cabeza redonda	8,00	lb	Q 6,00	Q 48,00
SUBTOTAL A					Q 4 743,00
B. MANO DE OBRA					
	Calificada				
	Construcción de bodega	1,00	unidad	Q 750,00	Q 750,00
	No calificada				
	Prestaciones			50,00 %	Q 375,00
SUBTOTAL B					Q 1 125,00
C. MAQUINARIA Y EQUIPO					
D) TOTAL COSTOS DIRECTOS					Q 5 868,00
COSTOS INDIRECTOS	administración			15 %	Q 880,20
	supervisión			10 %	Q 132,03
	imprevistos			5 %	Q 880,20
	utilidad			5 %	Q 880,20
E) TOTAL COSTOS INDIRECTOS					Q 2 772,63
F) COSTO TOTAL					Q 8 640,63
PRECIO UNITARIO					Q 8 640,63

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. Renglón de trabajo replanteo topográfico

núm.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	SUBTOTAL
1,2					
A. MATERIAL					
	Retazo de madera,clavo.	1,00	m ²	Q 1,00	Q 1,00
SUBTOTAL A					Q 1,00
B. MANO DE OBRA					
	Calificada				
	topógrafo	0,003	día	Q 150,00	Q 0,45
	Cadenero	0,003	día	Q 100,00	Q 0,30
	No Calificada				
	Ayudante	1,00	global	50,00 %	Q 0,23
	Prestaciones			50,00 %	Q 0,49
SUBTOTAL B					Q 1,46
C. MAQUINARIA Y EQUIPO					
	Estación total	0,003	día	Q 250,00	Q 0,75
SUBTOTAL C					Q 0,75
D)TOTAL COSTOS DIRECTOS					Q 3,21
	administración			15 %	Q 0,48
COSTOS INDIRECTOS					
	supervisión			10 %	Q 0,32
	imprevistos			5 %	Q 0,16
	utilidad			5 %	Q 0,16
E) TOTAL COSTOS INDIRECTOS					Q 1,12
F) COSTO TOTAL					Q 4,34
PRECIO UNITARIO					Q 4,34

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. Renglón de trabajo excavación de cajuela

núm.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	SUBTOTAL
2,1					
A. MATERIAL					
B. MANO DE OBRA					
	Calificada				
	No calificada				
	Ayudante	0,030	día	Q 100,00	Q 3,00
	Prestaciones			50,00 %	Q 1,50
SUBTOTAL B					Q 4,50
C. MAQUINARIA Y EQUIPO					
	Retroexcavadora	0,004	horas	Q 350,00	Q 1,40
SUBTOTAL C					Q 1,40
D) TOTAL COSTOS DIRECTOS					Q 5,90
COSTOS INDIRECTOS	administración			15 %	Q 0,89
	supervisión			10 %	Q 0,09
	imprevistos			5 %	Q 0,30
	utilidad			5 %	Q 0,30
E) TOTAL COSTOS INDIRECTOS					Q 1,56
F) COSTO TOTAL					Q 7,46
PRECIO UNITARIO					Q 7,46

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. Renglón de trabajo conformación de la subrasante y compactación

núm.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	SUBTOTAL
2,2					
A. MATERIAL					
B. MANO DE OBRA					
	Calificada				
	No calificada				
	Ayudante	0,045	día	Q 100,00	Q 4,50
	Prestaciones			50,00 %	Q 2,25
SUBTOTAL B					Q 6,75
C. MAQUINARIA Y EQUIPO					
	Retroexcavadora	0,002	hora	Q 350,00	Q 0,70
	Compactadora vibratoria	0,004	hora	Q 250,00	Q 1,00
SUBTOTAL C					Q 1,70
D) COSTOS DIRECTOS SUBTOTAL					Q 8,45
COSTOS INDIRECTOS		administración		15 %	Q 1,27
		supervisión		10 %	Q 0,85
		imprevistos		5 %	Q 0,42
		utilidad		5 %	Q 0,42
E) COSTOS INDIRECTOS					Q 2,96
F) COSTO TOTAL					Q 11,41
PRECIO UNITARIO					Q 11,41

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. Renglón de trabajo colocación de base y compactación

núm.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	SUBTOTAL
3,1					
A. MATERIAL					
	Material selecto para base	0,180	m ³	Q 100,00	Q 18,00
SUBTOTAL A					Q 18,00
B. MANO DE OBRA					
	Calificada				
	No calificada				
	Ayudante	0,060	día	Q 100,00	Q 6,00
	Prestaciones			50,00 %	Q 3,00
SUBTOTAL B					Q 9,00
C. MAQUINARIA Y EQUIPO					
	Compactadora vibratoria	0,004	hora	Q 250,00	Q 1,00
	Patrol	0,004	hora	Q 450,00	Q 1,80
SUBTOTAL C					Q 2,80
D) TOTAL COSTOS DIRECTOS				Q	29,80
COSTOS INDIRECTOS	administración			15 %	Q 4,47
	supervisión			10 %	Q 2,98
	imprevistos			5 %	Q 1,49
	utilidad			5 %	Q 1,49
E) TOTAL COSTOS INDIRECTOS				Q	10,43
F) COSTO TOTAL				Q	40,23
PRECIO UNITARIO				Q	40,23

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. Renglón de trabajo carpeta de rodadura

núm.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	SUBTOTAL
4,1					
A. MATERIAL					
	Cemento UGC	1,845	sacos	Q 76,00	Q 140,22
	Arena de rio	0,072	m ³	Q 86,00	Q 6,19
	Piedrín 3/4"	0,102	m ³	Q 250,00	Q 25,50
	Costanera de 6"2"1/16' de 6 metros	0,007	m ²	Q 130,00	Q 0,91
	Hierro para sujeción de formaleta	0,100	global	Q 1,00	Q 0,10
	Alambre de amarre	0,050	global	Q 1,00	Q 0,05
	Clavo para madera de 3"	0,003	lb	Q 4,50	Q 0,01
	Antisol rojo	0,008	galon	Q 160,00	Q 1,28
SUBTOTAL A					Q 174,26
B. MANO DE OBRA					
	Calificada				
	Colocación de concreto	0,150	m ³	Q 150,00	Q 22,50
	No Calificada				
	Ayudante		global	50,00 %	Q 11,25
	Prestaciones			50,00 %	Q 16,88
SUBTOTAL B					Q 50,63
C. MAQUINARIA Y EQUIPO					
	Vibrador de concreto	0,1	hora	Q 25,00	Q 2,50
SUBTOTAL C					Q 2,50
D) TOTAL COSTOS DIRECTOS					Q 227,39
COSTOS INDIRECTOS		administración		15 %	Q 34,11
		supervisión		10 %	Q 22,74
		imprevistos		5 %	Q 11,37
		utilidad		5 %	Q 11,37
E) TOTAL COSTOS INDIRECTOS					Q 79,59
F) COSTO TOTAL					Q 306,98
PRECIO UNITARIO					Q 306,98

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. Renglón de trabajo bordillo

núm.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	COSTO UNITARIO	SUBTOTAL
5,1					
A. MATERIAL					
	Cemento UGC	0,284	sacos	Q 76,00	Q 21,55
	Arena de río	0,016	m ³	Q 86,00	Q 1,41
	Piedrín de 3/8"	0,016	m ³	Q 241,00	Q 3,95
	Costanera para formaleta	0,016	global	Q 100,00	Q 1,58
	Electro malla 6"6" 9/9'	0,300	m ²	Q 166,00	Q 3,77
	Alambre de amarre	0,100	lb	Q 4,50	Q 0,03
SUBTOTAL A					Q 32,30
B. MANO DE OBRA					
	Calificada				
	Albañil	1,00	ml	Q 25,00	Q 25,00
	No Calificada				
	Ayudante		global	50,00 %	Q 12,50
	Prestaciones			50,00 %	Q 18,75
SUBTOTAL B					Q 56,25
C. MAQUINARIA Y EQUIPO					
	Vibrador de concreto	0,1	hora	Q 25,00	Q 2,50
SUBTOTAL C					Q 2,50
D) TOTAL COSTOS DIRECTOS					Q 91,05
COSTOS INDIRECTOS	administración			15 %	Q 13,66
	supervisión			10 %	Q 9,10
	imprevistos			5 %	Q 4,55
	utilidad			5 %	Q 4,55
E) TOTAL COSTOS INDIRECTOS					Q 31,86
F) COSTO TOTAL					Q 122,91
PRECIO UNITARIO					Q 122,91

Fuente: elaboración propia.

8.2. Cantidades estimadas de trabajo

Son las cantidades a llevarse a cabo en metros cuadrados o cúbicos, en la construcción de un proyecto de ingeniería civil, con base en cálculos realizados para la elaboración del presupuesto.

Tabla XXIV. Renglones de trabajo

8.2 CANTIDADES ESTIMADAS DE TRABAJO					
núm.	REGLON	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1,1	Bodega	1	unidad	Q 8 640,63	Q 8 640,63
1,2	Replanteo topográfico	4 980	m2	Q 4,34	Q 21 613,20
	Subtotal				Q 30 253,83
2	CONFORMACIÓN DE SUBBASE				
2,1	Excavación de cajuela	1 494	m3	Q 7,46	Q 11 145,24
2,2	Conformación de la subrasante y compactación	4 980	m2	Q 11,41	Q 56 821,80
	Subtotal				Q 67 967,04
3	CONFORMACIÓN DE BASE				
3,1	Base, incluye material mas colocación y compactación, e= 0,15 m	4 980	m2	Q 40,23	Q 200 345,40
	Subtotal				Q 200 345,40
4	FUNDICIÓN DE CARPETA RODADURA				
4,1	Carpeta de rodadura e=0,15 f'c 4000 psi, incluye colocación de concreto, acabado de superficie, curado, corte de concreto	4 980	m2	Q 306,98	Q 1 528 760,40
	Subtotal				Q 1 528 760,40
5	BORDILLO				
5,1	Bordillo de 0,10 m x 0,30 m x 1 m de concreto armado 3,000 PSI	1 660	ml	Q 122,91	Q 204 030,60
	Subtotal				Q 204 030,60
	GRAN TOTAL				Q 2 031 357,27

Fuente: elaboración propia.

8.3. Cronograma de ejecución físico y financiero

Es el tiempo estimado para la construcción de cada uno de los renglones en que está compuesto un proyecto. Mientras que el financiero es la cantidad de dinero necesario en el avance de cada uno los renglones de trabajo.

Tabla XXV. Cronograma de ejecución físico y financiero

CRONOGRAMA FÍSICO Y FINANCIERO	SEMANAS														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1.1) Bodega															Q 8 640,63
1.2) Replanteo topográfico															Q 21 613,20
2.1) Excavación de cajuela															Q 11 145,24
2.2) Conformación de la subrasante y compactación															Q 56 821,80
3.1) Base, incluye material mas colocación y compactación e= 0,15m															Q 200 345,40
4.1) Carpeta de rodadura e=0,15 f'c 4000 psi, incluye colocación de concreto, acabado de superficie, curado, corte de concreto															Q 1 528 760,40
5.1) Bordillo de 0,10 m x 0,30 m x 1 m de concreto armado 3.000 PSI															Q 204 030,60
GRAN TOTAL															Q 2 031 357,27

Fuente: elaboración propia.

Costo del proyecto: 2 031 357,27.

Tiempo estimado del proyecto 3 meses y medio.

9. EVALUACIÓN AMBIENTAL INICIAL

Se llama evaluación ambiental inicial (EAI) a lo siguiente:

- Denota el proceso de evaluar impactos al medio ambiente a la vez que cumplan con las características establecidas en el listado taxativo implementado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). Se analizará el impacto al entorno que genera cada una de las fases que comprende el proyecto desde su concepción hasta su operación determinando el grado de impacto dando una clasificación al mismo de bajo, moderado y alto.
- Denota a una etapa temprana de la EAI donde se describe una evaluación preliminar y breve de impactos resultantes de una acción.
- Documento que detalla la EAI para una acción particular o tipo de acciones.
- La EIA en tanto un sistema de advertencia temprana como un proceso de análisis continuo, que protege los recursos ambientales sensitivos contra daños injustificados o no anticipados.
- Debe incluir análisis de impactos primarios como secundarios, satisfaciendo al máximo posible las tácticas y normas ambientales que aplican el análisis de impacto.

Su finalidad es establecer una política ambiental sustantiva que proteja los recursos naturales, la calidad ambiental y la salud, tanto pública como ecológica, e integrar los objetivos económicos, sociales y ambientales. La EIA en tanto un sistema de advertencia temprana como un proceso de análisis

continuo, que protege los recursos ambientales sensitivos contra daños injustificados o no anticipados.

Tipos de impactos:

- Impactos primarios: son aquellos efectos que causa acción y que ocurren generalmente en el mismo tiempo y lugar de acción.
- Impactos a corto plazo: la pérdida de un pasto vegetal, cortar un área se considera a corto plazo porque el área puede vegetarse con semillas.
- Impactos a largo plazo: la pérdida de bosques maduros debido a la reforestación y el tiempo para que el mismo llegue a la madurez.
- Impactos secundarios.
 - Son los cambios indirectos o inducidos en el medio ambiente en el medio ambiente, la población, el crecimiento económico y el uso de terrenos.
 - Cubren todos los efectos potenciales de los cambios adicionales que pudiesen ocurrir más adelante o los lugares diferentes como resultado de una acción particular.

Ambiente del aire:

La evaluación del ambiente del aire empieza con la documentación de la calidad actual del aire, la calidad deseable y las normas reglamentarias prevalecientes. Los efectos potenciales de la acción propuesta deben entenderse lo suficientemente bien, para modelar las concentraciones de

contaminantes aéreos importantes que se esperarían si la acción se implementara.

Ambiente socioeconómico

Esta evaluación debe considerar la demografía existente, el valor de los terrenos, la distribución de los ingresos, tarifas de impuestos y otra información relacionada a la estructura y función de las comunidades humanas afectadas por la acción propuesta.

Mitigación de impacto ambiental

Es la implementación de decisiones o actividades diseñadas para reducir en el medio ambiente los impactos indeseables de una acción propuesta.

- Evitar completamente los impactos al no tomar una acción en particular.
- Disminuir los impactos al limitar la magnitud de la acción.
- Reducir los impactos poco a poco al llevar a cabo actividades de mantenimiento durante toda la duración de la acción.

Otros factores de una evaluación inicial ambiental son el ruido y sonido.

- Ruido: sonido indeseable tiene efectos adversos en los seres humanos.
 - Tipos de ruido
 - Ruido de impacto: es de corta duración y elevada intensidad (explosiones, fuego de artillería).
 - Ruido continuo: mayor duración menor intensidad (construcción y tráfico).

- **Sonido:** es una energía mecánica procedente de una superficie de vibración y se transmite por series cíclicas de compresión.

Tabla XXVI. **Rangos normales de niveles de energía en la construcción equivalente de Dba**

actividad	vivienda	edificio	estación	carretera
Limpieza de terreno.	83	83	84	84
Excavación	88	75	89	78
Cimentaciones	81	81	77	88
Levantamiento	81	65	84	78
Acabados	88	72	89	84

Fuente: elaboración propia.

En este proyecto los impactos son a corto plazo. En la construcción de pavimento de una colonia, los impactos son menos significativos, porque no cruzan zonas como, área de protección de agrícola, área de protección forestal, entre otros.

Factores que causan impacto ambiental y sus obras de mitigación son:

- **Suelos:**
 - Impacto: deslaves de material, erosión de cortes.
 - Medida de mitigación: prevención durante la construcción, prevención de erosión usando estabilización física.
 - Recursos hídricos.

- Impacto: alteración del drenaje superficial.
 - Medida de mitigación: construcción durante estación seca, minimizar la erosión de la ribera del río, y otros.
 - Impacto: disminución de la calidad del agua.
 - Medida de mitigación: alteración mínima de corrientes de aguas naturales.
 - Impacto: contaminación de cuerpos de agua por causa de insumos utilizados durante la construcción.
 - Medida de mitigación: depositar los desechos de insumos en un lugar fuera de la zona del cauce del río.
- Calidad del aire:
 - Impacto: contaminación del aire por polvo generado en construcción.
 - Medida de mitigación: uso de agua para minimizar la generación de polvo.
 - Salud humana.
 - Impacto: riesgos para la salud de los trabajadores.
 - Medida de mitigación: desarrollar plan de seguridad e higiene.
 - Impacto: generación de desechos sólidos derivados de las actividades de los trabajadores de la obra.
 - Medida de mitigación: hacer servicio sanitario provisional, colocar toneles para la basura y para posterior disposición en zona adecuada.
 - Vegetación y fauna.
 - Impacto: remoción y afectación de cobertura vegetal.
 - Medida de mitigación: utilizar la infraestructura existente en la instalación de los trabajadores, separar la capa de material orgánico de la del material inerte, disponer adecuadamente el

material orgánico para su posible reutilización, evitar el paso de maquinaria sobre el suelo de cobertura vegetal fuera del área de la obra, restaurar las zonas afectadas con especies establecidas en el lugar.

- Población.
- Impacto: incremento de los niveles de accidentes.
- Medida de mitigación: transportar el material de excavación sin superar la capacidad del vehículo de carga, mantener una adecuada señalización en el área de la obra, en etapa de ejecución y operación, instalar cercos perimetrales en los frentes de trabajo.

CONCLUSIONES

1. El proyecto de pavimentación contribuirá grandemente a mejorar la calidad de vida de los habitantes que se beneficiarán directamente cuando se construya. Se satisficará de esta manera, una necesidad latente, tomando en cuenta que la colonia se encuentra ubicada en una de las zonas de la ciudad de Guatemala.
2. La pavimentación de una calle, mejora las actividades de locomoción del lugar y evita enfermedades respiratorias a causa del polvo que se genera en verano.
3. Es importante la evaluación de impacto ambiental, para conocer los efectos ecológicos en el lugar antes y después de ejecutar los proyectos; ya que, así se ven con más claridad los impactos positivos y negativos que se dan.
4. Dar a conocer un presupuesto aproximado del proyecto para su ejecución.
5. Debido al tipo de suelo del sector que es arena limosa se optó por un pavimento rígido, ya que este tipo de pavimento anula las posibilidades de deformación, haciendo del pavimento tenga una vida útil mayor.

RECOMENDACIONES

1. Al construir el pavimento rígido se debe implementar un plan de mantenimiento ya que si se desgasta el sello de las juntas, podría causar filtración a la base en época de invierno y se deformaría la subrasante; causando así el colapso y hundimiento del pavimento.
2. Involucrar a los usuarios dentro del proceso constructivo en el proyecto, así podrán valorar y conservar la pavimentación en óptimas condiciones.
3. Los presupuestos son una referencia y no se deben tomar como definitivos al momento de realizar la contratación ya que, están sujetos a cambios principalmente por las circunstancias económicas que existan al momento de construir.
4. Pavimentar las calles antes de lotificar para que los habitantes tengan una mejor calidad de vida.

BIBLIOGRAFÍA

1. BOLAÑOS BARRIOS, Walter Raúl. *Guía teórica y práctica del curso de pavimentos*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 145 p.
2. CRUZ ARRIOLA, Algedy Rocio. *Diseño de pavimento rígido para el asentamiento la Isla, zona 13, Ciudad de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 112 p.
3. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 5ª ed. México: Limusa, 2004. 602 p.
4. MONGE ARANA, Manuel. *Diseño de pavimento rígido para la colonia la Libertad, Aldea la Comunidad zona 10 de Mixco*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 119 p.
5. Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda. *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: Dirección General de Caminos, 2001. 724 p.

APÉNDICE

Libreta topográfica.

P	N	E	Z	D
1000	1000	1000	1500	
100001	1001.659	996.907	1500.173	ESQ.CALLE
100002	999.219	1001.286	1499.911	ESQ.CALLE
100003	1020.761	1006.155	1502.376	ORILLA CALLE
100004	1019.67	1008.751	1502.355	CENTRO CALLE
100005	1018.728	1010.602	1502.382	ORILLA CALLE
100006	1040.28	1015.387	1504.257	ORILLA CALLE
100007	1039.114	1017.683	1504.22	CENTRO CALLE
100008	1038.088	1019.792	1504.222	ORILLA CALLE
100009	1059.895	1024.674	1506.065	ORILLA CALLE
100010	1058.68	1027.097	1506.019	CENTRO CALLE
100011	1057.725	1029.067	1506.043	ORILLA CALLE
100012	1079.468	1033.999	1508.669	ORILLA CALLE
100013	1078.337	1036.339	1508.598	CENTRO CALLE
100014	1077.288	1038.394	1508.606	ORILLA CALLE
100015	1098.97	1043.319	1511.704	ORILLA CALLE
100016	1097.865	1045.767	1511.76	CENTRO CALLE
100017	1096.887	1047.757	1511.746	ORILLA CALLE
100018	1118.61	1052.59	1516.179	ORILLA CALLE
100019	1117.655	1054.837	1516.187	CENTRO CALLE
100020	1116.596	1057.056	1516.225	ORILLA CALLE
100021	1138.094	1061.874	1520.474	ORILLA CALLE
100022	1136.917	1064.299	1520.494	CENTRO CALLE
100023	1135.862	1066.332	1520.503	ORILLA CALLE
100024	1147.315	1066.354	1522.351	ORILLA CALLE
100025	1146.259	1068.878	1522.31	CENTRO CALLE
100026	1145.31	1070.909	1522.322	ORILLA CALLE
1001	1153.669	1074.021	1523.462	ESTACION
100101	1150.622	1067.953	1522.901	ESQ.CALLE
100102	1155.274	1070.305	1523.452	ESQ.CALLE
100103	1148.265	1072.585	1522.942	ORILLA CALLE
100104	1157.068	1054.45	1523.891	ORILLA CALLE
100105	1159.515	1055.696	1523.765	CENTRO CALLE
100106	1161.694	1056.669	1524.054	ORILLA CALLE
100107	1172.271	1078.626	1524.758	ORILLA CALLE
100108	1171.264	1080.864	1524.749	CENTRO CALLE

Continuación del apéndice 1.

100109	1170.097	1082.987	1524.742	ORILLA CALLE
1002	1165.454	1039.059	1524.238	ESTACION
100201	1163.126	1041.478	1524.166	ESQ.CALLE
100202	1165.877	1035.969	1524.474	ESQ.CALLE
100203	1169.575	1041.87	1524.71	ORILLA CALLE
100204	1146.647	1033.473	1522.91	ORILLA CALLE
100205	1147.893	1031.288	1522.716	CENTRO CALLE
100206	1148.845	1028.792	1522.739	ORILLA CALLE
100207	1129.629	1025.288	1519.281	ORILLA CALLE
100208	1130.814	1023.044	1519.186	CENTRO CALLE
100209	1131.833	1020.832	1519.373	ORILLA CALLE
100210	1112.102	1016.782	1515.741	ORILLA CALLE
100211	1113.425	1014.61	1515.662	CENTRO CALLE
100212	1114.236	1012.517	1515.755	ORILLA CALLE
100213	1094.343	1008.982	1513.013	ORILLA CALLE
100214	1095.508	1006.672	1512.788	CENTRO CALLE
100215	1096.839	1004.476	1513.009	ORILLA CALLE
100216	1076.875	1000.183	1510.832	ORILLA CALLE
100217	1077.845	997.977	1510.791	CENTRO CALLE
100218	1078.787	995.775	1510.915	ORILLA CALLE
100219	1060.315	992.154	1508.595	ORILLA CALLE
100220	1061.329	989.985	1508.285	CENTRO CALLE
100221	1062.349	988.093	1508.588	ORILLA CALLE
100222	1042.481	983.566	1505.859	ORILLA CALLE
100223	1043.688	981.482	1505.805	CENTRO CALLE
100224	1044.593	979.734	1505.978	ORILLA CALLE
100225	1028.29	977.215	1503.92	ORILLA CALLE
100226	1029.208	974.99	1503.939	CENTRO CALLE
100227	1030.227	972.671	1504.229	ORILLA CALLE
100228	1012.958	970.135	1502.015	ESQ.CALLE
100229	1014.343	964.966	1502.258	ESQ.CALLE
100230	1170.343	1010.51	1525.94	ORILLA CALLE
100231	1172.926	1021.117	1525.694	CENTRO CALLE
100232	1176.35	1021.841	1525.978	ORILLA CALLE
1003	1013.675	968.437	1502.101	ESTACION
1004	1177.188	1005.773	1526.086	ESTACION
100401	1173.749	1008.442	1526.253	ESQ. CALLE

Continuación del apéndice 1.

100402	1175.926	1001.904	1525.836	ESQ. CALLE
100403	1180.21	1006.388	1526.877	ORILLA CALLE
100404	1179.86	985.836	1526.491	ORILLA CALLE
100405	1182.031	986.183	1526.472	CNTRO CALLE
100406	1185.13	987.132	1526.753	ORILLA CALLE
100407	1185.209	966.797	1526.198	ORILLA CALLE
100408	1187.403	967.508	1525.907	CENTRO CALLE
100409	1190.107	968.43	1526.79	ORILLA CALLE
100410	1185.987	962.748	1525.44	ESQ. CALLE
100411	1191.968	962.824	1526.007	ESQ. CALLE
100412	1157.721	1000.506	1523.786	ORILLA CALLE
100413	1158.936	997.856	1523.598	CENTRO CALLE
100414	1159.878	995.405	1523.706	CENTRO CALLE
100415	1139.994	992.284	1521.222	ORILLA CALLE
100416	1141.238	989.474	1521.191	CENTRO CALLE
100417	1142.031	987.418	1521.705	ORILLA CALLE
100418	1121.822	983.641	1518.843	ORILLA CALLE
100419	11122.928	981.448	1518.772	CENTRO CALLE
100420	1123.963	979.069	1519.043	ORILLA CALLE
100421	1103.777	975.206	1516.623	ORILLA CALLE
100422	1104.794	972.597	1516.641	CENTRO CALLE
100423	1105.501	970.829	1516.666	ORILLA CALLE
100424	1087.235	967.154	1513.903	ORILLA CALLE
100425	1088.038	965.229	1513.844	CENTRO CALLE
100426	1088.668	963.469	1514.116	ORILLA CALLE
1005	1188.667	962.803	1525.724	ESTACION
1006	1076.731	959.659	1512.366	ESTACION
100601	1075.944	961.807	1512.337	ESQ.CALLE
100602	1076.47	960.293	1512.33	ESQ. CALLE
100603	1077.511	957.763	1512.459	ESQ.CALLE
100604	1077.848	953.855	1512.421	ESQ.CALLE
100605	1058.245	953.881	1509.667	ORILLA CALLE
100606	1058.932	951.441	1509.538	CENTRO CALLE
100607	1059.905	948.74	1509.692	ORILLA CALLE
100608	1038.966	945.865	1506.975	CENTRO CALLE
100609	1030.407	945.865	1506.975	CENTRO CALLE
100610	1039.787	943.435	1507.045	ORILLA CALLE

Continuación del apéndice 1.

100611	1020.142	943.174	1503.699	ESQ. CALLE
100612	1021.137	938.852	1503.87	ESQ.CALLE
1007	1020.971	939.724	1503.823	ESTACION
1008	1184.148	1086.921	1525.099	ESTACION
100801	1181.162	1082.712	1524.989	ESQ. CALLE
100802	1186.134	1085.153	1525.097	ESQ. CALLE
100803	1184.87	1090.262	1525.097	ORILLA CALLE
100804	1202.715	1092.996	1525.347	ORILLA CALLE
100805	1201.748	1095.247	1525.347	CENTRO CALLE
100806	1200.833	1097.483	1525.431	ORILLA CALLE
100807	1221.421	1101.634	1525.612	ORILLA CALLE
100808	1220.339	1103.921	1525.609	CENTRO CALLE
100809	1219.231	1106.118	1525.583	ORILLA CALLE
100810	1239.255	1109.966	1525.853	ORILLA CALLE
100811	1238.266	1112.259	1525.85	CENTRO CALLE
100812	1237.184	1114.459	1525.85	ORILLA CALLE
100813	1257.058	1118.194	1518.843	ORILLA CALLE
100814	1256.118	1120.493	1526.051	CENTRO CALLE
100815	1255.11	1122.669	1526.052	ORILLA CALLE
100816	1263.431	1121.136	1526.156	ESQ. CALLE
100817	1261.646	1125.665	1526.141	ESQ. CALLE
100818	1189.591	1067.52	1526.731	ORILLA CALLE
100819	1191.963	1068.79	1526.95	CENTRO CALLE
100820	1193.846	1070.203	1527.073	ORILLA CALLE
100821	1196.30	1050.409	153044	ORILLA CALLE
100822	1199.633	1051.636	1530.412	ORILLA CALLE
100823	1201.845	1052.993	1530.749	ORILLA CALLE
1009	1262.397	1123.364	1526.141	ESTACION
1010	1204.61	1038.468	1532.377	ESTACION
101001	1201.058	1037.264	1532.076	ORILLA CALLE
101002	1206.84	1039.211	1532.101	ORILLA CALLE
101003	1206.249	1019.961	1533.052	ORILLA CALLE
101004	1209.779	1020.778	1533.686	CENTRO CALLE
101005	1212.268	1021.53	1533.937	ORILLA CALLE
101006	1210.652	1007.821	1532.674	ESQ. CALLE

Continuación del apéndice 1.

101007	1216.238	1009.101	1533.885	ORILLA CALLE
1011	1213.27	1008.576	1533.559	ESTACION
NORTE	0	0	0	

Fuente: elaboración propia.

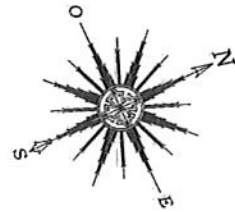
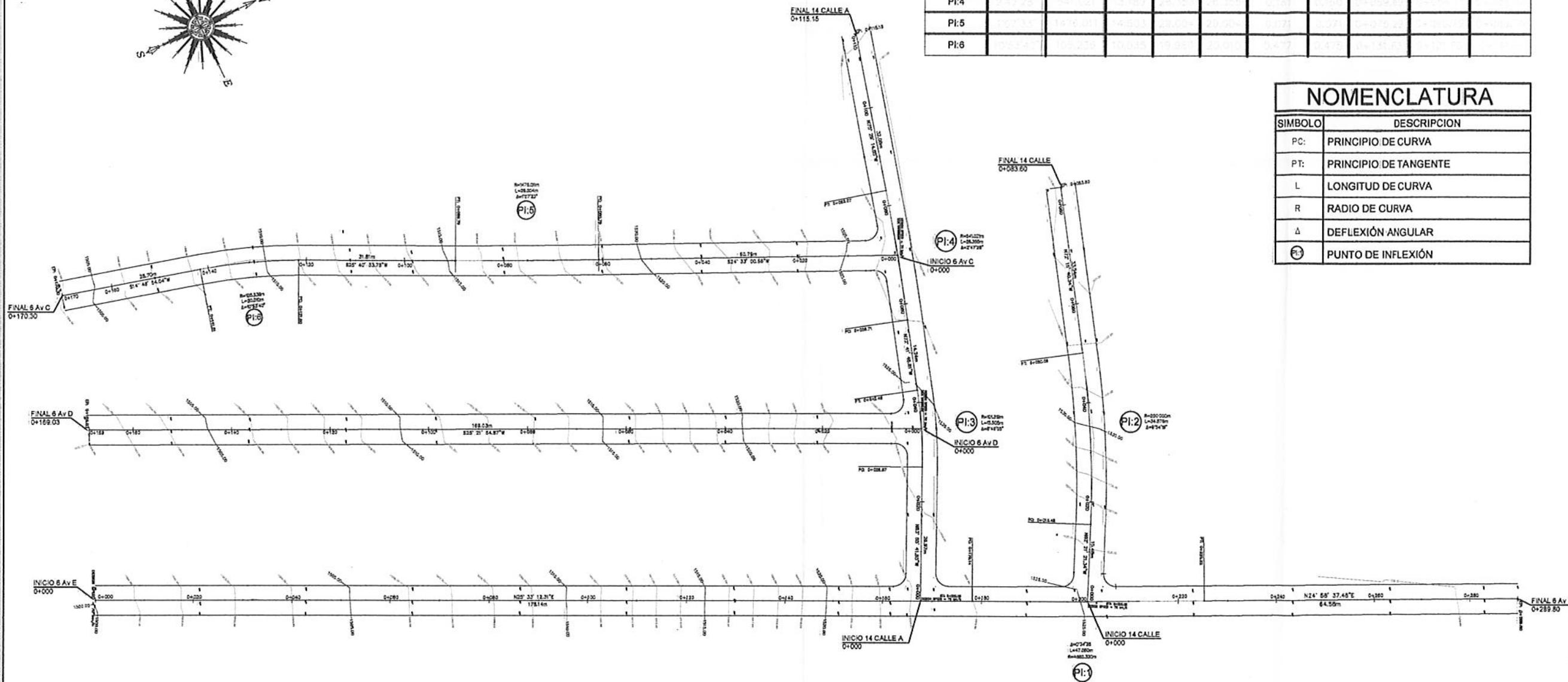


TABLA DE ELEMENTOS DE CURVAS										
CURVA No.	DELTA	RADIO	St	CM	LC	EXTERNAL	OM	PI	PC	PT
PI:1										
PI:2										
PI:3										
PI:4										
PI:5										
PI:6										

NOMENCLATURA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
PC:	PRINCIPIO DE CURVA
PT:	PRINCIPIO DE TANGENTE
L	LONGITUD DE CURVA
R	RADIO DE CURVA
Δ	DEFLEXIÓN ANGULAR
PI	PUNTO DE INFLEXIÓN



PLANTA GENERAL

ESC. HORIZONTAL 1:400
ESC. VERTICAL 1:400

PROYECTO:
DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO, PARA LA COLONIA SANTA MARIA LA PAZ III,
ZONA 21, CIUDAD DE GUATEMALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

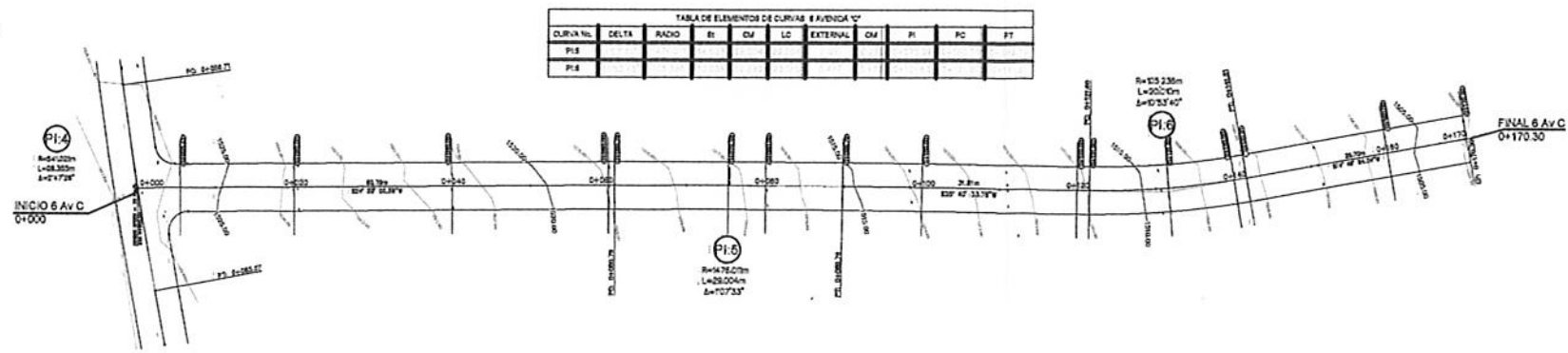
CONTIENE: **PLANTA GENERAL**

ESCALA: INDICADA DISEÑO: RODELBÍ FUENTES FECHA: 27 ABRIL 2015

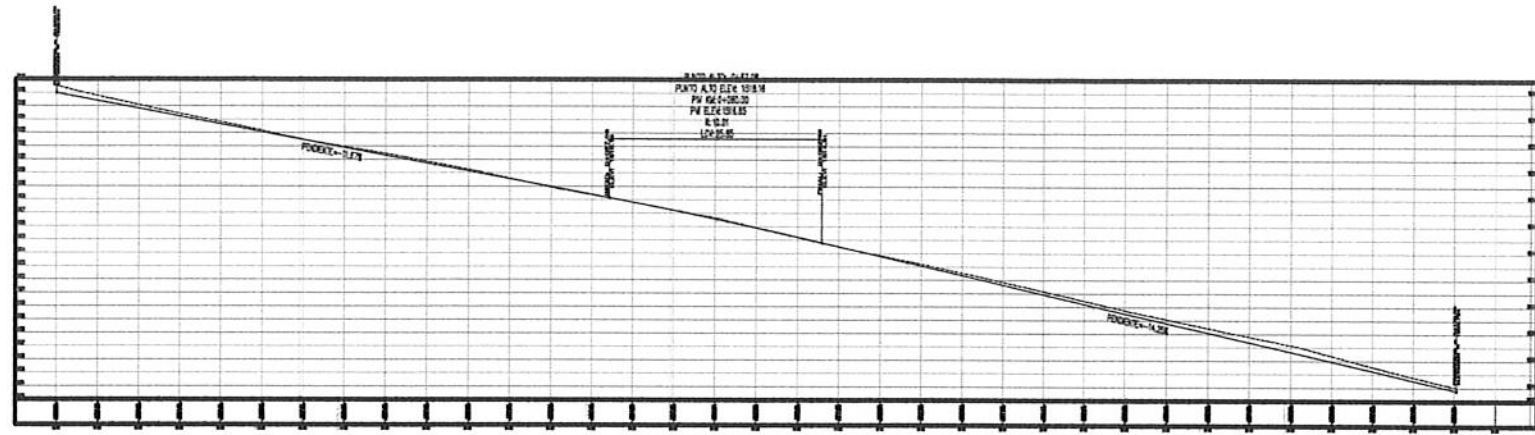
LUGAR: COLONIA SANTA MARIA LA PAZ III, ZONA 21, CIUDAD DE GUATEMALA TOPOGRAFIA: RODELBÍ FUENTES ASESOR: ING. WILLIAN RICARDO YON CHAVARRIA

INGENIERIA YON CHAVARRIA
ING. MARIO ARRIOLA
COORDINADOR DE AGS TOPOGRAFIA Y TRANSPORTES

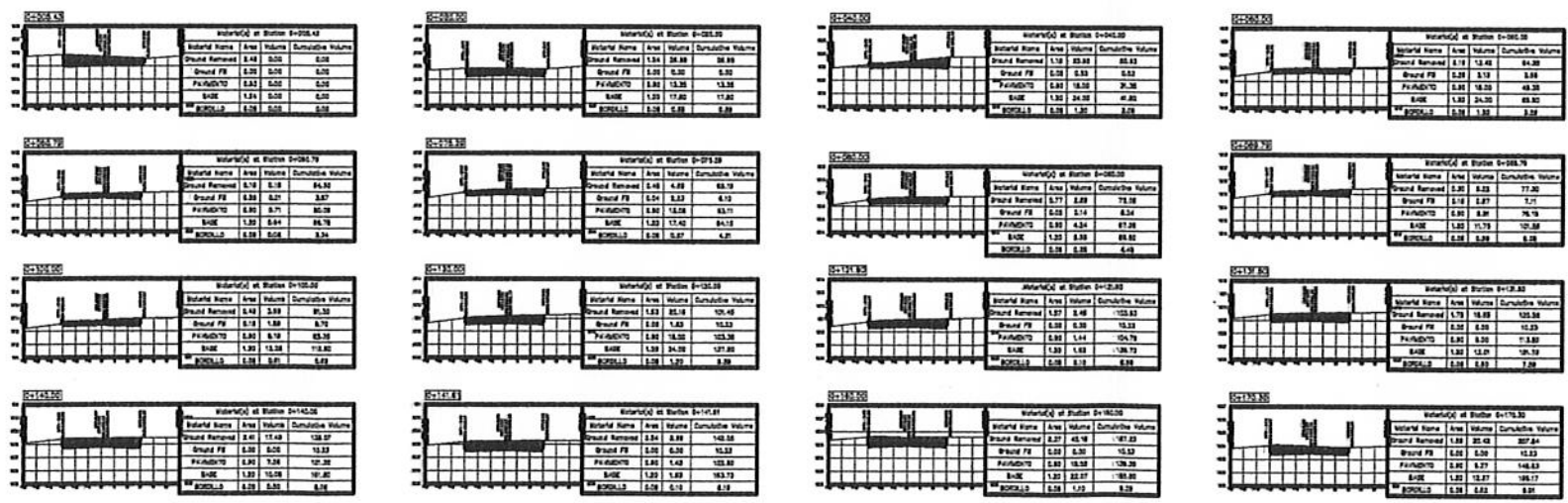
COL. No. 2029



PLANTA GENERAL 6 AVENIDA "C"
0+000 A 0+170.30 ESCALA 1:400



PERFIL 6 AVENIDA "C"
0+000 A 0+170.30 ESC. HORIZONTAL 1:400 ESC. VERTICAL 1:250



SECCIONES TRANSVERSALES 6 AVENIDA "C"
0+000 A 0+170.30 ESC. HORIZONTAL 1:250 ESC. VERTICAL 1:250

NOMENCLATURA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
-----	TERRENO NATURAL
-----	RAZANTE SUBACONDIONADA
PENDIENTE = %	PENDIENTE
LCV:	LONGITUD DE CURVA VERTICAL
INO:	INICIO DE CURVA VERTICAL
ELEV:	ELEVACION TANGENTE VERTICAL
K:	PARAMETRO DE LA CURVA
Δ	CURVA VERTICAL
PC:	PRINCIPIO DE CURVA
PT:	PRINCIPIO DE TANGENTE
L	LONGITUD DE CURVA
R	RADIO DE CURVA
Δ	DEFLEXIÓN ANGULAR
⊙	PUNTO DE INFLEXIÓN

PROYECTO:
DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO, PARA LA COLONIA SANTA MARIA LA PAZ III,
ZONA 21, CIUDAD DE GUATEMALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

CONTIENE:
PLANIMETRIA Y ALTIMETRIA
6 AVENIDA "C" 0+000 A 0+170.30

ESCALA: INDICADA DISEÑO: RODELBI FUENTES FECHA: 27 ABRIL 2015

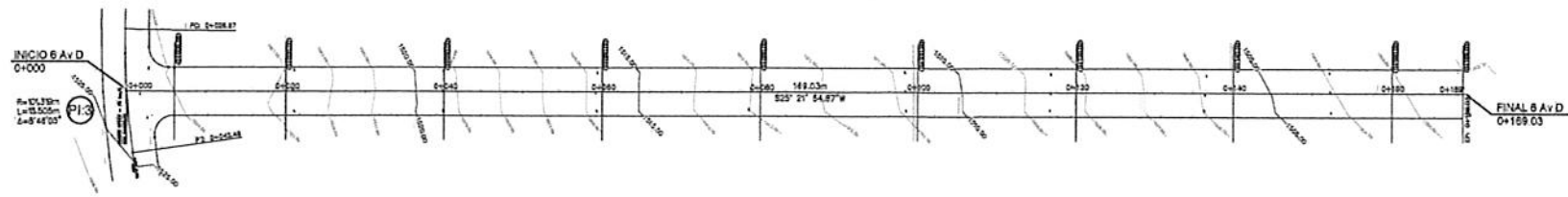
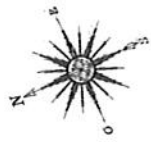
LUGAR: COLONIA SANTA MARIA LA PAZ III, ZONA 21, CIUDAD DE GUATEMALA TOPOGRAFIA: RODELBI FUENTES ASESOR: ING. WILLIAN RICARDO YON CHAVARRIA

ING. WILLIAN RICARDO YON CHAVARRIA
COORDINADOR DE AREA TOPOGRAFIA Y TRANSITO

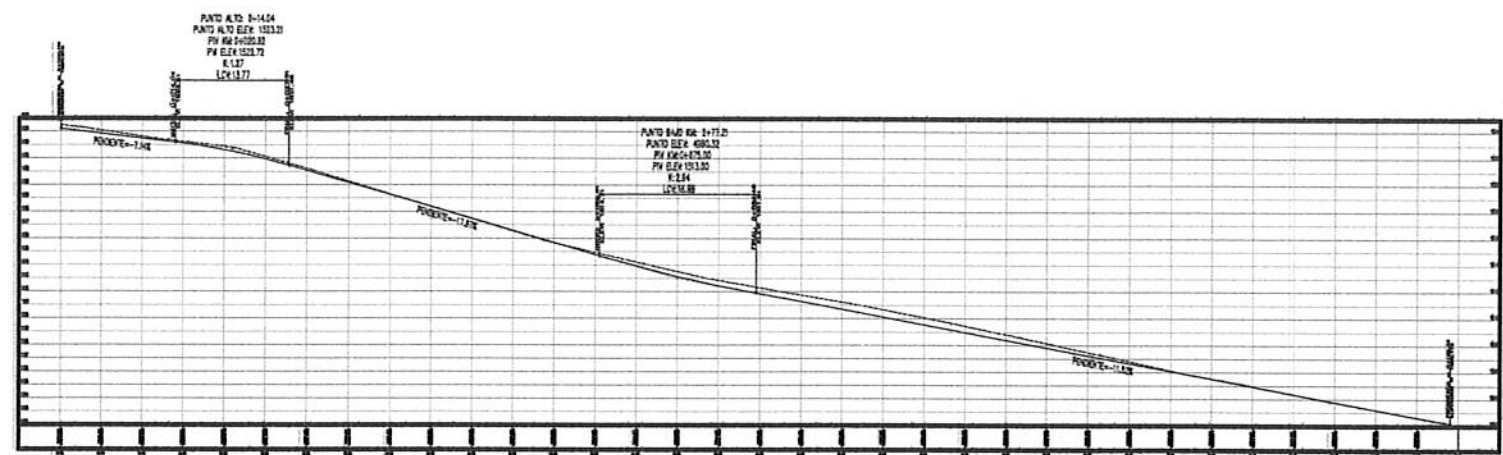
ING. MARIO ARBOL
COORDINADOR DE AREA TOPOGRAFIA Y TRANSITO

COL. M...

02
07

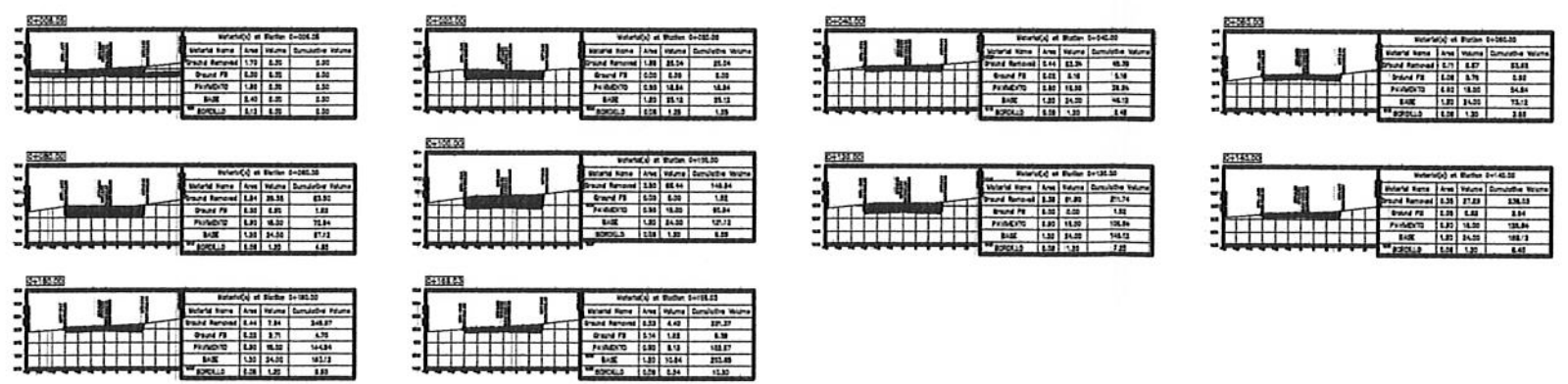


PLANTA GENERAL 6 AVENIDA "D"
0+000 A 0+169.03 ESCALA 1:400



PERFIL 6 AVENIDA "D"
0+000 A 0+169.03 ESC. HORIZONTAL 1:400 ESC. VERTICAL 1:250

NOMENCLATURA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
—	TERRENO NATURAL
—	RAZANTE SUBACONDICIONADA
PENDIENTE = %	PENDIENTE
LCV:	LONGITUD DE CURVA VERTICAL
INO:	INICIO DE CURVA VERTICAL
ELEV:	ELEVACION TANGENTE VERTICAL
K:	PARAMETRO DE LA CURVA
Δ	CURVA VERTICAL
PC:	PRINCIPIO DE CURVA
PT:	PRINCIPIO DE TANGENTE
L	LONGITUD DE CURVA
R	RADIO DE CURVA
Δ	DEFLEXIÓN ANGULAR
⊙	PUNTO DE INFLEXIÓN



SECCIONES TRANSVERSALES 6 AVENIDA "D"
0+000 A 0+169.03 ESC. HORIZONTAL 1:250 ESC. VERTICAL 1:250

PROYECTO:
DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO, PARA LA COLONIA SANTA MARIA LA PAZ III,
ZONA 21, CIUDAD DE GUATEMALA

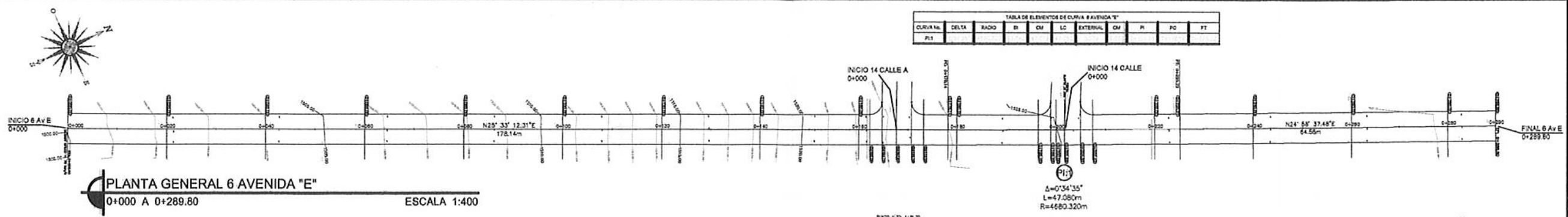
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

CONTIENE: PLANIMETRIA Y ALTIMETRIA
6 AVENIDA "D" 0+000 A 0+169.03

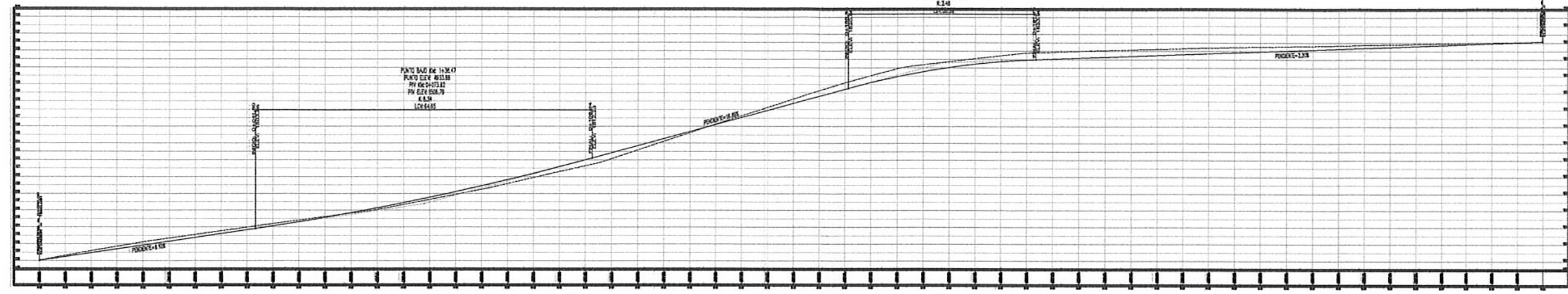
ESCALA: INDICADA DISEÑO: RODELBÍ FUENTES FECHA: 27 ABRIL 2015

LUGAR: COLONIA SANTA MARIA LA PAZ III, ZONA 21, CIUDAD DE GUATEMALA TOPOGRAFIA: RODELBÍ FUENTES ASESOR: ING. WILLIAM RICARDO YON CHAVARRIA

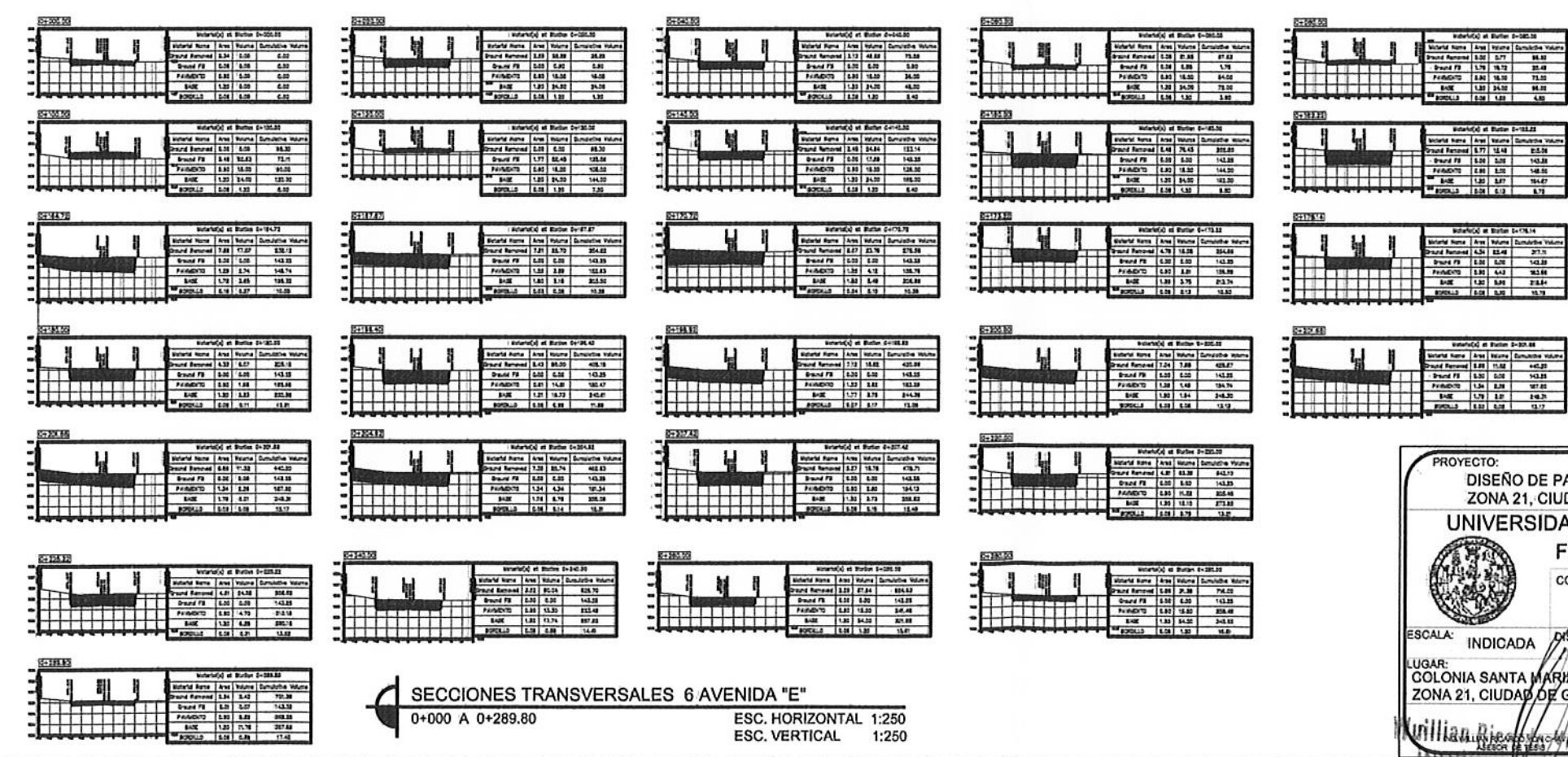
INGENIERO CIVIL
COL. No. 2026



PLANTA GENERAL 6 AVENIDA "E"
0+000 A 0+289.80 ESCALA 1:400



PERFIL 6 AVENIDA "E"
0+000 A 0+289.80 ESC. HORIZONTAL 1:400 ESC. VERTICAL 1:250



SECCIONES TRANSVERSALES 6 AVENIDA "E"
0+000 A 0+289.80 ESC. HORIZONTAL 1:250 ESC. VERTICAL 1:250

NOMENCLATURA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
—	TERRENO NATURAL
—	RAZANTE SUBCONDICIONADA
PONDENTE = %	PENDIENTE
LCV:	LONGITUD DE CURVA VERTICAL
INC:	INICIO DE CURVA VERTICAL
ELEV:	ELEVACION TANGENTE VERTICAL
K:	PARAMETRO DE LA CURVA
Δ	CURVA VERTICAL
PC:	PRINCIPIO DE CURVA
PT:	PRINCIPIO DE TANGENTE
L	LONGITUD DE CURVA
R	RADIO DE CURVA
Δ	DEFLEXIÓN ANGULAR
⊖	PUNTO DE INFLEXIÓN

PROYECTO:
DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO, PARA LA COLONIA SANTA MARIA LA PAZ III,
ZONA 21, CIUDAD DE GUATEMALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

CONTIENE: PLANIMETRIA Y ALTIMETRIA
6 AVENIDA "E" 0+000 A 0+289.80

ESCALA: INDICADA DISEÑO: RODELBÍ FUENTES FECHA: 27 ABRIL 2015

LUGAR: COLONIA SANTA MARIA LA PAZ III, ZONA 21, CIUDAD DE GUATEMALA TOPOGRAFIA: RODELBÍ FUENTES ASESOR: ING. WILLIAN RICARDO YON CHAVARRIA

ING. WILLIAN RICARDO YON CHAVARRIA
COORDINADOR DE AREA TOPOGRAFIA Y TRANSITO

ING. MARIO ARROJA
COORDINADOR DE AREA TOPOGRAFIA Y TRANSITO

RODELBÍ FUENTES
ESTUDIANTE

04
07

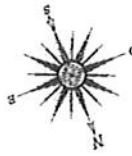
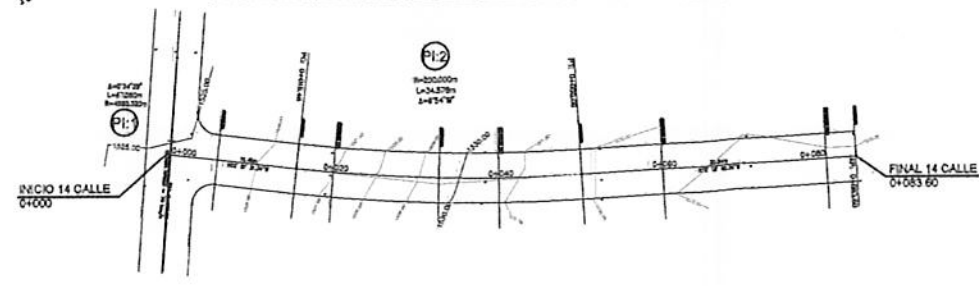
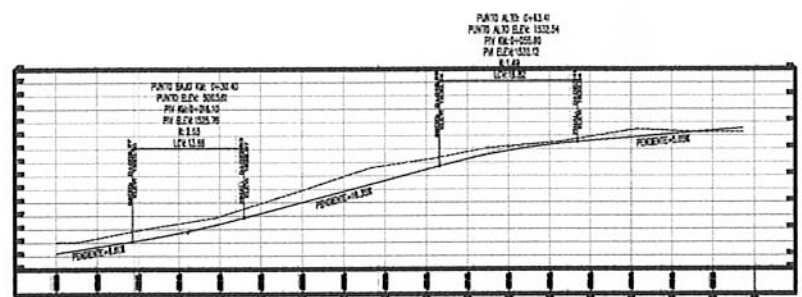


TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA 14 CALLE										
CURVA No.	DELTA	RADIO	BI	CM	LC	EXTERNAL	CM	PI	PC	PT
PI-1										
PI-2										

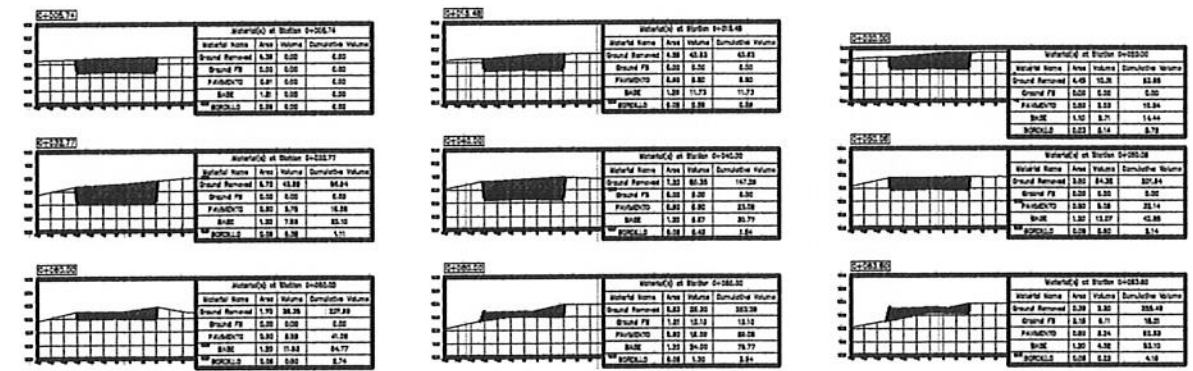


PLANTA GENERAL 14 CALLE
0+000 A 0+083.60 ESCALA 1:400



PERFIL 14 CALLE
0+000 A 0+083.60
ESC. HORIZONTAL 1:400
ESC. VERTICAL 1:250

NOMENCLATURA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
—	TERRENO NATURAL
—	RAZANTE SUBCONDICIONADA
PENDIENTE	PENDIENTE
LCV	LONGITUD DE CURVA VERTICAL
NOI	INICIO DE CURVA VERTICAL
ELEV	ELEVACION TANGENTE VERTICAL
K	PARAMETRO DE LA CURVA
Δ	CURVA VERTICAL
PC	PRINCIPIO DE CURVA
PT	PRINCIPIO DE TANGENTE
L	LONGITUD DE CURVA
R	RADIO DE CURVA
Δ	DEFLEXIÓN ANGULAR
PI	PUNTO DE INFLEXIÓN



SECCIONES TRANSVERSALES 14 CALLE
0+000 A 0+083.60
ESC. HORIZONTAL 1:250
ESC. VERTICAL 1:250

PROYECTO:
DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO, PARA LA COLONIA SANTA MARIA LA PAZ III,
ZONA 21, CIUDAD DE GUATEMALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

CONTIENE: PLANIMETRIA Y ALTIMETRIA
14 CALLE 0+000 A 0+183.60

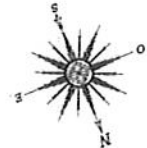
ESCALA: INDICADA DISEÑO: RODELBI FUENTES FECHA: 27 ABRIL 2015

LUGAR: COLONIA SANTA MARIA LA PAZ III, ZONA 21, CIUDAD DE GUATEMALA TOPOGRAFIA: RODELBI FUENTES ASESOR: ING. WILLIAN RICARDO YON CHAVARRIA

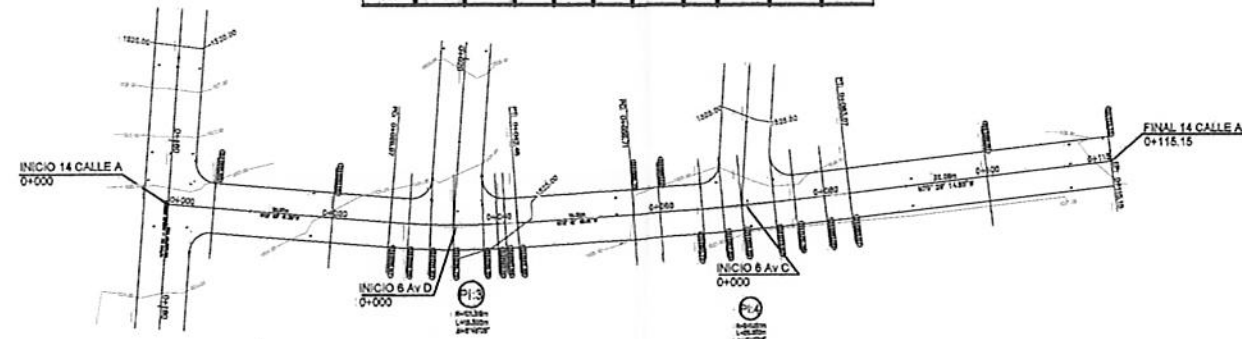
Willian Ricardo Yon Ch. e.
ING. MARCO ARRIOLA
COORDINADOR DE AREA TOPOGRAFIA Y TRANSPORTES

05
07

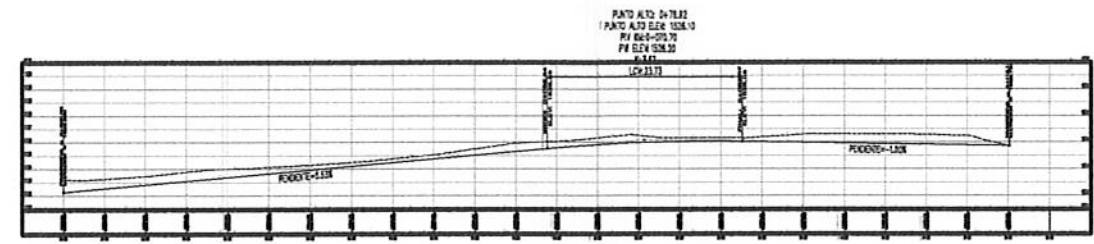
COL. 2029



CURVA NO.	DELTA	RADIO	BI	CM	LC	EXTENSAL	CM	PI	PC	PT
PI.3										
PI.4										



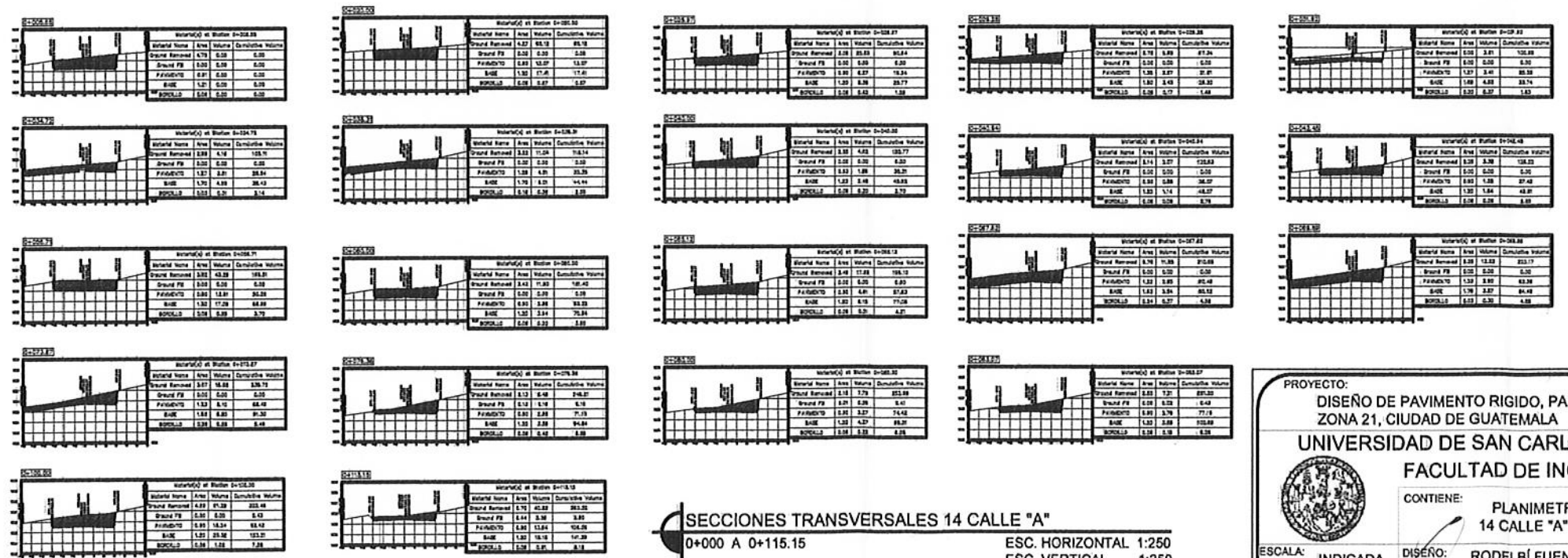
PLANTA GENERAL 14 CALLE "A"
0+000 A 0+115.15 ESCALA 1:400



PERFIL 14 CALLE
0+000 A 0+115.15
ESC. HORIZONTAL 1:400
ESC. VERTICAL 1:250

SIMBOLO	DESCRIPCION
-----	TERRENO NATURAL
————	RAZANTE SUBCONDICIONADA
PONDENTE = %	PENDIENTE
LCV:	LONGITUD DE CURVA VERTICAL
NOO:	INICIO DE CURVA VERTICAL
ELEV:	ELEVACION TANGENTE VERTICAL
K:	PARAMETRO DE LA CURVA
Δ	CURVA VERTICAL
IPC:	PRINCIPIO DE CURVA
IPT:	PRINCIPIO DE TANGENTE
L	LONGITUD DE CURVA
R	RADIO DE CURVA
Δ	DEFLEXIÓN ANGULAR
⊖	PUNTO DE INFLEXIÓN

MATERIAL	VOLUMEN TOTAL EN m3
CORTE	1799.210
RELLENO	181.920
PAVIMENTO	738.270
IBASE	984.290
BORDILLO	49.860



SECCIONES TRANSVERSALES 14 CALLE "A"
0+000 A 0+115.15
ESC. HORIZONTAL 1:250
ESC. VERTICAL 1:250

PROYECTO:
DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO, PARA LA COLONIA SANTA MARIA LA PAZ III,
ZONA 21, CIUDAD DE GUATEMALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

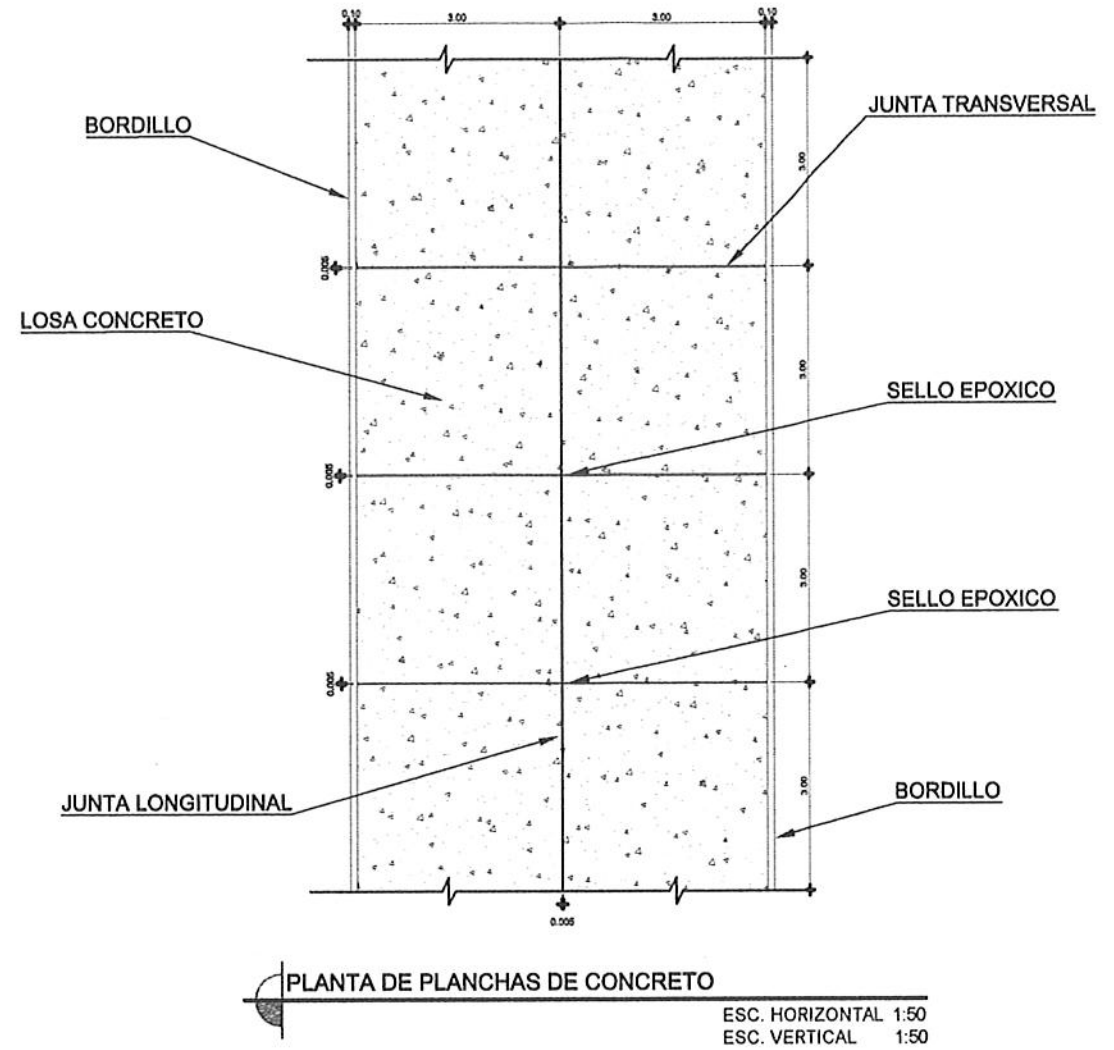
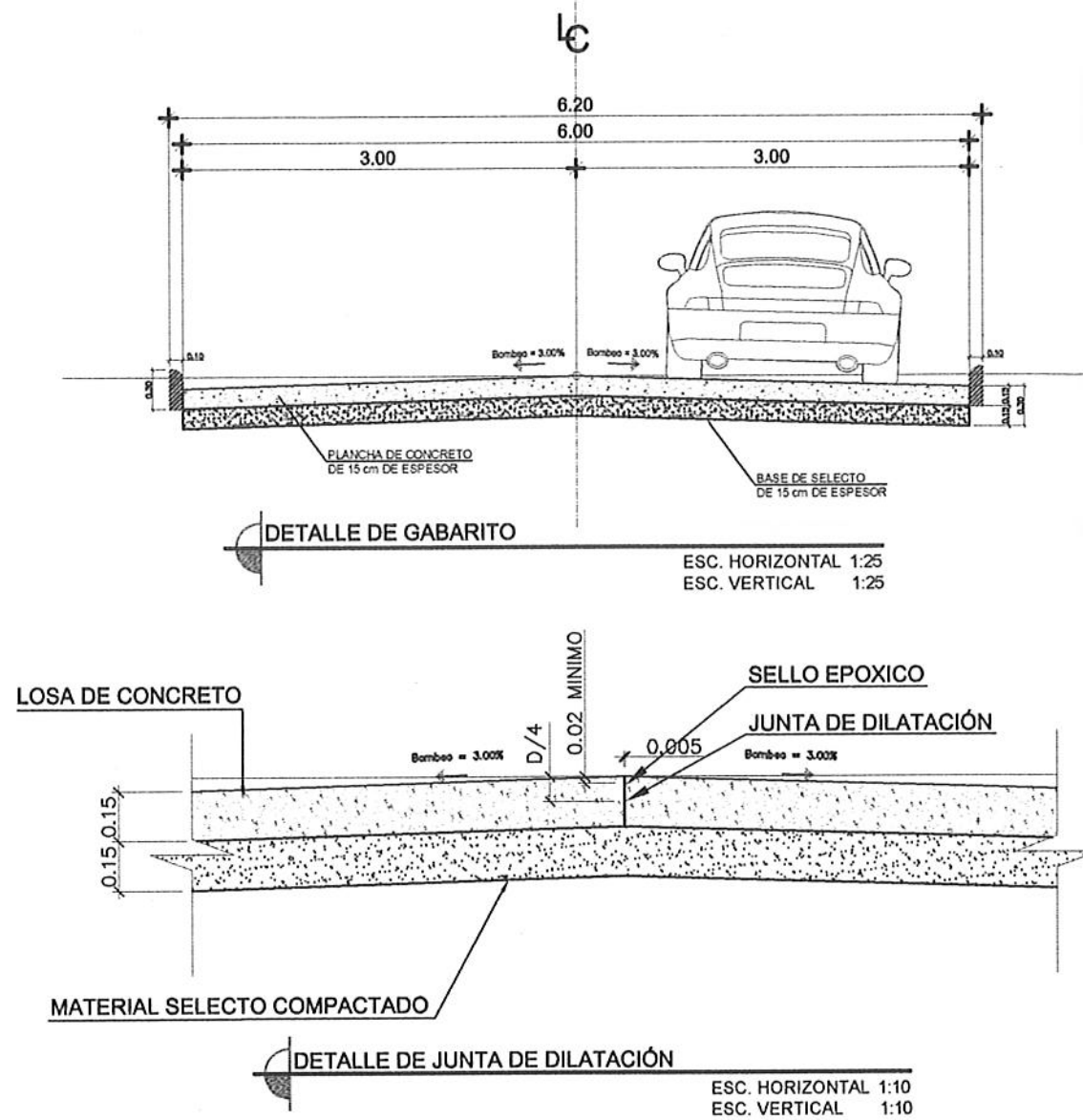
CONTIENE: PLANIMETRIA Y ALTIMETRIA
14 CALLE "A" 0+000 A 0+115.15

ESCALA: INDICADA DISEÑO: RODELBI FUENTES FECHA: 27 ABRIL 2015

LUGAR: COLONIA SANTA MARIA LA PAZ III, ZONA 21, CIUDAD DE GUATEMALA TOPOGRAFIA: RODELBI FUENTES ASESOR: ING. WILLIAN RICARDO YON CHAVARRIA

ING. WILLIAN RICARDO YON CHAVARRIA
ING. MARIO ARRIOLA
COORDINADOR DE AREA TOPOGRAFIA Y TRANSPORTES

COL. No. 2029



ESPECIFICACIONES DE PAVIMENTO RIGIDO DE CONCRETO

EL CONCRETO DEBE SER CLASE 28 (4000) CON UNA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE 4000psi (AASHTO T-22, ASTM C39) Y UNA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE 650psi (AASHTO T-97, ASTM C78) ENSAYADO A LOS 28 DÍAS DEBERA COLOCARSE A UNA TEMPERATURA DE 20±10°C DEBERA TENER UN ASENTAMIENTO DE 40±20mm (AASHTO T-119) Y UNA RELACIÓN AGUA CEMENTO MÁXIMA DE 0.49

AGREGADO FINO

DEBE DE ESTAR LIMPIO, SANO, ADECUADAMENTE GRADUADO, LIBRE DE MATERIA ORGANICA QUE PUEDA REDUCIR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO SE EMPLEARA ARENA NATURAL O DE TRITURACIÓN COMPUESTA DE PARTICULAS DURAS Y DURABLES DE ACUERDO A AASHTO M5

AGREGADO GRUESO

DEBE CONSISTIR EN GRAVA O PIEDRA TRITURADA PROCESADA ADECUADAMENTE PARA TOMAR UN AGREGADO CLASIFICADO QUE CUMPLA CON LOS REQUISITOS DE AASHTO M-80. EL AGREGADO GRUESO A UTILIZAR VA A SER DE 1 ½ DADO QUE ES BASTANTE RESISTENTE AL DESGASTE, Y UTILIZADO EN PAVIMENTOS RIGIDOS.

MATERIAL SELETO

LA MÁXIMA DIMENSIÓN DE CUALQUIER PARTICULA CONTENIDA EN EL MATERIAL Y QUE NO SEA POSIBLE DESINTEGRAR CON EL EQUIPO DE CONFORMACIÓN DE COMPACTACIÓN NO DEBERA SER MAYOR A ½ DEL ESPESOR ESPECIFICADO EN LA BASE.

ESPECIFICACIONES DE JUNTAS LONGITUDINALES DE CONTRACCIÓN

SON JUNTAS PARALELAS AL EJE LONGITUDINAL DEL PAVIMENTO ESTAS JUNTAS SE COLOCARAN PARA PREVENIR LA FORMACIÓN DE GRIETAS LONGITUDINALES LAS CUALES SE REALIZARAN DE FORMA MECANICA. LA PROFUNDIDAD DE LA RANURA SUPERIOR DE ESTA JUNTA. NO DEBE SER INFERIOR DE ½ DEL ESPESOR DE LA LOSA.

ESPECIFICACIONES DE JUNTAS TRANSVERSALES DE CONTRACCIÓN

TIENEN POR OBJETO EVITAR EL AGRIETAMIENTO DEBIDO AL ESFUERZO QUE SE PROVOCA POR LA CONTRACCIÓN Y ALABEO DE LAS LOSAS LA RANURA DE LA JUNTA DEBE POR LO MENOS TENER UNA PROFUNDIDAD DE ½ DEL ESPESOR DE LA LOSA.

ESPECIFICACIONES DE BORDILLO

EN EL CONCRETO SE VA A UTILIZAR CEMENTO DE 3000 psi Y EL CONCRETO POR MEDIO DE LA RELACION 1:2:2 VA A LLEGAR A UNA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE 3000 psi EN 28 DÍAS.


NOTA:

EL PAVIMENTO SERA RIGIDO DE CONCRETO EL CUAL TENDRA UN ESPESOR DE 15 cm Y SE COLOCARA SOBRE UNA BASE DE MATERIAL SELETO EL CUAL TENDRA UN ESPESOR DE 15 cm SE COLOCARAN BORDILLOS SEGUIDOS DEL ANCHO DE CALLE


PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO, PARA LA COLONIA SANTA MARIA LA PAZ III, ZONA 21, CIUDAD DE GUATEMALA			
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA			
CONTIENE: DETALLES Y ESPECIFICACIONES			
ESCALA: INDICADA	DISEÑO: RODELBI FUENTES	FECHA: 27 ABRIL 2015	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40px; margin: 0 auto;"> 07 / 07 </div>
LUGAR: COLONIA SANTA MARIA LA PAZ III, ZONA 21, CIUDAD DE GUATEMALA	TOPOGRAFIA: RODELBI FUENTES	ASESOR: ING. WILLIAN RICARDO YON CHAVARRIA	
WILLIAN RICARDO YON CH.		ING. MARIO AFRILLA COORDINADOR DE AREA TOPOGRAFIA Y TRANSPORTES.	

ANEXOS

Anexo 1.



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



INFORME No. 342 S.S.

O.T.: 33,056

No. 1056

Interesado: **Rodelbi Celso Fuentes Fuentes**

Proyecto: Tesis "Diseño de Pavimento Rígido de la Colonia Santa María la Paz III, Zona 21. Ciudad de Guatemala"

Asunto: ENSAYO DE LÍMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Santa María La Paz III, Zona 21

FECHA: Lunes, 16 de junio de 2014


RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCIÓN DEL SUELO
1	1	N.P.	N.P.	ML	Arena Limosa con Pómez Color Café


(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

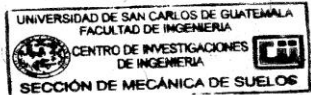
Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,



Vo.Bo. Inga. Telma Mariela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC





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

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

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería,USAC.

Anexo 2.

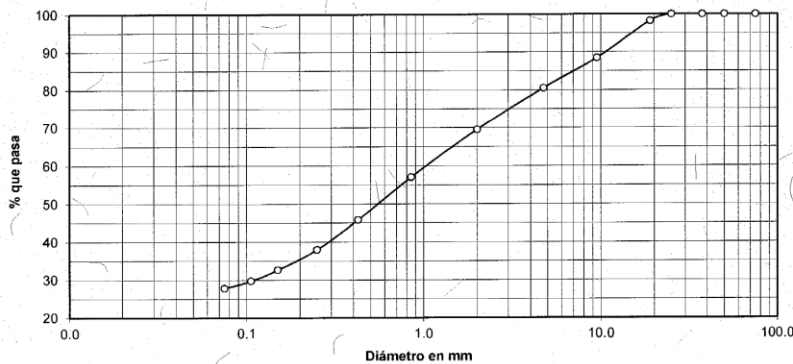


**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



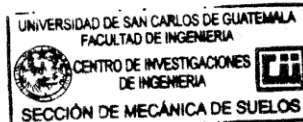
INFORME No. 343 S.S. O.T. No. 33,056 **No. 1067**
 Interesado: Rodelbi Celso Fuentes Fuentes
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo
 Norma: ASTM D6913-04
 Proyecto: Tesis "Diseño de Pavimento Rígido de la Colonia Santa María la Paz III, Zona 21. Ciudad de Guatemala"
 Ubicación: Santa María La Paz III, Zona 21
 Fecha: lunes, 16 de junio de 2014 Muestra: 1

Tamiz	Abertura	% que pasa	Tamiz	Abertura	% que pasa
3"	75 mm	100.00	10	2.00 mm	69.52
2"	50 mm	100.00	20	850 µm	57.04
1 1/2"	37.5 mm	100.00	40	425 µm	45.82
1"	25 mm	100.00	60	250 µm	37.96
3/4"	19.0 mm	98.27	100	150 µm	32.67
3/8"	9.5 mm	88.48	140	106 µm	29.75
4	4.75 mm	80.55	200	75 µm	27.81



Descripción del suelo: Arena Limosa con Pomez Color Café
 Clasificación: S.C.U.: SM % de Grava: 19.45 D10: *
 P.R.A.: A-1-b % de Arena: 52.73 D30: 0.10 mm
 % de Finos: 27.81 D60: 1.03 mm

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.
 * Diámetro efectivo d_{60} Atentamente,



Vo. Bo. 
 Inga. Telma Maricela Cano Morales
 DIRECTORA CN/USAC


 Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

Anexo 3.



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



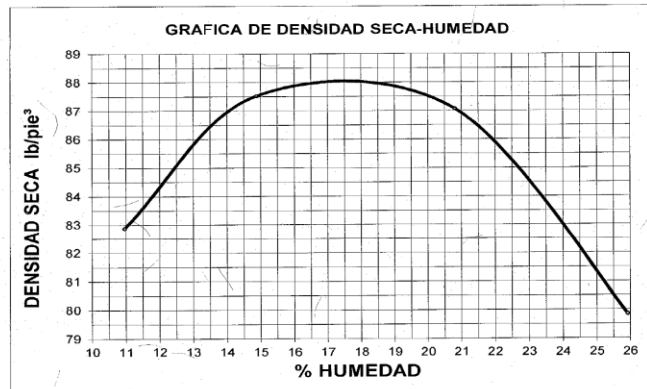
INFORME No. 344 S.S.

O.T.: 33,056

No. 1058

Interesado: Rodelbi Celso Fuentes Fuentes
 Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN
 Proyecto: Tesis "Diseño de Pavimento Rígido de la Colonia Santa María la Paz III, Zona 21, Ciudad de Guatemala"
 Ubicación: Santa María La Paz III, Zona 21
 Fecha: lunes, 16 de junio de 2014

Proctor Estándar: () Norma: A.A.S.H.T.O. T-99
 Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.H.T.O. T-180

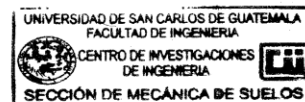


Descripción del suelo: Arena Limosa con Pomez Color Café
 Densidad seca máxima γ_d : 1,410.08 Kg/m³ 88.02 lb/ft³
 Humedad óptima Hop.: 17.50 %
 Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Méndez Morales
 DIRECTORA CII/USAC



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

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

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Anexo 4.



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



INFORME No. 345 S.S.

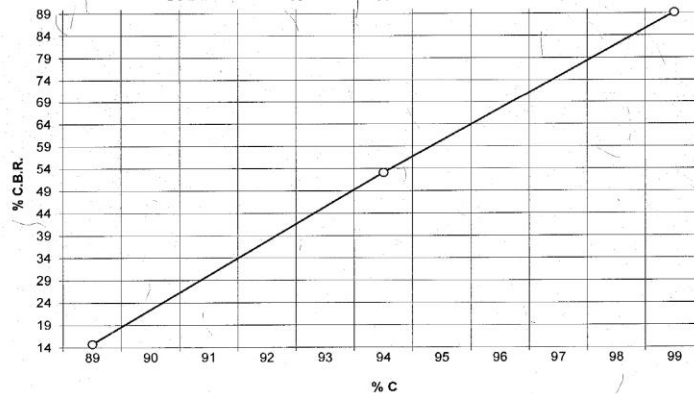
O.T. No. 33,056

No. 1069

Interesado: Rodelbi Celso Fuentes Fuentes
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
 Proyecto: Tesis "Diseño de Pavimento Rígido de la Colonia Santa María la Paz III, Zona 21, Ciudad de Guatemala"
 Ubicación: Santa María La Paz III, Zona 21
 Descripción del suelo: Arena Limosa con Pomez Color Café
 Fecha: lunes, 16 de junio de 2014

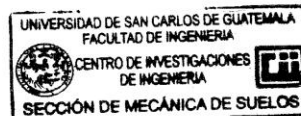
PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C	EXPANSION	C.B.R.
No.	No.	H (%)	γ_d (Lb/pie ³)	(%)	(%)	(%)
1	10	17.50	78.76	89.5	0.17	14.76
2	30	17.50	83.05	94.4	0.20	53.14
3	65	17.50	87.85	99.8	0.04	89.18

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



Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,



Vo. Bo.



Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

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

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería,USAC.