



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

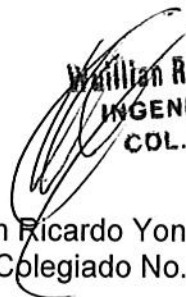
Guatemala, 5 de marzo de 2015

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.

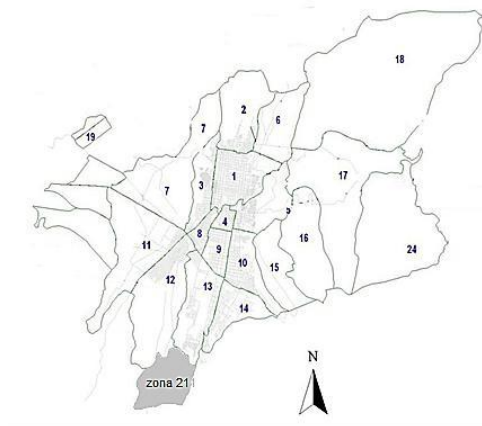
1.3. Área de influencia

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/pie ³ |
| 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.

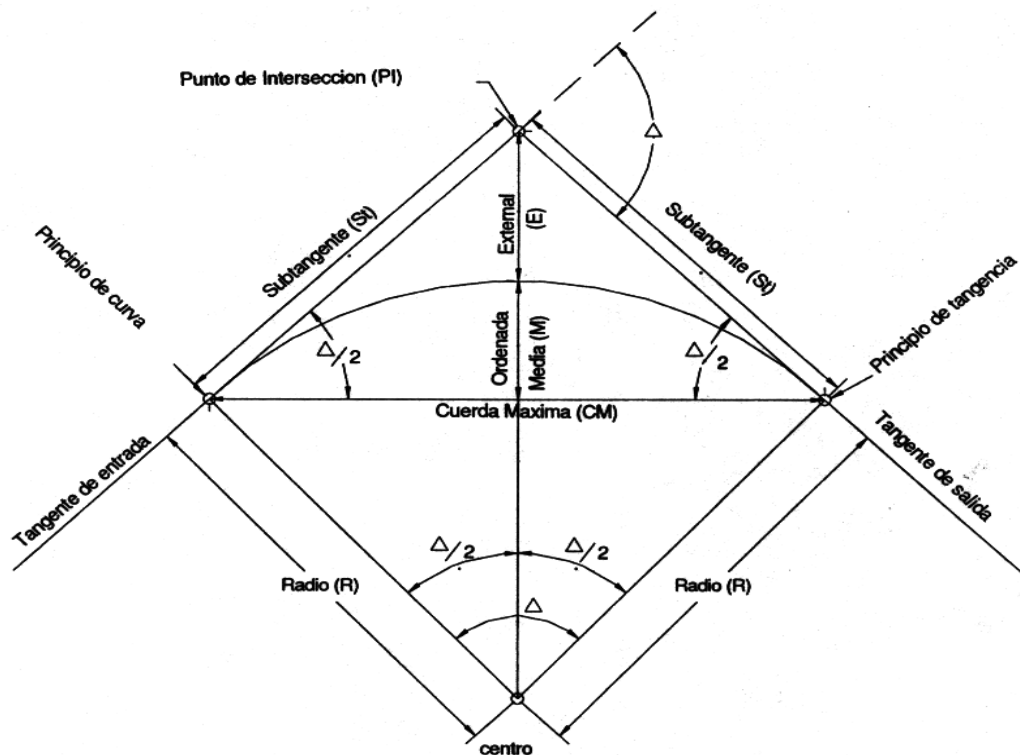
Tabla IV. **Velocidad de diseño, según tipo de sección**

| 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)

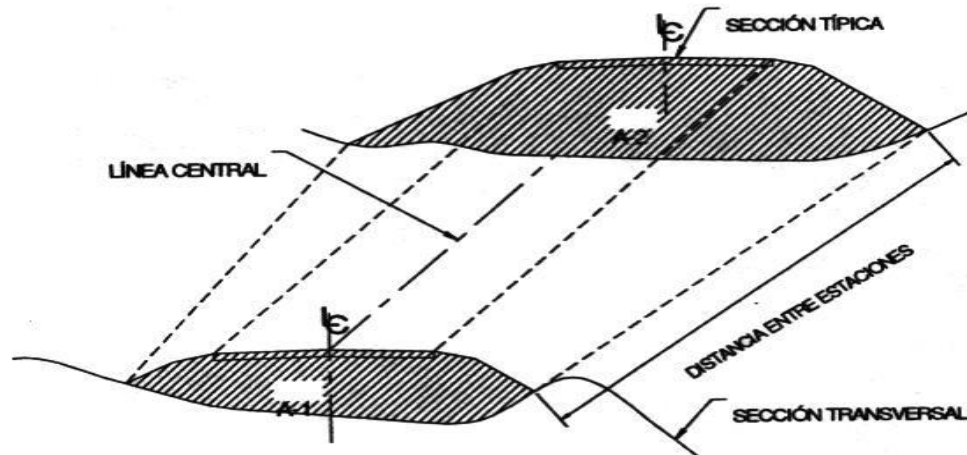
Área de relleno 1 = 17,90 m²

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:

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

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

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

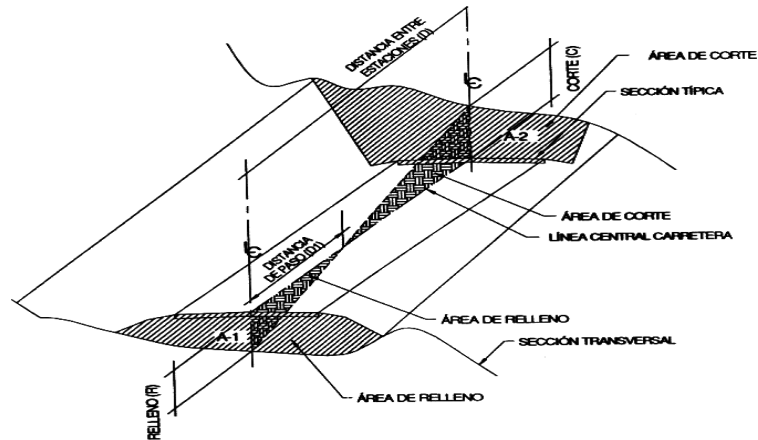
$$D2 = D - D1 = 20 - 15,16 = 4,84 \text{ m}$$

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.

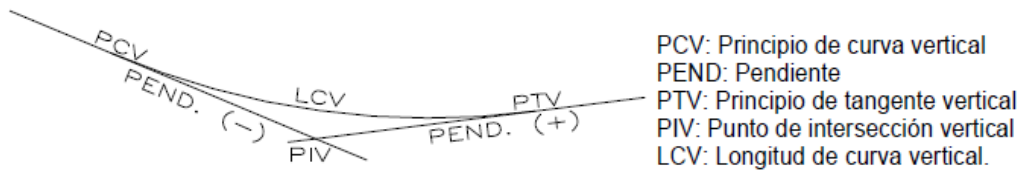
K = parámetro de la curva vertical, cuyo valor mínimo se especifica en tabla VI.

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.

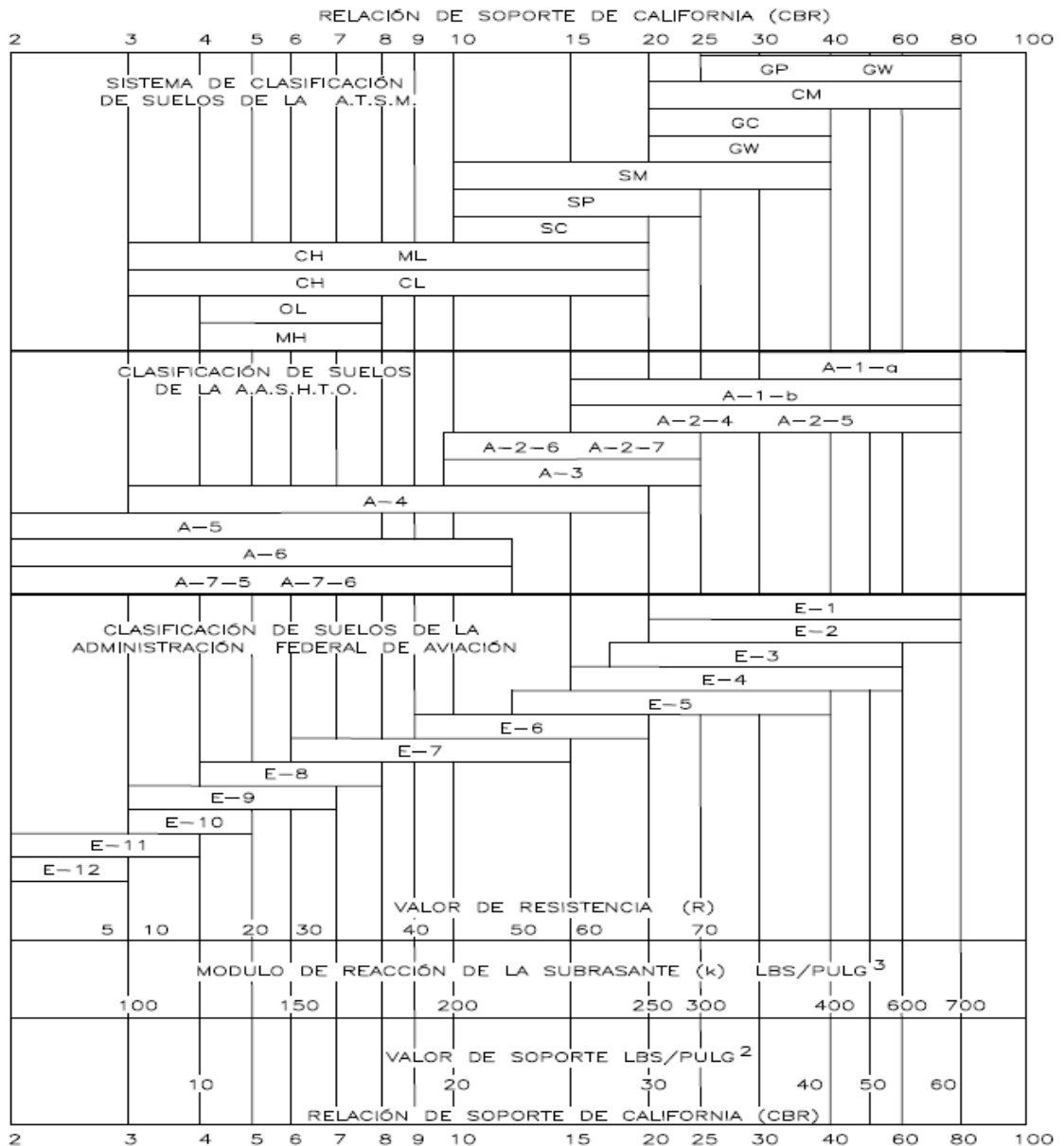
Tabla XI. **Valores de K para diseño sobre bases no tratadas (de PCA)**

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 |

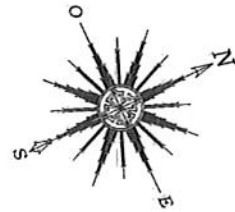
Continuación del apéndice 1.

| | | | | |
|--------|----------|----------|----------|--------------|
| 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.

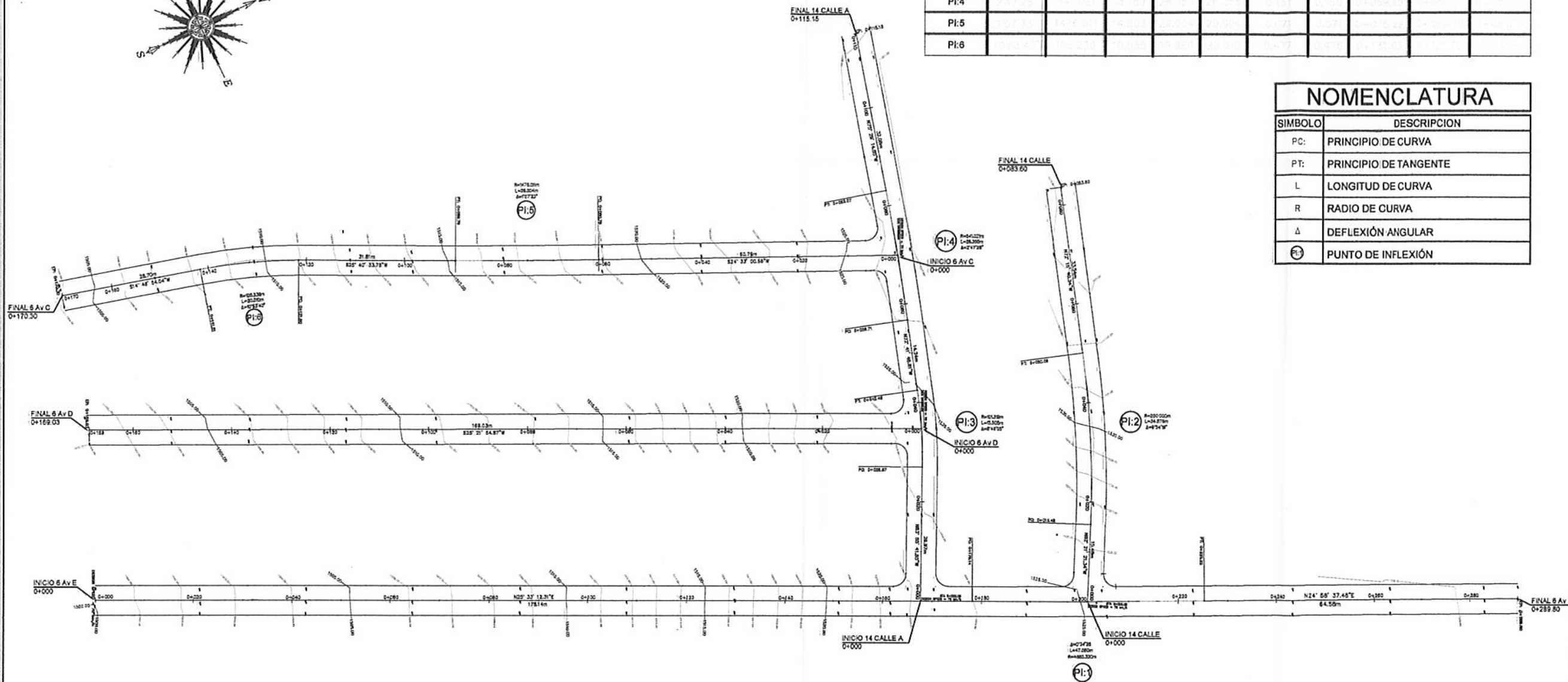
| | | | | |
|--------|----------|----------|----------|--------------|
| 101007 | 1216.238 | 1009.101 | 1533.885 | ORILLA CALLE |
| 1011 | 1213.27 | 1008.576 | 1533.559 | ESTACION |
| NORTE | 0 | 0 | 0 | |

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**

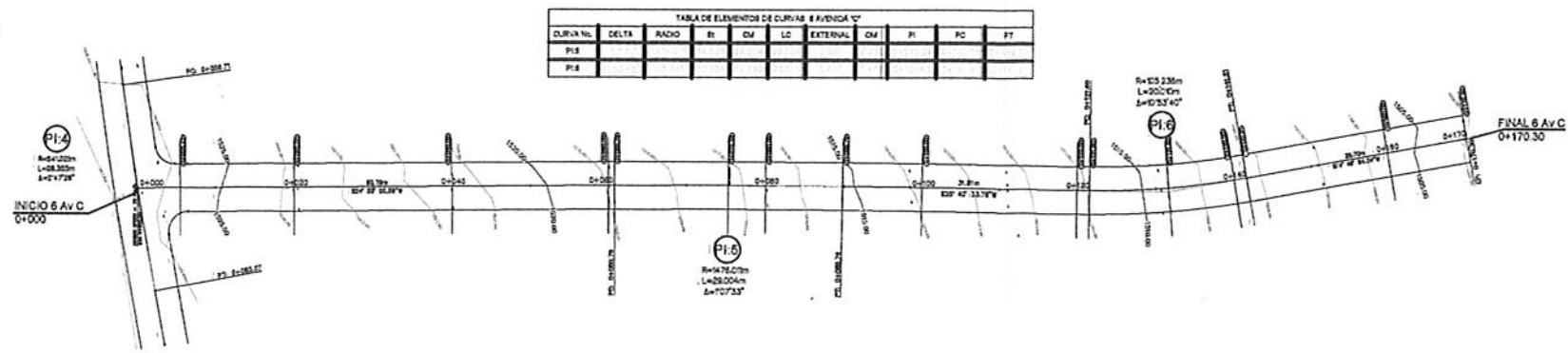
ESCALA: INDICADA DISEÑO: RODELBÍ FUENTES FECHA: 27 ABRIL 2015

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

INGENIERO: RODELBÍ FUENTES ESTUDIANTE

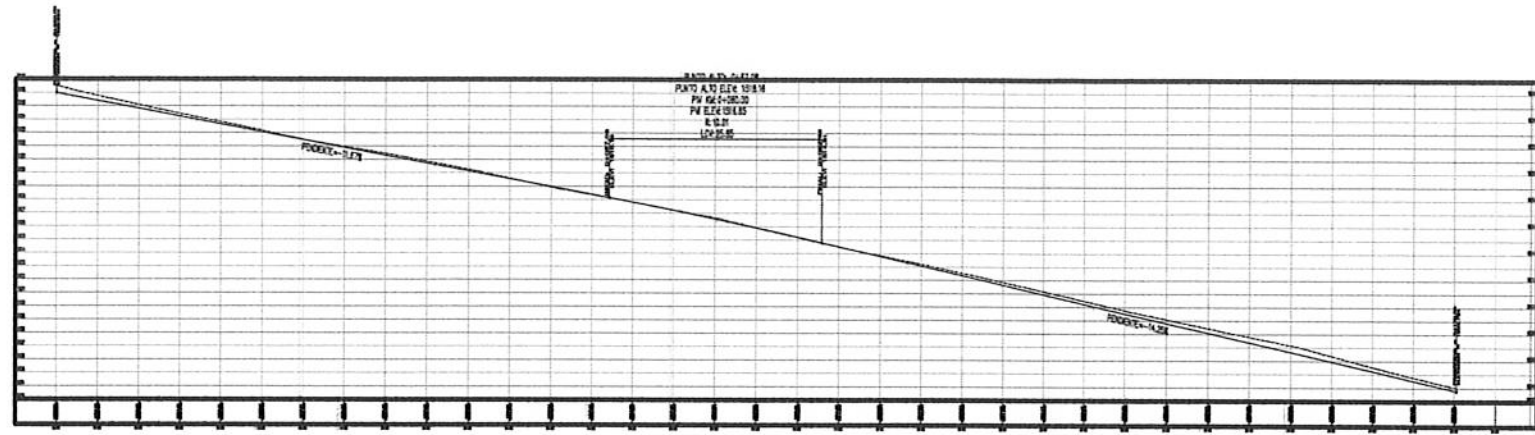
ING. MARIO ARRIOLA COORDINADOR DE AGS TOPOGRAFIA Y TRANSPORTES

COL. No. 2029

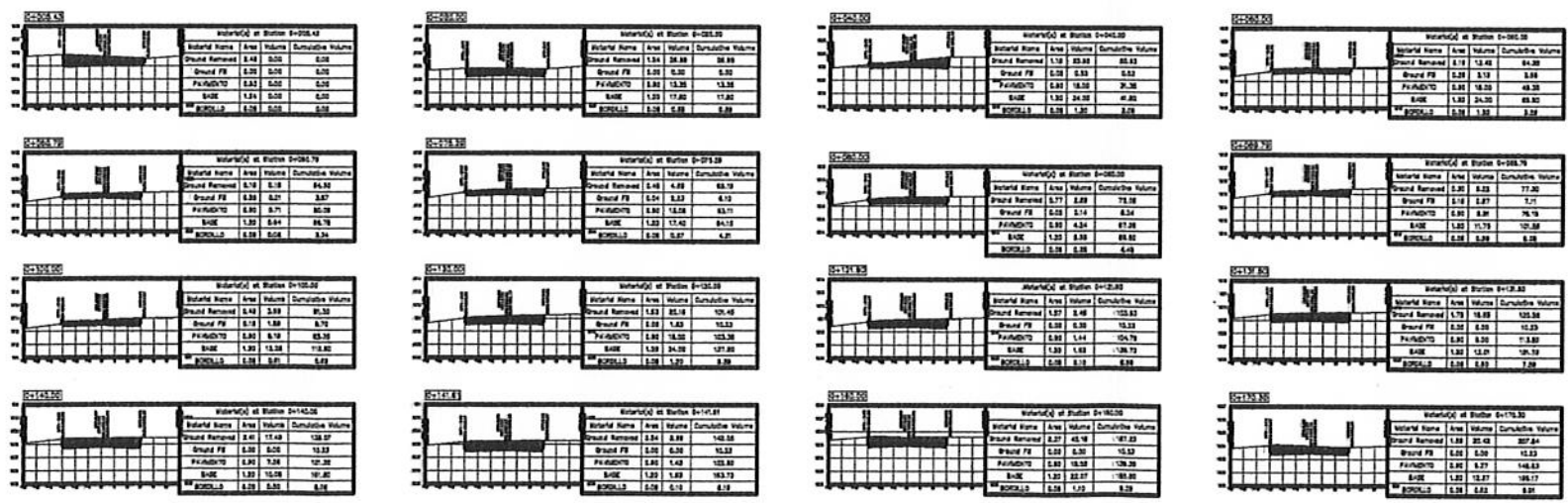


| CURVA No. | DELTA | RADIO | BI | CM | LC | EXTERNAL | CM | PI | PC | PT |
|-----------|-------|-------|----|----|----|----------|----|----|----|----|
| PI-1 | | | | | | | | | | |
| PI-2 | | | | | | | | | | |

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

| 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

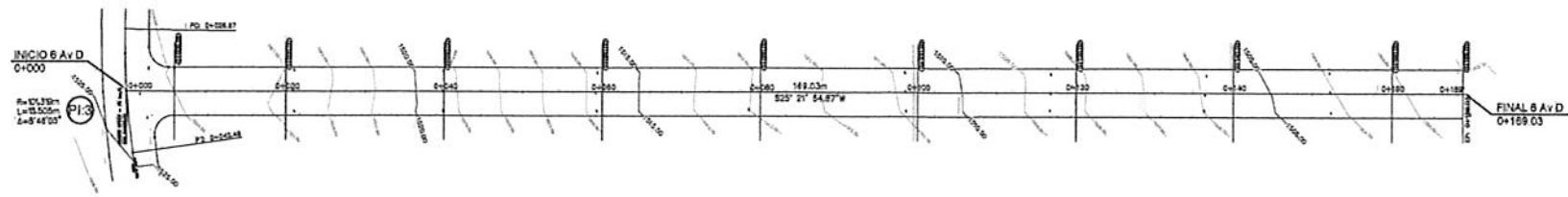
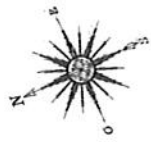
LUGAR: COLONIA SANTA MARIA LA PAZ III, ZONA 21, CIUDAD DE GUATEMALA TOPOGRAFIA: RODELBI FUENTES ASESOR: ING. WILLIAM RICARDO YON CHAVARRIA

ING. WILLIAM RICARDO YON CHAVARRIA
COORDINADOR DE ARS TOPOGRAFIA Y TRANSITO

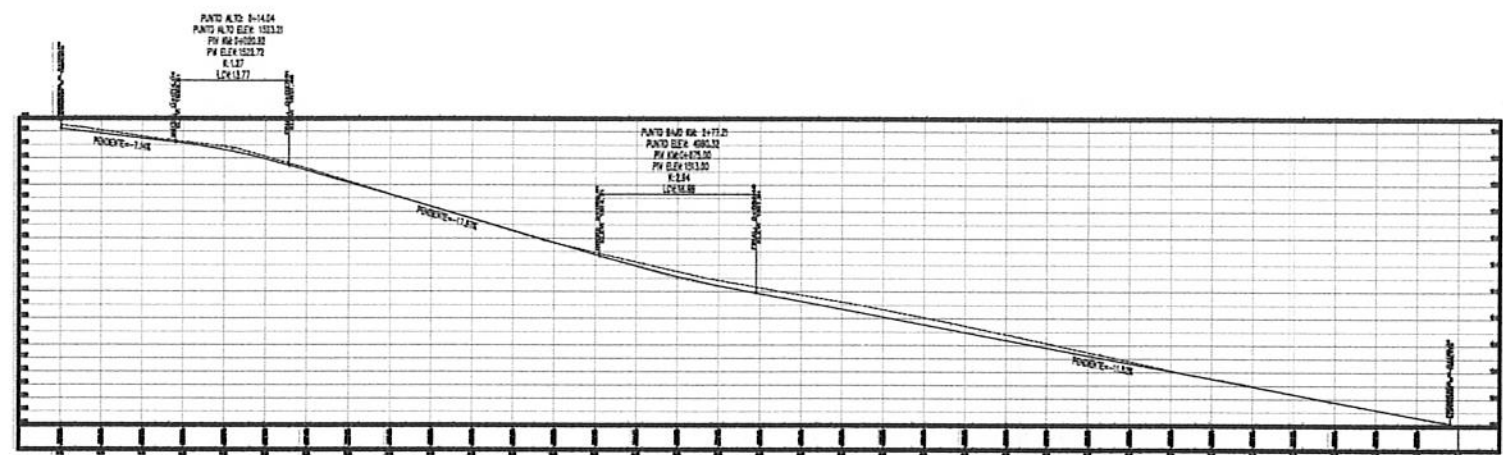
ING. MARIO ARBOL
COORDINADOR DE ARS TOPOGRAFIA Y TRANSITO

COL. M...

02
07

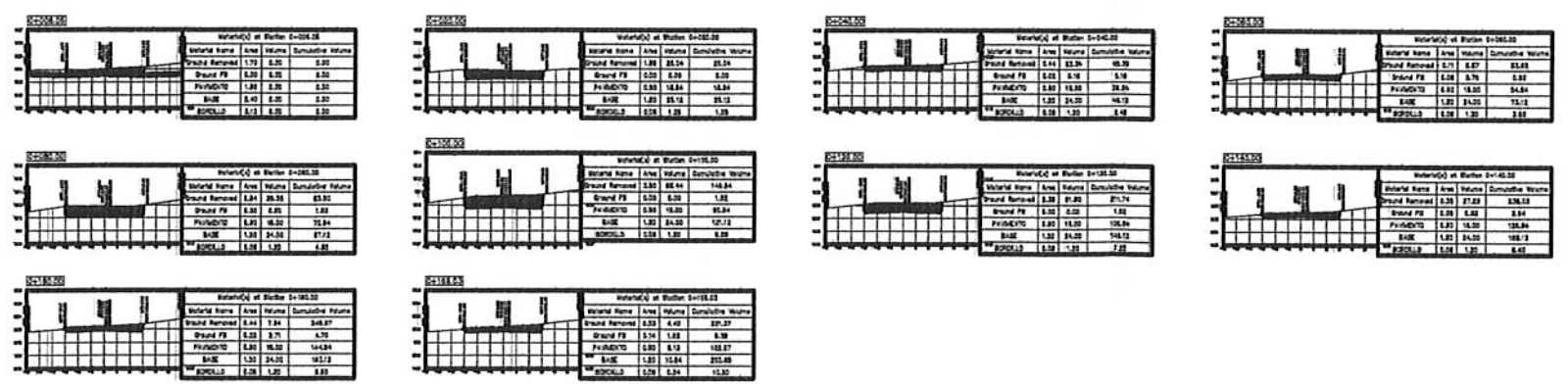


PLANTA GENERAL 6 AVENIDA "D"
0+000 A 0+169.03 ESCALA 1:400



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 |
| PI | 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

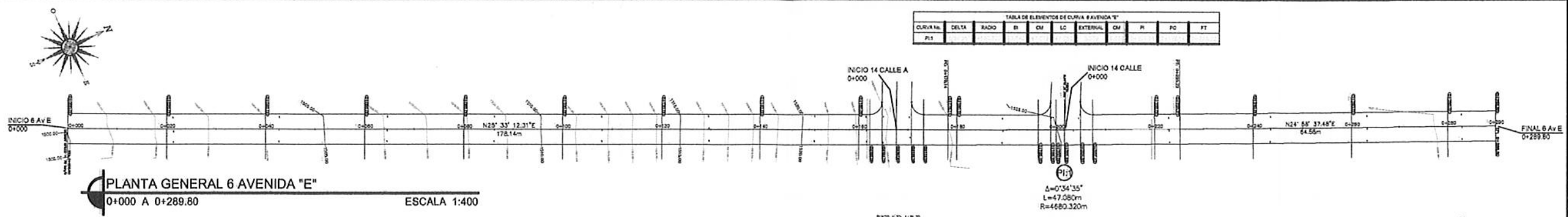
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

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

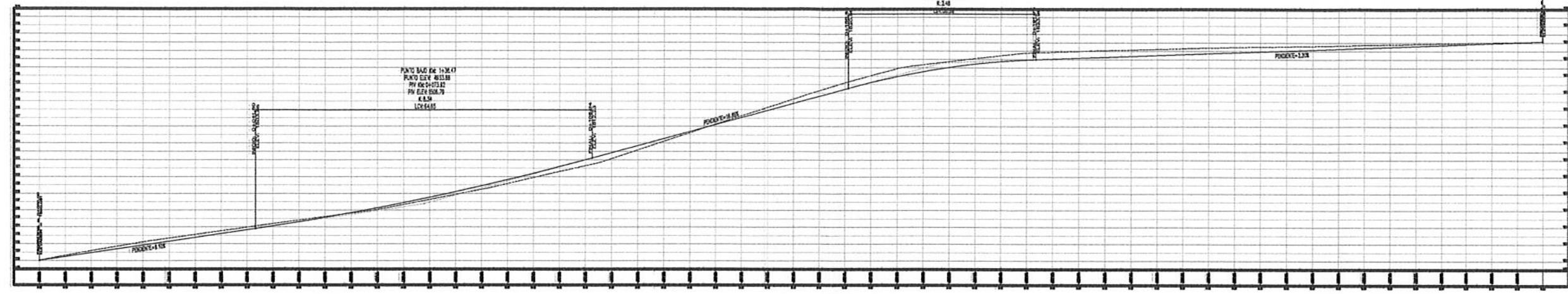
ESCALA: INDICADA DISEÑO: RODELBÍ FUENTES FECHA: 27 ABRIL 2015

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

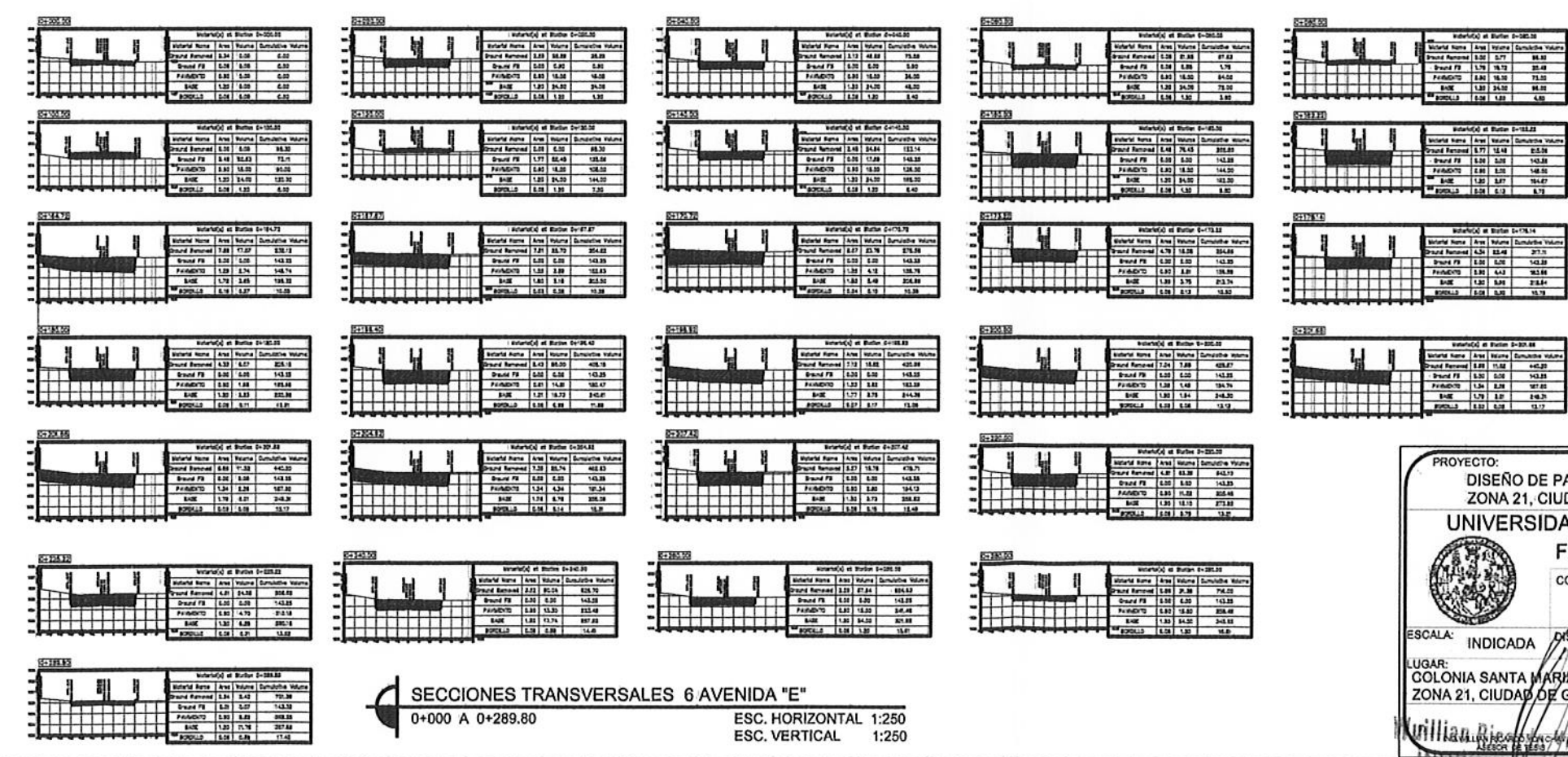
INGENIERO CIVIL
COL. No. 2026



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

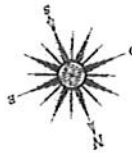
ESCALA: INDICADA DISEÑO: RODELBÍ FUENTES FECHA: 27 ABRIL 2015

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

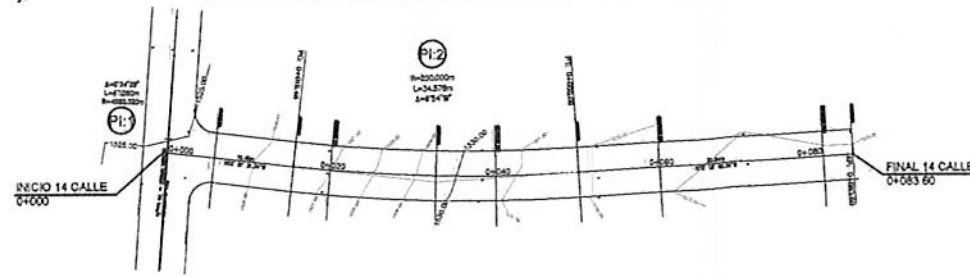
ING. MARIO ARROJA
COORDINADOR DE AREA TOPOGRAFIA Y TRANSITO

ING. WILLIAN RICARDO YON CHAVARRIA
ESTUDIANTE

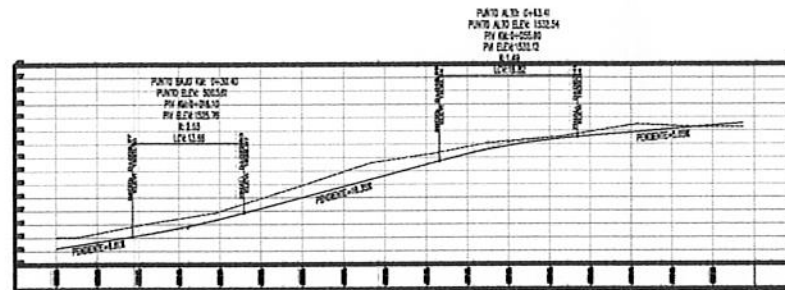
04
07



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

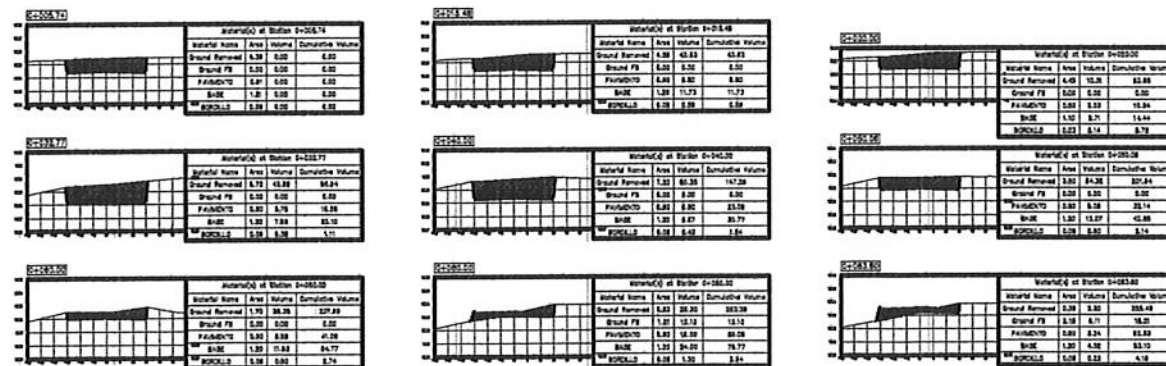


PLANTA GENERAL 14 CALLE
0+000 A 0+083.60 ESCALA 1:400



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

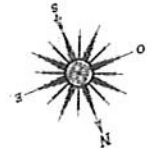
ESCALA: INDICADA DISEÑO: RODELBI FUENTES FECHA: 27 ABRIL 2015

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

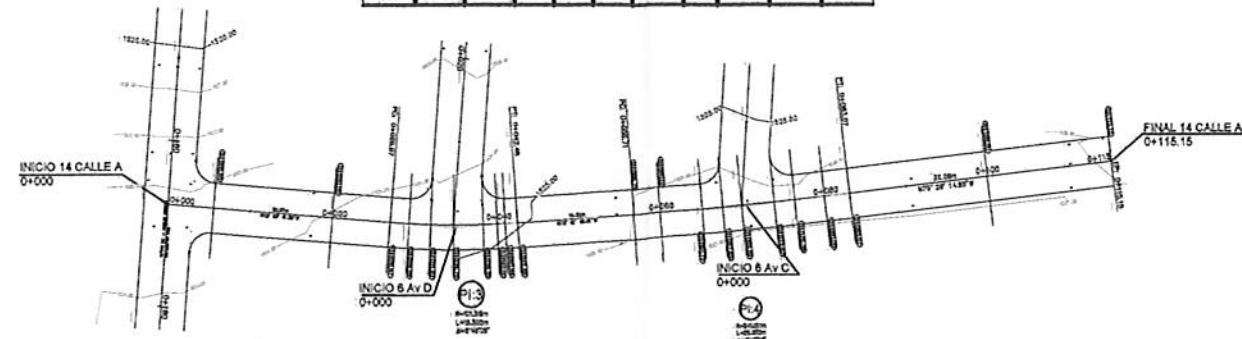
Willian Ricardo Yon Ch. e.
ING. MARCO ARRIOLA
COORDINADOR DE AREA TOPOGRAFIA Y TRANSITO

05
07

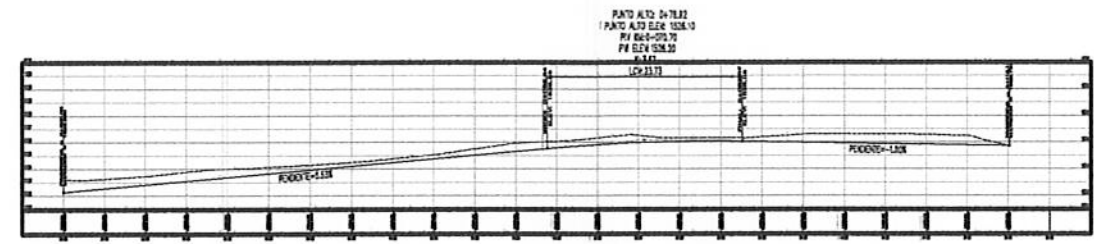
COL. 2029



| CURVA NO. | DELTA | RADIO | BI | CM | LC | EXTENSAL | CM | PI | PC | PT |
|-----------|-------|-------|----|----|----|----------|----|----|----|----|
| PL3 | | | | | | | | | | |
| PL4 | | | | | | | | | | |



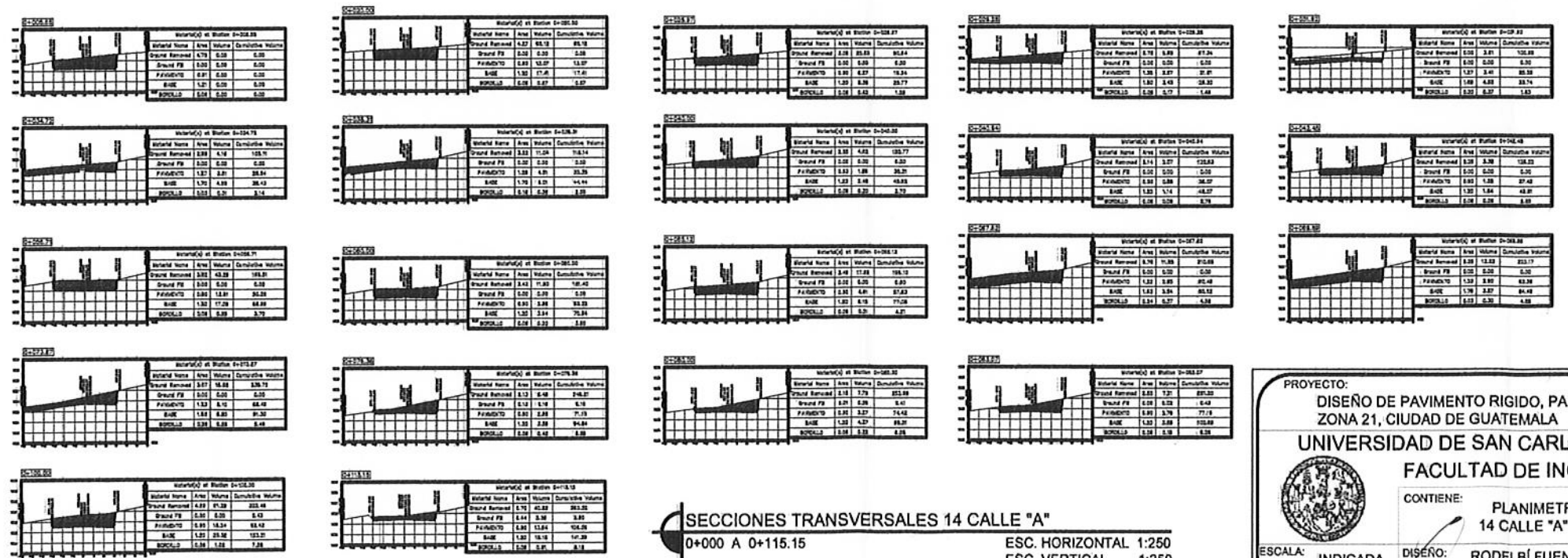
PLANTA GENERAL 14 CALLE "A"
0+000 A 0+115.15 ESCALA 1:400



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 |
| NOV: | 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

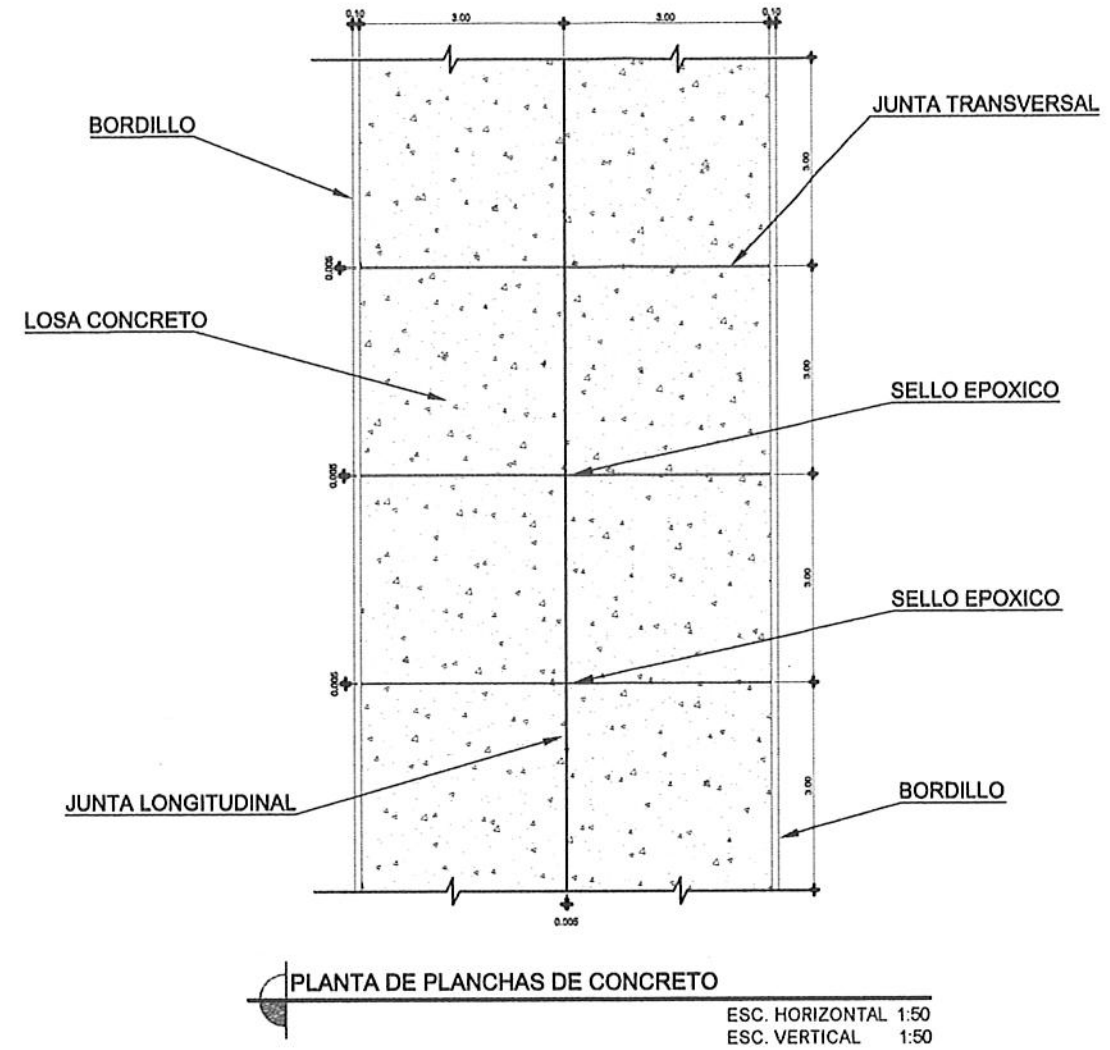
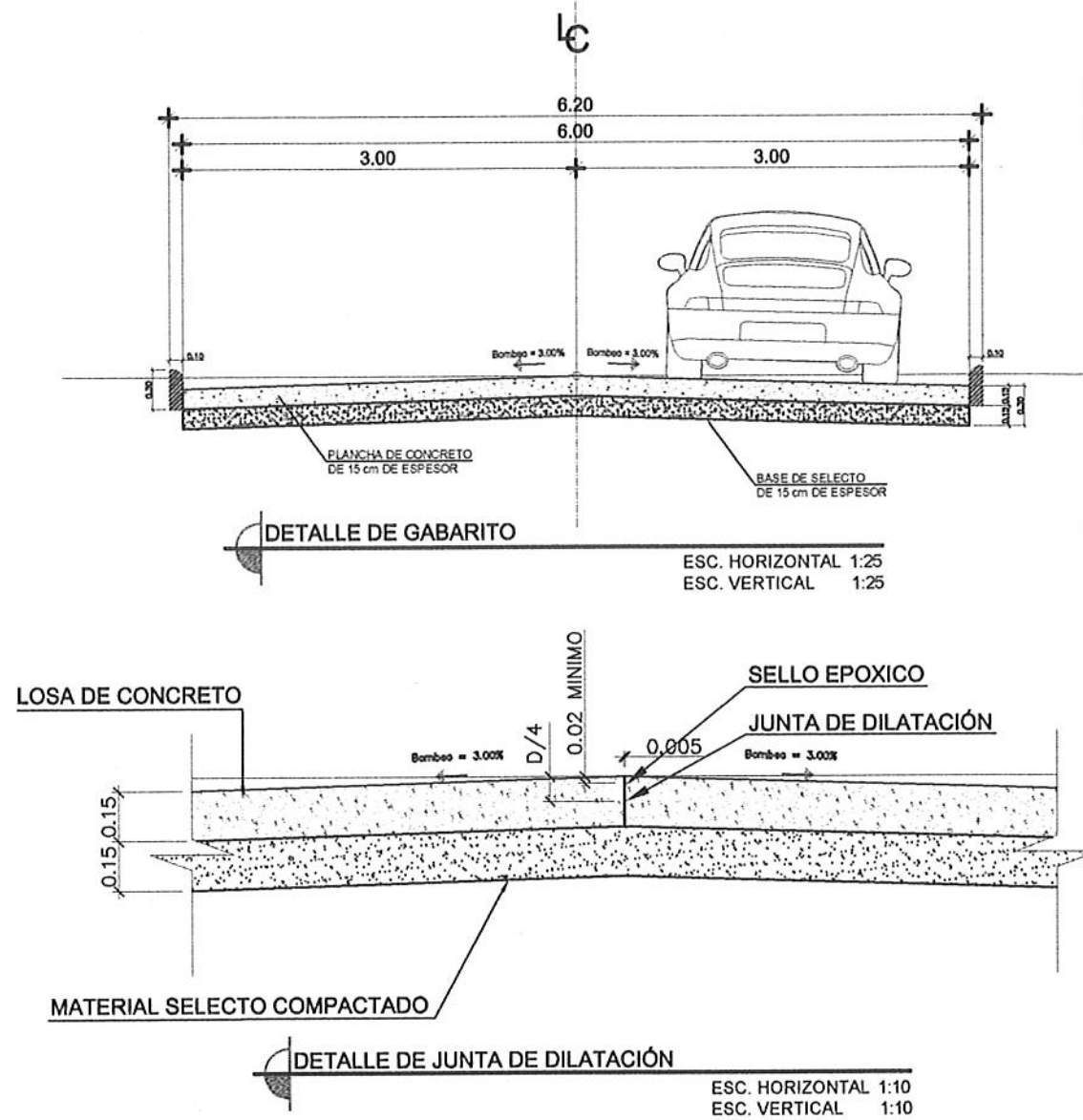
CONTIENE: PLANIMETRIA Y ALTIMETRIA
14 CALLE "A" 0+000 A 0+115.15

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 TRANSITOES

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 QUE ES BASTANTE RESISTENTE AL DESGASTE, Y UTILIZADO EN PAVIMENTOS RIGIDOS.

MATERIAL SELECTO

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 SELECTO 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

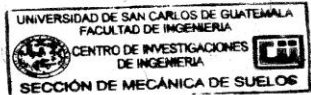
Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

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.

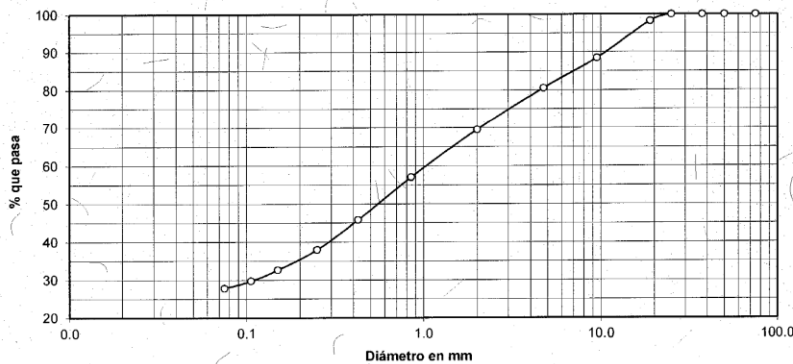


**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



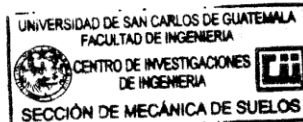
INFORME No. 343 S.S. O.T. No. 33,056 **No. 1067**
 Interesado: Rodelbi Celso Fuentes Fuentes
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo
 Norma: ASTM D6913-04
 Proyecto: Tesis "Diseño de Pavimento Rígido de la Colonia Santa María la Paz III, Zona 21. Ciudad de Guatemala"
 Ubicación: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



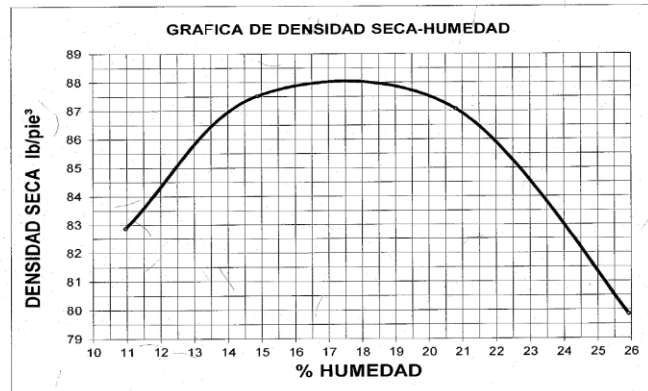
INFORME No. 344 S.S.

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

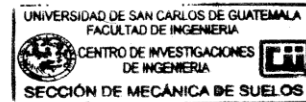


Descripción del suelo: Arena Limosa con Pomez Color Café
 Densidad seca máxima γ_d : 1,410.08 Kg/m³ 88.02 lb/ft³
 Humedad óptima Hop.: 17.50 %
 Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

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.

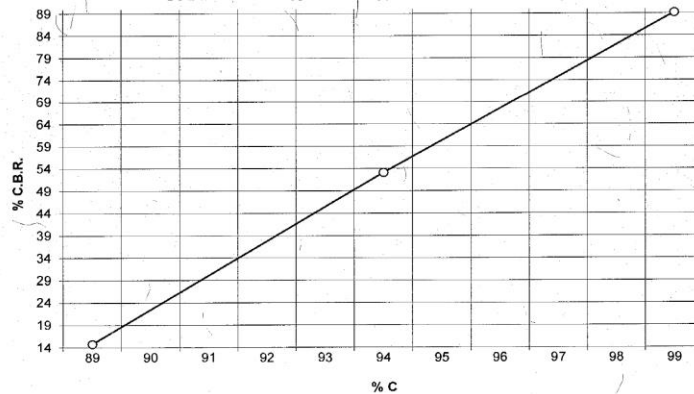
O.T. No. 33,056

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

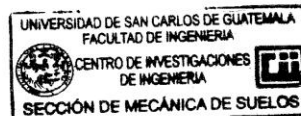
| PROBETA | GOLPES | A LA COMPACTACION | | C | EXPANSION | C.B.R. |
|---------|--------|-------------------|-----------------------------------|------|-----------|--------|
| No. | No. | H (%) | γ_d (Lb/pie ³) | (%) | (%) | (%) |
| 1 | 10 | 17.50 | 78.76 | 89.5 | 0.17 | 14.76 |
| 2 | 30 | 17.50 | 83.05 | 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 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.