



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

**DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE DE BÁRCENAS A LA ALDEA  
EL TABLÓN Y SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LAS COLONIAS LA GLORIA,  
HÉROES DE VILLA NUEVA, NUEVA VILLA NUEVA 1 Y SANTA FE, ZONA 6, VILLA NUEVA,  
GUATEMALA**

**Luis Carlos Maldonado Guzmán**

Asesorado por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano

Guatemala, enero de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE DE BÁRCENAS A LA ALDEA  
EL TABLÓN Y SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LAS COLONIAS LA GLORIA,  
HÉROES DE VILLA NUEVA, NUEVA VILLA NUEVA 1 Y SANTA FE, ZONA 6, VILLA NUEVA,  
GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**LUIS CARLOS MALDONADO GUZMÁN**

ASESORADO POR EL ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, ENERO DE 2018

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  | Ing. José Milton de León Bran          |
| VOCAL IV   | Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez       |
| VOCAL V    | Br. Carlos Enrique Gómez Donis         |
| SECRETARIA | Inga. Lesbia Magalí Herrera López      |

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

|             |   |
|-------------|---|
| DECANO      | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco        |
| EXAMINADOR  | Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco        |
| EXAMINADOR  | Ing. Silvio José Rodríguez Serrano        |
| EXAMINADORA | Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra |
| SECRETARIA  | Inga. Lesbia Magalí Herrera López         |

## 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 CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE DE BÁRCENAS A LA ALDEA EL TABLÓN Y SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LAS COLONIAS LA GLORIA, HÉROES DE VILLA NUEVA, NUEVA VILLA NUEVA 1 Y SANTA FE, ZONA 6, VILLA NUEVA, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 2 de noviembre de 2016.



**Luis Carlos Maldonado Guzmán**



FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 16 de octubre de 2017  
Ref.EPS.DOC.725.10.17

Inga. Christa Classon de Pinto  
Directora  
Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Luis Carlos Maldonado Guzmán**, Registro Académico 201114101 y CUI 2137 70687 0101, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE DE BÁRCENAS A LA ALDEA EL TABLÓN Y SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LAS COLONIAS LA GLORIA, HÉROES DE VILLA NUEVA, NUEVA VILLA NUEVA 1 Y SANTA FE, ZONA 6, VILLA NUEVA, GUATEMALA.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente

"Id y Enseñad a Todos"



c.c. Archivo  
SJRS/ra



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



Guatemala, 6 de noviembre de 2017

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 CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE DE BÁRCENAS A LA ALDEA EL TABLÓN Y SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LAS COLONIAS LA GLORIA, HÉROES DE VILLA NUEVA, NUEVA VILLA NUEVA 1 Y SANTA FE, ZONA 6, VILLA NUEVA, GUATEMALA"** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Luis Carlos Maldonado Guzmán con registro académico 201114101 y CUI 2137 70687 0101, quien contó con la asesoría del Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

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 Ávila  
Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE TRANSPORTES  
USAC



*Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua*



**USAC**

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



Guatemala,  
08 de noviembre de 2017

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 CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE DE BÁRCENAS A LA ALDEA EL TABLÓN Y SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LAS COLONIAS LA GLORIA, HÉROES DE VILLA NUEVA, NUEVA VILLA NUEVA 1 Y SANTA FE ZONA 6, VILLA NUEVA, GUATEMALA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Luis Carlos Maldonado Guzmán, con CUI 2137706870101 Registro Académico No. 201114101 quien contó con la asesoría del Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa  
Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRÁULICA  
USAC

/mrrm.



*Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua*



Guatemala, 13 de noviembre de 2017  
REF.EPS.D.473.11.17

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

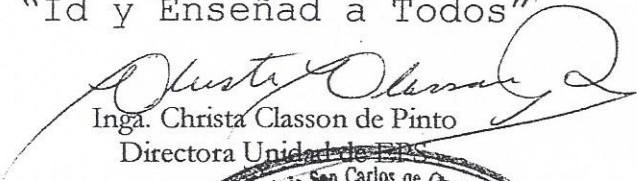
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE DE BÁRCENAS A LA ALDEA EL TABLÓN Y SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LAS COLONIAS LA GLORIA, HÉROES DE VILLA NUEVA, NUEVA VILLA NUEVA 1 Y SANTA FE, ZONA 6, VILLA NUEVA, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Luis Carlos Maldonado Guzmán, Registro Académico 201114101 y CUI 2137 70687 0101**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

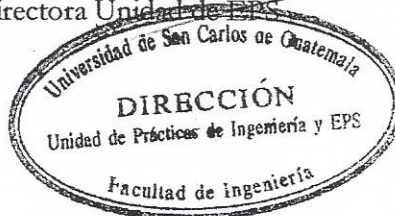
Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por el Asesor-Supervisor, y en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

  
Inga. Christa Classon de Pinto  
Directora Unidad de EPS



CCdP/ra





**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Silvio José Rodríguez Serrano y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación del estudiante Luis Carlos Maldonado Guzmán titulado **DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE DE BÁRCENAS A LA ALDEA EL TABLÓN Y SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LAS COLONIAS LA GLORIA, HÉROES DE VILLA NUEVA, NUEVA VILLANUEVA 1 Y SANTA FE, ZONA 6, VILLA NUEVA, GUATEMALA** da por éste medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, enero 2018

/mrrm.

---

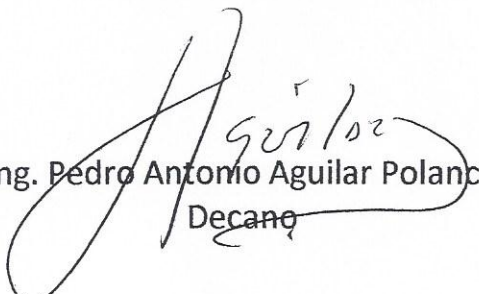
*Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua*





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 CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE DE BÁRCENAS A LA ALDEA EL TABLÓN Y SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA LAS COLONIAS LA GLORIA, HÉROES DE VILLA NUEVA, NUEVA VILLA NUEVA 1 Y SANTA FE, ZONA 6, VILLA NUEVA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Luis Carlos Maldonado Guzmán**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, enero de 2018



/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b>Dios</b>                  | Por darme sabiduría, fuerza y guiarme en cada paso de mi vida.   |
| <b>Mis padres</b>            | Alejandro José Maldonado Meza y Alba Carolina Guzmán Ranero, por todo su apoyo y amor incondicional.                                   |
| <b>Mis abuelos</b>           | Alba Ranero de Guzmán (q. e. p. d.), Julio Guzmán, José Maldonado y Teresa Meza de Maldonado, por todos sus consejos y apoyo brindado. |
| <b>Mis hermanos</b>          | Alejandro José y Javier Alberto Maldonado Guzmán, por el apoyo incondicional a lo largo de mi vida.                                    |
| <b>Mi novia</b>              | Lourdes Morales, por todos los años de alegría, amor incondicional y apoyo brindado.   |
| <b>Mi familia en general</b> | Por todos los consejos, apoyo y amor brindado a lo largo de mi vida.   |

## **AGRADECIMIENTOS A:**

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| <b>Facultad de ingeniería</b>       | Por todos los conocimientos adquiridos y ser la base en mi formación profesional.   |
| <b>Mis amigos</b>                   | Habidd Paiz, William Calderón, Pedro Aguilar, Hassler Marroquín y a todos los demás por acompañarme en esta etapa y brindarme su amistad. |
| <b>Mis compañeros</b>               | Por compartir su experiencia y conocimiento.  |
| <b>Mi asesor</b>                    | Ing. Silvio Rodríguez, por compartir sus conocimientos durante el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS).                                |
| <b>Municipalidad de Villa Nueva</b> | Por darme la oportunidad de realizar el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) y por los conocimientos adquiridos.                       |
| <b>Catedráticos</b>                 | Por compartir sus conocimientos en sus cursos impartidos.   |

## ÍNDICE GENERAL

|   |      |
|---|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....                  | VII  |
| LISTA DE SÍMBOLOS .....                       | XI   |
| GLOSARIO .....                                | XV   |
| RESUMEN.....                                  | XVII |
| OBJETIVOS.....                                | XIX  |
| INTRODUCCIÓN .....                            | XXI  |
| <br>  |      |
| 1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....                | 1    |
| 1.1. Monografía del lugar.....                | 1    |
| 1.1.1. Reseña histórica .....                 | 1    |
| 1.1.2. Población .....                        | 2    |
| 1.2. Características físicas del lugar.....   | 2    |
| 1.2.1. Localización y ubicación .....         | 3    |
| 1.2.2. Descripción topografía .....           | 4    |
| 1.2.3. Aspectos climatológicos .....          | 5    |
| 1.2.4. Autoridades y servicios públicos.....  | 5    |
| 1.3. Características de infraestructura ..... | 5    |
| 1.3.1. Vías de acceso .....                   | 6    |
| 1.3.2. Servicios públicos .....               | 6    |
| 1.4. Características socioeconómicas .....    | 6    |
| 1.4.1. Actividad económica.....               | 7    |
| 1.4.2. Censo poblacional .....                | 7    |
| 1.4.3. Educación.....                         | 8    |

|            |   |    |
|------------|---|----|
| 2.         | FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....  | 11 |
| 2.1.       | Diseño de carretera pavimentada que conduce de<br>Bárceñas hacia aldea El Tablón..... | 11 |
| 2.1.1.     | Descripción del proyecto .....  | 11 |
| 2.1.2.     | Levantamiento topográfico .....   | 11 |
| 2.1.2.1.   | Altimetría .....  | 12 |
| 2.1.2.2.   | Planimetría .....   | 12 |
| 2.1.3.     | Consideraciones de diseño .....   | 13 |
| 2.1.3.1.   | Ubicación y localización del tramo<br>carretero .....                                 | 13 |
| 2.1.3.2.   | Factores de diseño .....  | 14 |
| 2.1.4.     | Definición de pavimentos .....  | 15 |
| 2.1.4.1.   | Pavimentos flexibles.....   | 16 |
| 2.1.5.     | Ensayo de laboratorio de suelos .....   | 17 |
| 2.1.5.1.   | Granulometría .....   | 17 |
| 2.1.5.2.   | Límites de Atterberg .....  | 17 |
| 2.1.5.3.   | Proctor.....  | 19 |
| 2.1.5.4.   | CBR.....  | 20 |
| 2.1.5.5.   | Equivalente de arena .....  | 20 |
| 2.1.5.6.   | Análisis de resultados .....  | 21 |
| 2.1.6.     | Diseño geométrico de la carretera .....   | 22 |
| 2.1.6.1.   | Alineamiento horizontal .....   | 23 |
| 2.1.6.1.1. | Tangentes .....   | 24 |
| 2.1.6.1.2. | Curvas horizontales .....   | 24 |
| 2.1.6.1.3. | Curvas de transición .....  | 30 |
| 2.1.6.1.4. | Sobreechancho.....  | 31 |
| 2.1.6.1.5. | Peralte.....  | 33 |
| 2.1.6.2.   | Alineamiento vertical .....   | 35 |
| 2.1.6.2.1. | Subrasante.....   | 36 |

|         |            |   |    |
|---------|------------|---|----|
|         | 2.1.6.2.2. | Pendientes.....   | 37 |
|         | 2.1.6.2.3. | Curvas verticales y<br>correcciones .....   | 37 |
| 2.1.7.  |            | Movimiento de tierras .....   | 46 |
|         | 2.1.7.1.   | Secciones transversales.....  | 47 |
|         | 2.1.7.2.   | Cálculo de áreas.....   | 48 |
|         | 2.1.7.3.   | Cálculo de volúmenes .....  | 49 |
|         | 2.1.7.4.   | Balance y diagrama de masas.....  | 52 |
| 2.1.8.  |            | Diseño de pavimento flexible por el método<br>AASHTO 93 .....   | 53 |
| 2.1.9.  |            | Drenajes menores en vías pavimentadas.....  | 74 |
|         | 2.1.9.1.   | Consideraciones hidráulicas .....   | 74 |
|         | 2.1.9.2.   | Drenajes longitudinales .....   | 75 |
|         | 2.1.9.3.   | Drenajes transversales .....  | 79 |
| 2.1.10. |            | Presupuesto.....  | 80 |
|         | 2.1.10.1.  | Integración de precios unitarios .....  | 80 |
|         | 2.1.10.2.  | Resumen del presupuesto .....   | 82 |
| 2.1.11. |            | Cronograma de ejecución física y financiera .....   | 83 |
| 2.1.12. |            | Evaluación de impacto ambiental .....   | 83 |
| 2.2.    |            | Diseño del sistema de drenaje sanitario para las colonias<br>La Gloria, Nueva Villa Nueva 1, Santa Fe, Héroes de Villa<br>Nueva ..... | 85 |
|         | 2.2.1.     | Descripción del proyecto .....  | 85 |
|         | 2.2.2.     | Levantamiento topográfico .....   | 85 |
|         | 2.2.2.1.   | Altimetría.....   | 85 |
|         | 2.2.2.2.   | Planimetría.....  | 86 |
|         | 2.2.3.     | Parámetros hidráulicos .....  | 86 |
|         | 2.2.3.1.   | Velocidad de diseño .....   | 86 |
|         | 2.2.3.2.   | Relaciones hidráulicas: $q/Q$ , $v/V$ , $d/D$ ..  | 87 |

|            |  |     |
|------------|--|-----|
| 2.2.3.3.   | Secciones y pendientes.....                        | 90  |
| 2.2.3.4.   | Diámetros mínimos .....                            | 90  |
| 2.2.3.5.   | Selección de tubería.....                          | 91  |
| 2.2.4.     | Pozos de visita .....                              | 91  |
| 2.2.4.1.   | Diámetro interno de los pozos.....                 | 91  |
| 2.2.4.2.   | Disipadores de energía en pozos de<br>visita ..... | 93  |
| 2.2.4.3.   | Cotas invert .....                                 | 93  |
| 2.2.5.     | Parámetros de diseño .....                         | 94  |
| 2.2.5.1.   | Periodo de diseño .....                            | 95  |
| 2.2.5.2.   | Población de diseño .....                          | 95  |
| 2.2.5.3.   | Dotación .....                                     | 96  |
| 2.2.5.4.   | Factor de retorno.....                             | 96  |
| 2.2.5.5.   | Caudal sanitario .....                             | 96  |
| 2.2.5.5.1. | Caudal doméstico .....                             | 97  |
| 2.2.5.5.2. | Caudal comercial e<br>industrial.....              | 97  |
| 2.2.5.5.3. | Caudal de infiltración.....                        | 98  |
| 2.2.5.5.4. | Caudal de conexiones<br>ilícitas .....             | 98  |
| 2.2.5.5.5. | Cálculo de caudal<br>sanitario.....                | 99  |
| 2.2.5.6.   | Caudal de diseño .....                             | 100 |
| 2.2.5.6.1. | Factor de caudal<br>medio .....                    | 100 |
| 2.2.5.6.2. | Factor de Harmond .....                            | 101 |
| 2.2.5.6.3. | Cálculo del caudal de<br>diseño .....              | 101 |
| 2.2.5.7.   | Conexiones domiciliarias.....                      | 102 |



|                      |  |     |
|----------------------|--|-----|
| 2.2.5.8.             | Descarga .....   | 103 |
| 2.2.6.               | Desarrollo de un tramo del diseño de drenaje sanitario ..... | 103 |
| 2.2.7.               | Presupuesto.....   | 109 |
| 2.2.8.               | Evaluación de impacto ambiental .....                        | 110 |
| CONCLUSIONES .....   |  | 113 |
| RECOMENDACIONES..... |  | 115 |
| BIBLIOGRAFÍA.....    |  | 117 |
| APÉNDICES .....      |  | 119 |
| ANEXOS.....          |  | 141 |



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1.  | Datos porcentuales de la población .....                        | 2  |
| 2.  | Ubicación del tramo carretero para la aldea El Tablón.....      | 3  |
| 3.  | Ubicación de las colonias para el proyecto sanitario.....       | 4  |
| 4.  | Censo poblacional de 2002.....                                  | 8  |
| 5.  | Tasa de alfabetización .....                                    | 9  |
| 6.  | Ubicación y localización del tramo .....                        | 13 |
| 7.  | Comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos .....          | 16 |
| 8.  | Límites de consistencia del suelo.....                          | 18 |
| 9.  | Componentes del diseño geométrico .....                         | 22 |
| 10. | Componentes de una curva horizontal.....                        | 25 |
| 11. | Bombeo y peralte en curva .....                                 | 33 |
| 12. | Componentes de una curva vertical .....                         | 36 |
| 13. | Curva vertical cóncava .....                                    | 38 |
| 14. | Curva vertical convexa .....                                    | 39 |
| 15. | Sección transversal típica .....                                | 47 |
| 16. | Calculo de un área transversal por determinantes.....           | 48 |
| 17. | Volumen entre dos secciones transversales .....                 | 49 |
| 18. | Volumen entre secciones transversales de corte y relleno .....  | 50 |
| 19. | Diagrama de masas .....   | 52 |
| 20. | Monograma para el cálculo del número estructural .....          | 66 |
| 21. | Coeficiente de capa para el concreto asphaltico ( $a_1$ ) ..... | 67 |
| 22. | Coeficiente de capa de base granular ( $a_2$ ) .....            | 68 |
| 23. | Coeficiente de capa para la subbase ( $a_3$ ) .....             | 69 |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 24. | Espesores de la estructura del pavimento ..... | 74 |
| 25. | Dimensiones de la cuneta.....                  | 77 |

## TABLAS

|        |  |    |
|--------|--|----|
| I.     | Clasificación de la carretera.....   | 15 |
| II.    | Valores de sobreebanco .....   | 32 |
| III.   | Valores de peralte y longitud de curva .....                                 | 34 |
| IV.    | Valores mínimos de k .....   | 40 |
| V.     | Resumen de correcciones de la curva 10.....                                  | 46 |
| VI.    | Periodo de diseño .....  | 54 |
| VII.   | Factor direccional y de carril .....   | 57 |
| VIII.  | Factores de equivalencia de carga .....                                      | 58 |
| IX.    | Pesos de vehículos C2 y C3.....  | 59 |
| X.     | Cálculo de ESAL.....   | 60 |
| XI.    | Valores de nivel de confiabilidad.....                                       | 61 |
| XII.   | Factores de desviación normal .....  | 62 |
| XIII.  | Serviciabilidad final (Pt) .....   | 63 |
| XIV.   | Condiciones del drenaje .....  | 70 |
| XV.    | Coeficientes de drenaje .....  | 70 |
| XVI.   | Resumen de datos.....  | 71 |
| XVII.  | Espesores mínimos .....  | 73 |
| XVIII. | Parámetros de ajuste.....  | 76 |
| XIX.   | Ejemplo de integración de precios unitarios .....                            | 81 |
| XX.    | Presupuesto del tramo carretero de Bárcenas hacia la aldea El<br>Tablón..... | 82 |
| XXI.   | Cronograma de actividades .....  | 83 |
| XXII.  | Matriz de Leopold de impacto ambiental para pavimento .....                  | 84 |
| XXIII. | Relaciones hidráulicas .....   | 88 |

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| XXIV.   | Diámetros mínimos .....   | 90  |
| XXV.    | Diámetros de pozo de visita. ....                                     | 92  |
| XXVI.   | Refuerzo estructural de pozo de visita .....                          | 92  |
| XXVII.  | Tipos de disipación de energía .....                                  | 93  |
| XXVIII. | Presupuesto del drenaje sanitario .....                               | 110 |
| XXIX.   | Matriz de Leopold de impacto ambiental para el drenaje sanitario .... | 111 |



## LISTA DE SÍMBOLOS

| <b>Símbolo</b> | <b>Significado</b>                   |
|----------------|--------------------------------------|
| <b>AN</b>      | Ancho normal                         |
| <b>A</b>       | Área                                 |
| $\Delta$       | Ángulo de deflexión entre pendientes |
| <b>Q</b>       | Caudal a sección llena               |
| <b>q</b>       | Caudal a sección parcial             |
| <b>Q dis</b>   | Caudal de diseño                     |
| <b>Q dom</b>   | Caudal domiciliar                    |
| <b>Q ind</b>   | Caudal de industria                  |
| <b>cm</b>      | Centímetro                           |
| <b>C</b>       | Coeficiente de escorrentía           |
| <b>n</b>       | Coeficiente de rugosidad             |
| <b>CIE</b>     | Cota invert de entrada               |
| <b>CIS</b>     | Cota invert de salida                |
| <b>D</b>       | Diámetro                             |
| <b>DH</b>      | Distancia horizontal                 |
| <b>Dot</b>     | Dotación                             |
| <b>E</b>       | External                             |
| <b>fqm</b>     | Factor de caudal medio               |
| <b>FC</b>      | Factor de equivalencia de cargas     |
| <b>F.H.</b>    | Factor de Harmond                    |
| <b>FDI</b>     | Factor de infiltración               |
| <b>G</b>       | Grado de curvatura                   |
| <b>Ha</b>      | Hectáreas                            |

|                        |                                   |
|------------------------|-----------------------------------|
| <b>Km/h</b>            | Kilómetro por hora                |
| <b>L/hab/día</b>       | Litros por habitante al día       |
| <b>L/s</b>             | Litros por segundo                |
| <b>LC</b>              | Longitud de curva                 |
| <b>LCV</b>             | Longitud de curva vertical        |
| <b>m</b>               | Metros                            |
| <b>m<sup>2</sup></b>   | Metros cuadrados                  |
| <b>m<sup>3</sup></b>   | Metros cúbicos                    |
| <b>m<sup>3</sup>/s</b> | Metros cúbicos por segundo        |
| <b>OM</b>              | Ordenada media                    |
| <b>S</b>               | Pendiente                         |
| <b>Pe</b>              | Pendiente de entrada              |
| <b>Ps</b>              | Pendiente de salida               |
| <b>e%</b>              | Peralte                           |
| <b>PVS</b>             | Pozo de visita sanitario          |
| <b>PC</b>              | Principio de curva                |
| <b>PCV</b>             | Principio de curva vertical       |
| <b>PT</b>              | Principio de tangente             |
| <b>PTV</b>             | Principio de tangente vertical    |
| <b>PI</b>              | Punto de intersección             |
| <b>PIV</b>             | Punto de intersección vertical    |
| <b>M</b>               | Punto medio u ordenada media      |
| <b>R</b>               | Radio                             |
| <b>k</b>               | Relación curva vertical pendiente |
| <b>q/Q</b>             | Relación de caudales              |
| <b>d/D</b>             | Relación de tirante               |
| <b>v/V</b>             | Relación de velocidad             |
| <b>Sa</b>              | Sobreancho                        |
| <b>St</b>              | Subtangente                       |



|           |                             |
|-----------|-----------------------------|
| <b>TE</b> | Tangente de entrada         |
| <b>TS</b> | Tangente de salida          |
| <b>R</b>  | Tasa de crecimiento         |
| <b>Tc</b> | Tiempo de concentración     |
| <b>V</b>  | Velocidad a sección llena   |
| <b>v</b>  | Velocidad a sección parcial |
| <b>Vc</b> | Volumen de corte            |
| <b>Vr</b> | Volumen de relleno          |



## GLOSARIO

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| <b>AASHTO</b>               | American Association of State Highway and Transportation Officials (Asociación Americana de Oficiales de carretera Estatales y Transportes).              |
| <b>Agua residual</b>        | Tipo de agua que está contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales.                                   |
| <b>Alcantarillado</b>       | Sistema formado por obras accesorias, tuberías o conductos, generalmente cerrados, que no trabajan a presión y que conducen aguas residuales o pluviales. |
| <b>AutoCAD</b>              | Software en programas de diseño, dibujo, modelado, dibujo arquitectónico e ingeniería en 2D y 3D.   |
| <b>Acometida domiciliar</b> | Receptáculo donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de una vivienda y que conduce al sistema de drenaje.                              |
| <b>Caudal</b>               | Cantidad de flujo que circula a través de una sección o ducto por unidad de tiempo.   |
| <b>Colector</b>             | Conjunto de tuberías, canales, pozos de visita y obras accesorias que sirven para el desalajo de aguas negras o aguas de lluvia.                          |

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>Cota</b>         | Altura o nivel de un punto sobre un plano horizontal de referencia.  |
| <b>Cota invert</b>  | Altura de la parte inferior del tubo ya instalado.   |
| <b>Cuenca</b>       | Territorio cuyas aguas recorren hacia el punto más bajo.   |
| <b>DGC</b>          | Dirección General de Caminos.  |
| <b>Dotación</b>     | Cantidad de agua que una persona necesita por día para satisfacer sus necesidades y que se expresa en litros por habitante al día. |
| <b>Escorrentía</b>  | Fenómeno que se conoce como el efecto de que el agua escurra sobre el suelo y no se filtre.  |
| <b>Geología</b>     | Ciencia que estudia la composición y estructura interna de la tierra.  |
| <b>Infiltración</b> | Introducción de un líquido entre los poros de un sólido.   |
| <b>INFOM</b>        | Instituto Nacional de Fomento Municipal.   |
| <b>Topografía</b>   | Representación gráfica de un terreno a un plano, con su forma, dimensiones y relieve.  |

## RESUMEN

El presente informe comprende el diseño de una carretera con pavimento asfáltico que conduce de Bárcenas hacia la aldea El Tablón, ubicado en la zona 2 de Villa Nueva, y el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario para las colonias La Gloria, Héroes de Villa Nueva, Nueva Villa Nueva 1 y Santa Fe, zona 6 del municipio de Villa Nueva, departamento de Guatemala.

En el primer capítulo se encuentra la fase de investigación: monografía del lugar, factores que afectan a la población, servicios públicos y todo lo referente a su geografía, como sus aspectos climáticos y su topografía.

En el capítulo dos se describen todos los parámetros de diseño, metodologías y factores utilizados para ambos proyectos. La carretera cuenta con una longitud de 4 437,26 metros, una velocidad de diseño de 30 km/h y un espesor de 10 centímetros para la carpeta asfáltica. El diseño está basado en las especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes de la Dirección General de Caminos. El segundo proyecto consiste en diseñar un sistema de drenaje sanitario con una longitud de 1 897,41 metros, conformado por 36 pozos de visita de 1,25 metros de diámetro, con tubería de PVC de 6 y 8 pulgadas de diámetro que benefician a 1 350 habitantes con el objetivo de evitar enfermedades causadas por la falta de un drenaje sanitario.

Para complementar ambos proyectos se presentan sus respectivos presupuestos, cronogramas de ejecución física y financiera y planos correspondientes.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar el tramo carretero que conduce de Bárcenas hacia la aldea El Tablón y un sistema de drenaje sanitario para las colonias La Gloria, Héroes de Villa Nueva, Nueva Villa Nueva 1 y Santa Fe ubicadas en la zona 6 de Villa Nueva, Guatemala.

### **Específicos**

1. Desarrollar una investigación sobre los aspectos importantes para el diseño y ejecución de los sectores donde se realizan ambos proyectos.
2. Diseñar el pavimento de la carretera de acuerdo al método AASHTO 93 que cumpla con las normativas y los reglamentos que aplican en el diseño de ambos proyectos.
3. Realizar la memoria de cálculo, la evaluación de impacto ambiental, el cronograma de ejecución, los planos y el presupuesto en ambos proyectos, para la Municipalidad de Villa Nueva, como base para su ejecución.





## INTRODUCCIÓN

El municipio de Villa Nueva posee uno de los más altos índices de crecimiento demográfico: su población representa el 14 % del total de la población del departamento de Guatemala; esto origina problemas a los habitantes ya que la infraestructura actual no tiene la capacidad de satisfacer las necesidades de la población total; por lo cual, se plantean dos proyectos para mejorar la infraestructura existente que ayudarán a solucionar y beneficiar a los habitantes de los diferentes sectores, con el fin de generar un cambio positivo que mejore su calidad de vida.

El primer proyecto consta de un tramo de 4,4 kilómetros: la ruta de Bárcenas hacia la aldea El Tablón, el cual no cuenta con una carretera pavimentada, lo que ocasiona daños a los vehículos de los usuarios y que provoca que el tiempo de recorrido sea mayor, lo cual perjudica el desarrollo económico de manera individual y a nivel social.

Asimismo, las colonias La Gloria, Nueva Villa Nueva 1, Héroes de Villa Nueva y Santa Fe, ubicadas en la zona 6 de Villa Nueva no cuentan con un sistema de drenaje sanitario; por lo cual las condiciones de salubridad de los habitantes están siendo afectadas; en este proyecto se realizará el diseño de un sistema de drenaje sanitario.

Con estos proyectos se pretende contribuir con el desarrollo económico y social del lugar; se ponen en práctica los conceptos fundamentales de diseño, costos y planificación ingenieril.



# 1. FASE DE INVESTIGACIÓN

## 1.1. Monografía del lugar

Villa Nueva es uno de los 17 municipios y uno de los más poblados del departamento de Guatemala; a continuación, se detalla la historia del municipio y las características de la población.

### 1.1.1. Reseña histórica

“Villa Nueva fue fundada el 17 de abril de 1763, es un poblado del periodo hispánico, por decreto de la Asamblea Constituyente del Estado de Guatemala del 8 de octubre del año de 1839, cuando se formó el distrito de Amatitlán: conformado primero por la ciudad de Amatitlán, San Cristóbal Palín, Villa Nueva, San Miguel Petapa y Santa Inés Petapa; y todos los lugares anexos a estas poblaciones compondrían un distrito independiente para el gobierno político”<sup>1</sup>.

El distrito cambió su nombre y categoría a departamento, según el acuerdo del Organismo Ejecutivo del 8 de mayo del año 1866. Posteriormente el Decreto Legislativo 2081 del 29 de abril de 1935, indica que los municipios de Amatitlán, Villa Nueva, San Miguel Petapa y Villa Canales quedan incorporados al departamento de Guatemala. Actualmente, Villa Nueva es el segundo municipio más grande del departamento de Guatemala y consta de una villa que es la cabecera, 6 aldeas y 11 caseríos.

---

<sup>1</sup> *Historia*. <http://www.villanueva.gob.gt/monografia-villanueva-guatemala>. Consulta: 15 de agosto de 2017.

### 1.1.2. Población

Actualmente, se estima que el municipio de Villa Nueva cuenta aproximadamente con una población de 1 000 000 de habitantes, con una media de 3 a 5 personas por vivienda, en donde el 48,26 % son hombres y el 51,74 % son mujeres. Según el Instituto Nacional de Estadística, la población se divide en dos grupos étnicos: 7,41 % de gente indígena y un 88,9 % de gente no indígena. Villa Nueva consta de un crecimiento demográfico acelerado como en muchos otros departamentos, la tasa de crecimiento poblacional del municipio es de un 3,1 %.

Figura 1. Datos porcentuales de la población

|              |         |        |
|--------------|---------|--------|
| HOMBRES      | 171.771 | 48.26% |
| MUJERES      | 184.130 | 51.74% |
| URBANA       | 301,947 | 84.84% |
| RURAL        | 53,954  | 15.16% |
| LADINA       | 328,899 | 92.41% |
| INDÍGENA     | 27,002  | 07.59% |
| 0 A 14 AÑOS  | 131,022 | 36.81% |
| 15 A 29 AÑOS | 106,789 | 30%    |
| 30 A 44 AÑOS | 67,220  | 18.88% |
| 45 A 59 AÑOS | 33,884  | 9.52%  |
| 60 A 74 AÑOS | 12,529  | 3.52%  |
| 75 O MÁS     | 4,457   | 1.25%  |

Fuente: Censo 2016. [www.villanueva.gob.gt/datos-villanueva-guatemala](http://www.villanueva.gob.gt/datos-villanueva-guatemala). Consulta: 10 de febrero de 2017.

## 1.2. Características físicas del lugar

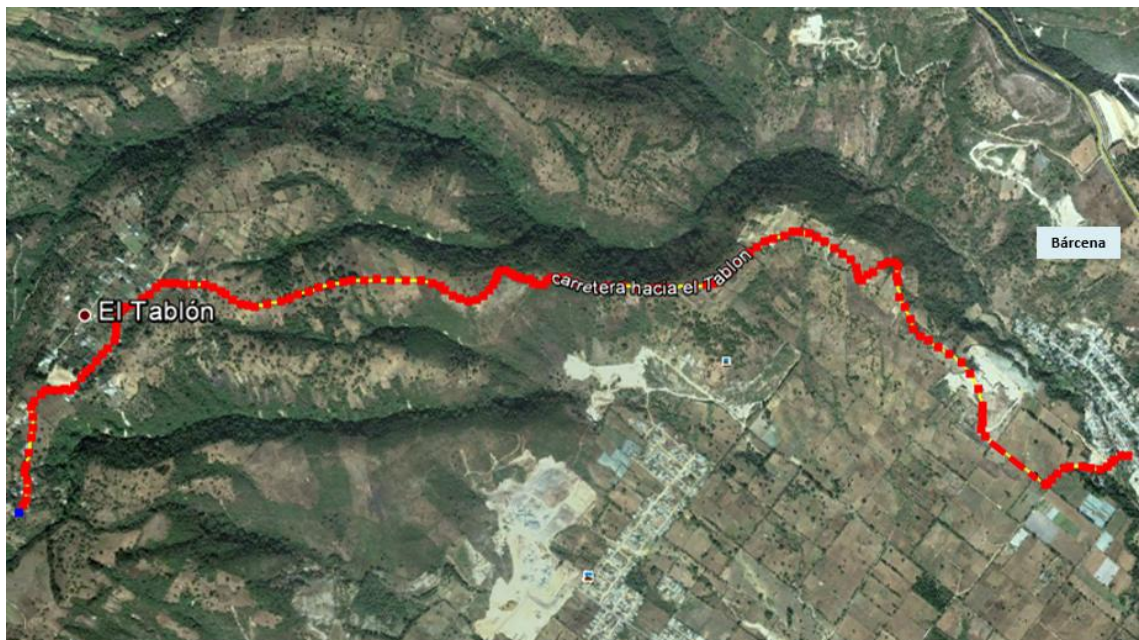
A continuación se presenta todos los aspectos físicos de los proyectos.

### 1.2.1. Localización y ubicación

El municipio de Villa Nueva colinda geográficamente al norte del municipio de Mixco; al este con los municipios de San Miguel Petapa y Villa Canales; al sur con el municipio de Amatitlán; mientras que al oeste con Santa Lucía Milpas Altas (departamento de Sacatepéquez).

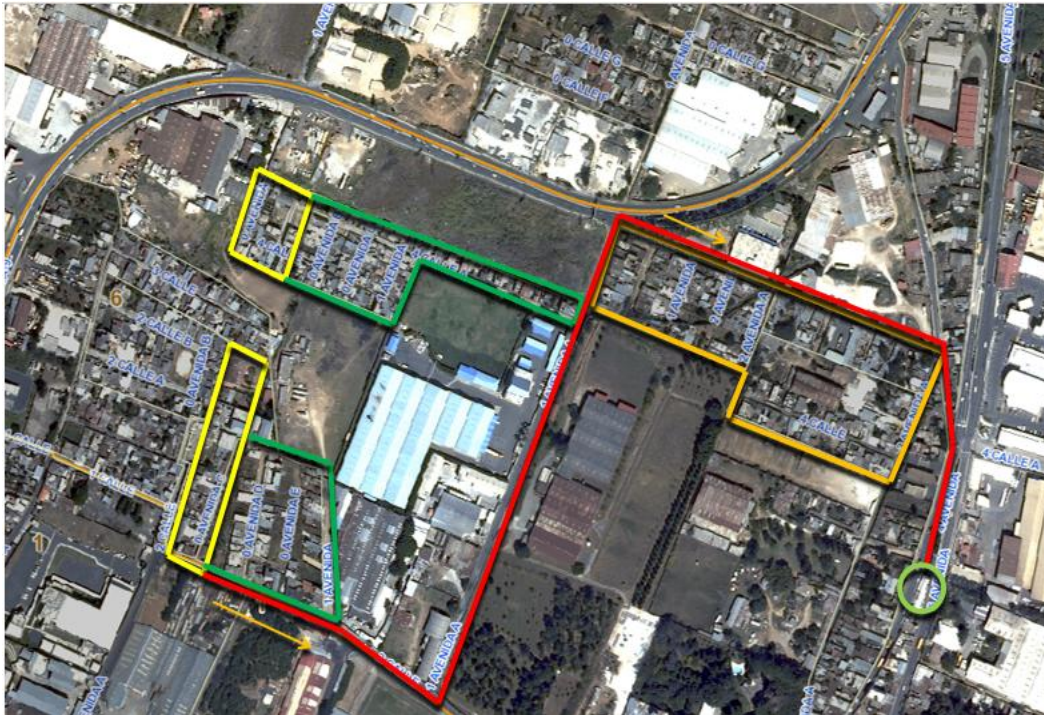
Las coordenadas geográficas del inicio del tramo carretero para la aldea El Tablón son:  $14^{\circ}32'56,04''$  Norte y  $90^{\circ}37'35,55''$  oeste (ver figura 2). Y las coordenadas para las colonias del proyecto del drenaje sanitario de la zona 6 de Villa Nueva son:  $14^{\circ}31'41,85''$  norte y  $90^{\circ}35'15''$  oeste (ver figura 3).

Figura 2. Ubicación del tramo carretero para la aldea El Tablón



Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth.

Figura 3. **Ubicación de las colonias para el proyecto sanitario**



Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth.

### 1.2.2. Descripción topografía

Villa Nueva cuenta con una altitud de 1 330,24 metros sobre el nivel del mar, el cual se registra en el parque central del municipio.

El municipio consta con una extensión territorial de 114 kilómetros cuadrados; existen diversos accidentes geográficos. Los proyectos poseen diferentes características de terreno; la ruta hacia El Tablón consta de una topografía montañosa, la zona 6 de Villa Nueva tiene tramos en donde se encuentran depresiones en el terreno y otros planos.

### **1.2.3. Aspectos climatológicos**

El municipio de Villa Nueva cuenta con un clima templado, el invierno se presenta entre los meses de abril y noviembre.

Según en información proporcionada por la estación meteorológica central Insivumeh se han determinado los siguientes datos:

- La temperatura media anual es de 20,7° C
- En un año, la precipitación media es de 1 208 milímetros
- La humedad media relativa se encuentra entre los valores de 76 % y 80 %
- La velocidad del viento promedio es de 5,7 kilómetros por hora
- La presión atmosférica es de 641,5 mm.Hg

### **1.2.4. Autoridades y servicios públicos**

La autoridad máxima en el municipio es el alcalde municipal, elegido democráticamente cada cuatro años. Villa Nueva, por ser el segundo municipio más grande en cuanto al número poblacional, cuenta con todos los servicios más importantes que se detallan en la sección 1.3.2., servicios públicos.

## **1.3. Características de infraestructura**

La infraestructura del municipio de Villa Nueva es variada; en los sectores en donde existe una condición económica media o alta, las casas son construidas de concreto o de block; en los sectores en donde existe una condición económica baja son construidas de block, adobe y la mayoría con techos de lámina.

### **1.3.1. Vías de acceso**

El municipio de Villa Nueva se encuentra a 15 kilómetros de la ciudad capital y aproximadamente a 13 kilómetros hacia Amatitlán. También consta de una variedad de rutas que lo conectan con diferentes municipios: CA-9 Sur que ingresa desde la ciudad de Guatemala; ruta departamental GUA-16 que ingresa desde Santa Lucía Milpas Altas, desde Amatitlán y Escuintla a través de la ruta departamental GUA-47; a Petapa y Villa Canales a través de la ruta departamental GUA-2.

### **1.3.2. Servicios públicos**

En los sectores de ambos proyectos se cuenta con los servicios básicos más importantes: alumbrado eléctrico, servicios de taxi, agua potable, telefonía, escuelas, institutos de segunda enseñanza, hospitales, centro de salud, cementerio, estación de bomberos, comisaria de la Policía Nacional Civil, policía municipal, policía municipal de tránsito, iglesias, transporte urbano y extraurbano, entre otros.

### **1.4. Características socioeconómicas**

Aunque en el municipio existen varias industrias que brindan trabajo y permiten generar ingresos, la pobreza sigue siendo uno de los factores que más afectan a la población de Villa Nueva, que provocan que muchas personas deban viajar a la ciudad de Guatemala para buscar empleo. El comercio también es un factor muy importante, cuenta con diferentes agencias de bancos y restaurantes que también ayudan a estabilizar la economía del sector.



A continuación, se muestran las diferentes actividades económicas de los pobladores; además se mostrará un censo de la población.

#### **1.4.1. Actividad económica**

La economía del municipio de Villa Nueva se basa en la producción agrícola: frijol, maíz, café, verduras, tabaco y heno. Otra actividad económica que se instaló en el municipio hace dos décadas es la industria, actualmente, se cuenta con un total de 282 industrias, que hacen el 12 % a nivel nacional; en industrias de distintos tipos: plásticos, textiles, procesadoras de alimentos, metalurgias, madera, materiales de construcción, hilados y tejidos.

También, se cuenta con la ganadería con crianza de bovinos, granjas avícolas y en algunos sectores del municipio también existe la crianza del ganado porcino. También, se encuentran bancos en ríos, explotados comercialmente, con gravas y arena.

#### **1.4.2. Censo poblacional**

Con base en los datos obtenidos por el Instituto Nacional de Estadística, Villa Nueva es uno de los municipios más grandes del departamento de Guatemala. En 1994 se realizó un censo que estimó un total de 192 069 habitantes; el censo más reciente fue en 2002, con una cantidad de 355 901 habitantes. Con estos datos se puede observar la razón por la cual el municipio tiene una gran densidad poblacional y el elevado crecimiento demográfico.

Figura 4. Censo poblacional de 2002

| A.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA POBLACIÓN. CENSO 2002.  |                   |                  |                  |                                    |                  |                |                  |                |                |
|---|-------------------|------------------|------------------|------------------------------------|------------------|----------------|------------------|----------------|----------------|
| Cuadro A1- Población total, sexo, grupos de edad y área urbana y rural, según departamento y municipio. |                   |                  |                  |                                    |                  |                |                  |                |                |
| Departamento y municipio  | Población total   | Sexo             |                  | Grupos de edad (en años cumplidos) |                  |                |                  |                |                |
|   |                   | Hombres          | Mujeres          | De 0 a 6                           | De 7 a 14        | De 15 a 17     | De 18 a 59       | De 60 a 64     | De 65 y más    |
| <b>Total País</b>   | <b>11,237,196</b> | <b>5,496,839</b> | <b>5,740,357</b> | <b>2,315,829</b>                   | <b>2,434,192</b> | <b>751,968</b> | <b>5,021,427</b> | <b>215,713</b> | <b>498,067</b> |
| <b>Guatemala</b>  | <b>2,541,581</b>  | <b>1,221,379</b> | <b>1,320,202</b> | <b>421,163</b>                     | <b>461,062</b>   | <b>155,907</b> | <b>1,330,086</b> | <b>51,871</b>  | <b>121,492</b> |
| Guatemala   | 942,348           | 444,429          | 497,919          | 132,432                            | 152,531          | 56,753         | 516,761          | 23,728         | 60,143         |
| Santa Catarina Pinula   | 63,767            | 30,655           | 33,112           | 10,955                             | 12,146           | 4,025          | 33,266           | 1,047          | 2,328          |
| San José Pinula   | 47,278            | 23,083           | 24,195           | 9,272                              | 9,974            | 3,183          | 22,540           | 698            | 1,611          |
| San José del Golfo  | 5,156             | 2,510            | 2,646            | 908                                | 1,135            | 385            | 2,250            | 132            | 346            |
| Palencia  | 47,705            | 23,650           | 24,055           | 10,041                             | 10,947           | 3,247          | 20,645           | 816            | 2,009          |
| Chinautla   | 95,312            | 46,468           | 48,844           | 17,755                             | 18,927           | 5,893          | 47,359           | 1,704          | 3,674          |
| San Pedro Ayampuc   | 44,996            | 22,201           | 22,795           | 9,197                              | 9,747            | 2,910          | 20,700           | 733            | 1,709          |
| Mixco   | 403,689           | 192,720          | 210,969          | 61,764                             | 68,455           | 24,655         | 221,234          | 8,658          | 18,923         |
| San Pedro Sacatepéquez  | 31,503            | 15,560           | 15,943           | 5,996                              | 6,546            | 1,937          | 15,214           | 568            | 1,242          |
| San Juan Sacatepéquez   | 152,583           | 75,415           | 77,168           | 32,549                             | 33,628           | 9,553          | 69,256           | 2,510          | 5,087          |
| San Raimundo  | 22,615            | 10,992           | 11,623           | 4,938                              | 5,197            | 1,490          | 9,464            | 435            | 1,091          |
| Chuarancho  | 10,101            | 5,210            | 4,891            | 2,143                              | 2,230            | 680            | 4,124            | 266            | 658            |
| Fraijanes   | 30,701            | 15,837           | 14,864           | 5,483                              | 5,816            | 1,746          | 16,059           | 514            | 1,083          |
| Amatitlán   | 82,870            | 40,462           | 42,408           | 15,029                             | 16,408           | 5,083          | 41,677           | 1,446          | 3,227          |
| Villa Nueva   | 355,901           | 171,771          | 184,130          | 64,018                             | 67,004           | 22,177         | 185,716          | 5,419          | 11,567         |
| Villa Canales   | 103,814           | 51,277           | 52,537           | 20,295                             | 21,036           | 6,284          | 50,688           | 1,744          | 3,767          |
| Petapa  | 101,242           | 49,139           | 52,103           | 18,388                             | 19,335           | 5,906          | 53,133           | 1,453          | 3,027          |

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE). *Censo 2002*. p. 68.

### 1.4.3. Educación

Villa Nueva es un municipio alfabetizado; según el Instituto Nacional de Estadística, del total de la población, un 95,6 % es alfabetizada y un 4,4 % es analfabeta.

El municipio cuenta con noventa colegios privados e institutos de segunda enseñanza y con cincuenta y seis establecimientos oficiales.

Figura 5. Tasa de alfabetización

|                                 | Ambos sexos | Hombre      | Mujer       |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Total República</b>          | <b>81.5</b> | <b>83.2</b> | <b>80.1</b> |
| <b>Guatemala (departamento)</b> | <b>93.1</b> | <b>94.4</b> | <b>91.9</b> |
| Guatemala                       | 95.6        | 96.7        | 94.7        |
| Santa Catarina Pinula           | 96.4        | 97.2        | 95.5        |
| San José Pinula                 | 91.7        | 92.9        | 90.6        |
| San José del Golfo              | 96.9        | 96.9        | 96.8        |
| Palencia                        | 82.4        | 80.0        | 84.7        |
| Chinautla                       | 91.6        | 93.2        | 90.2        |
| San Pedro Ayampuc               | 87.5        | 88.4        | 86.6        |
| Mixco                           | 94.0        | 95.9        | 92.4        |
| San Pedro Sacatepéquez          | 87.8        | 92.2        | 83.5        |
| San Juan Sacatepéquez           | 82.5        | 85.9        | 79.1        |
| San Raimundo                    | 83.9        | 86.7        | 81.3        |
| Churranchito                    | 67.6        | 77.5        | 57.1        |
| Fraijanes                       | 91.1        | 93.0        | 89.0        |
| Amatitlán                       | 91.9        | 93.2        | 90.6        |
| Villa Nueva                     | 95.6        | 96.6        | 94.7        |
| Villa Canales                   | 88.6        | 89.9        | 87.3        |
| San Miguel Petapa               | 96.6        | 97.5        | 95.8        |

Fuente: Conalfa. *Estadísticas 2010*. p. 35.



## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. Diseño de carretera pavimentada que conduce de Bárcenas hacia aldea El Tablón**

#### **2.1.1. Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en el diseño del pavimento asfáltico y el replanteo geométrico del tramo carretero que conduce de Bárcenas hacia la aldea El Tablón del municipio de Villa Nueva, Guatemala.

La longitud de la carretera es de 4 437,26 metros, además incluye canales hidráulicos para recibir, conducir y evacuar las aguas pluviales. El tramo carretero ya se encuentra definido ya que existe un caminamiento, pero la dificultad en ese sector es que existen tramos en donde varía el ancho de calzada, debido a que no se respetó el derecho de vía ya que existe invasión de los vecinos del lugar e invasión vegetal. El fin de desarrollar el diseño de la infraestructura vial del municipio Villa Nueva es el aumento del índice para el desarrollo económico de la aldea El Tablón.

#### **2.1.2. Levantamiento topográfico**

Se le llama levantamiento topográfico a la representación gráfica de una superficie terrestre, para ello se toman en cuenta las características físicas, geográficas y geológicas del terreno.

La topografía se logra medir por medio de instrumentos para medir ángulos, desniveles, distancias y coordenadas para delimitar y definir la forma de la superficie. El instrumento utilizado para este proyecto fue la estación total, en donde se procedió a tomar aproximadamente 5 puntos a cada 20 metros, según lo establece las especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes de la Dirección General de Caminos.

#### **2.1.2.1. Altimetría**

El levantamiento altimétrico es el procedimiento utilizado para realizar medidas de distintos puntos sobre el eje zeta (Z), los cuales representan las distancias verticales, medidas a partir de un plano horizontal.

Mediante un punto de referencia se toman diferentes puntos o cotas para representar el terreno por medio de las curvas de nivel y generar los perfiles para el diseño de la carretera y los drenajes longitudinales y transversales.

#### **2.1.2.2. Planimetría**

Es el procedimiento para medir distancias horizontales y obtener puntos sobre el eje equis y ye (X,Y), para ello se toma un punto de referencia y se representa en planta o en un plano horizontal. El trazo de este proyecto consistió en una poligonal abierta y se utilizó el método de conservación de azimut, en donde se toma un azimut referido al norte y se toma la medida hacia la estación anterior.

Al igual que para el levantamiento altimétrico, el equipo utilizado fue la estación total, en donde además se utilizó la brújula, un metro, 3 prismas, estacas y pintura de aceite color rojo. La estación total consiste en apuntar

hacia un prisma en donde se envía un haz de luz, el cual rebota en el prisma y por medio de los ángulos registrados se registra la posición del nuevo punto por medio de triangulaciones y puntos.

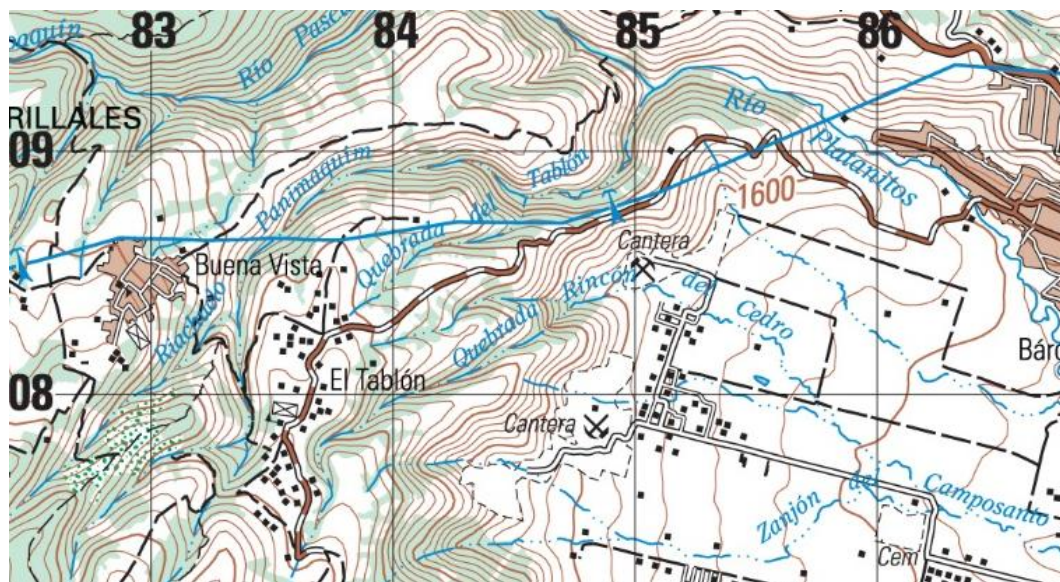
### 2.1.3. Consideraciones de diseño

A continuación, se presentan los requerimientos mínimos, factores y normas que deben ser utilizados para un correcto diseño del tramo carretero.

#### 2.1.3.1. Ubicación y localización del tramo carretero

El tramo carretero es de aproximadamente 4,4 kilómetros de terracería y el rumbo gobernante es sur-oeste.

Figura 6. Ubicación y localización del tramo



Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth.

### **2.1.3.2. Factores de diseño**

Para el diseño de la carretera se tomaron todos los factores que pueden afectarla; dos de los más importantes son: la cantidad de vehículos y la topografía del lugar.

El primer factor es la cantidad de vehículos que transitarán; es fundamental ya que determinará el tipo de carretera que se debe construir; el segundo factor es la topografía del lugar, el cual establecerá el ancho de calzada, la pendiente máxima, el radio mínimo y la velocidad de diseño. Para este caso, por ser una carretera secundaria, con características montañosas y una afluencia vehicular de 148 vehículos al día, según el conteo vehicular realizado en el sector, se determinó una carretera tipo E.

Según las características anteriores y con base en los estándares establecidos por la Dirección General de Caminos (ver figura 7), la velocidad de diseño es de 30 kilómetros por hora, con un radio mínimo de 30 metros y un ancho de calzada de 5,5 metros.

Un factor muy importante al momento de diseñar el pavimento es el periodo de diseño, en el cual hay que tomar en cuenta las características de los materiales, vida útil, la factibilidad económica del diseño y el crecimiento poblacional. Para el tramo carretero, el periodo de diseño es de 20 años por ser una carretera secundaria; al momento de expirar ese periodo de tiempo, es necesario rediseñarlo.



Tabla I. Clasificación de la carretera

| CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LAS CARRETERAS EN ESTADO FINAL |            |                 |             |                     |             |            |            |            |                          |             |                      |             |
|---|------------|-----------------|-------------|---------------------|-------------|------------|------------|------------|--------------------------|-------------|----------------------|-------------|
| T.P.D.  | CARRETERA  | VELOCIDAD DE    | ANCHO DE    | ANCHO DE TERRACERÍA |             | DERECHO DE | RADIO      | PENDIENTE  | DISTANCIA VISIB PARADA * |             | DISTANCIA VISIB PASO |             |
|   |            | DISEÑO (K.P.H.) | CALZADA (m) | CORTE (m)           | RELLENO (m) | VIA (m)    | MÍNIMO (m) | MÁXIMA (m) | MÍNIMA (m)               | RECOMEN (m) | MÍNIMA (m)           | RECOMEN (m) |
| 3000<br>A<br>5000   | TIPO "A"   |                 | 2 * 7.20    | 25.00               | 24.00       | 50.00      |            |            |                          |             |                      |             |
|   | REGIONES:  |                 |             |                     |             |            |            |            |                          |             |                      |             |
|   | LLANAS     | 100             |             |                     |             |            | 375        | 3          | 160                      | 200         | 700                  | 750         |
|   | ONDULADAS  | 80              |             |                     |             |            | 225        | 4          | 110                      | 150         | 520                  | 550         |
|   | MONTAÑOSAS | 60              |             |                     |             |            | 110        | 5          | 70                       | 100         | 350                  | 400         |
| 1500<br>A<br>3000   | TIPO "B"   |                 | 7.20        | 13.00               | 12.00       | 25.00      |            |            |                          |             |                      |             |
|   | REGIONES:  |                 |             |                     |             |            |            |            |                          |             |                      |             |
|   | LLANAS     | 80              |             |                     |             |            | 225        | 6          | 110                      | 150         | 520                  | 550         |
|   | ONDULADAS  | 60              |             |                     |             |            | 110        | 7          | 70                       | 100         | 350                  | 400         |
|   | MONTAÑOSAS | 40              |             |                     |             |            | 47         | 8          | 40                       | 50          | 180                  | 200         |
| 900<br>A<br>1500  | TIPO "C"   |                 | 6.50        | 12.00               | 11.00       | 25.00      |            |            |                          |             |                      |             |
|   | REGIONES:  |                 |             |                     |             |            |            |            |                          |             |                      |             |
|   | LLANAS     | 80              |             |                     |             |            | 225        | 6          | 110                      | 150         | 520                  | 550         |
|   | ONDULADAS  | 60              |             |                     |             |            | 110        | 7          | 70                       | 100         | 350                  | 400         |
|   | MONTAÑOSAS | 40              |             |                     |             |            | 47         | 8          | 40                       | 50          | 180                  | 200         |
| 500<br>A<br>900   | TIPO "D"   |                 | 6.00        | 11.00               | 10.00       | 25.00      |            |            |                          |             |                      |             |
|   | REGIONES:  |                 |             |                     |             |            |            |            |                          |             |                      |             |
|   | LLANAS     | 80              |             |                     |             |            | 225        | 6          | 110                      | 150         | 520                  | 550         |
|   | ONDULADAS  | 60              |             |                     |             |            | 110        | 7          | 70                       | 100         | 350                  | 400         |
|   | MONTAÑOSAS | 40              |             |                     |             |            | 47         | 8          | 40                       | 50          | 180                  | 200         |
| 100<br>A<br>500   | TIPO "E"   |                 | 5.50        | 9.50                | 8.50        | 25.00      |            |            |                          |             |                      |             |
|   | REGIONES:  |                 |             |                     |             |            |            |            |                          |             |                      |             |
|   | LLANAS     | 50              |             |                     |             |            | 75         | 8          | 55                       | 70          | 260                  | 300         |
|   | ONDULADAS  | 40              |             |                     |             |            | 47         | 9          | 40                       | 50          | 180                  | 200         |
|   | MONTAÑOSAS | 30              |             |                     |             |            | 30         | 10         | 30                       | 35          | 110                  | 150         |
| 10<br>A<br>100  | TIPO "F"   |                 | 5.50        | 9.50                | 8.50        | 15.00      |            |            |                          |             |                      |             |
|   | REGIONES:  |                 |             |                     |             |            |            |            |                          |             |                      |             |
|   | LLANAS     | 40              |             |                     |             |            | 47         | 10         | 40                       | 50          | 180                  | 200         |
|   | ONDULADAS  | 30              |             |                     |             |            | 30         | 12         | 30                       | 35          | 110                  | 150         |
|   | MONTAÑOSAS | 20              |             |                     |             |            | 18         | 14         | 20                       | 25          | 50                   | 100         |

|                            |  |           |  |
|----------------------------|--|-----------|--|
| <b>ESTRUCTURAS:</b>        | CARGA  | H-15-S-12 | <b>NOTAS:</b>  |
|                            | ALTURA LIBRE   | 4.75 m    |  |
|                            | ANCHO RODADURA   | 7.90 m    | 1) T.P.D.: Promedio de Tráfico Diario  |
| <b>ESFUERZOS UNITARIOS</b> | CONCRETO CLASE "A"   |           | 2) La sección típica para carreteras tipo "A", incluye isla central de 1.5 m de ancho.   |
|                            | ACERO DE REFUERZO  |           | 3) Las características de las estructuras son generales para todos los tipos de carretera, con excepción de la tipo "A", en donde el ancho es doble.   |
|                            | ACERO ESTRUCTURAL  |           | 4) La calidad de la capa de recubrimiento para calzada podrá ser para carreteras Tipo "A": Hormigón, Concreto asfáltico(caliente o frío) o tratamiento superficial Múltiple; para tipo "B" y "C" Concreto asfáltico (frío o caliente) o tratamiento superficial doble; para tipo "D":Trat. Sup. Doble; para tipo "E", Trat. Sup. Simple, y para tipo "F": Recubrimiento de material selecto. |
|                            | * DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA=<br>LONGITUD MÍNIMA DE CURVA VERTICAL |           |  |

Fuente: Dirección General de Caminos

Fuente: Dirección General de Caminos. *Características geométricas de las carreteras en estado final.* p. 40.

### 2.1.4. Definición de pavimentos

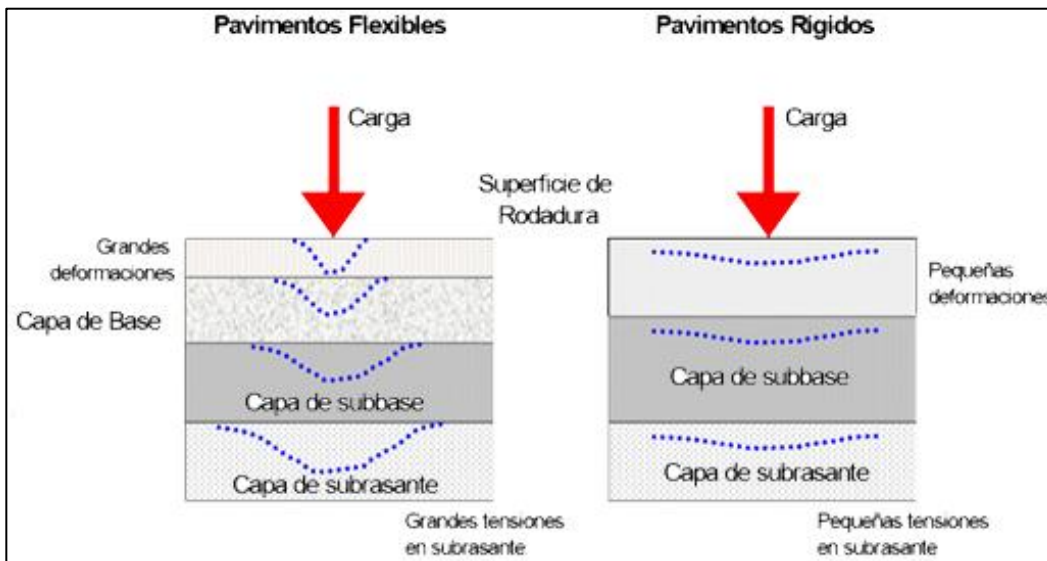
Son estructuras formadas por un conjunto de capas granulares y carpeta de rodadura, descansan sobre el suelo de cimentación, conocido como la subrasante.

Los pavimentos se diseñan para transferir y distribuir eficientemente las cargas vehiculares, desde la carpeta de rodadura hasta la subrasante.

#### 2.1.4.1. Pavimentos flexibles

Este tipo de pavimento tiene poca rigidez, es decir, a diferencia de un pavimento rígido, se deforma más, produciendo mayores tensiones en la subrasante. Estos se caracterizan por ser sistemas multicapa, en donde las capas de mejor calidad están cerca de la superficie en donde las tensiones son mayores. La capa superior es de concreto asfáltico y por debajo se coloca una base que puede ser de piedra partida, grava bien graduada o materiales estabilizados (cemento, cal o asfalto); la última capa, de menor calidad, se denomina subbase. A continuación, se puede observar la distribución de cargas de un pavimento rígido contra uno flexible.

Figura 7. Comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos



Fuente: CORONADO, Jorge. *Manual centroamericano para diseño de pavimentos*. p. 5.

### **2.1.5. Ensayo de laboratorio de suelos**

Para el diseño del pavimento de la carretera es necesario realizar un estudio de suelo, ya que es importante conocer el tipo de suelo, al igual que sus características físicas y mecánicas. Para ello, se realizaron los estudios de granulometría, límites de Atterberg, Proctor, CBR y equivalente de arena, que se describirán a continuación.

#### **2.1.5.1. Granulometría**

Este ensayo consiste en pasar una muestra de suelo seco por un arreglo de tamices, los cuales están ordenados de mayor a menor tamaño de abertura de tal forma que al ingresar el suelo, van quedando retenidas las partículas de mayor diámetro en los tamices con menor tamaño de abertura.

Posteriormente, se determina el porcentaje de masa retenido en cada tamiz, se clasifica y se nombra, ya sea por el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) o por el sistema de clasificación de la AASHTO.

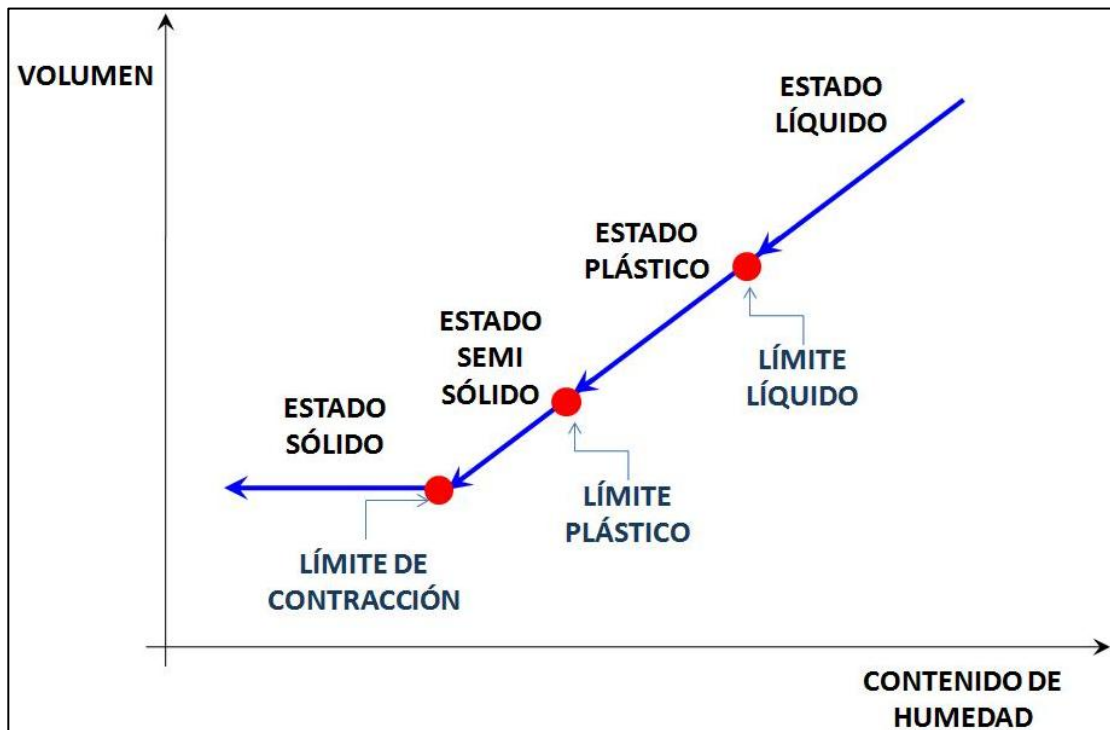
El material que se ensayó, se clasificó como una arena limosa color café, el cual contiene un 3,08 % de grava, 69,87 % de arena y un 27,04 % de finos. Dentro de la clasificación del Public Road Administration (PRA), se clasifica como A-2-4 y para el sistema de clasificación unificado (SCU) como SM (ver anexo 2).

#### **2.1.5.2. Límites de Atterberg**

Algunos suelos cambian de consistencia en función al contenido de humedad; presentan propiedades que lo incluyen en el estado sólido,

semisólido, plástico y líquido. El límite entre esos estados se denominan límites de consistencia: límite de construcción (LC), límite plástico (LP) y límite líquido (LL).

Figura 8. Límites de consistencia del suelo



Fuente: *Consistencia del suelo*. [www.estudiosgeotecnicos.info/wp-content/uploads/2012/12/image042.jpg](http://www.estudiosgeotecnicos.info/wp-content/uploads/2012/12/image042.jpg). Consulta: 13 de agosto de 2017.

En los estados líquido y plástico, se presenta una alta deformabilidad del suelo y una drástica reducción de su capacidad portante; por eso es necesario marcar los límites de esos estados, a los cuales también se les conoce por el nombre de límites de Atterberg. Al definir el límite líquido y plástico, se puede calcular el índice de plasticidad (IP) del suelo, que no es más que la diferencia entre los límites mencionados anteriormente.

El índice de plasticidad da una idea del grado de plasticidad que presenta el suelo, ya que entre más grande sea el IP, mayor será el contenido de arcilla en el suelo. Según el IP, el suelo se puede clasificar de la siguiente manera:

- IP = 0, es un suelo exento de arcilla
- IP entre 0 y 7, es un suelo arcilloso
- IP entre 7 y 17, es un suelo poco arcilloso
- IP mayor a 17, es un suelo muy arcilloso

Según los resultados del ensayo, el suelo no es plástico, ya que no presenta límites plásticos ni líquidos, esto es debido a que la muestra de suelo es arenosa y presenta un porcentaje muy bajo de finos (ver anexo 1).

### **2.1.5.3. Proctor**

Este ensayo tiene como finalidad calcular la humedad óptima, la densidad máxima seca y la máxima compactación del suelo.

El agua ayuda a disminuir la fricción entre las partículas al ser compactadas, pero si se satura de agua, la compactación disminuirá. Por eso se deduce que se necesita una humedad óptima para obtener una compactación máxima.

El ensayo consiste en compactar una porción de suelo en un cilindro de volumen conocido, haciéndose variar la humedad para obtener el punto de compactación máxima en el cual se obtiene la humedad óptima, así obteniendo la densidad máxima. Como resultado se reducen los vacíos del suelo y aumenta la capacidad para soportar cargas mayores.

El material se ensayó mediante las normas AASHTO T-180 de Proctor modificado y el material presentó una humedad óptima de 21,80 % y una densidad máxima de  $1\,185,48\text{ kg/m}^3$  ( $74,00\text{ lb/pie}^3$ ) (ver anexo 3).

#### **2.1.5.4. CBR**

La finalidad del ensayo es determinar la capacidad de soporte del suelo y los agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables. El ensayo mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas que permite obtener un porcentaje de la relación de soporte.

El CBR es el factor que determina el diseño de espesores de capas del pavimento; entre menor sea el valor del CBR de la subrasante, será necesario un mayor espesor en las capas del pavimento para protegerlo de la frecuencia de las cargas de tránsito.

El ensayo se ensayó mediante las normas AASHTO T-193, en el cual el material presentó un CBR con un valor soporte de 75 % a una compactación del 95 % (ver anexo 4).

#### **2.1.5.5. Equivalente de arena**

Este ensayo tiene como finalidad determinar la calidad del suelo que se empleará en las capas de un pavimento; esta calidad es desde el punto de vista de su contenido de finos indeseables de naturaleza plástica.

Los resultados de este ensayo son importantes ya que una buena cimentación en el pavimento necesita la cantidad menor de finos posible, sobre

todo de arcillas, los materiales que en contacto con el agua causan un gran daño al pavimento; por esa razón, es necesario saber si la cantidad de finos que contiene los materiales serán utilizados en la estructura del pavimento.

El ensayo es regido por la norma AASHTO T-176 y consiste en evaluar una muestra de suelo que pasa por el tamiz # 4 en una probeta parcialmente llena de una solución cuya función sedimentar los finos (ver anexo 5).

#### **2.1.5.6. Análisis de resultados**

A continuación, se muestra un resumen de los ensayos mencionados anteriormente. Las gráficas de cada uno de los ensayos pueden ser consultados en los anexos.

- Descripción del suelo: arena limosa color café
- Clasificación: ML
- Límite líquido: no posee
- Límite plástico: no posee
- Clasificación: SCU: SM PRA: A-2-4
- Porcentaje de partículas: grava: 3,08; arena: 69,87; finos: 27,94
- Humedad óptima: 21,80 %
- Densidad máxima seca: 1 185,48 kg/m<sup>3</sup>
- CBR al 95 % de compactación: 75 %

Los resultados de laboratorio muestran que el suelo es considerado como un material de buena calidad ya que es apto para el uso en la subrasante e incluso como subbase granulada dado el 75 % de CBR y la poca presencia de materiales finos.

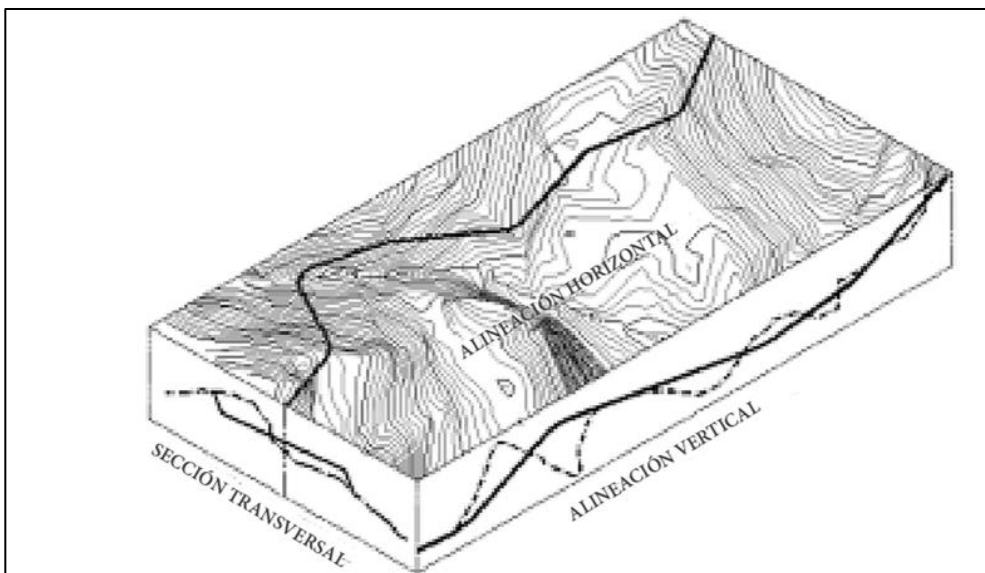
### 2.1.6. Diseño geométrico de la carretera

El diseño geométrico de la carretera se encarga de determinar las características geométricas de una vía a partir de factores como el tránsito, la topografía, las velocidades, la geología y las características del suelo, con el fin de que se pueda circular de una manera cómoda y segura.

El diseño geométrico está compuesto por tres elementos que se ejecutan de manera individual, pero dependiendo cada uno de los otros:

- Alineamiento horizontal
- Alineamiento vertical
- Diseño transversal

Figura 9. Componentes del diseño geométrico



Fuente: AGUDELO, John. *Diseño geométrico de vías*. p. 44.



### **2.1.6.1. Alineamiento horizontal**

El alineamiento horizontal es una proyección sobre el eje horizontal que está constituido por una serie de líneas rectas, enlazados por curvas circulares de grado de curvatura variables, con el fin de permitir una transición suave y segura al pasar los tramos de la carretera. Se hace necesario colocar curvas cada vez que el tramo contenga un cambio de dirección y se realiza por los siguientes factores:

- Topográfico: para minimizar costos es necesario acomodar el alineamiento a la topografía para evitar cortes y rellenos excesivos.
- Construcciones existentes y futuras: no trazar el alineamiento en donde existen terrenos privados.
- Técnico: cuando se quiera evadir un área con problemas de tipo geológicos o geotécnicos con el motivo de que las soluciones puedan ser costosas o demasiado complejas.
- Geométrico: tiene como finalidad evitar las grandes tangentes, ya que estas ocasionan inseguridad al usuario. Se pueden remplazar por curvas de grandes radios.
- Vial: con la finalidad de evitar intersectar con alguna vía terrestre (ferrocarril, carretera, entre otros) ya que esto causa un conflicto de tránsito para los usuarios.

Para realizar un correcto trazo del alineamiento, hay que definir una velocidad de diseño en donde se definen diferentes tipos de factores: clase del

terreno, características de tránsito, tipo de vía, radios de curvatura mínimo, peralte máximo, pendiente máxima, ancho de calzada, entre otros.

#### **2.1.6.1.1. Tangentes**

Se le llama tangentes o entretangencias al segmento de recta entre dos curvas horizontales consecutivas, es decir, a la distancia entre el PT de la primera curva y el PC de la siguiente curva.

Es necesario limitar las longitudes de una tangente estableciendo una tangente máxima y una mínima; ya que en el primer caso se procura evitar problemas relacionados cansancio, deslumbramientos, excesos de velocidad, entre otros, en el segundo caso se debe de producir un acomodamiento y adaptación a la conducción.

#### **2.1.6.1.2. Curvas horizontales**

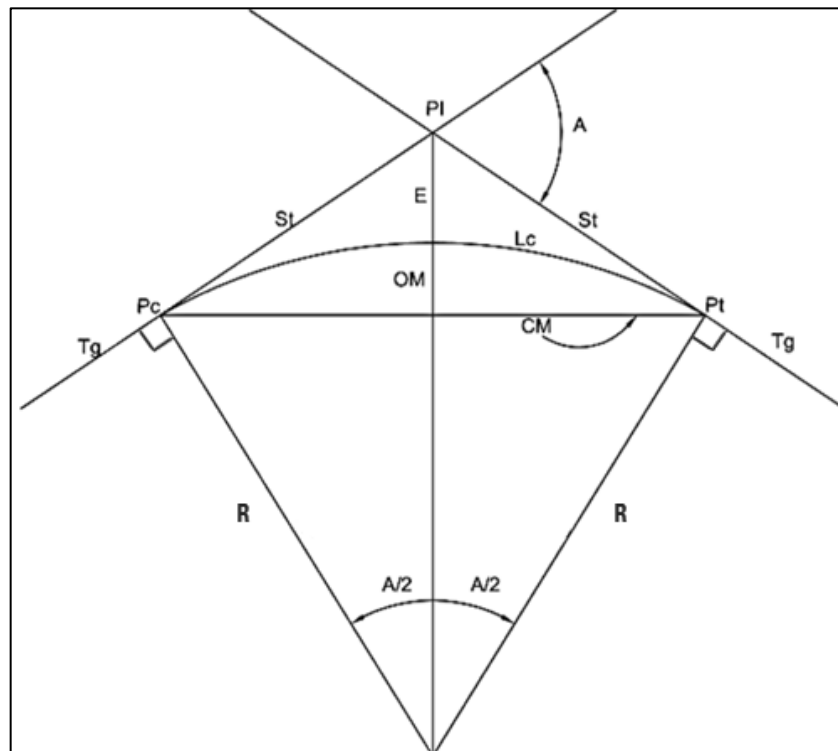
Son una proyección horizontal de curvas circulares que enlazan a dos rectas con distinta dirección. El valor del radio depende de las condiciones topográficas del sitio y de la velocidad de diseño.

El radio puede afectar otros elementos; si este aumenta, en consecuencia, la subtangente será más grande; entre mayor sea la velocidad, menos será el grado de curvatura de la curva. Los elementos que conforman a una curva horizontal son los siguientes:

- PI = punto de intersección de tangentes.
- PC = punto donde comienza la curva.
- PT = punto donde termina la curva.

- $A$  = ángulo de deflexión entre tangentes de entrada y de salida.
- $G$  = grado máximo de curvatura.
- $R$  = radio de la curva.
- $O$  = centro de la curva horizontal.
- $St$  = subtangente (distancia entre el PI y el PC).
- $Lc$  = longitud de curva (distancia desde el PC al PT).
- $E$  = external (distancia desde el PI al punto medio de la curva).
- $CM$  = cuerda máxima (distancia en línea recta desde el PC al PT).
- $M$  = ordenada media (distancia desde el punto medio de la curva al punto medio de la cuerda máxima).

Figura 10. **Componentes de una curva horizontal**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

A continuación, se presentará una breve descripción de los componentes de la curva y se ejemplificará con los datos de la curva 2.

- Radio (R)

Es la distancia perpendicular del principio de curva (PC) hacia el centro de la curva. Permite que el usuario recorra adecuadamente la curva. Dado que la carretera es tipo E, el radio mínimo es de 30 metros.

El radio utilizado en la curva 2 es de 63 metros.

- Deflexión ( $\Delta$ )

Es el ángulo que se mide entre la proyección de la tangente de entrada y la tangente de salida; corresponde al ángulo central de la curva necesaria para enlazar las dos tangentes del alineamiento geométrico.

$$\Delta = \text{Azimut}_{\text{salida}} - \text{Azimut}_{\text{entrada}}$$
$$\Delta = 253^{\circ}04'22 - 189^{\circ}09'03 = 63^{\circ}55'19''$$

- Grado de curvatura (G)

Es el ángulo central que subtiende un arco de una longitud variable; en Guatemala, se utiliza un arco de 20 metros de longitud. Entre más grande sea el grado de curvatura, más cerrada será la curva y creará una sensación de inseguridad al usuario.

El grado de curvatura se representa por la siguiente ecuación:

$$G = \frac{1\,145,9156}{R}$$

Se calcula el grado de curvatura de la curva:

$$G = \frac{1\,145,9156}{63} = 18,19$$
$$G = 18^{\circ}11'21''$$

- Longitud de curva (LC)

Es la distancia del arco comprendida entre el principio de curva (PC) y el final de curva (PT). Se representa por la siguiente ecuación:

$$LC = \frac{20\Delta}{G}$$

Se calcula la longitud de la curva:

$$LC = \frac{20(63^{\circ}55'19'')}{18^{\circ}11'21''} = 70,29 \text{ m}$$

- Subtangente (St)

Es la distancia desde el punto de intersección (PI) de las tangentes hacia el principio de curva (PC) o el final de la curva (PT). Debido a que se trata de una curva simétrica, la distancia entre el punto de intersección (PI) al punto de comienzo (PC) es la misma que del punto de intersección (PI) al punto final de la curva (PT).

La subtangente se representa por la siguiente ecuación:

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

Se calcula la subtangente de la curva:

$$St = 63 * \tan\left(\frac{63^{\circ}55'19''}{2}\right) = 39,31 \text{ m}$$

- Cuerda máxima (CM)

Es la línea recta que une al punto de tangencia donde comienza la curva (PC) y el punto donde termina la curva (PT). Se representa por la siguiente ecuación:

$$CM = 2 * R * \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

Se calcula la cuerda máxima:

$$CM = 2 * 63 * \sin\left(\frac{63^{\circ}55'19''}{2}\right)$$

$$CM = 66,70 \text{ m}$$

- External (E)

Es la distancia desde el punto de intersección (PI) al punto medio de la curva.

Se representa por la siguiente ecuación:

$$E = R * \left[ \frac{1}{\cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)} - 1 \right]$$

Se calcula el external:

$$E = 63 * \left[ \frac{1}{\cos\left(\frac{63^{\circ}55'19''}{2}\right)} - 1 \right]$$
$$E = 11,26 \text{ m}$$

- Ordenada media (OM)

Es la distancia desde el punto medio de la curva hacia el punto medio de la curva máxima. Se representa por la siguiente ecuación:

$$OM = R * \left[ 1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right) \right]$$

Se calcula la ordenada media:

$$OM = 63 * \left[ 1 - \cos\left(\frac{63^{\circ}55'19''}{2}\right) \right]$$
$$OM = 9,55 \text{ m}$$

- Estacionamientos

Para el cálculo se utilizan los datos de tangente y longitud de curva.

Para el principio de curva:

$$\begin{aligned}PC_n &= PT_{n-1} + Tg_n \\PC_2 &= 63,95 + 58,72 = 122,67 \\PC_2 &= 0 + 122,67\end{aligned}$$

Para el final de curva:

$$\begin{aligned}PT_n &= PC_n + LC_n \\PT_2 &= 122,67 + 70,29 = 192,96 \\PT_2 &= 0 + 192,96\end{aligned}$$

### **2.1.6.1.3. Curvas de transición**

La finalidad de una curva de transición es implementar un segmento de arco que permita un cambio gradual entre una recta y una curva circular que mejora de manera adecuada la comodidad, seguridad y estética en una vía.

El problema de una curva simple es el cambio brusco y puntual de curvatura que ocasionan a su vez un cambio inmediato en la fuerza centrífuga, también, obliga al conductor a desarrollar una trayectoria errónea durante un tramo de vía, principalmente, a la entrada y salida de las curvas, mientras se asimila el cambio en dicha fuerza centrífuga.

Una de las ventajas de una curva de transición es que permite desarrollar la transición de peralte de forma que deba pasar de 0 hacia un valor en cualquier punto que corresponda al requerido por la curvatura en dicho punto. En cualquier caso, la transición de peralte se puede realizar sobre la recta o en



la curva circular, pero en cualquiera de los dos casos no es recomendable ya que genera inseguridad e inconformidad de parte del conductor.

Según la Dirección General de Caminos, se puede encontrar la medida de longitud de espiral en la tabla III, la cual se basa en el grado de curvatura y la velocidad de diseño. Tomando como ejemplo los datos de la curva 5, con un grado de curvatura de 3 y una velocidad de diseño de 30 Km/h, corresponde una longitud de espiral de 17 metros.

#### **2.1.6.1.4. Sobreancho**

En algunos casos es necesario especificar un ancho adicional de calzada en la curva con el fin de evitar que los vehículos se salgan de la vía, ya que cuando un vehículo circula sobre una curva horizontal sus ruedas traseras describen una trayectoria diferente a la de las ruedas delanteras.

El ancho adicional es variable ya que depende de factores como: velocidad de diseño, tipo de carretera, ancho de carril, vehículos de diseño y número de carriles. Es recomendable que el sobreancho se aplique al lado interno de la curva y para conocer el valor del ancho adicional en un punto es necesario realizar una relación de triángulos semejantes, sabiendo que al inicio y final de la curva el valor del sobreancho es igual a cero.

Se puede encontrar la medida de sobreancho en la tabla II, la cual se basa en el grado de curvatura y velocidad de diseño. Tomando como ejemplo los datos de la curva 5, con un grado de curvatura de aproximadamente 29, una carretera tipo E y una velocidad de diseño de 30 km/h, corresponde a un valor de sobreancho de 1,9 metros.

Tabla II. Valores de sobreancho

| VELOCIDADES | VALORES DE DISEÑO PARA SOBRE-ANCHOS DE PAVIMENTO EN CURVAS PARA CARRETERAS DE DOS VIAS |      |      |                 |      |      |                 |      |      |                 |      |      |      |      |      |
|-------------|--|------|------|-----------------|------|------|-----------------|------|------|-----------------|------|------|------|------|------|
|             | TÍPICA "E" 5.50  |      |      | TÍPICA "D" 6.00 |      |      | TÍPICA "C" 6.50 |      |      | TÍPICA "B" 7.20 |      |      |      |      |      |
|             | 30   | 40   | 50   | 60              | 70   | 80   | 90              | 100  | 110  | 120             | 40   | 50   | 60   | 70   |      |
| 1*          | 0.60   | 0.60 | 0.60 | 0.60            | 0.60 | 0.60 | 0.60            | 0.60 | 0.60 | 0.60            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 2*          | 0.60   | 0.60 | 0.60 | 0.60            | 0.60 | 0.60 | 0.60            | 0.60 | 0.60 | 0.60            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 3*          | 0.60   | 0.60 | 0.70 | 0.60            | 0.60 | 0.60 | 0.60            | 0.60 | 0.70 | 0.70            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 4*          | 0.60   | 0.70 | 0.70 | 0.60            | 0.60 | 0.60 | 0.60            | 0.60 | 0.70 | 0.70            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 5*          | 0.70   | 0.70 | 0.80 | 0.60            | 0.60 | 0.60 | 0.60            | 0.60 | 0.70 | 0.80            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 6*          | 0.60   | 0.60 | 0.80 | 0.60            | 0.60 | 0.70 | 0.60            | 0.60 | 0.60 | 0.60            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 7*          | 0.60   | 0.80 | 1.00 | 0.70            | 0.60 | 0.60 | 0.60            | 0.60 | 0.60 | 0.60            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 8*          | 0.90   | 1.00 | 1.00 | 0.80            | 0.80 | 0.80 | 0.90            | 0.90 | 0.90 | 0.90            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 9*          | 0.90   | 1.00 | 1.10 | 0.80            | 0.90 | 0.90 | 1.00            | 1.00 | 1.00 | 1.00            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 10*         | 1.00   | 1.10 | 1.20 | 0.90            | 1.00 | 1.00 | 1.10            | 1.10 | 1.10 | 1.10            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 11*         | 1.00   | 1.10 | 1.20 | 0.90            | 1.00 | 1.00 | 1.10            | 1.10 | 1.10 | 1.10            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 12*         | 1.10   | 1.20 | 1.30 | 1.00            | 1.10 | 1.10 | 1.20            | 1.20 | 1.20 | 1.20            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 13*         | 1.10   | 1.20 | 1.30 | 1.00            | 1.10 | 1.10 | 1.20            | 1.20 | 1.20 | 1.20            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 14*         | 1.20   | 1.30 | 1.40 | 1.10            | 1.20 | 1.20 | 1.30            | 1.30 | 1.30 | 1.30            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 15*         | 1.20   | 1.40 | 1.50 | 1.20            | 1.20 | 1.20 | 1.30            | 1.30 | 1.30 | 1.30            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 16*         | 1.30   | 1.40 | 1.50 | 1.20            | 1.20 | 1.20 | 1.30            | 1.30 | 1.30 | 1.30            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 17*         | 1.30   | 1.50 | 1.60 | 1.30            | 1.30 | 1.30 | 1.40            | 1.40 | 1.40 | 1.40            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 18*         | 1.40   | 1.50 | 1.60 | 1.30            | 1.30 | 1.30 | 1.40            | 1.40 | 1.40 | 1.40            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 19*         | 1.40   | 1.60 | 1.70 | 1.40            | 1.40 | 1.40 | 1.50            | 1.50 | 1.50 | 1.50            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 20*         | 1.50   | 1.60 | 1.70 | 1.40            | 1.40 | 1.40 | 1.50            | 1.50 | 1.50 | 1.50            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 21*         | 1.50   | 1.70 | 1.80 | 1.50            | 1.50 | 1.50 | 1.60            | 1.60 | 1.60 | 1.60            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 22*         | 1.60   | 1.70 | 1.80 | 1.50            | 1.50 | 1.50 | 1.60            | 1.60 | 1.60 | 1.60            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 23*         | 1.60   | 1.80 | 1.90 | 1.60            | 1.60 | 1.60 | 1.70            | 1.70 | 1.70 | 1.70            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 24*         | 1.70   | 1.80 | 1.90 | 1.60            | 1.60 | 1.60 | 1.70            | 1.70 | 1.70 | 1.70            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 25*         | 1.70   | 1.80 | 1.90 | 1.60            | 1.60 | 1.60 | 1.70            | 1.70 | 1.70 | 1.70            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 26*         | 1.80   | 1.80 | 1.90 | 1.60            | 1.60 | 1.60 | 1.70            | 1.70 | 1.70 | 1.70            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 27*         | 1.80   | 1.80 | 1.90 | 1.60            | 1.60 | 1.60 | 1.70            | 1.70 | 1.70 | 1.70            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 28*         | 1.90   | 1.80 | 1.90 | 1.60            | 1.60 | 1.60 | 1.70            | 1.70 | 1.70 | 1.70            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 29*         | 1.90   | 1.80 | 1.90 | 1.60            | 1.60 | 1.60 | 1.70            | 1.70 | 1.70 | 1.70            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 30*         | 2.00   | 1.80 | 1.90 | 1.60            | 1.60 | 1.60 | 1.70            | 1.70 | 1.70 | 1.70            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 31*         | 2.00   | 1.80 | 1.90 | 1.60            | 1.60 | 1.60 | 1.70            | 1.70 | 1.70 | 1.70            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 32*         | 2.10   | 1.80 | 1.90 | 1.60            | 1.60 | 1.60 | 1.70            | 1.70 | 1.70 | 1.70            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 33*         | 2.10   | 1.80 | 1.90 | 1.60            | 1.60 | 1.60 | 1.70            | 1.70 | 1.70 | 1.70            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 34*         | 2.20   | 1.70 | 1.80 | 1.60            | 1.60 | 1.60 | 1.70            | 1.70 | 1.70 | 1.70            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 35*         | 2.20   | 1.70 | 1.80 | 1.60            | 1.60 | 1.60 | 1.70            | 1.70 | 1.70 | 1.70            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 36*         | 2.30   | 1.80 | 1.90 | 1.60            | 1.60 | 1.60 | 1.70            | 1.70 | 1.70 | 1.70            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 37*         | 2.30   | 1.80 | 1.90 | 1.60            | 1.60 | 1.60 | 1.70            | 1.70 | 1.70 | 1.70            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 38*         | 2.40   | 1.90 | 1.90 | 1.60            | 1.60 | 1.60 | 1.70            | 1.70 | 1.70 | 1.70            | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 0.60 |

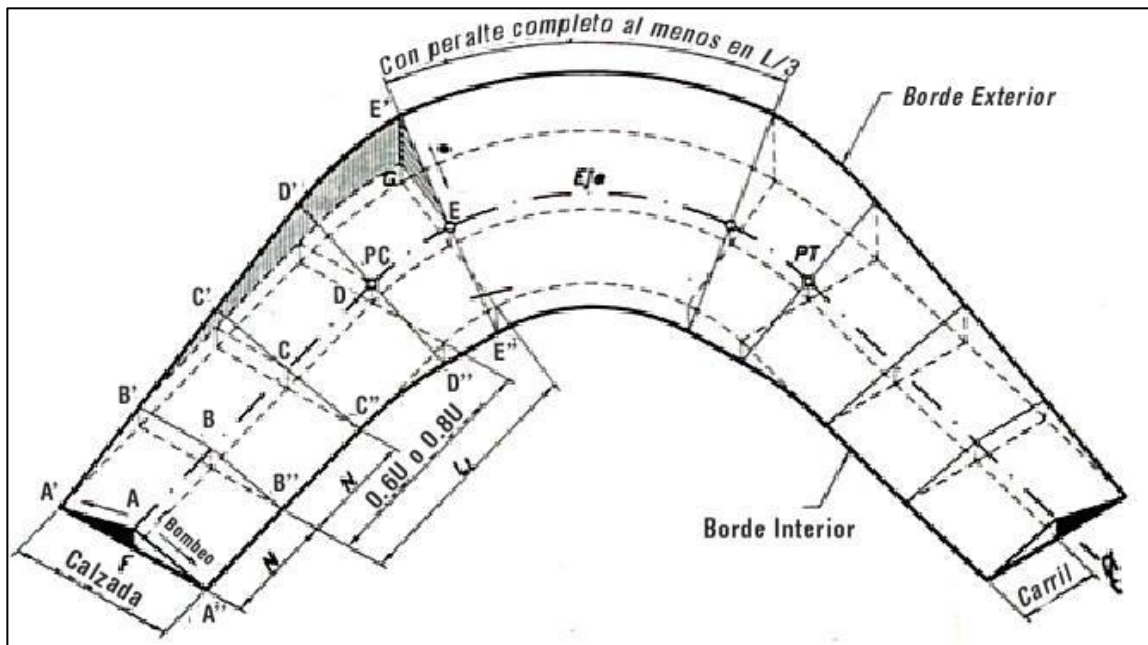
Fuente: Dirección General de Caminos. Valores de diseños para sobre-anchos de pavimento en curvas para carreteras de dos vías. p. 45.

### 2.1.6.1.5. Peralte

Es un cambio gradual de bombeo que se presenta como una inclinación transversal de la calzada en las curvas horizontales y tiene como objetivo contrarrestar las fuerzas centrífugas que actúan sobre el vehículo en movimiento y reducir el efecto adverso de la fricción que se produce entre la llanta y el pavimento.

En la tabla III se puede encontrar la medida del peralte que se basa en el grado de curvatura y la velocidad de diseño. Tomando como ejemplo los datos de la curva 5, con un grado de curvatura de aproximadamente 29 y una velocidad de diseño de 30 km/h, corresponde a un valor de peralte del 8,7 %.

Figura 11. Bombeo y peralte en curva



Fuente: CÁRDENAS, James. *Diseño geométrico de carreteras*. p. 201.

Tabla III. Valores de peralte y longitud de curva

| VELOCIDAD | 30      |       |       | 40    |    |       | 50    |    |    | 60    |       |    | 70    |       |       | 80    |    |       | 90    |    |    | 100   |       |    | 110   |       |       | 120   |    |       |       |    |    |       |       |    |       |       |       |       |    |       |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |     |       |    |     |       |    |     |       |    |     |       |    |     |       |    |     |       |    |     |       |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |           |
|-----------|---------|-------|-------|-------|----|-------|-------|----|----|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|----|----|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|----|----|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|----|----|-------|----|----|-------|----|----|-------|----|----|-------|----|----|-------|----|----|-------|----|----|-------|----|----|-------|----|----|-------|----|----|-------|----|----|-------|----|----|-------|----|----|-------|----|----|-------|----|----|-------|----|-----|-------|----|-----|-------|----|-----|-------|----|-----|-------|----|-----|-------|----|-----|-------|----|-----|-------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|--------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|---------|----|-----|-----------|
|           | G°      | RADIO | DB=27 | Ls    | Δ  | I:125 | DB=30 | Ls | Δ  | I:140 | DB=33 | Ls | Δ     | I:155 | DB=37 | Ls    | Δ  | I:170 | DB=40 | Ls | Δ  | I:185 | DB=43 | Ls | Δ     | I:200 | DB=46 | Ls    | Δ  | I:215 | DB=50 | Ls | Δ  | I:230 | DB=53 | Ls | Δ     | I:245 | DB=56 | Ls    | Δ  | I:260 |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |    |       |    |     |       |    |     |       |    |     |       |    |     |       |    |     |       |    |     |       |    |     |       |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |        |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |         |    |     |           |
| 1°        | 1145,92 | BN    | 17    | 0°51' | BN | 23    | 1°09' | BN | 28 | 1°24' | BN    | 34 | 1°42' | BN    | 39    | 1°57' | BN | 45    | 2°15' | BN | 49 | 2°30' | BN    | 53 | 2°48' | BN    | 56    | 3°06' | BN | 59    | 3°21' | BN | 62 | 3°36' | BN    | 65 | 3°51' | BN    | 67    | 4°06' | BN | 69    | 4°21' | BN | 71 | 4°36' | BN | 73 | 4°51' | BN | 75 | 5°06' | BN | 77 | 5°21' | BN | 79 | 5°36' | BN | 81 | 5°51' | BN | 83 | 6°06' | BN | 85 | 6°21' | BN | 87 | 6°36' | BN | 89 | 6°51' | BN | 91 | 7°06' | BN | 93 | 7°21' | BN | 95 | 7°36' | BN | 97 | 7°51' | BN | 99 | 8°06' | BN | 101 | 8°21' | BN | 103 | 8°36' | BN | 105 | 8°51' | BN | 107 | 9°06' | BN | 109 | 9°21' | BN | 111 | 9°36' | BN | 113 | 9°51' | BN | 115 | 10°06' | BN | 117 | 10°21' | BN | 119 | 10°36' | BN | 121 | 10°51' | BN | 123 | 11°06' | BN | 125 | 11°21' | BN | 127 | 11°36' | BN | 129 | 11°51' | BN | 131 | 12°06' | BN | 133 | 12°21' | BN | 135 | 12°36' | BN | 137 | 12°51' | BN | 139 | 13°06' | BN | 141 | 13°21' | BN | 143 | 13°36' | BN | 145 | 13°51' | BN | 147 | 14°06' | BN | 149 | 14°21' | BN | 151 | 14°36' | BN | 153 | 14°51' | BN | 155 | 15°06' | BN | 157 | 15°21' | BN | 159 | 15°36' | BN | 161 | 15°51' | BN | 163 | 16°06' | BN | 165 | 16°21' | BN | 167 | 16°36' | BN | 169 | 16°51' | BN | 171 | 17°06' | BN | 173 | 17°21' | BN | 175 | 17°36' | BN | 177 | 17°51' | BN | 179 | 18°06' | BN | 181 | 18°21' | BN | 183 | 18°36' | BN | 185 | 18°51' | BN | 187 | 19°06' | BN | 189 | 19°21' | BN | 191 | 19°36' | BN | 193 | 19°51' | BN | 195 | 20°06' | BN | 197 | 20°21' | BN | 199 | 20°36' | BN | 201 | 20°51' | BN | 203 | 21°06' | BN | 205 | 21°21' | BN | 207 | 21°36' | BN | 209 | 21°51' | BN | 211 | 22°06' | BN | 213 | 22°21' | BN | 215 | 22°36' | BN | 217 | 22°51' | BN | 219 | 23°06' | BN | 221 | 23°21' | BN | 223 | 23°36' | BN | 225 | 23°51' | BN | 227 | 24°06' | BN | 229 | 24°21' | BN | 231 | 24°36' | BN | 233 | 24°51' | BN | 235 | 25°06' | BN | 237 | 25°21' | BN | 239 | 25°36' | BN | 241 | 25°51' | BN | 243 | 26°06' | BN | 245 | 26°21' | BN | 247 | 26°36' | BN | 249 | 26°51' | BN | 251 | 27°06' | BN | 253 | 27°21' | BN | 255 | 27°36' | BN | 257 | 27°51' | BN | 259 | 28°06' | BN | 261 | 28°21' | BN | 263 | 28°36' | BN | 265 | 28°51' | BN | 267 | 29°06' | BN | 269 | 29°21' | BN | 271 | 29°36' | BN | 273 | 29°51' | BN | 275 | 30°06' | BN | 277 | 30°21' | BN | 279 | 30°36' | BN | 281 | 30°51' | BN | 283 | 31°06' | BN | 285 | 31°21' | BN | 287 | 31°36' | BN | 289 | 31°51' | BN | 291 | 32°06' | BN | 293 | 32°21' | BN | 295 | 32°36' | BN | 297 | 32°51' | BN | 299 | 33°06' | BN | 301 | 33°21' | BN | 303 | 33°36' | BN | 305 | 33°51' | BN | 307 | 34°06' | BN | 309 | 34°21' | BN | 311 | 34°36' | BN | 313 | 34°51' | BN | 315 | 35°06' | BN | 317 | 35°21' | BN | 319 | 35°36' | BN | 321 | 35°51' | BN | 323 | 36°06' | BN | 325 | 36°21' | BN | 327 | 36°36' | BN | 329 | 36°51' | BN | 331 | 37°06' | BN | 333 | 37°21' | BN | 335 | 37°36' | BN | 337 | 37°51' | BN | 339 | 38°06' | BN | 341 | 38°21' | BN | 343 | 38°36' | BN | 345 | 38°51' | BN | 347 | 39°06' | BN | 349 | 39°21' | BN | 351 | 39°36' | BN | 353 | 39°51' | BN | 355 | 40°06' | BN | 357 | 40°21' | BN | 359 | 40°36' | BN | 361 | 40°51' | BN | 363 | 41°06' | BN | 365 | 41°21' | BN | 367 | 41°36' | BN | 369 | 41°51' | BN | 371 | 42°06' | BN | 373 | 42°21' | BN | 375 | 42°36' | BN | 377 | 42°51' | BN | 379 | 43°06' | BN | 381 | 43°21' | BN | 383 | 43°36' | BN | 385 | 43°51' | BN | 387 | 44°06' | BN | 389 | 44°21' | BN | 391 | 44°36' | BN | 393 | 44°51' | BN | 395 | 45°06' | BN | 397 | 45°21' | BN | 399 | 45°36' | BN | 401 | 45°51' | BN | 403 | 46°06' | BN | 405 | 46°21' | BN | 407 | 46°36' | BN | 409 | 46°51' | BN | 411 | 47°06' | BN | 413 | 47°21' | BN | 415 | 47°36' | BN | 417 | 47°51' | BN | 419 | 48°06' | BN | 421 | 48°21' | BN | 423 | 48°36' | BN | 425 | 48°51' | BN | 427 | 49°06' | BN | 429 | 49°21' | BN | 431 | 49°36' | BN | 433 | 49°51' | BN | 435 | 50°06' | BN | 437 | 50°21' | BN | 439 | 50°36' | BN | 441 | 50°51' | BN | 443 | 51°06' | BN | 445 | 51°21' | BN | 447 | 51°36' | BN | 449 | 51°51' | BN | 451 | 52°06' | BN | 453 | 52°21' | BN | 455 | 52°36' | BN | 457 | 52°51' | BN | 459 | 53°06' | BN | 461 | 53°21' | BN | 463 | 53°36' | BN | 465 | 53°51' | BN | 467 | 54°06' | BN | 469 | 54°21' | BN | 471 | 54°36' | BN | 473 | 54°51' | BN | 475 | 55°06' | BN | 477 | 55°21' | BN | 479 | 55°36' | BN | 481 | 55°51' | BN | 483 | 56°06' | BN | 485 | 56°21' | BN | 487 | 56°36' | BN | 489 | 56°51' | BN | 491 | 57°06' | BN | 493 | 57°21' | BN | 495 | 57°36' | BN | 497 | 57°51' | BN | 499 | 58°06' | BN | 501 | 58°21' | BN | 503 | 58°36' | BN | 505 | 58°51' | BN | 507 | 59°06' | BN | 509 | 59°21' | BN | 511 | 59°36' | BN | 513 | 59°51' | BN | 515 | 60°06' | BN | 517 | 60°21' | BN | 519 | 60°36' | BN | 521 | 60°51' | BN | 523 | 61°06' | BN | 525 | 61°21' | BN | 527 | 61°36' | BN | 529 | 61°51' | BN | 531 | 62°06' | BN | 533 | 62°21' | BN | 535 | 62°36' | BN | 537 | 62°51' | BN | 539 | 63°06' | BN | 541 | 63°21' | BN | 543 | 63°36' | BN | 545 | 63°51' | BN | 547 | 64°06' | BN | 549 | 64°21' | BN | 551 | 64°36' | BN | 553 | 64°51' | BN | 555 | 65°06' | BN | 557 | 65°21' | BN | 559 | 65°36' | BN | 561 | 65°51' | BN | 563 | 66°06' | BN | 565 | 66°21' | BN | 567 | 66°36' | BN | 569 | 66°51' | BN | 571 | 67°06' | BN | 573 | 67°21' | BN | 575 | 67°36' | BN | 577 | 67°51' | BN | 579 | 68°06' | BN | 581 | 68°21' | BN | 583 | 68°36' | BN | 585 | 68°51' | BN | 587 | 69°06' | BN | 589 | 69°21' | BN | 591 | 69°36' | BN | 593 | 69°51' | BN | 595 | 70°06' | BN | 597 | 70°21' | BN | 599 | 70°36' | BN | 601 | 70°51' | BN | 603 | 71°06' | BN | 605 | 71°21' | BN | 607 | 71°36' | BN | 609 | 71°51' | BN | 611 | 72°06' | BN | 613 | 72°21' | BN | 615 | 72°36' | BN | 617 | 72°51' | BN | 619 | 73°06' | BN | 621 | 73°21' | BN | 623 | 73°36' | BN | 625 | 73°51' | BN | 627 | 74°06' | BN | 629 | 74°21' | BN | 631 | 74°36' | BN | 633 | 74°51' | BN | 635 | 75°06' | BN | 637 | 75°21' | BN | 639 | 75°36' | BN | 641 | 75°51' | BN | 643 | 76°06' | BN | 645 | 76°21' | BN | 647 | 76°36' | BN | 649 | 76°51' | BN | 651 | 77°06' | BN | 653 | 77°21' | BN | 655 | 77°36' | BN | 657 | 77°51' | BN | 659 | 78°06' | BN | 661 | 78°21' | BN | 663 | 78°36' | BN | 665 | 78°51' | BN | 667 | 79°06' | BN | 669 | 79°21' | BN | 671 | 79°36' | BN | 673 | 79°51' | BN | 675 | 80°06' | BN | 677 | 80°21' | BN | 679 | 80°36' | BN | 681 | 80°51' | BN | 683 | 81°06' | BN | 685 | 81°21' | BN | 687 | 81°36' | BN | 689 | 81°51' | BN | 691 | 82°06' | BN | 693 | 82°21' | BN | 695 | 82°36' | BN | 697 | 82°51' | BN | 699 | 83°06' | BN | 701 | 83°21' | BN | 703 | 83°36' | BN | 705 | 83°51' | BN | 707 | 84°06' | BN | 709 | 84°21' | BN | 711 | 84°36' | BN | 713 | 84°51' | BN | 715 | 85°06' | BN | 717 | 85°21' | BN | 719 | 85°36' | BN | 721 | 85°51' | BN | 723 | 86°06' | BN | 725 | 86°21' | BN | 727 | 86°36' | BN | 729 | 86°51' | BN | 731 | 87°06' | BN | 733 | 87°21' | BN | 735 | 87°36' | BN | 737 | 87°51' | BN | 739 | 88°06' | BN | 741 | 88°21' | BN | 743 | 88°36' | BN | 745 | 88°51' | BN | 747 | 89°06' | BN | 749 | 89°21' | BN | 751 | 89°36' | BN | 753 | 89°51' | BN | 755 | 90°06' | BN | 757 | 90°21' | BN | 759 | 90°36' | BN | 761 | 90°51' | BN | 763 | 91°06' | BN | 765 | 91°21' | BN | 767 | 91°36' | BN | 769 | 91°51' | BN | 771 | 92°06' | BN | 773 | 92°21' | BN | 775 | 92°36' | BN | 777 | 92°51' | BN | 779 | 93°06' | BN | 781 | 93°21' | BN | 783 | 93°36' | BN | 785 | 93°51' | BN | 787 | 94°06' | BN | 789 | 94°21' | BN | 791 | 94°36' | BN | 793 | 94°51' | BN | 795 | 95°06' | BN | 797 | 95°21' | BN | 799 | 95°36' | BN | 801 | 95°51' | BN | 803 | 96°06' | BN | 805 | 96°21' | BN | 807 | 96°36' | BN | 809 | 96°51' | BN | 811 | 97°06' | BN | 813 | 97°21' | BN | 815 | 97°36' | BN | 817 | 97°51' | BN | 819 | 98°06' | BN | 821 | 98°21' | BN | 823 | 98°36' | BN | 825 | 98°51' | BN | 827 | 99°06' | BN | 829 | 99°21' | BN | 831 | 99°36' | BN | 833 | 99°51' | BN | 835 | 100°06' | BN | 837 | 100°21' | BN | 839 | 100°36' | BN | 841 | 100°51' | BN | 843 | 101°06' | BN | 845 | 101°21' | BN | 847 | 101°36' | BN | 849 | 101°51' | BN | 851 | 102°06' | BN | 853 | 102°21' | BN | 855 | 102°36' | BN | 857 | 102°51' | BN | 859 | 103°06' | BN | 861 | 103°21' | BN | 863 | 103°36' | BN | 865 | 103°51' | BN | 867 | 104°06' | BN | 869 | 104°21' | BN | 871 | 104°36' | BN | 873 | 104°51' | BN | 875 | 105°06' | BN | 877 | 105°21' | BN | 879 | 105°36' | BN | 881 | 105°51' | BN | 883 | 106°06' | BN | 885 | 106°21' | BN | 887 | 106°36' | BN | 889 | 106°51' | BN | 891 | 107°06' | BN | 893 | 107°21' | BN | 895 | 107°36' | BN | 897 | 107°51' | BN | 899 | 108°06' | BN | 901 | 108°21' | BN | 903 | 108°36' | BN | 905 | 108°51' | BN | 907 | 109°06' | BN | 909 | 109°21' | BN | 911 | 109°36' | BN | 913 | 109°51' | BN | 915 | 110°06'</ |

El resumen del resto de curvas horizontales se encuentra en el apéndice 17.

### **2.1.6.2. Alineamiento vertical**

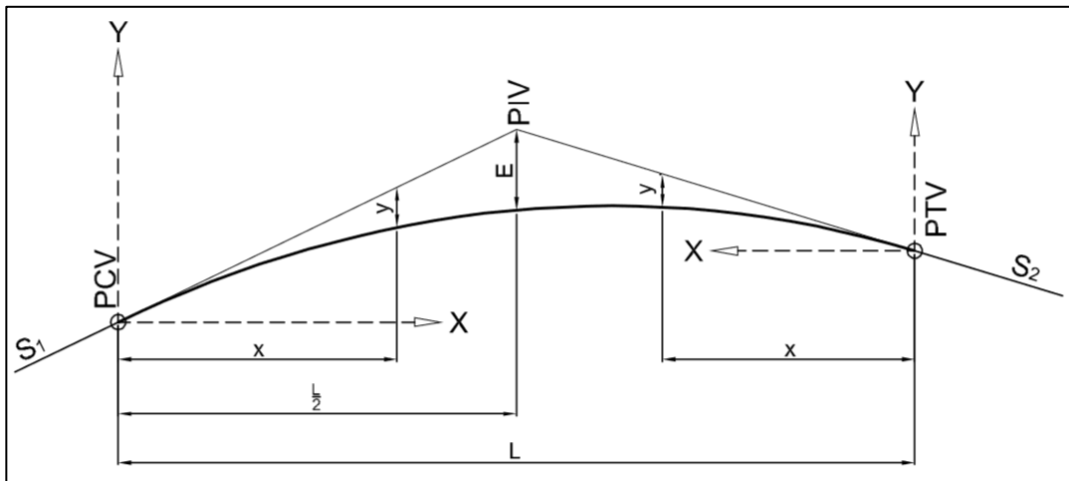
Es una representación del diseño geométrico vista en perfil, conformado por tangentes y curvas verticales. El alineamiento vertical está compuesto por dos elementos principales: la rasante y el perfil.

La rasante se realiza con base en el perfil del terreno natural y a lo largo del eje de la vía, está compuesta por tramos rectos (tangentes) y enlazados entre sí por curvas.

Los demás componentes de una curva vertical son los siguientes:

- PCV = principio de curva vertical
- PIV = punto de intersección de las curvas verticales
- PTV = terminación de la curva vertical
- L o LCV = longitud de curva vertical
- S1 = pendiente de la tangente de entrada
- S2 = pendiente de la tangente de salida
- A = diferencia algebraica de pendientes
- k = relación k entre longitud de curva y cambio de pendientes
- y = corrección de la curva vertical
- E = external
- x = distancia horizontal hacia el PCV o PTV

Figura 12. Componentes de una curva vertical



Fuente: Ministerio de Transportes. *Manual de diseño geométrico de carreteras*. p. 133.

### 2.1.6.2.1. Subrasante

Es la capa de una carretera que soporta los esfuerzos que transmite la estructura del pavimento. Puede estar constituida por suelos en su estado natural o se puede mejorar la calidad con una estabilización mecánica y una estabilización físico-química con aditivos: cemento portland, cal, asfalto, entre otros.

Los espesores de las capas del pavimento dependen de la calidad de la subrasante, por lo que es necesario que cuente con las siguientes propiedades: fácil compactación, drenaje, conservación de la compactación y estabilidad volumétrica.

Como parámetro de evaluación de esta capa se emplea ensayo de compactación y CBR.

#### **2.1.6.2.2. Pendientes**

El grado de inclinación de las tangentes verticales depende de la topografía del terreno, del alineamiento horizontal y con base en esos factores se define una velocidad de diseño y una estimación de los costos del proyecto.

La pendiente mínima longitudinal de la pendiente debe garantizar un escurrimiento fácil de las aguas de lluvia en la superficie de rodadura y en las cunetas, en donde se debe tomar en cuenta la intensidad de lluvia y la cantidad de alcantarillas que el diseño del proyecto requiera.

La pendiente máxima se considera con base en el tipo de carretera y la velocidad de diseño. Para este proyecto, siendo una carretera tipo E se utilizó una pendiente máxima del 10 % pero debido a la topografía del sitio hubo dos tramos en donde se excedió de la pendiente máxima ya que era obligatorio pasar por el caminamiento que existe en ese sector.

#### **2.1.6.2.3. Curvas verticales y correcciones**

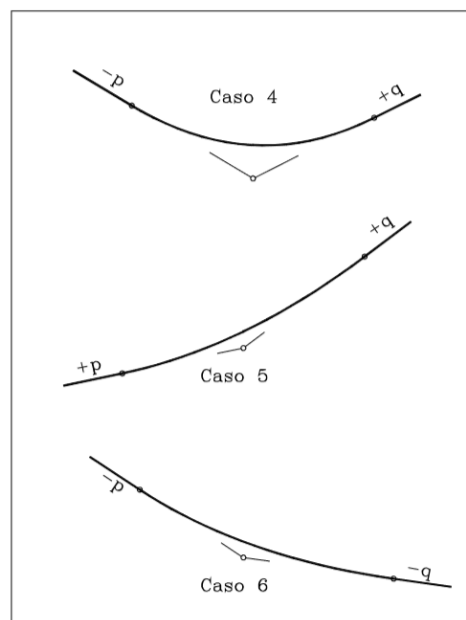
Las curvas verticales pueden ser circulares o parabólicas y son enlazadas por tangentes. Su finalidad es proporcionar suavidad al paso gradual de la pendiente de entrada a la de salida.

Para el diseño del alineamiento vertical se utilizaron curvas simétricas, en la cual su proyección horizontal de la distancia del PI al PC es igual a la proyección horizontal de la distancia del PI al PT. Se tomaron estas curvas debido a que se adaptan a la topografía del terreno y a la facilidad en su cálculo.

Las curvas verticales se pueden clasificar de acuerdo a las pendientes de entrada y salida en: cóncavas y convexas. Las curvas cóncavas son cuando presentan una concavidad hacia abajo en forma de columpio, como se puede observar en la figura 13. Estas se pueden clasificar como una curva cóncava cuando sus valores de pendientes presentan cualquiera de los siguientes casos:

- Caso 1:  $p > 0, q < 0$
- Caso 2:  $p < 0, q < 0, p > q$
- Caso 3:  $p > 0, q > 0, p > q$

Figura 13. **Curva vertical cóncava**



Fuente: AGUDELO, John. *Diseño geométrico de vías*. p. 413.

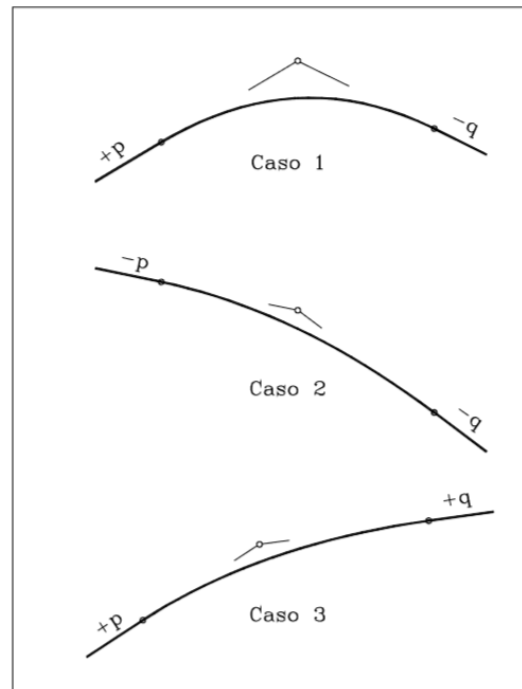
Las curvas convexas se dan cuando muestran una concavidad hacia arriba, como se puede observar en la figura 14.



Estas se pueden clasificar como una curva convexa cuando las pendientes de entrada y salida cumplen con cualquiera de los siguientes casos:

- Caso 1:  $p < 0, q > 0$
- Caso 2:  $p > 0, q > 0, p < q$
- Caso 3:  $p < 0, q < 0, p < q$

Figura 14. **Curva vertical convexa**



Fuente: AGUDELO, John. *Diseño geométrico de vías*. p. 414.

Cuando se lleva a cabo el diseño de la rasante de una vía, es necesario determinar una longitud de diseño cuya finalidad es brindar comodidad, suministrar una agradable apariencia y un adecuado drenaje, que garantice la suficiente seguridad en lo que respecta a una distancia de visibilidad de parada.

Para determinar la longitud mínima en una curva vertical es necesario analizar si se trata de una curva cóncava o una convexa, ya que las condiciones de visibilidad son diferentes. Otro factor importante es la relación que existe entre la longitud de la curva vertical y el cambio de pendiente, dicha relación se denomina k.

Tabla IV. **Valores mínimos de k**

| Velocidad de diseño (KPH) | Valores de k según tipo de curva |         |
|---------------------------|----------------------------------|---------|
|                           | Cóncava                          | Convexa |
| 10                        | 1                                | 0       |
| 20                        | 2                                | 1       |
| 30                        | 4                                | 2       |
| 40                        | 5                                | 4       |
| 50                        | 9                                | 7       |
| 60                        | 12                               | 12      |
| 70                        | 17                               | 19      |
| 80                        | 23                               | 29      |
| 90                        | 29                               | 43      |
| 100                       | 36                               | 60      |

Fuente: FELIX, Jorge. *Guía teórica práctica del curso de vías terrestres 1*. p. 31.

A continuación, se muestran los criterios para calcular la longitud de diseño vertical:

- Criterio de seguridad

Es la longitud mínima que debe tener una curva vertical para que en toda su trayectoria la distancia de visibilidad deba ser mayor o igual a la de parada.

$$LCV = k * A$$

- Criterio de apariencia

Tiene como finalidad evitar al usuario una impresión de un cambio súbito de pendiente.

$$k = \frac{LCV}{A} \geq 30$$

- Criterio de comodidad

Este criterio busca generar una mayor fuerza centrífuga vertical para evitar que al momento de un cambio de pendiente se produzcan fuerzas de gravedad y peso.

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

- Criterio de drenaje

Este criterio se utiliza para que la pendiente en cualquier punto de la curva sea la adecuada para que el agua pueda escurrir adecuadamente.

$$k = \frac{LCV}{A} \leq 43$$

- Correcciones

Una vez definidas las longitudes de las curvas verticales es necesario suavizar las curvas por medio de correcciones de la subrasante diseñada, esto debido al cambio de pendientes que provocan una impresión de inseguridad. Las

correcciones en cualquier punto de la curva se pueden calcular con las siguientes ecuaciones:

$$Y = \frac{OM}{\left(\frac{LCV}{2}\right)^2} * L^2$$

$$OM = \frac{A}{800} * LCV$$

Donde:

- Y = corrección
- A = diferencia algebraica de pendientes
- OM = corrección máxima
- LCV = longitud de curva vertical
- L = distancia horizontal del PCV o PTV al punto de corrección

Una vez calculada las correcciones, se deben calcular las elevaciones de la rasante corregida. El cálculo dependerá de los siguientes casos:

- Para una curva cóncava

$$Y_c = Y_1 + Y$$

Donde:

- Y<sub>c</sub> = elevación corregida
- Y<sub>1</sub> = elevación inicial de rasante

- Para una curva convexa

$$Y_c = Y_1 - Y$$

Ejemplo de la curva 10:

Datos:

- Pendiente de entrada: 15,03 %
- Pendiente de salida: 10,28 %
- Estación del PIV: 1+650,00
- Velocidad de diseño: 30 km/h
- LCV propuesto: 142,5 m
- Tipo de curva: convexa
- K propuesto por AASHTO: 2
  
- Diferencia de pendientes (A)

$$A = |P_E - P_S|$$

$$A = |15,03 \% - 10,28 \%|$$

$$A = 4,75 \%$$

- K de diseño

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

$$K = \frac{142,5}{4,75}$$

$$K = 30$$

- Criterio de seguridad

$$LCV = K * A$$

$$LCV = 2 * 4,75$$

$$LCV = 9,5 \text{ m} < LCV \text{ prupuesto} \rightarrow \text{usar prupuesto}$$

- Criterio de apariencia

$$K = \frac{LCV}{A} \geq 30$$

$$K = \frac{142,5}{4,75} \geq 30 \rightarrow \text{si cumple}$$

$$K = 30 \geq 30 \rightarrow \text{si cumple}$$

- Criterio de comodidad

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

$$K = \frac{142,5}{4,75} \geq \frac{30^2}{395}$$

$$K = 30 \geq 2,28 \rightarrow \text{si cumple}$$

- Criterio de drenaje

$$K = \frac{LCV}{A} \leq 43$$

$$K = \frac{142,5}{4,75} \leq 43$$

$$K = 30 \leq 43 \rightarrow \text{si cumple}$$

- Correcciones y elevación de la subrasante, a 61,25 metros del PCV

Se calcula la ordenada media:

$$OM = \frac{A}{800} * LCV$$

$$OM = \frac{4,75}{800} * 142,5$$

$$OM = 0,846 \text{ m}$$

Se calcula la corrección:

$$Y = \frac{OM}{\left(\frac{LCV}{2}\right)^2} * L^2$$

$$Y = \frac{0,846}{\left(\frac{142,5}{2}\right)^2} * 61,25^2$$

$$Y = 0,625 \text{ m}$$

Se calcula la elevación corregida:

Debido a que se trata de una curva convexa se le resta la corrección.

$$Y_c = Y_1 - Y$$

$$Y_c = 1\,159,89 - 0,625 = 1\,159,27 \text{ m}$$

Tabla V. **Resumen de correcciones de la curva 10**

| Estación | Pendiente | Rasante Y1 | Corrección Y | Rasante corregida Yc |
|----------|-----------|------------|--------------|----------------------|
| 1+578,75 | PCV       | 1150,68713 | 0            | 1150,68713           |
| 1+580    |           | 1150,875   | 0,00026042   | 1150,87474           |
| 1+600    |           | 1153,881   | 0,07526042   | 1153,80574           |
| 1+620    |           | 1156,887   | 0,28359375   | 1156,60341           |
| 1+640    |           | 1159,893   | 0,62526042   | 1159,26774           |
| 1+650,00 | PIV       | 1161,396   | 0,84609375   | 1160,54991           |
| 1+660    |           | 1162,424   | 0,62526042   | 1161,79874           |
| 1+680    |           | 1164,48    | 0,28359375   | 1164,19641           |
| 1+700    |           | 1166,536   | 0,07526042   | 1166,46074           |
| 1+720    |           | 1168,592   | 0,00026042   | 1168,59174           |
| 1+721,25 | PTV       | 1168,7205  | 0            | 1168,7205            |

Fuente: elaboración propia.

El resumen del resto de curvas verticales se puede consultar en el apéndice 18.

### 2.1.7. **Movimiento de tierras**

Una de las principales metas para un proyecto de carretera es lograr una combinación de alineamientos y pendientes que permita la construcción de una carretera con el menor movimiento de tierras posible, ya que esto determina la cantidad de corte, relleno, acarreo y compra de material en la obra.

Para definir el movimiento de tierras es necesario partir de los perfiles o secciones transversales obtenidos a lo largo del eje de la vía. Principalmente, consiste en trasladar volúmenes de material para modificar la configuración de la superficie del terreno natural.



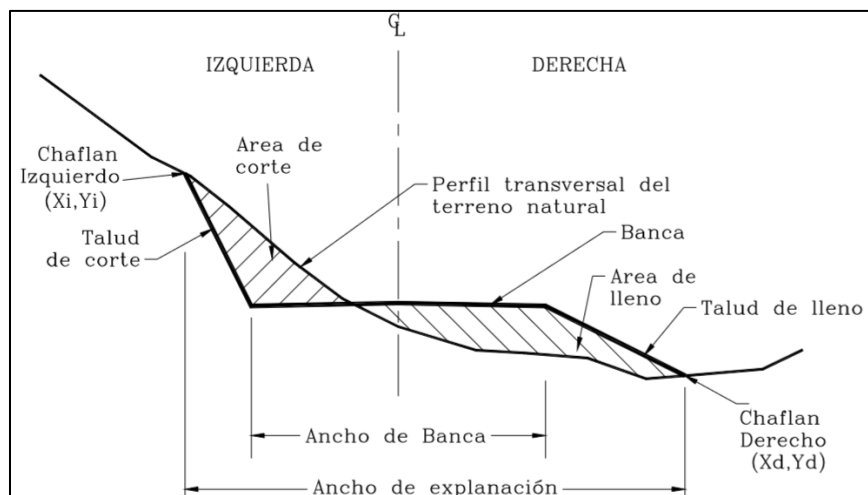
### 2.1.7.1. Secciones transversales

La sección transversal de la carretera corresponde a un corte vertical al eje del alineamiento vertical que define la ubicación y dimensiones de los siguientes elementos: carriles, cunetas, hombros, taludes, bermas, entre otros.

Según la topografía del terreno y el diseño de la rasante, existirán diferentes tipos de la sección transversal, ya que se pueden elaborar de un corte completo, en relleno (terraplén) y una combinación de ambos tipos. Las secciones transversales deben proyectarse como mínimo a 20 metros sobre el eje horizontal, mientras que en las curvas a un mínimo de 10 metros.

Para este proyecto se utilizó un ancho de calzada de 6 metros en dos carriles, con un bombeo del 2 % y de ambos lados de cada carril se diseñaron cunetas en forma trapezoidal.

Figura 15. Sección transversal típica



Fuente: OSPINA, Jairo. *Diseño geométrico de vías*. p. 478.

### 2.1.7.2. Cálculo de áreas

Los diferentes métodos más utilizados y eficaces para calcular el área de una sección transversal son los siguientes: por determinantes y por software.

El primer método mencionado consiste en asignar coordenadas a cada vértice de la sección transversal para calcular el área de corte o de relleno. Se establecen las coordenadas a los elementos que se conocen sus datos en la topografía: cotas de la subrasante, perfiles de terreno y sección típica.

Figura 16. Cálculo de un área transversal por determinantes

| <b>X</b>       | <b>Y</b>       |
|----------------|----------------|
| X <sub>0</sub> | Y <sub>0</sub> |
| X <sub>1</sub> | Y <sub>1</sub> |
| X <sub>2</sub> | Y <sub>2</sub> |
| X <sub>3</sub> | Y <sub>3</sub> |
| X <sub>4</sub> | Y <sub>4</sub> |
| X <sub>n</sub> | Y <sub>n</sub> |
| X <sub>0</sub> | Y <sub>0</sub> |

Fuente: elaboración propia.

El área de la figura 16 viene dada por la siguiente ecuación:

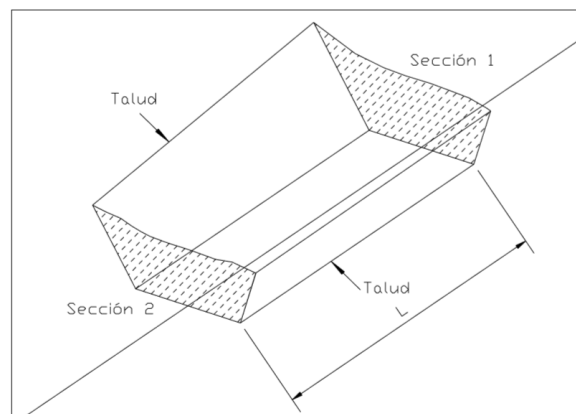
$$A = \frac{1}{2} \sum [X_n * Y_{n+1} - Y_n * X_{n+1}]$$

El segundo método fue el utilizado para este proyecto y se realizó con el software AutoCAD Civil 3D 2015. El seccionamiento transversal de la carretera se realizó a cada 20 metros en las tangentes y a cada 10 metros en las curvas.

### 2.1.7.3. Cálculo de volúmenes

El método más utilizado para calcular los volúmenes correspondientes al movimiento de tierras es el método de áreas medias, el cual consiste en promediar las áreas de dos secciones que estén consecutivas y multiplicarlas por la distancia que las separa. Este método solo se puede utilizar si las rectas del prismoide son paralelas a un plano director y que no exista un cambio brusco en el terreno.

Figura 17. **Volumen entre dos secciones transversales**



Fuente: AGUDELO, Jairo. *Diseño geométrico de vías*. p. 510.

El volumen del prismoide se calcula por la siguiente ecuación:

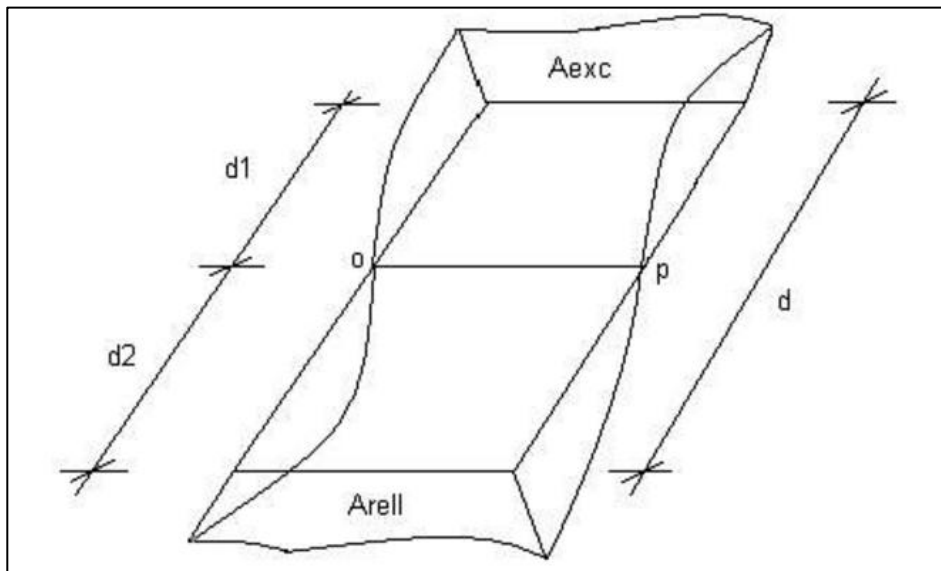
$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} * L$$

Donde:

- $A_1$  = área de la primera sección transversal
- $A_2$  = área de la segunda sección transversal
- $L$  = longitud que existe entre ambas secciones transversales

Si la diferencia entre las dos secciones es muy grande, el valor arrojado por la siguiente ecuación será un valor mayor al real, por lo tanto, se procederá a calcular correcciones. También, se puede dar el caso en donde una de las secciones está a corte y la otra en relleno, como se puede observar en la figura 18.

Figura 18. **Volumen entre secciones transversales de corte y relleno**



Fuente: *Secciones transversales*. [ww.monografias.com/titulo-calculo-volumenes-movimiento-tierra/image007.png](http://ww.monografias.com/titulo-calculo-volumenes-movimiento-tierra/image007.png). Consulta: 20 de marzo de 2017.

En caso de que el volumen se requiera calcular entre secciones transversales, se debe calcular primero las distancias de corte o relleno con las siguientes ecuaciones:

$$d_r = \frac{A_r}{A_r + A_c} * d$$
$$d_c = \frac{A_c}{A_c + A_r}$$

Donde:

- $A_r$  = área de relleno
- $A_c$  = área de corte

Luego, se procede a calcular el volumen de corte o relleno de la figura prismoidal con las siguientes ecuaciones:

$$V_r = \frac{A_r}{2} * d_r$$
$$V_c = \frac{A_c}{2} * d_c$$

Donde:

- $V_r$  = volumen de relleno
- $V_c$  = volumen de corte

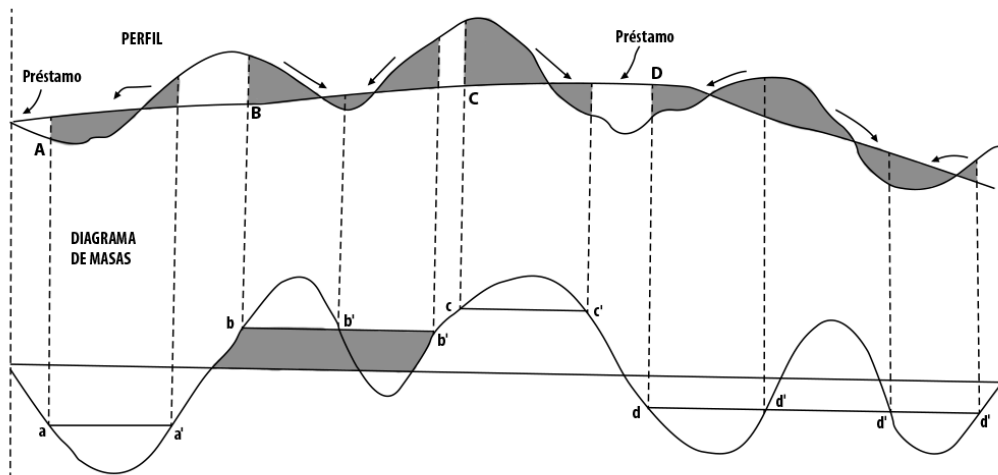
Para este proyecto, los volúmenes de corte y relleno se calcularon por medio del software de AutoCAD Civil 3D 2015, el cual es una herramienta que utiliza un sistema con una precisa interpolación.

#### 2.1.7.4. Balance y diagrama de masas

Después de haber calculado las áreas de las secciones transversales y los volúmenes de los prismoides, se procede a calcular el balance y diagrama de masas, el cual busca optimizar el procedimiento de movimiento de tierras con la finalidad de conseguir la mayor economía del proyecto y optimizar los costos.

Dado que la mayoría del movimiento de tierras representa corte, se establece que el acarreo de materiales será colocado en bancos a menos de mil metros de distancia.

Figura 19. Diagrama de masas



Fuente: GUERRA, Esteban. *Diagrama de masas*. <https://prezi.com/oinzndkmuhxc/diagrama-de-masas>. Consulta: 18 de agosto de 2017.

Cuando la curva está por encima del eje, se habrá producido más corte que relleno en toda la alineación hasta el punto final.

### 2.1.8. Diseño de pavimento flexible por el método AASHTO 93

El método AASHTO fue desarrollado en la década de los 60 con la finalidad de determinar los efectos significativos de diferentes cargas por eje y cargas totales, sobre los elementos estructurales de características conocidas. Con el pasar del tiempo, se incorporaron algunos de los adelantos logrados en el análisis del diseño de pavimentos, a finales de 1986 concluye el trabajo con la publicación del nuevo *Manual de diseño de estructuras de pavimentos AASHTO 86* y sigue una nueva versión en el año de 1993, por lo cual el método se conoce como método AASHTO 93.

Para este método se incorporaron consideraciones: la confiabilidad de diseño, los módulos de elasticidad de la subrasante y las capas del pavimento, el drenaje, entre otros. Los resultados más importantes de este método son los espesores de las capas de la subbase, base y carpeta asfáltica.

La ecuación utilizada para calcular el número estructural de las capas del pavimento es la siguiente:

$$\log W_{18} = Z_r S_0 + 9,36 \log(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5}\right)}{\frac{0,40 + 1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 \log M_r - 8,07$$

Donde:

- $W_{18}$  = número de cargas de ejes equivalentes de 8,2 toneladas
- $Z_r$  = desviación estándar normal
- $S_0$  = desviación estándar de todas las variables
- $\Delta PSI$  = pérdida de serviciabilidad

- Mr = módulo de resiliencia de la subrasante
- SN = número estructural

Las variables que se consideran en este método son las siguientes:

- Periodo de diseño

Es el tiempo de vida total para el cual se diseña un proyecto, este puede ser igual al tiempo útil del pavimento, el cual considera el tiempo que transcurre entre la construcción y el punto mínimo de serviciabilidad.

Tabla VI. **Periodo de diseño**

| Tipo de Carretera     | Período de Diseño |
|-----------------------|-------------------|
| Autopista Regional    | 20 – 40 años      |
| Troncales suburbanas  | 15 – 30 años      |
| Troncales Rurales     |                   |
| Colectoras Suburbanas | 10 – 20 años      |
| Colectoras Rurales    |                   |

Fuente: CORONADO, Jorge. *Manual centroamericano para el diseño de pavimentos*. p. 3.

El periodo utilizado para este proyecto es de 20 años, dado el tipo de carretera para este proyecto y el sector en donde se ubica, se define como un colector suburbano.

- Estudio de tránsito

La demanda de tráfico es un aspecto esencial para el diseño estructural del pavimento ya que definirá los espesores de las capas.



El estudio también muestra como afectará a la estructura vial durante el periodo de análisis y deberá proporcionar información sobre el índice medio para el tramo de carretera, así como el tipo de vehículos que circulan sobre el tramo. La información proporcionada por este estudio establece el número de ejes equivalentes de diseño para el pavimento.

- Índice medio diario (IMD)

Es el volumen de tránsito que circula durante las 24 horas del día en un determinado punto. Los datos se obtienen mediante censos o aforos de tránsito en donde se ubica el tramo carretero.

Para este proyecto se contabilizarán 148 vehículos por día, de los cuales 100 son de transporte liviano, 32 de transporte pesado y 16 de transporte colectivo.

- Factor de crecimiento del tránsito

La tasa de crecimiento del tránsito se define en correlación con el crecimiento socioeconómico o se puede asociar con la tasa de crecimiento poblacional.

Un pavimento se diseña para cumplir la demanda de tránsito en un periodo de tiempo. Para esta proyección se utilizará una tasa de crecimiento de 4,4 % y un periodo de diseño de 20 años, el crecimiento de tránsito se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$\text{Factor de crecimiento} = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Donde:

- r = tasa de crecimiento
- n = periodo de diseño

$$\text{Factor de crecimiento} = \frac{(1 + 0,044)^{20} - 1}{0,044}$$

$$\text{Factor de crecimiento} = 31,04$$

- Factor direccional (Fd) y factor carril (Fc)

El factor de distribución direccional corresponde al número de vehículos pesados que circulan en una dirección o sentido del tráfico, en la mayoría de los casos este valor es de 0,5; ya que la mitad de los vehículos van en una dirección y la otra mitad en la otra mitad.

El factor de carril corresponde al carril que recibe el mayor número de ejes equivalentes, donde el tránsito por dirección mayormente se canaliza por ese carril.

Para definir los factores se tendrá en cuenta el número de direcciones o sentidos y el número de carriles por calzada en la carretera.

El proyecto cuenta con una calzada de dos sentidos de un carril cada uno, es decir que el valor para el factor direccional es de 0,5 y para el factor de carril es de 1,00. Dichos valores se tomaron en la tabla VII.

Tabla VII. **Factor direccional y de carril**

| Número de calzadas  | Número de sentidos | Número de carriles por sentido | Factor Direccional (Fd) | Factor Carril (Fc) | Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño |
|---|--------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------|--|
| 1 calzada<br>(para IMDa total de la calzada)                              | 1 sentido          | 1                              | 1.00                    | 1.00               | 1.00   |
|   | 1 sentido          | 2                              | 1.00                    | 0.80               | 0.80   |
|   | 1 sentido          | 3                              | 1.00                    | 0.60               | 0.60   |
|   | 1 sentido          | 4                              | 1.00                    | 0.50               | 0.50   |
|   | 2 sentidos         | 1                              | 0.50                    | 1.00               | 0.50   |
|   | 2 sentidos         | 2                              | 0.50                    | 0.80               | 0.40   |
| 2 calzadas con separador central<br>(para IMDa total de las dos calzadas) | 2 sentidos         | 1                              | 0.50                    | 1.00               | 0.50   |
|   | 2 sentidos         | 2                              | 0.50                    | 0.80               | 0.40   |
|   | 2 sentidos         | 3                              | 0.50                    | 0.60               | 0.30   |
|   | 2 sentidos         | 4                              | 0.50                    | 0.50               | 0.25   |

Fuente: Ministerio de Transportes. *Manual de carreteras*. p. 64.

○ Factor de equivalencia de carga (FC)

Este factor es considerado para evaluar el efecto dañino sobre los pavimentos flexibles por medio de diferentes cargas a un eje estándar. Los resultados obtenidos por medio de experimentos de la AASHTO han permitido determinar que la equivalencia entre cargas diferentes transmitidas al pavimento por el mismo sistema de ruedas y ejes, como se puede observar en la tabla VIII.

Este factor se puede considerar como el número de aplicaciones de ejes estándar de 80 kN, correspondientes al paso vehicular y puede obtenerse por pesaje aunque es un método costoso.

Tabla VIII. **Factores de equivalencia de carga**

| Carga bruta por eje |         | Factores de equivalencia de carga por ejes |           |            |
|---------------------|---------|--|-----------|------------|
| kN                  | lb      | Eje simple                                 | Eje doble | Eje triple |
| 4.5                 | 1000.0  | 0.00002                                    |           |            |
| 8.9                 | 2000.0  | 0.00018                                    |           |            |
| 17.8                | 4000.0  | 0.00209                                    | 0.00030   |            |
| 26.7                | 6000.0  | 0.01043                                    | 0.00100   | 0.00030    |
| 35.6                | 8000.0  | 0.03430                                    | 0.00300   | 0.00100    |
| 44.5                | 10000.0 | 0.08770                                    | 0.00700   | 0.00200    |
| 53.4                | 12000.0 | 0.18900                                    | 0.01000   | 0.00300    |
| 62.3                | 14000.0 | 0.36000                                    | 0.02700   | 0.00600    |
| 71.2                | 16000.0 | 0.62                                       | 0.047     | 0.011      |
| 80.0                | 18000.0 | 1.00                                       | 0.077     | 0.017      |
| 89.0                | 20000.0 | 1.51                                       | 0.121     | 0.027      |
| 97.9                | 22000.0 | 2.18                                       | 0.180     | 0.040      |
| 106.8               | 24000.0 | 3.03                                       | 0.260     | 0.057      |
| 115.6               | 26000.0 | 4.09                                       | 3.640     | 0.080      |
| 124.5               | 28000.0 | 5.39                                       | 0.495     | 0.109      |
| 133.4               | 30000.0 | 6.97                                       | 0.658     | 0.145      |
| 142.0               | 32000.0 | 8.88                                       | 0.857     | 0.191      |
| 151.2               | 34000.0 | 11.18                                      | 1.095     | 0.246      |
| 160.1               | 36000.0 | 13.93                                      | 1.38      | 0.313      |
| 169.0               | 38000.0 | 17.20                                      | 1.70      | 0.393      |
| 178.0               | 40000.0 | 21.08                                      | 2.08      | 0.487      |
| 187.0               | 42000.0 | 25.64                                      | 2.51      | 0.597      |
| 195.7               | 44000.0 | 31.00                                      | 3.00      | 0.723      |

Fuente: AASHTO. *Guía para el diseño de estructuras de pavimento*. p. 87.

Según el *Acuerdo Gubernativo 1084-92, reglamento para el control de pesos y dimensiones de vehículos automotores y sus combinaciones*, de la República de Guatemala, se pueden tomar como referencia los pesos de los vehículos a transitar, como se puede observar en la tabla XI.

Para este proyecto se tiene un camión tipo C2 que consta de un eje delantero simple con peso de 5 500 kilogramos y un eje posterior simple de rueda doble de 10 000 kilogramos y un camión C3 con un eje delantero simple de 5 500 kilogramos y un eje posterior doble de 16 500 kilogramos.

Tabla IX. **Pesos de vehículos C2 y C3**

| Vehículos tipo C2 y C3     |           | Otros vehículos |
|----------------------------|-----------|-----------------|
| Eje simple                 | 5,500 kg  | 5,000 kg        |
| Eje simple rueda doble     | 10,000 kg | 9,000 kg        |
| Eje doble (tándem) tipo A  | 16,500 kg | 16,000 kg       |
| Eje doble (tándem) tipo B  | 12,00 kg  | 12,000 kg       |
| Eje triple (tridem) tipo A |           | 20,000 kg       |
| Eje triple (tridem) tipo B |           | 17,000 kg       |

Fuente: CIV. *Acuerdo gubernativo 1084-92, reglamento para el control de pesos y dimensiones de vehículos automotores y sus combinaciones.* p. 50.

Para obtener los factores de carga se realizó una interpolación de la tabla IX, en el cual se obtuvo para el camión C2 un factor de carga de 0,38 y para el camión C3 un factor de carga de 1.65.

- Determinación de ESAL (W18)

El tránsito proveniente del conteo vehicular debe ser dividido para el carril de diseño y el volumen de tránsito del carril de diseño, se convierte en un determinado número de ESAL, que es *equivalent single axle load*, el parámetro usado en el diseño de la estructura del pavimento.

El ESAL permite identificar el daño en términos del deterioro producido por un vehículo en particular y pesa 18 000 lb o 8,2 T o 80 kN.

A continuación, se muestra un resumen de las variables para el cálculo de ESAL:

- IMD: 148 veh/día
- Factor de crecimiento: 31,04
- Factor direccional (Fd): 0,5
- Factor de carril (Fc): 1,00
- Periodo de diseño: 20 años
- Tasa de crecimiento: 4,4 %

Tabla X. **Cálculo de ESAL**

| Tipo de vehículo   | Veh/día    | Veh/año      | Factor de crecimiento | FC    | ESAL por carril | ESAL diseño      |
|--------------------|------------|--------------|-----------------------|-------|-----------------|------------------|
| transporte liviano | 100        | 36500        | 31.04                 | 0.002 | 73              | 2265.92          |
| C3 (pesado)        | 32         | 11680        | 31.04                 | 1.45  | 16936           | 525693.44        |
| C2 (colectivo)     | 16         | 5840         | 31.04                 | 0.38  | 2219.2          | 68883.97         |
| <b>TOTAL:</b>      | <b>148</b> | <b>54020</b> |                       |       | <b>19228.2</b>  | <b>596843.33</b> |

Fuente: elaboración propia.

El total de ESAL de diseño debe multiplicarse por el factor direccional y de carril. A continuación, se muestra la ecuación a utilizar para el cálculo de ESAL:

$$ESAL (W_{18}) = w_{81} * Fc * Fd$$

$$ESAL (W_{18}) = 596\ 843,33 * 1,00 * 0,5$$

$$ESAL (W_{18}) = 298\ 421,67$$

- **Confiabilidad (R)**

Es un parámetro que define la probabilidad de que el pavimento diseñado se comporte de manera satisfactoria durante toda su vida del proyecto, bajo las cargas establecidas e intemperismo.

Para elegir el valor de este parámetro se considera la importancia del camino, la confiabilidad de la resistencia de las capas y el tránsito de diseño pronosticado.

Tabla XI. **Valores de nivel de confiabilidad**

| Clasificación Funcional  | Nivel de confiabilidad |           |
|--------------------------|------------------------|-----------|
|                          | Urbano                 | Rural     |
| Interstatal y otras vías | 85 – 99,9              | 80 – 99,9 |
| Arterias principales     | 80 – 99                | 75 – 95   |
| Colectores               | 80 – 95                | 75 – 95   |
| Local                    | 50 – 80                | 50 – 80   |

Fuente: AASHTO. *Guía para el diseño de estructuras de pavimento*. p. 87.

Dado que este proyecto se clasifica como un colector rural, se utiliza un nivel de confiabilidad del 80 %.

- Desviación estándar combinada ( $S_o$ )

Se define como el error estándar por defecto del tráfico y variabilidad de los materiales. Según la AASHTO el valor para la desviación estándar para un pavimento flexible varía entre 0,40 a 0,50. Para el proyecto se toma un valor medio de 0,45.

- Desviación estándar normal ( $Z_r$ )

La desviación estándar normal del proyecto está en función a la confiabilidad. Para este proyecto se toma un valor de -0,841, obtenidos en la tabla XII.

Tabla XII. **Factores de desviación normal**

| Confiabilidad R, % | Desviación normal estándar ,Zr | Confiabilidad R, % | Desviación normal estándar ,Zr |
|--------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|
| 50                 | -0.000                         | 93                 | -1.476                         |
| 60                 | -0.253                         | 94                 | -1.555                         |
| 70                 | -0.524                         | 95                 | -1.645                         |
| 75                 | -0.674                         | 96                 | -1.881                         |
| 80                 | -0.841                         | 97                 | -2.054                         |
| 85                 | -1.037                         | 98                 | -2.054                         |
| 90                 | -1.282                         | 99                 | -2.327                         |
| 91                 | --1.340                        | 99.9               | -3.090                         |
| 92                 | --1.405                        | 99.99              | -3.750                         |

Fuente: AASHTO. *Guía para el diseño de estructuras de pavimentos*. p. 87.

- Índice de serviciabilidad (PSI)

Se define como la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor varía entre 0 a 5, un valor grande refleja la mejor comodidad teórica y un valor aproximado a 0 se refiere a una circulación incomoda.

- Serviciabilidad inicial (Po)

Es la condición de una vía recientemente construida. Para este proyecto se toma un valor de serviciabilidad inicial de 4,00 según lo establece la AASHTO.

- Serviciabilidad final (Pt)

La serviciabilidad final establece la condición de una vía que ha alcanzado la necesidad de algún tipo de rehabilitación o reconstrucción.

Para este proyecto se toma un valor de 2,00, según la siguiente tabla:



Tabla XIII. **Serviciabilidad final (Pt)**

| TIPO DE CAMINOS                     | TRAFICO | EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS |           | ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pt) |
|-------------------------------------|---------|------------------------------|-----------|--------------------------------------|
| Caminos de Bajo Volumen de Tránsito | TP1     | 150,001                      | 300,000   | 2.00                                 |
|                                     | TP2     | 300,001                      | 500,000   | 2.00                                 |
|                                     | TP3     | 500,001                      | 750,000   | 2.00                                 |
|                                     | TP4     | 750 001                      | 1,000,000 | 2.00                                 |

Fuente: AASHTO. *Guía de diseño de estructuras de pavimento*. p. 23.

- Pérdida de serviciabilidad ( $\Delta PSI$ )

Es la diferencia entre la serviciabilidad inicial y la final, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

$$\Delta PSI = 4 - 2$$

$$\Delta PSI = 2$$

- Módulo resiliente del suelo ( $M_r$ )

Es una medida de rigidez del suelo, también, se dice que son deformaciones elásticas de recuperación instantánea y suelen denominarse plásticas a aquellas que permanecen en el pavimento después de cesar la carga.

Para la determinación del módulo resiliente se debe hacer por ensayo de laboratorio pero debido a que no se cuenta con un equipo de laboratorio especial se procede a calcularlo por correlaciones basados en la AASHTO 93.

El módulo resiliente de la subrasante se calcula por una ecuación utilizada por investigadores y agencias de diseño de carretera de Estados Unidos, como se muestra a continuación:

$$M_R[PSI] = 4\,326 \ln(CBR) + 241$$

$$M_R[PSI] = 4\,326 \ln(75) + 241$$

$$M_R[PSI] = 18\,918,45$$

Dado que las capas de la base y subbase poseen un CBR entre 12 a 80, se puede calcular el módulo de resiliencia con las fórmulas empleadas actualmente en el diseño flexible en Chile.

$$M_R[MPa] = 22,1 * CBR^{0,55}$$

$$M_R[MPa] = 22,1 * 40^{0,55}$$

$$M_R[MPa] = 22,1 * 40^{0,55}$$

$$M_R[MPa] = 168,08$$

$$M_R[PSI] = 20\,288,35$$

Para el cálculo del módulo resiliente de la base y subbase se tomaron los CBR mínimos requeridos según la Dirección General de Caminos.

- Cálculo de espesores

En los pavimentos de mezclas asfálticas se debe obtener el número estructural de las capas por medio de la fórmula de diseño de la sección 2.1.8.

En función a la ecuación mencionada se determinan los espesores de las capas de la carretera. Para este proyecto el número estructural se calcula de la siguiente manera:

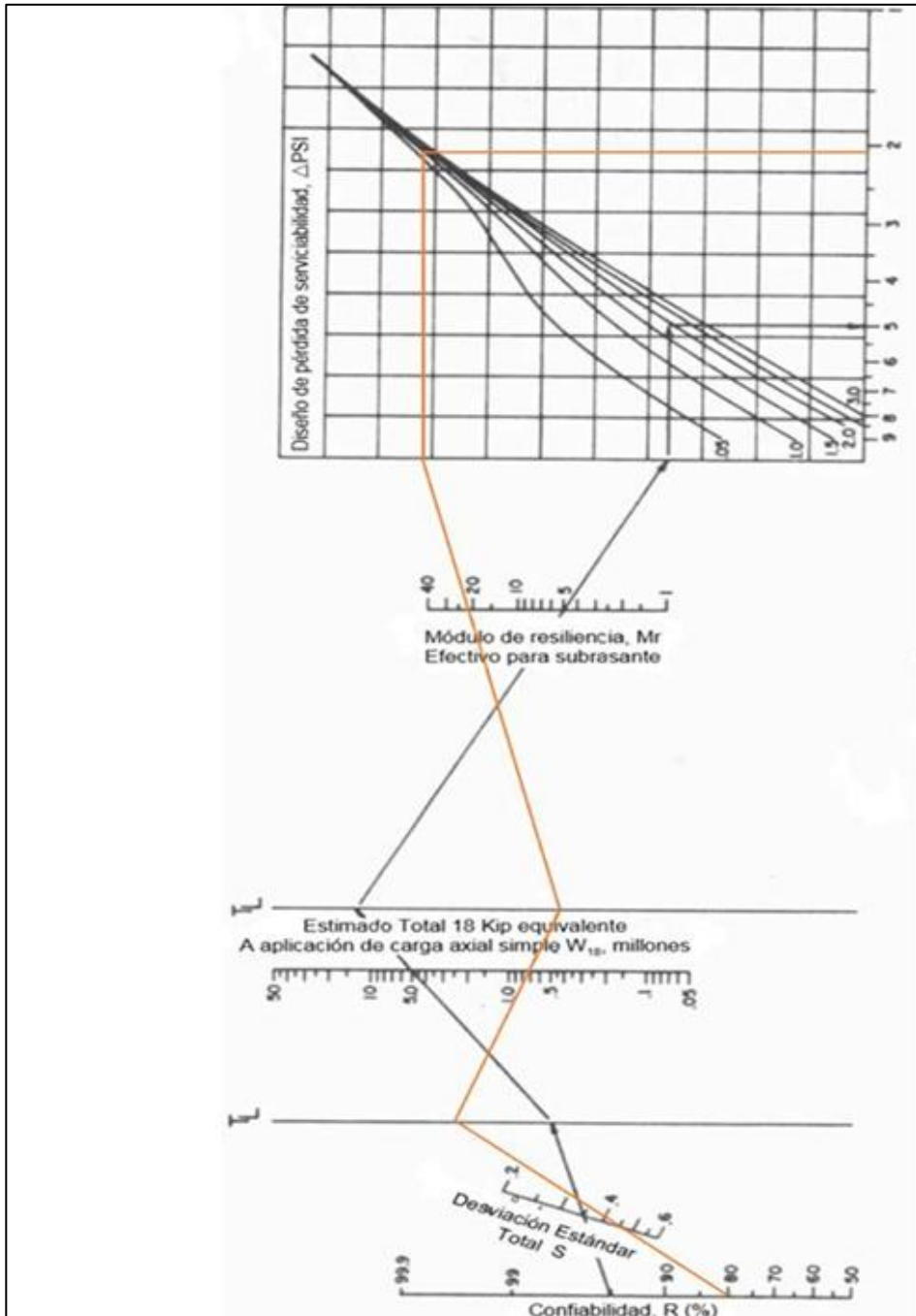
$$5,48 = -0,3784 + 9,36 \log(SN + 1) - 0,20 + \frac{-1,1303}{0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 9,32 - 8,07$$

$$SN = 1,83$$

Para corroborar el número estructural calculado anteriormente se usa el monograma proporcionado por la AASHTO, siguiendo los siguientes pasos:

- Se traza una línea recta, en donde el punto de inicio es la confiabilidad, el cual se estableció del 80 % y se pasa por la desviación estándar de 0,45 hasta llegar a la línea vertical TL.
- Utilizando el último punto como punto inicial, se pasa por el eje de equivalencia W18 expresado en millones, el cual se estableció de 0,3 millones hasta llegar a la línea vertical TL.
- Utilizando el último punto como el inicial, se pasa por el módulo de resiliencia expresado en kilolibras por pulgada cuadrada (psi), el cual se estableció de aproximadamente 19 Kpsi hasta llegar a las abscisas de la gráfica.
- Sobre el último punto se traza una línea horizontal hasta interceptar al gráfico que represente la pérdida de serviciabilidad que en este caso equivale a 2. Al interceptar la gráfica se traza una línea vertical hasta interceptar al eje x y por último se toma lectura del número estructural, como se puede observar en la siguiente figura.

Figura 20. Monograma para el cálculo del número estructural



Fuente: AASHTO. *Guía para el diseño de estructuras de pavimento*. p. 87.

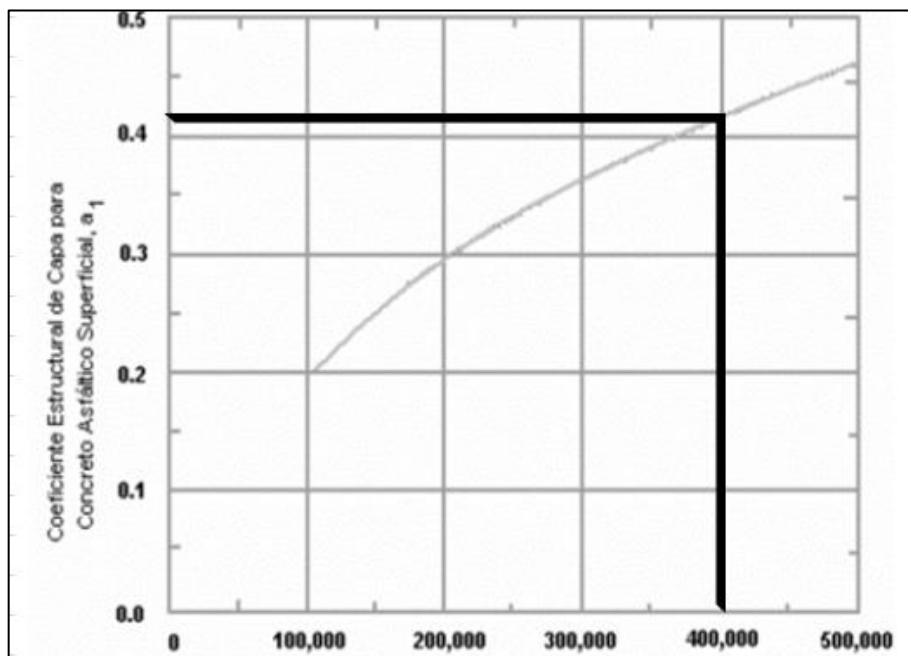
La lectura final de la gráfica para el número estructural fue de 1.9.

- Coeficientes de capa ( $a_i$ )

Es necesario determinar los coeficientes de capa a cada material del pavimento, los cuales se ajustan con factores menores o mayores a la unidad para tomar en cuenta el drenaje y el tiempo en que las capas granulares están sometidas a niveles de humedad cerca de la saturación.

En la figura 21 se determinó un coeficiente de capa para el concreto asfáltico, el cual posee un módulo elástico de 400 000 psi a una temperatura de 68 °F. Se obtuvo un valor de 0,42.

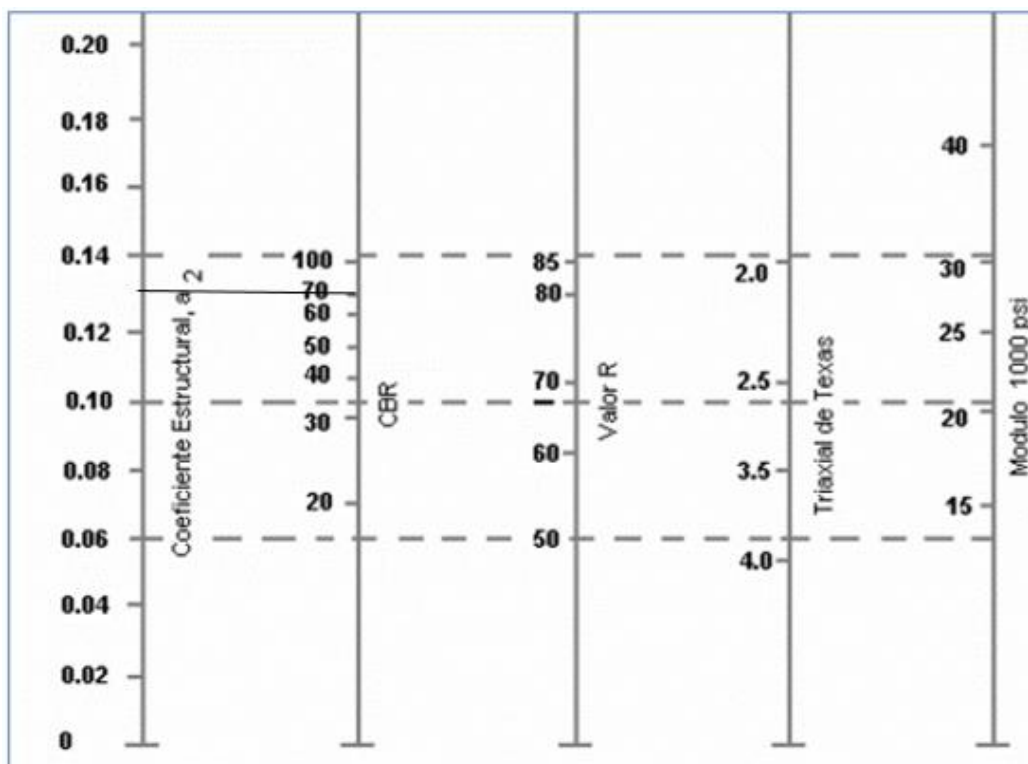
Figura 21. **Coeficiente de capa para el concreto asfáltico ( $a_1$ )**



Fuente: AASHTO. *Guía para diseño de estructuras de pavimentos*. p.87.

En la figura 22 se determina el coeficiente de capa para la base granular. Según la sección 304.03 de las especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes se toma un CBR de 70 % y se procede a trazar una línea horizontal hasta interceptar con 0,13.

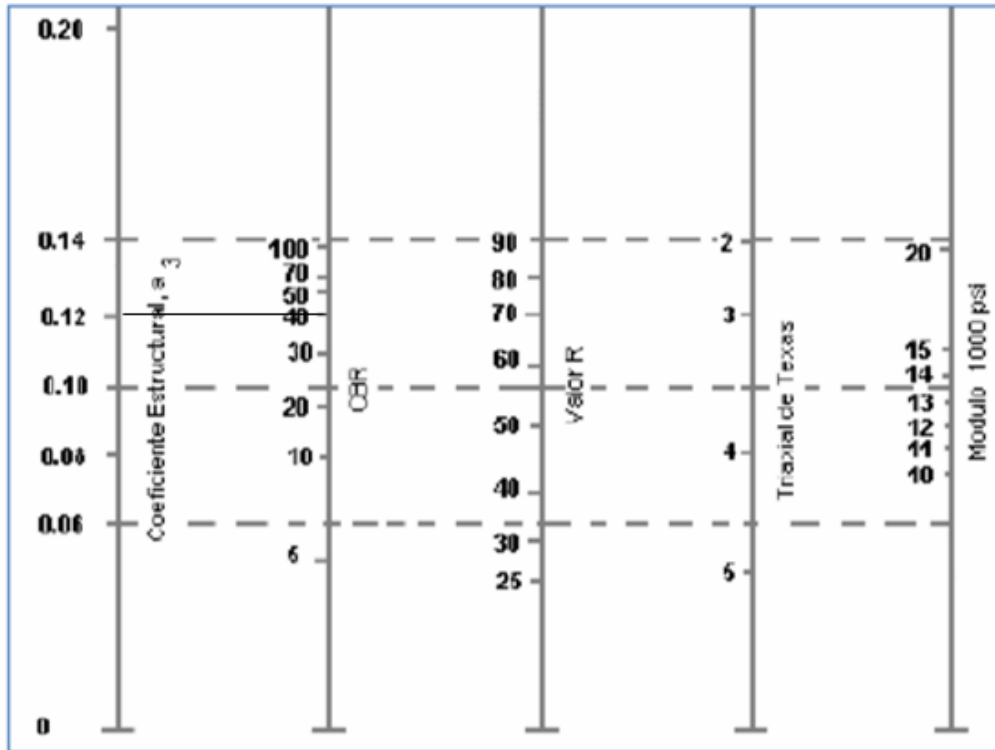
Figura 22. **Coeficiente de capa de base granular ( $a_2$ )**



Fuente: AASHTO. *Guía para el diseño de estructuras de pavimento*. p. 87.

En la figura 23 se determina el coeficiente de para para la subbase granular, tomando en consideración el valor mínimo de CBR que según el Libro Azul es de 40 %. Con ese valor de CBR se traza una línea horizontal hacia la izquierda e intercepta en un valor de 0,12.

Figura 23. Coeficiente de capa para la subbase ( $a_3$ )



Fuente: AASHTO. *Guía para el diseño de estructuras de pavimento*. p. 88.

- Coeficientes de drenaje ( $m_i$ )

Este coeficiente toma en cuenta todos los efectos del drenaje sobre las capas de la base y subbase del pavimento, asumiendo que la resistencia será constante. En la tabla XV muestra la calidad del drenaje en función del tiempo de retiro del agua. Las capas del pavimento se clasifican como una buena calidad de drenaje, ya que tarda 1 día para retirar el agua de las capas.

En la tabla XIV se determinan los coeficientes de drenaje; para este proyecto se tomarán en cuenta los niveles de saturación entre el 5 % al 25 %, lo cual brinda un coeficiente de capa de 1,00.

Tabla XIV. **Condiciones del drenaje**

| Calidad de drenaje | Retiro de agua dentro de: |
|--------------------|---------------------------|
| Excelente          | 2 horas                   |
| Bueno              | 1 día                     |
| Regular            | 1 semana                  |
| Pobre              | 1 mes                     |
| Muy pobre          | El agua no drena          |

Fuente: AASHTO. *Guía de diseño de pavimentos*. p. 88.

Tabla XV. **Coeficientes de drenaje**

| Calidad de drenaje | % de tiempo expuestas a niveles de humedad próximos a la saturación |             |             |        |
|--------------------|---|-------------|-------------|--------|
|                    | < 1 %   | 1 – 5 %     | 5 – 25 %    | > 25 % |
| Excelente          | 1,40 – 1,35   | 1,35 – 1,30 | 1,30 – 1,20 | 1,20   |
| Bueno              | 1,35 – 1,25   | 1,25 – 1,15 | 1,15 – 1,00 | 1,00   |
| Regular            | 1,25 – 1,15   | 1,15 – 1,05 | 1,00 – 0,80 | 0,80   |
| Pobre              | 1,15 – 1,05   | 1,05 – 0,80 | 0,80 – 0,60 | 0,60   |
| Muy pobre          | 1,05 – 0,95   | 0,95 – 0,75 | 0,75 – 0,40 | 0,40   |

Fuente: AASHTO. *Guía de diseño de estructuras de pavimentos*. p. 88.

A continuación, se muestra un resumen de los factores calculados para la determinación de los espesores del pavimento.



Tabla XVI. Resumen de datos

| Material          | Módulo de elasticidad (Mpa) | CBR  | Mr (psi) | Coeficientes de capa (a <sub>i</sub> ) |                | Coeficiente de drenaje (m <sub>i</sub> ) |                |
|-------------------|-----------------------------|------|----------|--|----------------|--|----------------|
|                   |                             |      |          | a <sub>1</sub>                         | a <sub>2</sub> | m <sup>1</sup>                           | m <sup>2</sup> |
| Carpeta asfáltica | 400000                      | ---- |          | a <sub>1</sub>                         | 0,42           | m <sup>1</sup>                           | ---            |
| Base granular     | ---                         | 70   | 33163,6  | a <sub>2</sub>                         | 0,13           | m <sup>2</sup>                           | 1              |
| Subbase granular  | ---                         | 40   | 20288,3  | a <sub>3</sub>                         | 0,12           | m <sup>3</sup>                           | 1              |

Fuente: elaboración propia.

Las capas granulares deben estar totalmente protegidas de presiones verticales excesivas que lleguen a producir deformaciones permanentes. El cálculo de los espesores busca proteger cada capa, reemplazando el módulo de resiliencia de la capa que está inmediatamente abajo. En donde D<sub>1</sub> hace referencia al espesor de la carpeta asfáltica, D<sub>2</sub> al espesor de la base y D<sub>3</sub> al espesor de la subbase. A continuación, se muestran los cálculos para los espesores, los cuales están basados en la sección 7.1.1 del *Manual centroamericano para diseño de pavimentos*:

Datos:

- Número estructural de la carpeta asfáltica (SN<sub>1</sub>): 1,45
- Número estructural de la base (SN<sub>2</sub>): 1,78
- Número estructural de la subbase (SN<sub>3</sub>): 1,83

$$D_1 \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$D_1 = \frac{1,45}{0,42} \approx 4''$$

El número estructural absorbido por esta capa es de:

$$SN_1^* = a_1 * D_1^*$$
$$SN_1^* = 0,42 * 4 = 1,68$$

Se procede a calcular el espesor de la base:

$$D_2 \geq \frac{SN_2 - SN_1}{a_2 m_2}$$
$$D_2 = \frac{1,78 - 1,68}{0,13 * 1} \approx 1''$$

El número estructural absorbido por la capa de la base es:

$$SN_2^* = a_2 * m_2 * D_2$$
$$SN_2^* = 0,13 * 1 * 1 = 0,13$$

Por último se calcula el espesor de la capa de la subbase:

$$D_3 \geq \frac{SN_3 - (SN_2 + SN_1)}{a_3 m_3}$$
$$D_3 = \frac{1,83 - (0,13 + 1,68)}{0,12 * 1} \approx 1''$$

El número estructural absorbido de la capa de la subbase es:

$$SN_3^* = a_3 * m_3 * D_3$$
$$SN_3^* = 0,12 * 1 * 1 = 0,12$$

Como verificación se muestra la siguiente ecuación:

$$SN_1^* + SN_2^* + SN_3^* \geq SN$$

$$1,68 + 0,13 + 0,12 \geq 1,83$$

$$1,93 \geq 1,83$$

La verificación anterior indica que cada capa del paquete estructural queda protegida de los esfuerzos a los cuales va a ser sometida.

En el diseño de un pavimento no se deben colocar capas menores que los mínimos requeridos, con el objetivo de mantener la estructura del pavimento en mejores condiciones para absorber los efectos que producen los suelos expansivos.

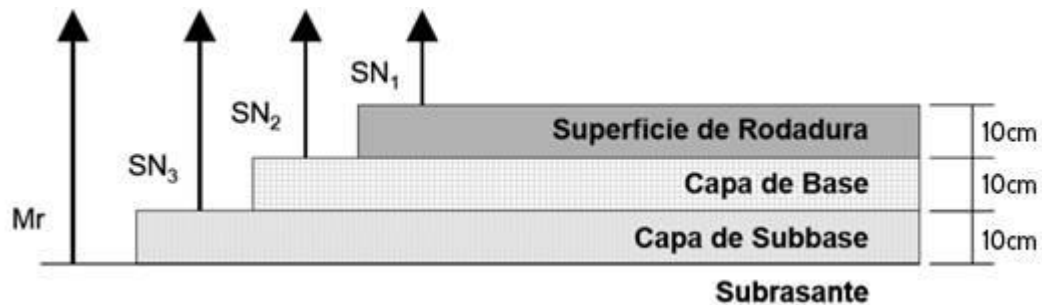
Tabla XVII. **Espesores mínimos**

| ESAL                  | Concreto asfáltico (plg)        | Base granular |
|-----------------------|---------------------------------|---------------|
| >50,000               | 1,0 (o tratamiento superficial) | 4,0           |
| 50,001 – 150,000      | 2,0                             | 4,0           |
| 150,001 – 500,000     | 2,5                             | 4,0           |
| 500,001 – 2,000,000   | 3,0                             | 6,0           |
| 2,000,001 – 7,000,000 | 3,5                             | 6,0           |
| >7,000,000            | 4,0                             | 6,0           |

Fuente: AASHTO. *Guía para el diseño de estructuras de pavimento*. p.87.

En la figura 24 se muestra los espesores de las capas que se determinaron, respetando los mínimos requeridos de la tabla XVII.

Figura 24. **Espesores de la estructura del pavimento**



Fuente: elaboración propia.

### 2.1.9. Drenajes menores en vías pavimentadas

Los drenajes menores se refieren a las obras superficiales o alcantarillas de una luz pequeña. Las principales causas de la presencia de agua en la carretera son las lluvias, por ello es necesario diseñar elementos de infraestructura que directamente protejan el pavimento y permitan su evacuación para evitar la desestabilización o disgregación de los materiales que lo conforman.

Para este proyecto se propone el diseño de drenajes longitudinales y transversales con el fin de proteger la estructura del pavimento.

#### 2.1.9.1. Consideraciones hidráulicas

El método utilizado para el diseño del drenaje es el método racional, donde se calcula un caudal máximo en función de una precipitación máxima que contribuyen a la escorrentía sobre una superficie del terreno.

### 2.1.9.2. Drenajes longitudinales

Son zanjas abiertas construidas de concreto o ladrillo paralelas a la calzada, con la función de recoger y canalizar las aguas superficiales y conducir las hacia un punto de fácil evacuación.

Para este proyecto se diseñaron cunetas trapezoidales debido a que tienen mayor capacidad y conducción del agua.

A continuación, se muestra el cálculo para el tramo inicial derecho del diseño de la cuneta que consta de 0,66 Ha.

- Tiempo de concentración

Es el tiempo que recorre el agua de escorrentía hacia un punto de salida o punto de desagüe. Dicho tiempo se calcula por la ecuación de Kirpich debido a que es la más utilizada en Guatemala por los factores que posee.

$$t_c = \frac{3L^{1,15}}{154H^{0,38}}$$

Donde:

- L = longitud del cauce
- H = desnivel del cauce
- tc = tiempo de concentración

El tramo calculado tiene una longitud de 487,36 metros y un desnivel de 29 metros.

$$t_c = \frac{3(487,36)^{1,15}}{154(29)^{0,38}} = 10,17 \text{ min}$$

- **Intensidad de lluvia**

Es el volumen de precipitación por unidad de tiempo y se calcula por la siguiente ecuación:

$$i = \frac{A}{(B + t_c)^n}$$

Donde A, B y n son parámetros de ajuste que se obtienen mediante por la tabla XX. Estos parámetros se tomaron para un periodo de retorno de 25 años.

Tabla XVIII. **Parámetros de ajuste**

| Estaciones Meteorológicas |           |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Tr                        | 2         | 5     | 10    | 20    | 25    | 30    | 50    | 100   |
|                           | INSIVUMEH |       |       |       |       |       |       |       |
| A                         | 1,970     | 7,997 | 1,345 | 720   | 820   | 815   | 900   | 890   |
| B                         | 15        | 30    | 9     | 2     | 2     | 2     | 2     | 2     |
| n                         | 0.958     | 1.161 | 0.791 | 0.637 | 0.656 | 0.65  | 0.66  | 0.649 |
| R2                        | 0.989     | 0.991 | 0.982 | 0.981 | 0.973 | 0.973 | 0.981 | 0.981 |

Fuente: Insivumeh. *Informe de intensidades de lluvia*. [www.insivumeh.gob.gt](http://www.insivumeh.gob.gt). Consulta: 4 de noviembre de 2016.

$$i = \frac{820}{(2 + 10,17)^{0,656}}$$

$$i = 228,79 \text{ mm/h}$$

- Coeficiente de escorrentía (C)

Se define en función de las características del terreno, tipo de suelo, vegetación y permeabilidad. En los anexos se muestra la tabla de los coeficientes utilizados para el cálculo.

Para este proyecto se utilizaron los siguientes valores de escorrentía: 0,25 de prados, 0,55 para suelos impermeables con césped y 0,2 para tierras cultivadas. Luego, se procedió a calcular un C ponderado el cual es de 0,27.

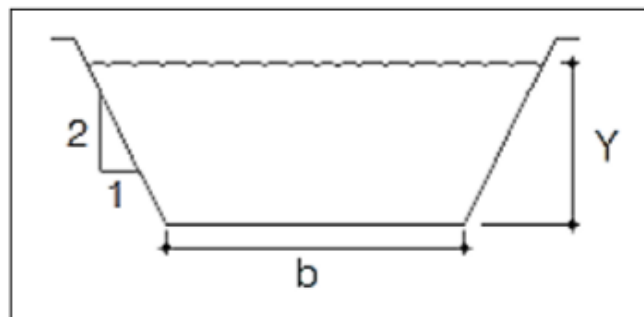
- Determinación del caudal de diseño

Es el máximo caudal que aporta al drenaje superficial, en este caso la cuneta. Se calcula por el método racional como se muestra a continuación:

$$Q_{dis} = \frac{C * i * A}{360}$$

$$Q_{dis} = \frac{0,27 * 228,79 * 0,66}{360} = 0,11 \text{ m}^3/\text{s}$$

Figura 25. Dimensiones de la cuneta



Fuente: elaboración propia.

- Determinación del área hidráulica

$$A = 2 * \left[ \frac{1}{2} \left( \frac{1}{2} Y * Y \right) \right] + by$$

- Determinación del perímetro mojado

$$P = 2 * \left[ \sqrt{\left( \frac{1}{2} Y \right)^2 + Y^2} \right] + b$$

- Radio hidráulico

$$R_h = \frac{\frac{Y^2}{2} + bY}{2,236Y + b}$$

- Determinación de la base igualando el radio hidráulico a Y/2

$$b = 1,236 * Y$$

- Al sustituir b en el área hidráulica se tiene

$$A = 1,736 * Y^2$$

- Al sustituir el área y la base en la ecuación de Manning se tiene la siguiente ecuación:

$$Y = \left( \frac{Q_{dis}}{68,35 * S^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$



- Determinación de las dimensiones de la cuneta

$$Y = \left( \frac{0,11}{68,35 * 0,025^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$$Y = 0,18m$$

$$b = 1,236 * 0,18$$

$$b = 0,22 m$$

Para fines constructivos se utilizará una base de 0,25 metros y una altura de 0,20 metros.

### 2.1.9.3. Drenajes transversales

Tiene como objetivo principal desalojar el agua pluvial de las cunetas por medio de una alcantarilla por debajo del camino que evita que el agua circule sobre la estructura ya que puede generar daños al mismo.

A continuación, se muestra el cálculo para la alcantarilla que se encuentra en la estación 2+ 657, el cual consta de un caudal acumulado de 0,29 m<sup>3</sup>/s y un área de 1,65 Ha.

$$D = \left( \frac{Q * n * 4^{\frac{5}{3}}}{S^{\frac{1}{2}} * \pi} \right)^{\frac{3}{8}}$$

Donde:

- D = diámetro en metros

- Q = caudal en metros cúbicos sobre segundos
- n = rugosidad (0,013 tubería de concreto)
- S = pendiente de tubería (0,03)

$$D = \left( \frac{0,29 * 0,013 * 4^{\frac{5}{3}}}{0,03^{\frac{1}{2}} * \pi} \right)^{\frac{3}{8}} = 0,4 \text{ m}$$

$$D = 14,3''$$

Debido a los parámetros de limpieza establecidos en la municipalidad de Villa Nueva, se utilizará un diámetro de 36”.

### **2.1.10. Presupuesto**


Es una estimación de gastos que se realiza para llevar a cabo el proyecto en el cual se involucran los materiales de construcción, la mano de obra, las prestaciones laborales y el transporte.

#### **2.1.10.1. Integración de precios unitarios**

Se refiere al desglose de cada renglón, actividad y material necesario para realizar una determinada unidad de trabajo, tomando en consideración la maquinaria, equipo, materiales y mano de obra.

En la tabla XIX se muestra un ejemplo del renglón 2.01, mientras que el contenido completo puede ser consultado en la sección de anexos.

Tabla XIX. Ejemplo de integración de precios unitarios

| INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS                                |          |            |  |                     |  |  |
|---|----------|------------|---|---------------------|--|--|
| CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA DE PAVIMENTO ASFÁLTICO                | Renglón: | 2,01       |   |                     |  |  |
| ALDEA "EL TABLON", BÁRCENAS                                     | Fecha:   | 10/10/2017 |   |                     |  |  |
| Descripción del renglón   | Cantidad | Unidad     | P.U.  | Total               |  |  |
| Excavación no clasificada                                       | 3484,48  | m3         | Q 91,14   | Q 317 558,44        |  |  |
| <b>Descripción de maquinaria y equipo</b>                       |          |            |   |                     |  |  |
| Descripción de maquinaria y equipo                              | Cantidad | Unidad     | Costo   | Sub Total           |  |  |
| excavadora  | 8,00     | dia        | Q 2 400,00  | Q 19 200,00         |  |  |
| camion de volteo  | 291,00   | viaje      | Q 350,00  | Q 101 850,00        |  |  |
| motoniveladora  | 175,00   | h          | Q 450,00  | Q 78 750,00         |  |  |
| rodcompactador  | 59,00    | h          | Q 310,00  | Q 18 290,00         |  |  |
| Transporte de maquinaria y/o equipo                             | 1,00     |            | Q 10 904,50   | Q 10 904,50         |  |  |
|   |          |            | <b>Total con IVA</b>  | <b>Q 228 994,50</b> |  |  |
|   |          |            | <b>Total sin IVA</b>  | <b>Q 204 459,38</b> |  |  |
| <b>Descripción de combustible y lubricantes</b>                 |          |            |   |                     |  |  |
| Descripción de combustible y lubricantes                        | Cantidad | Unidad     | Costo   | Subtotal            |  |  |
|   |          |            |   | Q -                 |  |  |
|   |          |            |   | Q -                 |  |  |
|   |          |            | <b>Total con IVA</b>  | <b>Q -</b>          |  |  |
|   |          |            | <b>Total sin IVA</b>  | <b>Q -</b>          |  |  |
| <b>Descripción de materiales</b>                                |          |            |   |                     |  |  |
| Descripción de materiales                                       | Cantidad | Unidad     | Costo   | Subtotal            |  |  |
|   |          |            |   | Q -                 |  |  |
|   |          |            |   | Q -                 |  |  |
| Transporte de material  | 1,00     |            | Q -   | Q -                 |  |  |
|   |          |            | <b>Total con IVA</b>  | <b>Q -</b>          |  |  |
|   |          |            | <b>Total sin IVA</b>  | <b>Q -</b>          |  |  |
| <b>Descripción de mano de obra</b>                              |          |            |   |                     |  |  |
| Descripción de mano de obra                                     | Cantidad | Unidad     | Costo   | Subtotal            |  |  |
| ayudante de maquinaria  | 38,00    | jornal     | Q 139,50  | Q 5 301,00          |  |  |
|   |          |            |   | Q -                 |  |  |
|   |          |            |   | Q -                 |  |  |
|   |          |            | <b>Total</b>  | <b>Q 5 301,00</b>   |  |  |
| <b>HERRAMIENTA</b>  |          |            | 5%  | <b>Q 265,05</b>     |  |  |
| <b>COSTO DIRECTO (Materiales + mano de obra + herramientas)</b> |          |            |   | <b>Q 210 025,43</b> |  |  |
| <b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>                                    |          |            | 35%   | <b>Q 73 508,90</b>  |  |  |
| <b>SUBTOTAL DEL RENGLÓN</b>                                     |          |            |   | <b>Q 283 534,32</b> |  |  |
| <b>IVA</b>  |          |            | 12%   | <b>Q 34 024,12</b>  |  |  |
| <b>COSTO TOTAL</b>  |          |            |   | <b>Q 317 558,44</b> |  |  |

Fuente: elaboración propia.

## 2.1.10.2. Resumen del presupuesto

A continuación, se muestra en la tabla XX el resumen de todas las actividades de trabajo para el presupuesto del tramo de carretera que conduce de Bárcenas hacia la aldea El Tablón.

Tabla XX. **Presupuesto del tramo carretero de Bárcenas hacia la aldea El Tablón**

| Núm.        | DESCRIPCIÓN DE RENGLÓN  | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | COSTO RENGLÓN         |
|-------------|---|--------|----------|----------------|-----------------------|
| <b>1,00</b> | <b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>  |        |          |                |                       |
| 1,01        | Topografía, planimetría y altimetría  | km     | 4,44     | Q 1 611,33     | Q 7 149,88            |
| 1,02        | Limpia, chapeo y destronque   | Ha     | 1,33     | Q 67 921,44    | Q 90 415,52           |
|             |   |        |          |                | <b>Q 97 565,40</b>    |
| <b>2,00</b> | <b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>  |        |          |                |                       |
| 2,01        | Excavación no clasificada   | m3     | 3484,48  | Q 91,14        | Q 317 558,44          |
| 2,02        | Excavación no clasificada con desperdicio   | m3     | 33100,32 | Q 48,79        | Q 1 614 887,33        |
| 2,03        | Acarreo   | m3-km  | 99300,96 | Q 8,39         | Q 833 240,97          |
|             | <b>SUBTOTAL</b>   |        |          |                | <b>Q 2 765 686,74</b> |
| <b>3,00</b> | <b>PAVIMENTO</b>  |        |          |                |                       |
| 3,01        | Conformación y reacondicionamiento de la subrasante                                     | m2     | 26623,56 | Q 11,05        | Q 294 067,26          |
| 3,02        | Conformación y compactación de la sub base de material granular (espesor = 0.10 metros) | m3     | 2662,36  | Q 114,05       | Q 303 651,45          |
| 3,03        | Conformación y compactación de la base de material granular (espesor = 0.10 m)          | m3     | 2662,36  | Q 114,09       | Q 303 743,13          |
| 3,04        | Suministro, transporte y aplicación de imprimación                                      | gal    | 10649,42 | Q 54,68        | Q 582 307,02          |
| 3,05        | Suministro, transporte y aplicación de liga   | gal    | 3993,53  | Q 48,95        | Q 195 483,33          |
| 3,06        | Suministro, transporte y aplicación de mezcla asfáltica en caliente                     | Ton-m  | 6123,42  | Q 1 731,03     | Q 10 599 803,84       |
|             | <b>SUBTOTAL</b>   |        |          |                | <b>Q12 279 056,02</b> |
| <b>4,00</b> | <b>DRENAJE</b>  |        |          |                |                       |
| 4,01        | Cuneta trapezoidal  | ml     | 8874,52  | Q 253,10       | Q 2 246 134,75        |
| 4,02        | Excavación para alcantarilla  | m3     | 282,24   | Q 61,57        | Q 17 376,74           |
| 4,03        | Tubería drenaje transversal 36"   | ml     | 67,00    | Q 1 852,10     | Q 124 090,86          |
| 4,04        | Concreto ciclópeo para caja receptora y cabezal de salida                               | m3     | 93,00    | Q 1 754,62     | Q 163 179,94          |
|             | <b>SUBTOTAL</b>   |        |          |                | <b>Q 2 550 782,29</b> |
|             |   |        |          |                | <b>Q17 693 090,45</b> |

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.11. Cronograma de ejecución física y financiera

Tiene como finalidad representar todas las actividades para el proceso de construcción a través del tiempo de ejecución, control físico y financiero.

Tabla XXI. Cronograma de actividades

| Núm.            | UNIDAD  | CANTIDAD  | COSTO UNITARIO | 1   | 2      | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|-----------------|---------|-----------|----------------|-----|--------|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| <b>1,00</b>     |         |           |                |     |        |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 1,01            | km      | 4,44      | Q 1,61         | Q   | 7,15   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 1,02            | Ha      | 1,33      | Q 67 921,44    | Q90 | 415,52 |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>2,00</b>     |         |           |                |     |        |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 2,01            | m3      | 3 484,48  | Q 91,14        |     |        |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 2,02            | m3      | 33 100,32 | Q 48,79        |     |        |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 2,03            | m3-km   | 99 300,96 | Q 8,39         |     |        |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>3,00</b>     |         |           |                |     |        |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 3,01            | m2      | 26 623,56 | Q 11,05        |     |        |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 3,02            | m3      | 2 662,36  | Q 114,05       |     |        |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 3,03            | m3      | 2 662,36  | Q 114,09       |     |        |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 3,04            | galones | 10 649,42 | Q 54,68        |     |        |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 3,05            | galones | 3 993,53  | Q 48,95        |     |        |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 3,06            | Ton-m   | 6 123,42  | Q 1 731,03     |     |        |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>4,00</b>     |         |           |                |     |        |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 4,01            | ml      | 8 874,52  | Q 253,10       |     |        |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 4,02            | m3      | 282,24    | Q 61,57        |     |        |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 4,03            | ml      | 67,00     | Q 1 852,10     |     |        |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 4,04            | m3      | 93,00     | Q 1 754,62     |     |        |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| <b>SUBTOTAL</b> |         |           |                |     |        |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.12. Evaluación de impacto ambiental

Para cualquier proyecto es primordial identificar los posibles efectos o impactos sobre el medio ambiente circundante al área de influencia del proyecto.

El proyecto del tramo carretero genera distintos factores en los cuales el medio ambiente puede ser afectado con base en la construcción y aspectos que se muestran en la tabla XXII:

Tabla XXII. **Matriz de Leopold de impacto ambiental para pavimento**

|                             |  | Acciones con posibles efectos  |                       |                         |                 |                           |                       |     |    |
|-----------------------------|--|--------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------|-----|----|
|                             |  | Desmonte y rellenos            | Movimiento de tierras | Superficie de pavimento | Drenaje pluvial | Consecuencia de la acción | Magnitud de la acción |     |    |
| <b>FACTORES AMBIENTALES</b> |  | Aire                           |                       | -3                      | -3              | -3                        | -1                    | -10 |    |
|                             |  |                                |                       | 2                       | 2               | 2                         | 1                     |     | 7  |
|                             |  | Ruido/vibraciones              |                       | -1                      | -2              | -2                        | 1                     | -4  |    |
|                             |  |                                |                       | 2                       | 2               | 2                         | 2                     |     | 8  |
|                             |  | Geología/geomorfología         |                       | 5                       | 5               | 4                         | 1                     | 15  |    |
|                             |  |                                |                       | 6                       | 6               | 6                         | 1                     |     | 19 |
|                             |  | Desechos sólidos y líquidos    |                       | -2                      | -2              | -1                        | -1                    | -6  |    |
|                             |  |                                |                       | 1                       | 1               | 1                         | 1                     |     | 4  |
|                             |  | Olores molestos o pestilencias |                       | 0                       | 0               | 1                         | 0                     | 1   |    |
|                             |  |                                |                       | 0                       | 0               | 1                         | 0                     |     | 1  |
| Social                      |  | 1                              |                       | 6                       | 1               | 10                        |                       |     |    |
|                             |  | 2                              | 2                     | 6                       | 1               |                           | 11                    |     |    |
| Visual                      |  | 3                              | 2                     | 1                       | 0               | 6                         |                       |     |    |
|                             |  | 3                              | 3                     | 1                       | 0               |                           | 7                     |     |    |
| Consecuencia de la acción   |  | 3                              | 2                     | 6                       | 1               |                           |                       |     |    |
| Magnitud de la acción       |  | 16                             | 16                    | 19                      | 6               |                           |                       |     |    |

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXII se observa que el impacto ambiental será positivo para la población, salvo en el factor de aire y ruido.

## **2.2. Diseño del sistema de drenaje sanitario para las colonias La Gloria, Nueva Villa Nueva 1, Santa Fe, Héroes de Villa Nueva**

### **2.2.1. Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en el diseño sanitario para las colonias La Gloria, Nueva Villa Nueva 1 y Santa Fe. Héroes de Villa Nueva, ubicadas en la zona 6 del municipio de Villa Nueva, Guatemala. El diseño consta de una red de alcantarillado sanitario de 1 897,41 metros y 35 pozos de visita, en el cual se divide en un colector principal y 6 ramales cuya función es recolectar las aguas negras y conducir las hacia un punto de desfogue.

### **2.2.2. Levantamiento topográfico**

Consiste en todas las medidas horizontales y verticales necesarias para el diseño del alcantarillado sanitario, basado en procesos de altimetría y planimetría.

#### **2.2.2.1. Altimetría**

Es el proceso utilizado para brindar una elevación a los puntos de altimetría para obtener diferencias de nivel en los diferentes puntos del terreno a partir de un punto de referencia. El equipo utilizado para tomar las mediciones de este proyecto fue la estación total. Con la altimetría se obtiene la representación en relieve del terreno.

### **2.2.2.2. Planimetría**

Es el proceso utilizado para tomar mediciones horizontales desde un punto de referencia para representarlos en un plano horizontal. Para este proyecto se utilizó el mismo equipo que para la altimetría.

Con la planimetría se representan los puntos en donde pasará el drenaje y se definen los accidentes geográficos, entre otros factores que pueden afectar al diseño.

### **2.2.3. Parámetros hidráulicos**

El diseño del drenaje sanitario está condicionado por una serie de factores hidráulicos, en el cual determinan su capacidad de la tubería, comportamiento y características de la red.

Al mismo tiempo que se planea hidráulicamente el funcionamiento de la red, es fundamental tener en cuenta los requerimientos mínimos que estipulan los parámetros de las normas usadas en Guatemala. A continuación, se definirán los parámetros hidráulicos que se deben tener en cuenta desde el diseño preliminar que permiten obtener una adecuada limpieza y buen comportamiento.

#### **2.2.3.1. Velocidad de diseño**

Se establecen límites a la velocidad de flujo con el objetivo de evitar erosiones en la tubería y la acumulación de sólidos dentro de esta. La velocidad está en función de la pendiente del terreno, el diámetro y el material de la



tubería; se determina con la ecuación de Manning y de las relaciones hidráulicas para conductos circulares.

Para evitar los problemas evitados anteriormente, se utilizarán los parámetros para sistemas de drenaje sanitario establecidos por el Instituto de Fomento Municipal Infom, el cual indica que la velocidad máxima en tuberías de PVC sea de 3 m/s y la velocidad mínima sea de 0,6 m/s.

#### **2.2.3.2. Relaciones hidráulicas: q/Q, v/V, d/D**

Las relaciones hidráulicas de cada flujo (velocidad, caudal y tirante) se obtienen por medio de la ecuación de Manning en donde se establecen relaciones entre el flujo de una sección parcialmente llena y una sección totalmente llena.

Este procedimiento consiste en determinar la relación que existe entre el caudal de la sección parcial y la sección llena (q/Q) buscando el valor más cercano; luego, se toman las relaciones de velocidad (v/V) y tirante (d/D); una vez obtenida la velocidad de sección llena, se obtienen los datos necesarios para el chequeo de su correcto funcionamiento.

$$Q = \frac{A * R_h^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Donde:

- Q = caudal en metros por segundo
- A = área de la sección en metros
- Rh = radio hidráulico

- S = pendiente de la tubería
- n = coeficiente de rugosidad

Tabla XXIII. Relaciones hidráulicas

| d/D    | a/A    | v/V    | q/Q     | d/D    | a/A    | v/V    | q/Q     |
|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|
| 0,0100 | 0,0017 | 0,0880 | 0,00015 | 0,1025 | 0,0540 | 0,4080 | 0,02202 |
| 0,0125 | 0,0237 | 0,1030 | 0,00024 | 0,1050 | 0,0558 | 0,4140 | 0,02312 |
| 0,0150 | 0,0031 | 0,1160 | 0,00036 | 0,1075 | 0,0578 | 0,4200 | 0,02429 |
| 0,0175 | 0,0039 | 0,1290 | 0,00050 | 0,1100 | 0,0599 | 0,4260 | 0,02550 |
| 0,0200 | 0,0048 | 0,1410 | 0,00067 | 0,1125 | 0,0619 | 0,4320 | 0,02672 |
| 0,0225 | 0,0057 | 0,1520 | 0,00087 | 0,1150 | 0,0639 | 0,4390 | 0,02804 |
| 0,0250 | 0,0067 | 0,1630 | 0,00108 | 0,1175 | 0,0659 | 0,4440 | 0,02926 |
| 0,0275 | 0,0077 | 0,1740 | 0,00134 | 0,1200 | 0,0680 | 0,4500 | 0,03059 |
| 0,0300 | 0,0087 | 0,1840 | 0,00161 | 0,1225 | 0,0701 | 0,4560 | 0,03194 |
| 0,0325 | 0,0099 | 0,1940 | 0,00191 | 0,1250 | 0,0721 | 0,4630 | 0,03340 |
| 0,0350 | 0,0110 | 0,2030 | 0,00223 | 0,1275 | 0,0743 | 0,4680 | 0,03475 |
| 0,0375 | 0,0122 | 0,2120 | 0,00258 | 0,1300 | 0,0764 | 0,4730 | 0,03614 |
| 0,0400 | 0,0134 | 0,2210 | 0,00223 | 0,1325 | 0,0786 | 0,4790 | 0,03763 |
| 0,0425 | 0,0147 | 0,2300 | 0,00338 | 0,1350 | 0,0807 | 0,4840 | 0,03906 |
| 0,0450 | 0,0160 | 0,2390 | 0,00382 | 0,1375 | 0,0829 | 0,4900 | 0,04062 |
| 0,0475 | 0,0173 | 0,2480 | 0,00430 | 0,1400 | 0,0851 | 0,4950 | 0,04212 |
| 0,0500 | 0,0187 | 0,2560 | 0,00479 | 0,1425 | 0,0873 | 0,5010 | 0,04375 |
| 0,0525 | 0,0201 | 0,2640 | 0,00531 | 0,1450 | 0,0895 | 0,5070 | 0,04570 |
| 0,0550 | 0,0215 | 0,2730 | 0,00588 | 0,1475 | 0,0913 | 0,5110 | 0,04665 |
| 0,0575 | 0,0230 | 0,2710 | 0,00646 | 0,1500 | 0,0941 | 0,5170 | 0,04863 |
| 0,0600 | 0,0245 | 0,2890 | 0,00708 | 0,1525 | 0,0964 | 0,5220 | 0,05031 |
| 0,0625 | 0,0260 | 0,2970 | 0,00773 | 0,1550 | 0,0986 | 0,5280 | 0,05208 |
| 0,0650 | 0,0276 | 0,3050 | 0,00841 | 0,1575 | 0,1010 | 0,5330 | 0,05381 |
| 0,0675 | 0,0292 | 0,3120 | 0,00910 | 0,1600 | 0,1033 | 0,5380 | 0,05556 |
| 0,0700 | 0,0308 | 0,3200 | 0,00985 | 0,1650 | 0,1080 | 0,5480 | 0,05916 |
| 0,0725 | 0,0323 | 0,3270 | 0,01057 | 0,1700 | 0,1136 | 0,5600 | 0,06359 |
| 0,0750 | 0,0341 | 0,3340 | 0,01138 | 0,1750 | 0,1175 | 0,5680 | 0,06677 |
| 0,0775 | 0,0358 | 0,3410 | 0,01219 | 0,1800 | 0,1224 | 0,5770 | 0,07063 |
| 0,0800 | 0,0375 | 0,3480 | 0,01304 | 0,1850 | 0,1273 | 0,5870 | 0,07474 |
| 0,0825 | 0,0392 | 0,3550 | 0,01392 | 0,1900 | 0,1323 | 0,6960 | 0,07885 |
| 0,0850 | 0,0410 | 0,3610 | 0,01479 | 0,1950 | 0,1373 | 0,6050 | 0,08304 |
| 0,0875 | 0,0428 | 0,3680 | 0,01574 | 0,2000 | 0,1424 | 0,6150 | 0,08756 |
| 0,0900 | 0,0446 | 0,3750 | 0,01672 | 0,2050 | 0,1475 | 0,6240 | 0,09104 |
| 0,0925 | 0,0464 | 0,3810 | 0,01792 | 0,2100 | 0,1527 | 0,6330 | 0,09663 |

Continuación de la tabla XXIII.

| d/D    | a/A    | v/V    | q/Q     | d/D    | a/A    | v/V    | q/Q     |
|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|
| 0,2200 | 0,1631 | 0,6510 | 0,10619 | 0,5900 | 0,6140 | 1,0700 | 0,65488 |
| 0,2250 | 0,1684 | 0,6590 | 0,11098 | 0,6000 | 0,6265 | 1,0700 | 0,64157 |
| 0,2300 | 0,1436 | 0,6690 | 0,11611 | 0,6100 | 0,6389 | 1,0800 | 0,68876 |
| 0,2350 | 0,1791 | 0,6760 | 0,12109 | 0,6200 | 0,6513 | 1,0800 | 0,70537 |
| 0,2400 | 0,1846 | 0,6840 | 0,12623 | 0,6300 | 0,6636 | 1,0900 | 0,72269 |
| 0,2450 | 0,1900 | 0,6920 | 0,13148 | 0,6400 | 0,6759 | 1,0900 | 0,73947 |
| 0,2500 | 0,1955 | 0,7020 | 0,13726 | 0,6500 | 0,6877 | 1,1000 | 0,75510 |
| 0,2600 | 0,2066 | 0,7160 | 0,14793 | 0,6600 | 0,7005 | 1,1000 | 0,77339 |
| 0,2700 | 0,2178 | 0,7300 | 0,15902 | 0,6700 | 0,7122 | 1,1100 | 0,78913 |
| 0,3000 | 0,2523 | 0,7760 | 0,19580 | 0,7000 | 0,7477 | 1,1200 | 0,85376 |
| 0,3100 | 0,2640 | 0,7900 | 0,20858 | 0,7100 | 0,7596 | 1,1200 | 0,86791 |
| 0,3200 | 0,2459 | 0,8040 | 0,22180 | 0,7200 | 0,7708 | 1,1300 | 0,88384 |
| 0,3300 | 0,2879 | 0,8170 | 0,23516 | 0,7300 | 0,7822 | 1,1300 | 0,89734 |
| 0,3400 | 0,2998 | 0,8300 | 0,24882 | 0,7400 | 0,7934 | 1,1300 | 0,91230 |
| 0,3500 | 0,3123 | 0,8430 | 0,26327 | 0,7500 | 0,8045 | 1,1300 | 0,92634 |
| 0,3600 | 0,3241 | 0,8560 | 0,27744 | 0,7600 | 0,8154 | 1,1400 | 0,93942 |
| 0,3700 | 0,3364 | 0,8680 | 0,29197 | 0,7700 | 0,5262 | 1,1400 | 0,95321 |
| 0,3800 | 0,3483 | 0,8790 | 0,30649 | 0,7800 | 0,8369 | 1,3900 | 0,97015 |
| 0,3900 | 0,3611 | 0,8910 | 0,32172 | 0,7900 | 0,8510 | 1,1400 | 0,98906 |
| 0,4000 | 0,3435 | 0,9020 | 0,33693 | 0,8000 | 0,8676 | 1,1400 | 1,00045 |
| 0,4100 | 0,3860 | 0,9130 | 0,35246 | 0,8100 | 0,8778 | 1,1400 | 1,00045 |
| 0,4200 | 0,3986 | 0,9210 | 0,36709 | 0,8200 | 0,8776 | 1,1400 | 1,00965 |
| 0,4400 | 0,4238 | 0,9430 | 0,39963 | 0,8400 | 0,8967 | 1,1400 | 1,03100 |
| 0,4500 | 0,4365 | 0,9550 | 0,41681 | 0,8500 | 0,9059 | 1,1400 | 1,04740 |
| 0,4600 | 0,4491 | 0,9640 | 0,43296 | 0,8600 | 0,9149 | 1,1400 | 1,04740 |
| 0,4800 | 0,4745 | 0,9830 | 0,46647 | 0,8800 | 0,9320 | 1,1300 | 1,06030 |
| 0,4900 | 0,4874 | 0,9910 | 0,48303 | 0,8900 | 0,9401 | 1,1300 | 1,06550 |
| 0,5000 | 0,5000 | 1,0000 | 0,50000 | 0,9000 | 0,9480 | 1,1200 | 1,07010 |
| 0,5100 | 0,5126 | 1,0090 | 0,51719 | 0,9100 | 0,9554 | 1,1200 | 1,07420 |
| 0,5200 | 0,5255 | 1,0160 | 0,53870 | 0,9200 | 0,9625 | 1,1200 | 1,07490 |
| 0,5300 | 0,5382 | 1,0230 | 0,55060 | 0,9300 | 0,9692 | 1,1100 | 1,07410 |
| 0,5400 | 0,5509 | 1,0290 | 0,56685 | 0,9400 | 0,9755 | 1,1000 | 1,07935 |
| 0,5500 | 0,5636 | 1,0330 | 0,58215 | 0,9500 | 0,9813 | 1,0900 | 1,07140 |

Fuente: Infom. *Relaciones hidráulicas*. p. 26.

### 2.2.3.3. Secciones y pendientes

El tirante es la profundidad de la sección que adquiere el flujo dentro de la tubería. Infom establece que para sistemas de drenaje sanitario el valor obtenido de la relación  $q/Q$  deberá mantenerse entre el rango de 0,10 a 0,75 para crear un arrastre de sólidos y sedimentos.

Es necesario variar los valores de la pendiente con el fin de adecuar dentro de los límites mencionados anteriormente a los parámetros de la velocidad y el tirante. En el diseño existe una pendiente mínima del 0,7 % y una máxima de 11,5 %.

### 2.2.3.4. Diámetros mínimos

El diámetro mínimo utilizado para alcantarillados sanitarios de PVC es de 6" y 8" para tubería de concreto. Para las conexiones domiciliarias el diámetro mínimo con tubería PVC es de 4" y 6" de concreto, aunque se debe tener en cuenta que la tubería para conexiones domiciliarias debe ser menor que la de colectores; para evitar que el colector reciba caudales mayores que lo puedan obstruir. En el proyecto se utilizó tubería de PVC debido a que fue solicitado por la municipalidad de Villa Nueva.

Tabla XXIV. Diámetros mínimos

| Tubería  | Sanitario | Pluvial |
|----------|-----------|---------|
| PVC      | 6"        | 8"      |
| Concreto | 8"        | 10"     |

Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.3.5. Selección de tubería**

Se tomará como base del diseño de alcantarillado, tuberías de PVC bajo la Norma ASTM F-949. Se eligió ese tipo de tubería por la facilidad en su instalación, su resistencia química, mayor resistencia a la abrasión y hermética.

#### **2.2.4. Pozos de visita**

Es un elemento de la infraestructura que permite la inspección y mantenimiento de las redes de alcantarillado. Los pozos elegidos para el proyecto están compuestos de una sección de forma cilíndrica y de cono truncado de ladrillo tayuyo con brocal y tapadera de concreto reforzado. Su ubicación será bajo los siguientes casos:

- En cambios de diámetro.
- En cambios de pendiente.
- En cambios de dirección horizontal para diámetros menores de 24".
- En las intersecciones de tuberías colectoras.
- En los extremos superiores de los ramales iniciales.
- A distancias no mayores a 100 metros en línea recta en diámetros de hasta 24".
- A distancias no mayores de 300 metros en diámetros superiores a 24".

##### **2.2.4.1. Diámetro interno de los pozos**

El diámetro interno del pozo de visita está en función del diámetro de la tubería saliente, como se expresa en la tabla XXV.

Tabla XXV. **Diámetros de pozo de visita**

| <b>Diámetros</b>       |                    |
|------------------------|--------------------|
| <b>Tubería (pulg.)</b> | <b>Pozo (mts.)</b> |
| 6                      | 1,25               |
| 8                      | 1,25               |
| 10                     | 1,50               |
| 12                     | 1,50               |
| 15                     | 1,50               |
| 18                     | 1,50               |
| 24                     | 1,75               |
| 30                     | 1,75               |
| 36                     | 2,00               |
| 42                     | 2,00               |
| 48                     | 2,00               |
| 54                     | 2,00               |
| 60                     | 2,00               |

Fuente: elaboración propia.

La profundidad del pozo definirá el tipo de pozo, los cuales son los siguientes:

Tabla XXVI. **Refuerzo estructural de pozo de visita**

| <b>Profundidad</b>   |                           |
|----------------------|---------------------------|
| <b>Altura (mts.)</b> | <b>Tipo de estructura</b> |
| 0 - 4                | Sin refuerzo              |
| 4 - 6                | Con refuerzo              |
| > 6                  | Con refuerzo              |

Fuente: elaboración propia.

#### 2.2.4.2. Disipadores de energía en pozos de visita

Las obras de disipación de energía son elementos fundamentales en la construcción de estructuras hidráulicas; su función principal es generar una pérdida importante de energía en el flujo y mermar la erosión que podría ocasionar al impactar con la estructura.

El uso de estos elementos se hace necesario cuando la diferencia entre las cotas invert de entrada y salida son mayores a 25 centímetros, como se muestra en la tabla XXVII.

Tabla XXVII. Tipos de disipación de energía

| Caída | Disipador      |
|-------|----------------|
| 0-25  | S/N            |
| 25-75 | Colchón        |
| 75-2  | Codo disipador |
| >2    | Bandejas       |

Fuente: elaboración propia.

#### 2.2.4.3. Cotas invert

Son cotas que determinan la localización de la entrada y salida de la parte inferior de las tuberías dentro de un pozo de visita.

Los aspectos considerados para determinar las cotas invert de entrada y salida del alcantarillado sanitario son los siguientes:

- Caso 1

Cuando la tubería de entrada y salida del pozo de visita sean de igual diámetro, deberán estar separadas 3 centímetros como mínimo.

- Caso 2

Cuando el diámetro de la tubería de entrada sea menor que el de la tubería de salida, la separación no podrá ser menor que la diferencia entre el diámetro de dichas tuberías.

- Caso 3

Cuando la tubería que entra al pozo de visita sea igual que la tubería de saliente, la tubería de salida deberá tener 3 centímetros debajo de la tubería más baja.

- Caso 4

Cuando la tubería de entrada y salida sean de diferente diámetro, deberán cumplir con todos los casos mencionados anteriormente.

### **2.2.5. Parámetros de diseño**

Los parámetros de diseño constituyen los elementos básicos para desarrollar el diseño hidráulico y verificar el cumplimiento de diferentes normas de los sistemas de recolección y transporte de aguas residuales.



Los criterios usados para el diseño del drenaje sanitario fueron basados en el Instituto de Fomento Municipal (Infom), parámetros brindados por la municipalidad de Villa Nueva y en especificaciones técnicas del *Reglamento para diseño y construcción de drenajes de la ciudad de Guatemala*.

#### **2.2.5.1. Periodo de diseño**

El periodo de diseño de un alcantarillado sanitario es el lapso de tiempo en el cual se garantiza el correcto funcionamiento de la infraestructura.

Generalmente, se utilizan periodos de diseño de 20 a 40 años pero por criterios establecidos por la municipalidad de Villa Nueva se ha optado por que tenga un periodo de diseño de 20 años.

#### **2.2.5.2. Población de diseño**

Para todo diseño de alcantarillado es necesario conocer el número de habitantes que se servirá, al inicio y al final de su periodo de diseño.

El método utilizado para determinar la población futura para el proyecto es el método geométrico, para el cual se necesitan conocer los censos realizados con anterioridad; luego, calcular la población para la fecha requerida. La ecuación utilizada para este método es la siguiente:

$$Pf = Po * (1 + R)^n$$

Donde:

- Pf = población futura

- $P_0$  = población inicial
- $R$  = razón de incremento geométrica
- $n$  = periodo de diseño

### **2.2.5.3. Dotación**

Es la cantidad, en litros de agua, que necesita un habitante en un día para satisfacer sus necesidades básicas y cotidianas.

Debido al sector la municipalidad de Villa Nueva tiene establecida una dotación de 150 L/hab/día.

### **2.2.5.4. Factor de retorno**

El factor de retorno es el porcentaje de agua que después de ser usada vuelve a la red de drenaje; puede estar entre 0,75 y 0,85.

La municipalidad de Villa Nueva determinó que para el caudal domiciliar se utilizará el factor de retorno de 0,85.

### **2.2.5.5. Caudal sanitario**

Es el caudal compuesto por la sumatoria del caudal domiciliar, caudal comercial, caudal industrial, caudal de conexiones ilícitas y el caudal de infiltración.

$$Q_s = Q_{dom} + Q_{inf} + Q_{ci} + Q_{com} + Q_{ind}$$

Donde:

- $Q_s$  = caudal sanitario en litros por segundo
- $Q_{dom}$  = caudal domiciliar en litros por segundo
- $Q_{ci}$  = caudal de conexiones ilícitas en litros por segundo
- $Q_{ind}$  = caudal industrial en litros por segundo
- $Q_{inf}$  = caudal de infiltración en litros por segundo

#### **2.2.5.5.1. Caudal doméstico**

Son las aguas servidas producidas por el uso doméstico y conducidas a la red de alcantarillado. El caudal doméstico está en función de la dotación de cada habitante y el factor de retorno establecido.

$$Q_{dom} = \frac{Dot * N. Hab * F. R.}{86\ 400}$$

Donde:

- $Q_{dom}$  = caudal domiciliar
- N. Hab = número de habitantes que tributan en el tramo
- Dot = dotación en litros por habitante al día
- F.R. = factor de retorno

#### **2.2.5.5.2. Caudal comercial e industrial**

Es el caudal de agua servida que desechan los comercios: restaurantes, hoteles, entre otros. El caudal comercial se encuentra en función del tipo y tamaño del comercio, ya que eso define su dotación.

$$Q_{ind} = \frac{\#comerciales * Dot}{86\ 400}$$

Para este proyecto no se tomará en cuenta el caudal comercial ya que no existen comercios en todo el tramo.

#### **2.2.5.5.3. Caudal de infiltración**

Es el volumen de agua que se filtra a través de la tubería, juntas entre tuberías y conexiones a pozo de visita y demás estructuras. Infom establece que para el cálculo del caudal de infiltración debe tomarse en consideración la profundidad del nivel freático del agua subterránea con relación a la profundidad y al tipo de tubería.

El caudal de infiltración se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q_{inf} = \frac{FDI * (mtub + No. casas * 6m)/1\ 000}{86\ 400}$$

Donde:

- FDI = factor de infiltración, varía entre 12 000 y 18 000 L/hab/día
- mtub = metros de tubería
- Qinf = caudal de infiltración en litros por segundo

#### **2.2.5.5.4. Caudal de conexiones ilícitas**

Es el caudal ilegal que aporta agua de lluvia al sistema alcantarillado sanitario, provenientes de conexiones erradas de bajadas de techos y pateos.

Para determinar el caudal de conexiones ilícitas se utilizó el parámetro de diseño de Infom.

$$Q_{ci} = 0,10 * Q_{dom}$$

#### 2.2.5.5.5. Cálculo de caudal sanitario

A continuación, se muestra un ejemplo para el cálculo del tramo 2-3:

- Caudal domiciliar

$$Q_{dom} = \frac{150 * 373 * 0,85}{86\ 400} = 0,55\ L/s$$

- Caudal de infiltración

$$Q_{inf} = \frac{15\ 000 * (51,79 + 6 * 6m)/1\ 000}{86\ 400} = 0,01\ L/s$$

- Caudal de conexiones ilícitas

$$Q_{ci} = 0,10 * 0,55 = 0,06\ L/s$$

- Caudal sanitario

$$Q_s = Q_{dom} + Q_{inf} + Q_{ci}$$
$$Q_s = 0,55 + 0,01 + 0,06 = 0,62\ L/s$$

### 2.2.5.6. Caudal de diseño

Es el caudal máximo con el cual se diseñará cada tramo de la red de alcantarillado y definirá las condiciones hidráulicas con las que deben cumplir velocidades y tirantes mínimas y máximas, para el correcto funcionamiento del sistema.

Este caudal se determina de la siguiente manera:

$$Q_{dis} = Hab * f_{qm} * FH$$

Donde:

- Hab = número de habitantes actual o futuro
- $f_{qm}$  = factor de caudal medio
- FH = factor de Harmond
- $Q_{dis}$  = caudal de diseño en litros por segundo

#### 2.2.5.6.1. Factor de caudal medio

Es un factor que determina la cantidad de caudal sanitario por habitante que se produce al día y regula el suministro de caudal en la tubería. Este factor debe ser mayor a 0,002 y menor a 0,005, ya que si se exceden estos parámetros se puede incurrir en un sobrediseño o subdiseño.

Este factor se determina con la siguiente ecuación:

$$f_{qm} = \frac{Q_s}{\# Hab. futuro}$$

Donde:

- fqm = factor de caudal medio
- Qs = caudal sanitario en litros por segundo
- Hab. futuro = número de habitantes futuros

#### **2.2.5.6.2. Factor de Harmond**

Es un factor de seguridad que evita la obstaculización del flujo de agua, determina la probabilidad de que en un momento determinado gran cantidad de usuarios utilicen el sistema. Se debe calcular para cada tramo de la red de alcantarillado sanitario.

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

Donde:

- FH = factor de Harmond
- Pf = población futura

#### **2.2.5.6.3. Cálculo del caudal de diseño**

A continuación, se muestra el cálculo del caudal de diseño del tramo 2 al tramo 3:

- Factor de caudal medio

$$fqm = \frac{0,62}{373} = 0,0016 \leq 0,002$$

Debido a que el factor de caudal medio es menor al parámetro requerido, se utiliza un nuevo factor de 0,002.

- Factor de Harmond

$$FH = \frac{18 + \sqrt{373/1000}}{4 + \sqrt{373/1000}}$$

$$FH = 4,04$$

- Caudal de diseño

$$Q_{dis} = 373 * 0,002 * 4,04$$

$$Q_{dis} = 3,01 \text{ L/s}$$

### 2.2.5.7. Conexiones domiciliarias

Tienen como objetivo captar las aguas servidas de las viviendas y descargarlas hacia la línea de conducción. Los dos elementos que la conforman son los siguientes:

- Candela: es una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de concreto colocados en forma vertical, con una profundidad mínima de 1 metro.



- Acometida: es la tubería que conecta la candela con el colector principal. Debe tener un diámetro mínimo de 4" y debe colocarse a una pendiente mínima del 2 %.

#### **2.2.5.8. Descarga**

Para la localización del punto de descarga se eligen los puntos más bajos del sistema de alcantarillado.

Para el diseño del drenaje sanitario se realizó una línea de conducción que finaliza en un pozo existente que conduce hacia una planta de tratamiento.

#### **2.2.6. Desarrollo de un tramo del diseño de drenaje sanitario**

Como ejemplo de cálculo se diseñará el tramo comprendido entre el pozo de visita PVS-6 hacia el PVS-7.

Datos:

- Cota PVS-6 = 1 345,17 m
- Cota PVS-7 = 1 342,73 m
- Distancia horizontal = 55,25 m
- Número de casas acumuladas = 137
- Número de casas local = 0 casas
- $R = 2,5 \%$
- $n = 20$  años
- Dotación = 150 L/hab/día
- F.R. = 0,85
- Densidad de viviendas = 6 hab/vivienda

- Cálculo de la pendiente del terreno

$$S\% = \frac{(CT_i - CT_f)}{DH} * 100$$

$$S\% = \frac{(1\ 345,17 - 1\ 342,73)}{55,25} * 100 = 4,42 \%$$

- Población de diseño

Viviendas del tramo local = 0 viviendas

$$P_0 = \text{viviendas} * \text{densidad de vivienda}$$

$$P_0 = 137 * 6 = 822 \text{ habitantes}$$

$$P_f = P_0(1 + R)^n$$

$$P_f = 822(1 + 0,025)^{20} \approx 1\ 279 \text{ habitantes}$$

- Integración del caudal sanitario

- Caudal domiciliar

$$Q_{dom} = \frac{Dot * N.Hab * F.R.}{86\ 400}$$

$$Q_{dom} = \frac{150 * 1\ 279 * 0,85}{86\ 400} = 1,89 \text{ L/s}$$

- Caudal de infiltración

$$Q_{inf} = \frac{FDI * (mtub + No. casas * 6m) / 1\ 000}{86\ 400}$$

$$Q_{inf} = \frac{15\ 000 * \frac{55,25 + 173 * 6m}{1\ 000}}{86\ 400} = 0,01\ L/s$$

- Caudal de conexiones ilícitas

$$Q_{ci} = 0,10 * Q_{dom}$$

$$Q_{ci} = 0,10 * 1,89 = 0,19\ L/s$$

- Caudal sanitario

$$Q_s = Q_{dom} + Q_{inf} + Q_{ci}$$

$$Q_s = 1,89 + 0,01 + 0,19 = 2,09\ L/s$$

- Integración del caudal de diseño

- Factor de caudal medio

$$fqm = \frac{Q_s}{\# Hab. futuro}$$

$$fqm = \frac{2,09}{1\ 279} = 0,0016 \leq 0,002$$

$$f_{qm} = 0,002$$

- Factor de Harmond

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

$$FH = \frac{18 + \sqrt{1\ 279/1\ 000}}{4 + \sqrt{1\ 279/1\ 000}}$$

$$FH = 3,73$$

- Caudal de diseño

$$Q_{dis} = Hab * f_{qm} * FH$$

$$Q_{dis} = 1\ 279 * 0,002 * 3,73 = 9,54\ L/s$$

- Diseño hidráulico

- Diámetro de tubería = 8"
- Pendiente propuesta = 4,5 %
- Diámetro de pozo = 1,25 m
  
- Velocidad a sección llena

$$V = \frac{0,03429}{n} * (D)^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{S}{100}\right)^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{0,03429}{0,010} * (8)^{\frac{2}{3}} * \left(\frac{4,5}{100}\right)^{\frac{1}{2}} = 2,91 \text{ m/s}$$

- Caudal a sección llena

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

$$Q = 0,0324 * 2,91 * 1\ 000 = 94,36 \text{ L/s}$$

- Relaciones hidráulicas
- relación de caudales (q/Q)

$$\frac{q}{Q} = \frac{9,54}{94,36} = 0,1011$$

Para una relación  $q/Q = 0,1011$  se obtiene en la tabla XXIII, se obtiene las siguientes relaciones:

- Relación de velocidades (v/v)

$$\frac{v}{V} = 0,6402$$

- Relación de tirantes (d/D)

$$\frac{d}{D} = 0,214$$

- Velocidad a sección parcial

$$v = 0,6402 * 2,91 = 1,8627 \text{ m/s}$$

La velocidad calculada se encuentra dentro de los valores establecidos por el Infom.

$$0,60 \text{ m/s} \leq 1,8627 \text{ m/s} \leq 3,00 \text{ m/s}$$

- Tirante

El tirante calculado se encuentra dentro de los valores establecidos por el Infom.

$$0,10 \leq 0,214 \leq 0,75$$

- Cotas invert
  - Cota invert de entrada de PVS-6 = 1343,01 m
  - Caída máxima = 0,29 m

- Cota invert de salida del PVS-6

$$CIS = 1343,01 - 0,29 = 1342,72 \text{ m}$$

- Cota invert de entrada del PVS-7

$$CIE = CIS - \left( DH * \frac{S}{100} \right)$$

$$CIE = 1342,72 - \left( 55,25 * \frac{4,5}{100} \right) = 1340,23 \text{ m}$$

- Caída máxima de PVS-7: 0,30 m

$$CIS = 1340,23 - 0,30 = 1339,93$$

Debido a la caída máxima del PVS-6 y PVS-7 es necesario hacer uso de una estructura de disipación, en este caso un colchón de agua es 0,20 metros.

### **2.2.7. Presupuesto**

A continuación, se muestra el presupuesto para la realización del alcantarillado sanitario.

Tabla XXVIII. Presupuesto del drenaje sanitario

| Núm.                        | DESCRIPCIÓN DE RENGLÓN  | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | COSTO RENGLÓN         |
|-----------------------------|---|--------|----------|----------------|-----------------------|
| <b>1,00</b>                 | <b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>  |        |          |                |                       |
| <u>1.01</u>                 | Replanteo topográfico   | ml     | 1 897,41 | Q 5,05         | Q 9 587,49            |
| <u>1.02</u>                 | Demolición de pavimento flexible existente (incluye corte, demolición, retiro y acarreo)  | m2     | 1 517,93 | Q 91,69        | Q 139 178,82          |
| <b>SUB TOTAL</b>            |   |        |          |                | <b>Q 148 766,31</b>   |
| <b>2,00</b>                 | <b>LÍNEA DE CONDUCCIÓN</b>  |        |          |                |                       |
| <u>2.01</u>                 | Suministro e instalación de tubería PVC Ø6" norma F-949, profundidad menor a 4 metros.  | ml     | 668,30   | Q 502,63       | Q 335 908,85          |
| <u>2.02</u>                 | Suministro e instalación de tubería PVC Ø6" norma F-949, profundidad mayor a 4 metros.  | ml     | 234,44   | Q 2 392,63     | Q 560 928,16          |
| <u>2.03</u>                 | Suministro e instalación de tubería PVC Ø8" norma F-949, profundidad menor a 4 metros.  | ml     | 738,02   | Q 653,92       | Q 482 607,68          |
| <u>2.04</u>                 | Suministro e instalación de tubería PVC Ø8" norma F-949, profundidad mayor a 4 metros.  | ml     | 216,11   | Q 2 501,52     | Q 540 604,49          |
| <b>SUB TOTAL</b>            |   |        |          |                | <b>Q 1 920 049,18</b> |
| <b>3,00</b>                 | <b>OBRAS COMPLEMENTARIAS</b>  |        |          |                |                       |
| <b>3,00</b>                 | <b>POZOS DE VISITA</b>  |        |          |                |                       |
| <u>3.01</u>                 | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0.23x0.11x0.05m + brocal, diámetro interno de 1.25m Profundidad (0-4) m, sin refuerzo.       | Unidad | 27,00    | Q 14 739,87    | Q 397 976,49          |
| <u>3.02</u>                 | Construcción de pozo de visita para drenaje sanitario, ladrillo tayuyo 0.23x0.11x0.05m + brocal, diámetro interno de 1.25m Profundidad (4.01-5.00) m, con refuerzo. | Unidad | 8,00     | Q 26 979,95    | Q 215 839,60          |
| <b>SUB TOTAL</b>            |   |        |          |                | <b>Q 613 816,09</b>   |
| <b>4,00</b>                 | <b>CANDELAS</b>   |        |          |                |                       |
| <u>4.01</u>                 | Construcción de candelas para drenaje sanitario, diámetro de 12" Profundidad (1,15m).+ pozos de concreto de 12"   | unidad | 225,00   | Q 654,88       | Q 147 348,00          |
| <u>4.02</u>                 | Tubería PVC Ø4" Novafort norma F949 ; incluye suministro e instalación con material selecto   | ml     | 675,00   | Q 204,99       | Q 138 367,31          |
| <b>SUB TOTAL</b>            |   |        |          |                | <b>Q 285 715,31</b>   |
| <b>5,00</b>                 | <b>TRABAJOS FINALES</b>   |        |          |                |                       |
| <u>5.01</u>                 | Restitución del asfalto espesor 0.08 m  | Ton-m  | 279,30   | Q 1 616,63     | Q 451 524,76          |
| <b>SUB TOTAL</b>            |   |        |          |                | <b>Q 451 524,76</b>   |
| <b>COSTO TOTAL ESTIMADO</b> |   |        |          |                | <b>Q 3 419 871,65</b> |

Fuente: elaboración propia.

## 2.2.8. Evaluación de impacto ambiental

La finalidad primordial de esta evaluación es identificar los problemas ambientales potenciales y las medidas de mitigación para reducir los efectos ambientales adversos del proyecto.



Tabla XXIX. **Matriz de Leopold de impacto ambiental para el drenaje sanitario**

|                             |  | Acciones con posibles efectos  |                                      |                      |                        |                           |                       |   |  |
|-----------------------------|--|--------------------------------|--------------------------------------|----------------------|------------------------|---------------------------|-----------------------|---|--|
|                             |  | Demolición de pavimento        | Suministro e instalación de tuberías | Contrucción de pozos | Restitución de asfalto | Consecuencia de la acción | Magnitud de la acción |   |  |
| <b>FACTORES AMBIENTALES</b> |  | Aire                           | -3<br>2                              | -3<br>2              | -3<br>2                | -1<br>1                   | -9                    | 7 |  |
|                             |  | Ruido/vibraciones              | -3<br>2                              | -2<br>2              | -2<br>2                | -2<br>2                   | -9                    | 8 |  |
|                             |  | Gelología/geomorfología        | 0<br>0                               | 3<br>3               | -1<br>1                | 1<br>1                    | 6                     | 7 |  |
|                             |  | Desechos sólidos y líquidos    | -2<br>1                              | -2<br>1              | -1<br>1                | -1<br>1                   | -6                    | 4 |  |
|                             |  | Olores molestos o pestilencias | 0<br>0                               | 0<br>0               | 1<br>1                 | 0<br>0                    | 1                     | 1 |  |
|                             |  | Social                         | 1<br>2                               | 3<br>2               | 3<br>2                 | 1<br>1                    | 8                     | 6 |  |
|                             |  | Visual                         | 0<br>0                               | 0<br>0               | 0<br>0                 | 0<br>0                    | 0                     | 0 |  |
|                             |  | Consecuencia de la acción      |                                      | -6                   | -1                     | 1                         | -3                    |   |  |
|                             |  | Magnitud de la acción          |                                      | 6                    | 10                     | 11                        | 6                     |   |  |

Fuente: elaboración propia.



## CONCLUSIONES

1. El tramo carretero con pavimento asfáltico representa una conexión directa entre la aldea El Tablón y Bárcenas, que incrementa la plusvalía de los terrenos aledaños, mejora las actividades socioeconómicas y reducen el tiempo de circulación y daño a los vehículos de los usuarios.
2. La carretera se diseñó con base en las especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes de la Dirección General de Caminos. Cuenta con un ancho de calzada de 6 metros, cunetas trapezoidales, una longitud de 4 437,26 metros y beneficiará aproximadamente a 3 500 personas.
3. La realización del proyecto de drenaje sanitario permitirá el correcto traslado y disposición del agua residual, proveniente de las viviendas, erradicará las aguas residuales que corren a flor de tierra para reducir la contaminación y posibles enfermedades gastrointestinales e infectocontagiosas y mejorará la calidad de vida de los habitantes.
4. El diseño del sistema de drenaje sanitario está conformado por tuberías con diámetros de 6" y 8", 36 pozos de 1,25 metros de diámetro interno, una longitud de 1 897,41 metros y beneficiará aproximadamente a 1 350 habitantes, con un tiempo de vida útil de 20 años.



## RECOMENDACIONES

1. Utilizar materiales de construcción con las calidades establecidas en las especificaciones y que el ejecutor de los proyectos sea calificado para realizar un correcto trabajo.
2. Realizar un constante monitoreo y supervisión profesional en el proceso constructivo de la obra, exigiendo el cumplimiento de las especificaciones y normas correspondientes.
3. Brindar continuidad en los trabajos de mantenimiento de las obras para que su funcionamiento sea el eficiente durante todo su periodo de vida.
4. Actualizar los precios unitarios de cada renglón, ya que los precios de los materiales y de la mano de obra son variables.
5. Realizar una charla informativa a los habitantes de los sectores de ambos proyectos sobre beneficios, uso y mantenimiento para garantizar el correcto funcionamiento y durabilidad de los proyectos.



## BIBLIOGRAFÍA

1. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Vías de comunicación, caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos*. 3a ed. México: Limusa, 2004. 147 p.
2. Dirección General de Caminos, Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas. *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: Impresos Industriales, 1975. 690 p.
3. Empresa Municipal de Agua. *Reglamento para diseño y construcción de drenajes*. Guatemala: Municipalidad de Guatemala, 1964. 36 p.
4. Instituto de Fomento Municipal. *Normas generales para el diseño de alcantarillados*. Guatemala: Empresa Municipal de Agua, 1964. 16 p.
5. Municipalidad de Villa Nueva. *Monografía y datos generales*. [en línea]. <<http://www.villanueva.gob.gt>>. [Consulta: 29 de julio de 2017].
6. Secretaria de Integración Económica Centroamericana. *Manual Centroamericano para diseño de pavimentos*. Guatemala: SIECA, 2002. 289 p.





# APÉNDICES

## Apéndice 1. Diseño hidráulico del alcantarillado sanitario


| DE PV | A/PV  | COTAS DEL TERRENO |         | DISTANCIA HORIZONTAL (m) | PENDIENTE DEL TERRENO % | CONEXIONES ACTUALES |           | POBLACIÓN ACTUAL | POBLACIÓN FUTURA | CAUDAL DOMICILIAR (l/s) |        | CAUDAL DE INFLUENCIA (l/s) |        | CAUDAL DE CONEXIONES ILICITAS (l/s) |        | CAUDAL SANITARIO (m³/s) |        | FACTOR DE CAUDAL MEDIO (l/s) |        | FACTOR DE DISEÑO |        |        |
|-------|-------|-------------------|---------|--------------------------|-------------------------|---------------------|-----------|------------------|------------------|-------------------------|--------|----------------------------|--------|-------------------------------------|--------|-------------------------|--------|------------------------------|--------|------------------|--------|--------|
|       |       | INICIO            | FINAL   |                          |                         | LOCAL               | ACUMULADA |                  |                  | ACTUAL                  | FUTURO | ACTUAL                     | FUTURO | ACTUAL                              | FUTURO | UTILIZABLE              | FUTURO | ACTUAL                       | FUTURO | ACTUAL           | FUTURO |        |
| 1     | 2     | 1359,82           | 1357,33 | 28,17                    | 8,54                    | 5                   | 30        | 47               |                  | 0,0543                  | 0,0594 | 0,0551                     | 0,0565 | 0,0659                              | 0,0659 | 0,0659                  | 0,0659 | 0,0659                       | 0,0659 | 0,0659           | 0,0659 | 0,0659 |
| 2,2   | 2,1   | 1359,27           | 1358,13 | 38,76                    | 0,36                    | 17                  | 17        | 17               |                  | 0,1505                  | 0,2346 | 0,0674                     | 0,0074 | 0,0235                              | 0,1807 | 0,2655                  | 0,0017 | 0,0020                       | 4,24   | 4,18             | 0,8652 | 1,3301 |
| 2,1   | 2     | 1359,13           | 1357,33 | 45,29                    | 1,77                    | 12                  | 29        | 174              |                  | 0,2568                  | 0,3999 | 0,0779                     | 0,0086 | 0,0400                              | 0,3046 | 0,4486                  | 0,0017 | 0,0020                       | 4,17   | 4,10             | 1,4510 | 2,2205 |
| 2     | 3     | 1357,33           | 1354,36 | 51,79                    | 5,73                    | 6                   | 40        | 240              |                  | 0,3542                  | 0,5504 | 0,0090                     | 0,0099 | 0,0500                              | 0,4182 | 0,6154                  | 0,0016 | 0,0020                       | 4,21   | 4,04             | 1,9767 | 3,0111 |
| 3,1,2 | 3,1,1 | 1352,89           | 1352,45 | 82,16                    | 0,65                    | 21                  | 21        | 196              |                  | 0,8599                  | 0,8892 | 0,0443                     | 0,0071 | 0,0289                              | 0,2991 | 0,3339                  | 0,0017 | 0,0020                       | 4,21   | 4,15             | 1,0621 | 1,6273 |
| 3,1,1 | 3,1   | 1352,45           | 1354,35 | 37,43                    | -5,08                   | 6                   | 27        | 162              |                  | 0,2391                  | 0,3719 | 0,0065                     | 0,0071 | 0,0372                              | 0,2827 | 0,4162                  | 0,0017 | 0,0020                       | 4,18   | 4,11             | 1,3543 | 2,0713 |
| 3,3   | 3,2   | 1353,69           | 1353,82 | 48,26                    | -0,48                   | 12                  | 12        | 72               |                  | 0,1053                  | 0,1653 | 0,0084                     | 0,0092 | 0,0165                              | 0,1312 | 0,1910                  | 0,0017 | 0,0020                       | 4,28   | 4,23             | 0,6163 | 0,9475 |
| 3,2   | 3,1   | 1353,82           | 1354,35 | 48,87                    | -1,06                   | 11                  | 23        | 138              |                  | 0,2036                  | 0,3173 | 0,0087                     | 0,0095 | 0,0317                              | 0,2440 | 0,3385                  | 0,0017 | 0,0020                       | 4,20   | 4,14             | 1,1599 | 1,7787 |
| 3,1   | 3     | 1354,35           | 1354,36 | 27,13                    | -0,04                   | 4                   | 27        | 162              |                  | 0,2391                  | 0,3719 | 0,0047                     | 0,0052 | 0,0372                              | 0,2820 | 0,4142                  | 0,0016 | 0,0020                       | 4,18   | 4,11             | 1,3543 | 2,0713 |
| 3     | 4     | 1354,36           | 1353,94 | 6,92                     | 6,07                    | 2                   | 96        | 576              |                  | 0,8500                  | 1,3222 | 0,0012                     | 0,0013 | 0,1322                              | 0,9834 | 1,4558                  | 0,0016 | 0,0020                       | 3,94   | 3,83             | 4,5410 | 6,8638 |
| 4,3   | 4,2   | 1355,57           | 1356,41 | 53,63                    | 0,30                    | 8                   | 8         | 48               |                  | 0,0708                  | 0,1107 | 0,0093                     | 0,0102 | 0,0111                              | 0,0912 | 0,1330                  | 0,0018 | 0,0020                       | 4,32   | 4,28             | 0,4146 | 0,6414 |
| 4,1   | 4     | 1355,47           | 1354,47 | 50,67                    | 1,86                    | 7                   | 15        | 90               |                  | 0,1328                  | 0,2066 | 0,0088                     | 0,0097 | 0,0207                              | 0,1623 | 0,2389                  | 0,0017 | 0,0020                       | 4,26   | 4,20             | 0,7660 | 1,1762 |
| 4     | 5     | 1353,94           | 1348,91 | 54,62                    | 0,97                    | 6                   | 21        | 126              |                  | 0,1859                  | 0,2862 | 0,0085                     | 0,0104 | 0,0289                              | 0,2243 | 0,3286                  | 0,0017 | 0,0020                       | 4,21   | 4,15             | 1,0621 | 1,6273 |
| 4     | 5     | 1353,94           | 1348,91 | 41,50                    | 0,71                    | 2                   | 119       | 714              |                  | 1,0536                  | 1,6395 | 0,0072                     | 0,0079 | 0,1639                              | 1,2248 | 1,8114                  | 0,0016 | 0,0020                       | 3,89   | 3,77             | 5,5543 | 8,3771 |
| 6,2   | 6,1   | 1347,15           | 1348,12 | 64,28                    | 1,60                    | 10                  | 10        | 60               |                  | 0,0885                  | 0,1372 | 0,0112                     | 0,0123 | 0,0137                              | 0,1134 | 0,1632                  | 0,0018 | 0,0020                       | 4,30   | 4,25             | 0,5158 | 0,7909 |
| 6,1   | 6     | 1346,12           | 1345,17 | 63,98                    | 1,48                    | 6                   | 16        | 96               |                  | 0,1417                  | 0,2199 | 0,0111                     | 0,0122 | 0,0220                              | 0,1748 | 0,2541                  | 0,0017 | 0,0020                       | 4,25   | 4,19             | 0,8157 | 1,2492 |
| 6     | 7     | 1345,17           | 1342,73 | 55,25                    | 4,42                    | 0                   | 137       | 822              |                  | 1,2130                  | 1,8874 | 0,0096                     | 0,0106 | 0,1887                              | 1,4124 | 2,0867                  | 0,0016 | 0,0020                       | 3,85   | 3,73             | 6,3348 | 9,5376 |
| 7     | 8     | 1342,73           | 1340,94 | 68,07                    | 2,72                    | 7                   | 7         | 42               |                  | 0,0620                  | 0,0959 | 0,0118                     | 0,0130 | 0,0096                              | 0,0834 | 0,1185                  | 0,0018 | 0,0020                       | 4,33   | 4,29             | 0,3637 | 0,5477 |
| 8,6   | 8,5   | 1346,79           | 1344,94 | 68,07                    | -0,64                   | 5                   | 12        | 72               |                  | 0,1053                  | 0,1653 | 0,0119                     | 0,0131 | 0,0261                              | 0,2062 | 0,3004                  | 0,0017 | 0,0020                       | 4,28   | 4,23             | 0,6163 | 0,9475 |
| 8,5   | 8,4   | 1345,98           | 1343,38 | 68,36                    | 1,51                    | 7                   | 19        | 114              |                  | 0,1682                  | 0,2612 | 0,0119                     | 0,0131 | 0,0261                              | 0,2062 | 0,3004                  | 0,0017 | 0,0020                       | 4,23   | 4,17             | 0,9639 | 1,4751 |
| 8,4   | 8,3   | 1344,35           | 1342,83 | 68,47                    | 1,05                    | 7                   | 26        | 156              |                  | 0,2922                  | 0,4545 | 0,0119                     | 0,0131 | 0,0359                              | 0,2780 | 0,4075                  | 0,0017 | 0,0020                       | 4,19   | 4,12             | 1,3059 | 2,0004 |
| 8,3   | 8,2   | 1343,63           | 1341,90 | 66,68                    | 1,46                    | 7                   | 33        | 198              |                  | 0,3542                  | 0,5504 | 0,0116                     | 0,0127 | 0,0455                              | 0,3496 | 0,5131                  | 0,0017 | 0,0020                       | 4,15   | 4,07             | 1,6433 | 2,5095 |
| 8,2   | 8,1   | 1342,83           | 1341,90 | 66,70                    | 1,09                    | 7                   | 40        | 240              |                  | 0,3884                  | 0,6198 | 0,0118                     | 0,0130 | 0,0455                              | 0,4075 | 0,5131                  | 0,0017 | 0,0020                       | 4,12   | 4,04             | 1,9767 | 3,0111 |
| 8     | 9     | 1341,90           | 1340,98 | 68,09                    | 1,94                    | 5                   | 46        | 270              |                  | 0,884                   | 1,3222 | 0,0118                     | 0,0130 | 0,0620                              | 0,4722 | 0,6948                  | 0,0017 | 0,0020                       | 4,10   | 4,01             | 2,2127 | 3,3701 |
| 8     | 9     | 1340,98           | 1337,81 | 68,67                    | 2,43                    | 0                   | 46        | 270              |                  | 0,884                   | 1,3222 | 0,0118                     | 0,0130 | 0,0620                              | 0,4722 | 0,6948                  | 0,0017 | 0,0020                       | 4,10   | 4,01             | 2,2127 | 3,3701 |
| 9     | 10    | 1338,91           | 1337,81 | 68,64                    | 1,60                    | 0                   | 46        | 270              |                  | 0,884                   | 1,3222 | 0,0118                     | 0,0130 | 0,0620                              | 0,4722 | 0,6948                  | 0,0017 | 0,0020                       | 4,10   | 4,01             | 2,2127 | 3,3701 |
| 10    | 11    | 1337,81           | 1336,86 | 55,32                    | 3,52                    | 0                   | 46        | 270              |                  | 0,884                   | 1,3222 | 0,0118                     | 0,0130 | 0,0620                              | 0,4722 | 0,6948                  | 0,0017 | 0,0020                       | 4,10   | 4,01             | 2,2127 | 3,3701 |
| 11    | 12    | 1336,86           | 1334,44 | 68,75                    | 2,07                    | 7                   | 62        | 312              |                  | 0,654                   | 1,0119 | 0,0119                     | 0,0131 | 0,0716                              | 0,5430 | 0,8004                  | 0,0016 | 0,0020                       | 4,07   | 3,98             | 2,5404 | 3,8616 |
| 12    | 13    | 1334,44           | 1334,01 | 46,33                    | 0,93                    | 7                   | 69        | 354              |                  | 0,5198                  | 0,6956 | 0,0105                     | 0,0116 | 0,0964                              | 0,7267 | 1,0716                  | 0,0016 | 0,0020                       | 4,05   | 3,95             | 2,8651 | 4,3513 |
| 13    | 14    | 1334,01           | 1333,00 | 60,64                    | 1,67                    | 11                  | 70        | 420              |                  | 0,6441                  | 1,0330 | 0,0066                     | 0,0072 | 0,1033                              | 0,7739 | 1,1455                  | 0,0016 | 0,0020                       | 4,00   | 3,89             | 3,9976 | 5,6524 |
| 14    | 15    | 1333,00           | 1332,22 | 37,74                    | 0,74                    | 5                   | 76        | 460              |                  | 0,6966                  | 1,0763 | 0,0066                     | 0,0072 | 0,1074                              | 0,8046 | 1,1889                  | 0,0016 | 0,0020                       | 3,99   | 3,88             | 3,7235 | 5,6161 |
| 15    | 16    | 1332,22           | 1331,82 | 37,74                    | 2,38                    | 3                   | 78        | 468              |                  | 0,6966                  | 1,0763 | 0,0066                     | 0,0072 | 0,1074                              | 0,8046 | 1,1889                  | 0,0016 | 0,0020                       | 3,99   | 3,88             | 3,7235 | 5,6161 |
| 16    | 8     | 1331,82           | 1331,10 | 73,03                    | 0,99                    | 10                  | 88        | 528              |                  | 0,7792                  | 1,2115 | 0,0227                     | 0,0239 | 0,1212                              | 0,9130 | 1,3466                  | 0,0016 | 0,0020                       | 3,96   | 3,85             | 4,1838 | 6,3276 |

Continuación del apéndice 1.

| D DE TUBERIA (pig) | S (%) DISEÑO | SECCIÓN LLENA |         | RELACIÓN q/q |        | RELACIÓN v/v |          | VELOCIDAD v (m/s) |        | TIRANTE d/D |        | COTAS INVERT (CI) |         | ALTURA DE COTAS INVERT |            | ANCHO DE ZANJA (m) | EXCAVACIÓN tubería (m³) |
|--------------------|--------------|---------------|---------|--------------|--------|--------------|----------|-------------------|--------|-------------|--------|-------------------|---------|------------------------|------------|--------------------|-------------------------|
|                    |              | Vel (m/s)     | Q (l/s) | ACTUAL       | FUTURO | ACTUAL       | FUTURO   | ACTUAL            | FUTURO | ACTUAL      | FUTURO | ACTUAL            | FUTURO  | ENTRADA (m)            | SALIDA (m) |                    |                         |
| 6                  | 8            | 3.20          | 58.42   | 0.0045       | 0.0070 | 0.250157     | 0.286029 | 0.8011            | 0.9160 | 0.048       | 0.059  | 1357.32           | 1354.99 | 2.30                   | 2.34       | 0.65               | 64.62                   |
| 6                  | 1.1          | 1.19          | 21.66   | 0.0399       | 0.0614 | 0.486457     | 0.553851 | 0.5777            | 0.6577 | 0.136       | 0.168  | 1356.72           | 1356.29 | 1.55                   | 1.84       | 0.65               | 62.01                   |
| 6                  | 2.2          | 1.68          | 30.63   | 0.0474       | 0.0725 | 0.512541     | 0.581332 | 0.8607            | 0.9763 | 0.148       | 0.182  | 1356.03           | 1355.04 | 2.10                   | 2.29       | 0.65               | 91.64                   |
| 6                  | 11.5         | 3.84          | 70.04   | 0.0282       | 0.0430 | 0.438117     | 0.497452 | 1.6822            | 1.9100 | 0.115       | 0.141  | 1354.68           | 1348.72 | 2.65                   | 5.64       | 0.66               | 193.14                  |
| 6                  | 1.2          | 1.24          | 22.62   | 0.0469       | 0.0719 | 0.510407     | 0.59395  | 0.6331            | 0.7367 | 0.147       | 0.181  | 1351.43           | 1350.44 | 1.55                   | 2.01       | 0.65               | 137.32                  |
| 6                  | 3.2          | 2.03          | 36.95   | 0.0367       | 0.0561 | 0.473014     | 0.537633 | 0.9580            | 1.0889 | 0.130       | 0.160  | 1350.30           | 1349.11 | 2.15                   | 5.24       | 0.65               | 123.19                  |
| 6                  | 2.4          | 1.75          | 32.00   | 0.0193       | 0.0296 | 0.390908     | 0.445252 | 0.6857            | 0.7810 | 0.096       | 0.118  | 1351.49           | 1350.33 | 2.10                   | 3.49       | 0.65               | 122.10                  |
| 6                  | 1.1          | 1.19          | 21.66   | 0.0535       | 0.0821 | 0.531449     | 0.60214  | 0.6311            | 0.7150 | 0.157       | 0.193  | 1350.07           | 1349.52 | 3.75                   | 4.83       | 0.65               | 189.10                  |
| 6                  | 1            | 1.13          | 20.65   | 0.0656       | 0.1003 | 0.563791     | 0.638415 | 0.6383            | 0.7228 | 0.173       | 0.213  | 1349.05           | 1348.78 | 5.30                   | 5.58       | 0.65               | 129.24                  |
| 8                  | 0.8          | 1.23          | 39.78   | 0.1141       | 0.1725 | 0.664464     | 0.748542 | 0.8152            | 0.9183 | 0.228       | 0.281  | 1348.61           | 1348.56 | 5.75                   | 5.38       | 0.65               | 33.72                   |
| 6                  | 1.3          | 1.29          | 23.55   | 0.0176       | 0.0272 | 0.380479     | 0.433316 | 0.4912            | 0.5594 | 0.092       | 0.113  | 1352.27           | 1351.57 | 3.30                   | 3.84       | 0.65               | 170.78                  |
| 6                  | 1.3          | 1.29          | 23.55   | 0.0325       | 0.0499 | 0.456967     | 0.518904 | 0.5899            | 0.6699 | 0.123       | 0.151  | 1351.11           | 1350.45 | 4.30                   | 4.02       | 0.65               | 186.53                  |
| 6                  | 2            | 1.60          | 29.21   | 0.0364       | 0.0557 | 0.473014     | 0.537633 | 0.7574            | 0.8609 | 0.130       | 0.160  | 1349.97           | 1348.88 | 4.50                   | 5.06       | 0.65               | 229.71                  |
| 8                  | 3.1          | 2.41          | 78.32   | 0.0709       | 0.1070 | 0.577464     | 0.650819 | 1.3945            | 1.5717 | 0.180       | 0.220  | 1348.44           | 1347.15 | 5.50                   | 2.76       | 0.65               | 151.95                  |
| 8                  | 9.3          | 4.18          | 135.65  | 0.0416       | 0.0627 | 0.493076     | 0.555851 | 2.0624            | 2.3250 | 0.139       | 0.169  | 1346.86           | 1343.01 | 3.05                   | 2.16       | 0.65               | 98.18                   |
| 6                  | 2            | 1.60          | 29.21   | 0.0177       | 0.0271 | 0.380479     | 0.433316 | 0.6092            | 0.6938 | 0.092       | 0.113  | 1345.60           | 1344.31 | 1.55                   | 1.81       | 0.65               | 102.00                  |
| 6                  | 1.5          | 1.39          | 25.30   | 0.0322       | 0.0494 | 0.456967     | 0.518904 | 0.6337            | 0.7196 | 0.123       | 0.151  | 1344.07           | 1343.11 | 2.05                   | 2.06       | 0.65               | 121.67                  |
| 8                  | 4.5          | 2.91          | 94.36   | 0.0671       | 0.1011 | 0.567726     | 0.640187 | 1.6519            | 1.8627 | 0.175       | 0.214  | 1342.72           | 1340.23 | 2.45                   | 2.50       | 0.65               | 124.87                  |
| 8                  | 4            | 2.74          | 88.96   | 0.0712       | 0.1072 | 0.577464     | 0.652382 | 1.5841            | 1.7896 | 0.180       | 0.221  | 1339.93           | 1337.48 | 2.80                   | 3.10       | 0.65               | 163.32                  |
| 6                  | 2.2          | 1.68          | 30.63   | 0.0119       | 0.0182 | 0.33651      | 0.383103 | 0.5651            | 0.6434 | 0.076       | 0.093  | 1344.79           | 1343.29 | 2.00                   | 1.65       | 0.65               | 116.41                  |
| 6                  | 0.8          | 1.01          | 18.47   | 0.0334       | 0.0513 | 0.461593     | 0.523112 | 0.4675            | 0.5298 | 0.125       | 0.153  | 1343.19           | 1342.64 | 1.75                   | 2.74       | 0.65               | 141.80                  |
| 6                  | 1.5          | 1.39          | 25.30   | 0.0381       | 0.0583 | 0.47977      | 0.543761 | 0.6653            | 0.7540 | 0.133       | 0.163  | 1342.53           | 1341.51 | 2.85                   | 2.84       | 0.65               | 175.89                  |
| 8                  | 1.1          | 1.44          | 46.65   | 0.0280       | 0.0429 | 0.438117     | 0.497452 | 0.6303            | 0.7156 | 0.115       | 0.141  | 1341.40           | 1340.64 | 2.95                   | 2.99       | 0.65               | 183.36                  |
| 8                  | 1.5          | 1.68          | 54.48   | 0.0302       | 0.0461 | 0.447612     | 0.508265 | 0.7519            | 0.8538 | 0.119       | 0.146  | 1340.53           | 1339.50 | 3.10                   | 3.13       | 0.65               | 192.15                  |
| 8                  | 1.1          | 1.44          | 46.65   | 0.0424       | 0.0645 | 0.495268     | 0.561815 | 0.7125            | 0.8082 | 0.140       | 0.172  | 1339.38           | 1338.65 | 3.25                   | 3.25       | 0.65               | 194.33                  |
| 8                  | 1.4          | 1.62          | 52.63   | 0.0420       | 0.0640 | 0.493076     | 0.559833 | 0.8002            | 0.9086 | 0.139       | 0.171  | 1338.55           | 1337.60 | 3.35                   | 2.98       | 0.65               | 193.68                  |
| 8                  | 2.2          | 2.03          | 65.97   | 0.0335       | 0.0511 | 0.461593     | 0.523112 | 0.9391            | 1.0642 | 0.125       | 0.153  | 1337.33           | 1335.82 | 3.25                   | 3.09       | 0.65               | 195.69                  |
| 8                  | 1.7          | 1.79          | 57.99   | 0.0382       | 0.0581 | 0.47977      | 0.543761 | 0.8580            | 0.9724 | 0.133       | 0.163  | 1335.56           | 1334.39 | 3.35                   | 3.42       | 0.65               | 208.01                  |
| 8                  | 2.4          | 2.12          | 68.91   | 0.0321       | 0.0489 | 0.454641     | 0.516779 | 0.9661            | 1.0981 | 0.122       | 0.150  | 1334.11           | 1332.78 | 3.70                   | 3.08       | 0.65               | 167.75                  |
| 8                  | 1.7          | 1.79          | 57.99   | 0.0438       | 0.0666 | 0.499629     | 0.565762 | 0.8935            | 1.0118 | 0.142       | 0.174  | 1332.51           | 1331.34 | 3.35                   | 3.10       | 0.65               | 198.79                  |
| 8                  | 1            | 1.37          | 44.48   | 0.0644       | 0.0979 | 0.561815     | 0.634871 | 0.7706            | 0.8708 | 0.172       | 0.211  | 1331.04           | 1330.58 | 3.40                   | 3.43       | 0.65               | 141.44                  |
| 8                  | 2.8          | 2.30          | 74.43   | 0.0453       | 0.0686 | 0.503961     | 0.571638 | 1.1567            | 1.3120 | 0.144       | 0.177  | 1330.31           | 1328.61 | 3.70                   | 4.39       | 0.65               | 217.44                  |
| 8                  | 0.9          | 1.30          | 42.20   | 0.0853       | 0.1292 | 0.609553     | 0.687704 | 0.7932            | 0.8949 | 0.197       | 0.242  | 1328.50           | 1328.16 | 4.50                   | 4.56       | 0.65               | 150.75                  |
| 8                  | 1.2          | 1.50          | 48.73   | 0.0766       | 0.1161 | 0.590864     | 0.667916 | 0.8878            | 1.0036 | 0.187       | 0.230  | 1328.02           | 1327.57 | 4.70                   | 4.25       | 0.65               | 149.04                  |
| 8                  | 1.6          | 1.73          | 56.26   | 0.0744       | 0.1125 | 0.585154     | 0.661032 | 1.0152            | 1.1468 | 0.184       | 0.226  | 1327.32           | 1326.15 | 4.50                   | 4.95       | 0.65               | 303.87                  |

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Precio unitario de topografía

| INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS                 |                 |               |  |                   |  |  |
|--|-----------------|---------------|---|-------------------|--|--|
| CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA DE PAVIMENTO ASFÁLTICO | Renglón:        | 1,01          |   |                   |  |  |
| ALDEA EL TABLÓN BARCENAS                         | Fecha:          | 10/10/2017    |   |                   |  |  |
| <i>Descripción del Renglón</i>                   | <i>Cantidad</i> | <i>Unidad</i> | <i>P.U.</i>   | <i>Total</i>      |  |  |
| <b>Topografía, planimetría y altimetría</b>      | 4437,26         | km            | Q 1,61  | <b>Q 7 149,88</b> |  |  |

| Descripción de maquinaria y equipo  | Cantidad | Unidad | Costo                | Subtotal          |
|-------------------------------------|----------|--------|----------------------|-------------------|
| Equipo topográfico                  | 8,00     | dia    | Q 500,00             | Q 4 000,00        |
|                                     |          |        |                      | Q -               |
|                                     |          |        |                      | Q -               |
| Transporte de maquinaria y/o equipo | 1,00     |        | Q 200,00             | Q 200,00          |
|                                     |          |        | <b>Total con IVA</b> | <b>Q 4 200,00</b> |
|                                     |          |        | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q 3 750,00</b> |

| Descripción de combustible y lubricantes | Cantidad | Unidad | Costo                | Subtotal   |
|--|----------|--------|----------------------|------------|
|  |          |        |                      | Q -        |
|  |          |        |                      | Q -        |
|  |          |        | <b>Total con IVA</b> | <b>Q -</b> |
|  |          |        | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q -</b> |


| Descripción de materiales | Cantidad | Unidad | Costo                | Subtotal        |
|---------------------------|----------|--------|----------------------|-----------------|
| Trompos de marcación      | 111,00   | Unidad | Q 1,00               | Q 111,00        |
| Cal hidratada             | 3,00     | saco   | Q 37,70              |                 |
|                           |          |        |                      |                 |
| Transporte de material    | 1,00     |        | Q 5,55               | Q 5,55          |
|                           |          |        | <b>Total con IVA</b> | <b>Q 116,55</b> |
|                           |          |        | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q 104,06</b> |

| Descripción de mano de obra | Cantidad | Unidad  | Costo        | Subtotal        |
|-----------------------------|----------|---------|--------------|-----------------|
| Topógrafo                   | 1,00     | jornada | Q 367,44     | Q 367,44        |
| Cadenero                    | 3,00     | jornada | Q 155,20     | Q 465,60        |
|                             |          |         |              | Q -             |
|                             |          |         |              | Q -             |
|                             |          |         | <b>Total</b> | <b>Q 833,04</b> |

|   |     |                   |
|---|-----|-------------------|
| <b>HERRAMIENTA</b>  | 5%  | <b>Q 41,65</b>    |
| <b>COSTO DIRECTO (Materiales + mano de obra + herramientas)</b> |     | <b>Q 4 728,75</b> |
| <b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>                                    | 35% | <b>Q 1 655,06</b> |
| <b>SUBTOTAL DEL RENGLÓN</b>                                     |     | <b>Q 6 383,82</b> |
| <b>IVA</b>  | 12% | <b>Q 766,06</b>   |
| <b>COSTO TOTAL</b>  |     | <b>Q 7 149,88</b> |

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Precio unitario de limpia, chapeo y destronque

| INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS                 |          |            |  |                    |
|--|----------|------------|---|--------------------|
| CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA DE PAVIMENTO ASFÁLTICO | Renglón: | 1,02       |   |                    |
| ALDEA EL TABLÓN BARCENAS                         | Fecha:   | 10/10/2017 |   |                    |
| Descripción del Renglón                          | Cantidad | Unidad     | P.U.  | Total              |
| <b>Limpia, chapeo y destronque</b>               | 1,33     | Ha         | Q 67 921,44   | <b>Q 90 415,52</b> |

| Descripción de maquinaria y equipo  | Cantidad | Unidad | Costo                | Subtotal           |
|-------------------------------------|----------|--------|----------------------|--------------------|
| Camión de volteo                    | 333,00   | viaje  | Q 150,00             | Q 49 950,00        |
| Retro excavadora                    | 5,00     | día    | Q 2 300,00           | Q 11 500,00        |
|                                     |          |        |                      | Q -                |
| Transporte de maquinaria y/o equipo | 1,00     |        | Q 3 072,50           | Q 3 072,50         |
|                                     |          |        | <b>Total con IVA</b> | <b>Q 64 522,50</b> |
|                                     |          |        | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q 57 609,38</b> |

| Descripción de combustible y lubricantes | Cantidad | Unidad | Costo                | Subtotal   |
|--|----------|--------|----------------------|------------|
|  |          |        |                      | Q -        |
|  |          |        |                      | Q -        |
|  |          |        | <b>Total con IVA</b> | <b>Q -</b> |
|  |          |        | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q -</b> |


| Descripción de materiales | Cantidad | Unidad | Costo                | Subtotal   |
|---------------------------|----------|--------|----------------------|------------|
|                           |          |        |                      | Q -        |
|                           |          |        |                      |            |
| Transporte de material    | 1,00     |        | Q -                  | Q -        |
|                           |          |        | <b>Total con IVA</b> | <b>Q -</b> |
|                           |          |        | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q -</b> |

| Descripción de mano de obra | Cantidad | Unidad  | Costo        | Subtotal          |
|-----------------------------|----------|---------|--------------|-------------------|
| Ayudante de maquinaria      | 15,00    | jornada | Q 139,00     | Q 2 085,00        |
|                             |          |         |              | Q -               |
|                             |          |         |              | Q -               |
|                             |          |         |              | Q -               |
|                             |          |         | <b>Total</b> | <b>Q 2 085,00</b> |

|   |     |                    |
|---|-----|--------------------|
| HERRAMIENTA   | 5%  | Q 104,25           |
| <b>COSTO DIRECTO (Materiales + mano de obra + herramientas)</b> |     | <b>Q 59 798,63</b> |
| <b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>                                    | 35% | <b>Q 20 929,52</b> |
| <b>SUBTOTAL DEL RENGLÓN</b>                                     |     | <b>Q 80 728,14</b> |
| <b>IVA</b>  | 12% | <b>Q 9 687,38</b>  |
| <b>COSTO TOTAL</b>  |     | <b>Q 90 415,52</b> |

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Precio unitario de excavación no clasificada

| INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS                 |                 |               |  |              |  |  |
|--|-----------------|---------------|---|--------------|--|--|
| CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA DE PAVIMENTO ASFÁLTICO | Renglón:        | 2,01          |   |              |  |  |
| ALDEA AL TABÓN BARCENAS                          | Fecha:          | 10/10/2017    |   |              |  |  |
| <i>Descripción del Renglón</i>                   | <i>Cantidad</i> | <i>Unidad</i> | <i>P.U.</i>   | <i>Total</i> |  |  |
| Excavación no clasificada                        | 3484,48         | m3            | Q 91,14   | Q 317 558,44 |  |  |

| Descripción de maquinaria y equipo  | Cantidad | Unidad | Costo                | Subtotal           |
|-------------------------------------|----------|--------|----------------------|--------------------|
| Excavadora                          | 8,00     | dia    | Q 2 400,00           | Q 19 200,00        |
| Camión de volteo                    | 291,00   | viaje  | Q 350,00             | Q101 850,00        |
| Motoniveladora                      | 175,00   | h      | Q 450,00             | Q 78 750,00        |
| Rodocompactor                       | 59,00    | h      | Q 310,00             | Q 18 290,00        |
| Transporte de maquinaria y/o equipo | 1,00     |        | Q 10 904,50          | Q 10 904,50        |
|                                     |          |        | <b>Total con IVA</b> | <b>Q228 994,50</b> |
|                                     |          |        | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q204 459,38</b> |

| Descripción de combustible y lubricantes | Cantidad | Unidad | Costo                | Subtotal   |
|--|----------|--------|----------------------|------------|
|  |          |        |                      | Q -        |
|  |          |        |                      | Q -        |
|  |          |        | <b>Total con IVA</b> | <b>Q -</b> |
|  |          |        | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q -</b> |


| Descripción de materiales | Cantidad | Unidad | Costo                | Subtotal   |
|---------------------------|----------|--------|----------------------|------------|
|                           |          |        |                      | Q -        |
|                           |          |        |                      | Q -        |
| Transporte de material    | 1,00     |        | Q -                  | Q -        |
|                           |          |        | <b>Total con IVA</b> | <b>Q -</b> |
|                           |          |        | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q -</b> |

| Descripción de mano de obra | Cantidad | Unidad | Costo        | Subtotal          |
|-----------------------------|----------|--------|--------------|-------------------|
| Ayudante de maquinaria      | 38,00    | jornal | Q 139,50     | Q 5 301,00        |
|                             |          |        |              | Q -               |
|                             |          |        |              | Q -               |
|                             |          |        | <b>Total</b> | <b>Q 5 301,00</b> |

|   |     |                    |
|---|-----|--------------------|
| HERRAMIENTA   | 5%  | Q 265,05           |
| <b>COSTO DIRECTO (Materiales + mano de obra + herramientas)</b> |     | <b>Q210 025,43</b> |
| <b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>                                    | 35% | <b>Q 73 508,90</b> |
| <b>SUBTOTAL DEL RENGLÓN</b>                                     |     | <b>Q283 534,32</b> |
| <b>IVA</b>  | 12% | <b>Q 34 024,12</b> |
| <b>COSTO TOTAL</b>  |     | <b>Q317 558,44</b> |

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Unitario de excavación no clasificada con desperdicio**

| INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS                 |                 |               |   |                       |
|--|-----------------|---------------|---|-----------------------|
| CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA DE PAVIMENTO ASFÁLTICO | Renglón:        | 2,02          |  |                       |
| ALDEA EL TABLÓN BARCENAS                         | Fecha:          | 10/10/2017    |   |                       |
| <i>Descripción del Renglón</i>                   | <i>Cantidad</i> | <i>Unidad</i> | <i>P.U.</i>   | <i>Total</i>          |
| Excavación no clasificada con desperdicio        | 33100,32        | m3            | Q 48,79   | <b>Q 1 614 887,33</b> |

| Descripción de maquinaria y equipo  | Cantidad | Unidad | Costo       | Subtotal             |
|-------------------------------------|----------|--------|-------------|----------------------|
| Excavadora                          | 68,00    | dia    | Q 2 400,00  | Q 163 200,00         |
| Camión de volteo                    | 2758,36  | viaje  | Q 350,00    | Q 965 426,00         |
|                                     |          |        |             | Q -                  |
|                                     |          |        |             | Q -                  |
| Transporte de maquinaria y/o equipo | 1,00     |        | Q 56 431,30 | Q 56 431,30          |
| <b>Total con IVA</b>                |          |        |             | <b>Q1 185 057,30</b> |
| <b>Total sin IVA</b>                |          |        |             | <b>Q1 058 086,88</b> |

| Descripción de combustible y lubricantes | Cantidad | Unidad | Costo | Subtotal   |
|--|----------|--------|-------|------------|
|  |          |        |       | Q -        |
|  |          |        |       | Q -        |
| <b>Total con IVA</b>                     |          |        |       | <b>Q -</b> |
| <b>Total sin IVA</b>                     |          |        |       | <b>Q -</b> |


| Descripción de materiales | Cantidad | Unidad | Costo | Subtotal   |
|---------------------------|----------|--------|-------|------------|
|                           |          |        |       | Q -        |
|                           |          |        |       | Q -        |
|                           |          |        |       | Q -        |
|                           |          |        |       | Q -        |
|                           |          |        |       | Q -        |
| Transporte de material    | 1,00     |        | Q -   | Q -        |
| <b>Total con IVA</b>      |          |        |       | <b>Q -</b> |
| <b>Total sin IVA</b>      |          |        |       | <b>Q -</b> |

| Descripción de mano de obra | Cantidad | Unidad | Costo    | Subtotal          |
|-----------------------------|----------|--------|----------|-------------------|
| Ayudante de maquinaria      | 68,00    | jornal | Q 139,50 | Q 9 486,00        |
|                             |          |        |          | Q -               |
|                             |          |        |          | Q -               |
|                             |          |        |          | Q -               |
| <b>Total</b>                |          |        |          | <b>Q 9 486,00</b> |

|   |     |                      |
|---|-----|----------------------|
| HERRAMIENTA   | 5%  | <b>Q 474,30</b>      |
| <b>COSTO DIRECTO (Materiales + mano de obra + herramientas)</b> |     | <b>Q1 068 047,18</b> |
| <b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>                                    | 35% | <b>Q 373 816,51</b>  |
| <b>SUBTOTAL DEL RENGLÓN</b>                                     |     | <b>Q1 441 863,69</b> |
| <b>IVA</b>  | 12% | <b>Q 173 023,64</b>  |
| <b>COSTO TOTAL</b>  |     | <b>Q1 614 887,33</b> |

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. Precio unitario de acarreo

| INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS                 |                 |               |  |                     |  |  |
|--|-----------------|---------------|---|---------------------|--|--|
| CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA DE PAVIMENTO ASFÁLTICO | Renglón:        | 2,02          |   |                     |  |  |
| ALDEA EL TABLÓN BARCENAS                         | Fecha:          | 10/10/2017    |   |                     |  |  |
| <i>Descripción del Renglón</i>                   | <i>Cantidad</i> | <i>Unidad</i> | <i>P.U.</i>   | <i>Total</i>        |  |  |
| <b>Acarreo</b>                                   | 99300,96        | m3-km         | Q 8,39  | <b>Q 833 240,97</b> |  |  |

| Descripción de maquinaria y equipo  | Cantidad | Unidad | Costo       | Subtotal            |
|-------------------------------------|----------|--------|-------------|---------------------|
| Retro excavadora                    | 68,00    | día    | Q 2 400,00  | Q 163 200,00        |
| Camión de volteo                    | 1380,00  | viaje  | Q 300,00    | Q 414 000,00        |
|                                     |          |        |             | Q -                 |
|                                     |          |        |             | Q -                 |
| Transporte de maquinaria y/o equipo | 1,00     |        | Q 28 860,00 | Q 28 860,00         |
| <b>Total con IVA</b>                |          |        |             | <b>Q 606 060,00</b> |
| <b>Total sin IVA</b>                |          |        |             | <b>Q 541 125,00</b> |

| Descripción de combustible y lubricantes | Cantidad | Unidad | Costo | Subtotal   |
|--|----------|--------|-------|------------|
|  |          |        |       | Q -        |
|  |          |        |       | Q -        |
| <b>Total con IVA</b>                     |          |        |       | <b>Q -</b> |
| <b>Total sin IVA</b>                     |          |        |       | <b>Q -</b> |


| Descripción de materiales | Cantidad | Unidad | Costo | Subtotal   |
|---------------------------|----------|--------|-------|------------|
|                           |          |        |       | Q -        |
|                           |          |        |       | Q -        |
|                           |          |        |       | Q -        |
|                           |          |        |       | Q -        |
| Transporte de material    | 1,00     |        | Q -   | Q -        |
| <b>Total con IVA</b>      |          |        |       | <b>Q -</b> |
| <b>Total sin IVA</b>      |          |        |       | <b>Q -</b> |

| Descripción de mano de obra | Cantidad | Unidad | Costo    | Subtotal          |
|-----------------------------|----------|--------|----------|-------------------|
| Ayudante de maquinaria      | 68,00    | jornal | Q 139,50 | Q 9 486,00        |
|                             |          |        |          | Q -               |
|                             |          |        |          | Q -               |
|                             |          |        |          | Q -               |
| <b>Total</b>                |          |        |          | <b>Q 9 486,00</b> |

|   |     |                     |
|---|-----|---------------------|
| HERRAMIENTA   | 5%  | Q 474,30            |
| <b>COSTO DIRECTO (Materiales + mano de obra + herramientas)</b> |     | <b>Q 551 085,30</b> |
| <b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>                                    | 35% | <b>Q 192 879,86</b> |
| <b>SUB-TOTAL DEL RENGLÓN</b>                                    |     | <b>Q 743 965,16</b> |
| <b>IVA</b>  | 12% | <b>Q 89 275,82</b>  |
| <b>COSTO TOTAL</b>  |     | <b>Q 833 240,97</b> |

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. Precio unitario de conformación de subrasante

| INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS                           |                 |               |  |                     |  |  |
|--|-----------------|---------------|---|---------------------|--|--|
| CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA DE PAVIMENTO ASFÁLTICO           | Renglón:        | 3,01          |   |                     |  |  |
| ALDEA EL TABLÓN BARCENAS                                   | Fecha:          | 10/10/2017    |   |                     |  |  |
| <i>Descripción del Renglón</i>                             | <i>Cantidad</i> | <i>Unidad</i> | <i>P.U.</i>   | <i>Total</i>        |  |  |
| <b>Conformación y reacondicionamiento de la subrasante</b> | 26623,56        | m2            | Q 11,05   | <b>Q 294 067,26</b> |  |  |

| Descripción de maquinaria y equipo  | Cantidad | Unidad | Costo                | Subtotal            |
|-------------------------------------|----------|--------|----------------------|---------------------|
| Motoniveladora                      | 356,00   | hora   | Q 450,00             | Q 160 200,00        |
| Rodocompactor                       | 66,56    | hora   | Q 310,00             | Q 20 633,26         |
| Cisterna 2000 galones               | 27,00    | viaje  | Q 300,00             | Q 8 100,00          |
| Transporte de maquinaria y/o equipo | 1,00     |        | Q 9 446,66           | Q 9 446,66          |
|                                     |          |        | <b>Total con IVA</b> | <b>Q 198 379,92</b> |
|                                     |          |        | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q 177 124,93</b> |

| Descripción de combustible y lubricantes | Cantidad | Unidad | Costo                | Subtotal   |
|--|----------|--------|----------------------|------------|
|  |          |        |                      | Q -        |
|  |          |        |                      | Q -        |
|  |          |        | <b>Total con IVA</b> | <b>Q -</b> |
|  |          |        | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q -</b> |

| Descripción de materiales | Cantidad | Unidad | Costo                | Subtotal           |
|---------------------------|----------|--------|----------------------|--------------------|
| Agua                      | 39935,34 | gal    | Q 0,25               | Q 9 983,84         |
|                           |          |        |                      |                    |
| Transporte de material    | 1,00     |        | Q 499,19             | Q 499,19           |
|                           |          |        | <b>Total con IVA</b> | <b>Q 10 483,03</b> |
|                           |          |        | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q 9 359,85</b>  |


| Descripción de mano de obra | Cantidad | Unidad  | Costo        | Subtotal          |
|-----------------------------|----------|---------|--------------|-------------------|
| Ayudante de maquinaria      | 66,00    | jornada | Q 115,50     | Q 7 623,00        |
|                             |          |         |              | Q -               |
|                             |          |         |              | Q -               |
|                             |          |         |              | Q -               |
|                             |          |         | <b>Total</b> | <b>Q 7 623,00</b> |

|   |     |                     |
|---|-----|---------------------|
| HERRAMIENTA   | 5%  | Q 381,15            |
| <b>COSTO DIRECTO (Materiales + mano de obra + herramientas)</b> |     | <b>Q 194 488,93</b> |
| <b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>                                    | 35% | <b>Q 68 071,12</b>  |
| <b>SUBTOTAL DEL RENGLÓN</b>                                     |     | <b>Q 262 560,05</b> |
| <b>IVA</b>  | 12% | <b>Q 31 507,21</b>  |
| <b>COSTO TOTAL</b>  |     | <b>Q 294 067,26</b> |

Fuente: elaboración propia.



Apéndice 8. Precio unitario de conformación de la subbase granular

| INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS  |                 |               |   |                     |
|---|-----------------|---------------|---|---------------------|
| CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA DE PAVIMENTO ASFÁLTICO  | Renglón:        | 3,02          |  |                     |
| ALDEA EL TABLÓN BARCENAS  | Fecha:          | 10/10/2017    |   |                     |
| <i>Descripción del Renglón</i>  | <i>Cantidad</i> | <i>Unidad</i> | <i>P.U.</i>   | <i>Total</i>        |
| Conformación y compactación de la sub base de material granular (espesor = 0.10 metros) | 2662,36         | m3            | Q 114,05  | <b>Q 303 651,45</b> |

| Descripción de maquinaria y equipo  | Cantidad | Unidad | Costo      | Subtotal            |
|-------------------------------------|----------|--------|------------|---------------------|
| Motoniveladora                      | 288,00   | hora   | Q 450,00   | Q 129 600,00        |
| Rodocompactor                       | 67,00    | hora   | Q 310,00   | Q 20 770,00         |
| Topografía                          | 6,00     | dia    | Q 500,00   | Q 3 000,00          |
| Camion de volteo                    | 36,00    | dia    | Q 962,00   | Q 34 632,00         |
| Transporte de maquinaria y/o equipo | 1,00     |        | Q 9 400,10 | Q 9 400,10          |
| <b>Total con IVA</b>                |          |        |            | <b>Q 197 402,10</b> |
| <b>Total sin IVA</b>                |          |        |            | <b>Q 176 251,88</b> |

| Descripción de combustible y lubricantes | Cantidad | Unidad | Costo | Subtotal   |
|--|----------|--------|-------|------------|
|  |          |        |       | Q -        |
|  |          |        |       | Q -        |
| <b>Total con IVA</b>                     |          |        |       | <b>Q -</b> |
| <b>Total sin IVA</b>                     |          |        |       | <b>Q -</b> |


| Descripción de materiales | Cantidad | Unidad | Costo   | Subtotal        |
|---------------------------|----------|--------|---------|-----------------|
| Trompos                   | 221,86   | Unidad | Q 3,00  | Q 665,59        |
|                           |          |        |         |                 |
|                           |          |        |         |                 |
|                           |          |        |         |                 |
| Transporte de material    | 1,00     |        | Q 33,28 | Q 33,28         |
| <b>Total con IVA</b>      |          |        |         | <b>Q 698,87</b> |
| <b>Total sin IVA</b>      |          |        |         | <b>Q 623,99</b> |

| Descripción de mano de obra | Cantidad | Unidad | Costo    | Subtotal           |
|-----------------------------|----------|--------|----------|--------------------|
| Ayudante de maquinaria      | 197,50   | jornal | Q 115,50 | Q 22 811,25        |
|                             |          |        |          | Q -                |
|                             |          |        |          | Q -                |
|                             |          |        |          | Q -                |
| <b>Total</b>                |          |        |          | <b>Q 22 811,25</b> |

|   |     |                     |
|---|-----|---------------------|
| <b>HERRAMIENTA</b>  | 5%  | <b>Q 1 140,56</b>   |
| <b>COSTO DIRECTO (Materiales + mano de obra + herramientas)</b> |     | <b>Q 200 827,68</b> |
| <b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>                                    | 35% | <b>Q 70 289,69</b>  |
| <b>SUB-TOTAL DEL RENGLÓN</b>                                    |     | <b>Q 271 117,36</b> |
| <b>IVA</b>  | 12% | <b>Q 32 534,08</b>  |
| <b>COSTO TOTAL</b>  |     | <b>Q 303 651,45</b> |

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 9. Precio unitario de conformación de la base granular

| INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS   |          |            |  |              |
|--|----------|------------|---|--------------|
| CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA DE PAVIMENTO ASFÁLTICO                               | Renglón: | 3,03       |   |              |
| ALDEA EL TABLÓN BARCENAS   | Fecha:   | 10/10/2017 |   |              |
| Descripción del Renglón  | Cantidad | Unidad     | P.U.  | Total        |
| Conformación y compactación de la base de material granular (espesor = 0.10 m) | 2662,36  | m3         | Q 114,09  | Q 303 743,13 |

| Descripción de maquinaria y equipo  | Cantidad | Unidad | Costo                | Subtotal            |
|-------------------------------------|----------|--------|----------------------|---------------------|
| Motoniveladora                      | 288,00   | hora   | Q 450,00             | Q 129 600,00        |
| Rodocompactor                       | 67,00    | hora   | Q 310,00             | Q 20 770,00         |
| Topografía                          | 6,00     | día    | Q 500,00             | Q 3 000,00          |
| Camion de volteo                    | 36,00    | día    | Q 962,00             | Q 34 632,00         |
| Transporte de maquinaria y/o equipo | 1,00     |        | Q 9 400,10           | Q 9 400,10          |
|                                     |          |        | <b>Total con IVA</b> | <b>Q 197 402,10</b> |
|                                     |          |        | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q 176 251,88</b> |

| Descripción de combustible y lubricantes | Cantidad | Unidad | Costo                | Subtotal   |
|--|----------|--------|----------------------|------------|
|  |          |        |                      | Q -        |
|  |          |        |                      | Q -        |
|  |          |        | <b>Total con IVA</b> | <b>Q -</b> |
|  |          |        | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q -</b> |


| Descripción de materiales | Cantidad | Unidad | Costo                | Subtotal        |
|---------------------------|----------|--------|----------------------|-----------------|
| trompos                   | 221,86   | Unidad | Q 3,00               | Q 665,59        |
|                           |          |        |                      |                 |
|                           |          |        |                      |                 |
|                           |          |        |                      |                 |
| Transporte de material    | 1,00     |        | Q 33,28              | Q 33,28         |
|                           |          |        | <b>Total con IVA</b> | <b>Q 698,87</b> |
|                           |          |        | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q 623,99</b> |

| Descripción de mano de obra | Cantidad | Unidad | Costo        | Subtotal           |
|-----------------------------|----------|--------|--------------|--------------------|
| Albañil                     | 198,00   | jornal | Q 115,50     | Q 22 869,00        |
|                             |          |        |              | Q -                |
|                             |          |        |              | Q -                |
|                             |          |        | <b>Total</b> | <b>Q 22 869,00</b> |

|   |     |                     |
|---|-----|---------------------|
| HERRAMIENTA   | 5%  | Q 1 143,45          |
| <b>COSTO DIRECTO (Materiales + mano de obra + herramientas)</b> |     | <b>Q 200 888,31</b> |
| <b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>                                    | 35% | <b>Q 70 310,91</b>  |
| <b>SUBTOTAL DEL RENGLÓN</b>                                     |     | <b>Q 271 199,22</b> |
| <b>IVA</b>  | 12% | <b>Q 32 543,91</b>  |
| <b>COSTO TOTAL</b>  |     | <b>Q 303 743,13</b> |

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 10. Precio unitario de aplicación de imprimación

| INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS                          |                 |               |  |                     |
|---|-----------------|---------------|---|---------------------|
| CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA DE PAVIMENTO ASFÁLTICO          | Renglón:        | 3,04          |   |                     |
| ALDEA EL TABLÓN BARCENAS                                  | Fecha:          | 10/10/2017    |   |                     |
| <i>Descripción del renglón</i>                            | <i>Cantidad</i> | <i>Unidad</i> | <i>P.U.</i>   | <i>Total</i>        |
| <b>Suministro, transporte y aplicación de imprimación</b> | 10649,42        | gal           | Q 54,68   | <b>Q 582 307,02</b> |

| Descripción de maquinaria y equipo  | Cantidad | Unidad | Costo                | Subtotal           |
|-------------------------------------|----------|--------|----------------------|--------------------|
| Barredora mecánica                  | 3,00     | dia    | Q 2 193,00           | Q 6 579,00         |
| Cisterna 2 000 gal                  | 9,00     | viaje  | Q 300,00             | Q 2 700,00         |
| Distribuidora de asfalto            | 8,00     | dia    | Q 3 340,00           | Q 26 720,00        |
| Transporte de maquinaria y/o equipo | 1,00     |        | Q 1 799,95           | Q 1 799,95         |
|                                     |          |        | <b>Total con IVA</b> | <b>Q 37 798,95</b> |
|                                     |          |        | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q 33 749,06</b> |

| Descripción de combustible y lubricantes | Cantidad | Unidad | Costo                | Subtotal   |
|--|----------|--------|----------------------|------------|
|  |          |        |                      | Q -        |
|  |          |        |                      | Q -        |
|  |          |        | <b>Total con IVA</b> | <b>Q -</b> |
|  |          |        | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q -</b> |


| Descripción de materiales        | Cantidad | Unidad | Costo                | Subtotal           |
|----------------------------------|----------|--------|----------------------|--------------------|
| Suministro y colocación de MC-70 | 10649,42 | gal    | Q 35,00              | Q372 729,84        |
|                                  |          |        |                      |                    |
|                                  |          |        |                      |                    |
|                                  |          |        |                      |                    |
| Transporte de material           | 1,00     |        | Q 18 636,49          | Q 18 636,49        |
|                                  |          |        | <b>Total con IVA</b> | <b>Q391 366,33</b> |
|                                  |          |        | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q349 434,23</b> |

| Descripción de mano de obra | Cantidad | Unidad | Costo        | Subtotal          |
|-----------------------------|----------|--------|--------------|-------------------|
| Ayudante de maquinaria      | 16,00    | jornal | Q 115,50     | Q 1 848,00        |
|                             |          |        |              | Q -               |
|                             |          |        |              | Q -               |
|                             |          |        | <b>Total</b> | <b>Q 1 848,00</b> |

|   |     |                    |
|---|-----|--------------------|
| <b>HERRAMIENTA</b>  | 5%  | <b>Q 92,40</b>     |
| <b>COSTO DIRECTO (Materiales + mano de obra + herramientas)</b> |     | <b>Q385 123,69</b> |
| <b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>                                    | 35% | <b>Q134 793,29</b> |
| <b>SUBTOTAL DEL RENGLÓN</b>                                     |     | <b>Q519 916,98</b> |
| <b>IVA</b>  | 12% | <b>Q 62 390,04</b> |
| <b>COSTO TOTAL</b>  |     | <b>Q582 307,02</b> |

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 11. Precio unitario de aplicación de liga

| INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS                   |                 |               |  |                     |
|--|-----------------|---------------|---|---------------------|
| CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA DE PAVIMENTO ASFÁLTICO   | Renglón:        | 3,05          |   |                     |
| ALDEA EL TABLÓN BARCENAS                           | Fecha:          | 10/10/2017    |   |                     |
| <i>Descripción del renglón</i>                     | <i>Cantidad</i> | <i>Unidad</i> | <i>P.U.</i>   | <i>Total</i>        |
| <b>Suministro, transporte y aplicación de liga</b> | 3993,53         | gal           | Q 48,95   | <b>Q 195 483,33</b> |

| Descripción de maquinaria y equipo  | Cantidad | Unidad | Costo                | Subtotal           |
|-------------------------------------|----------|--------|----------------------|--------------------|
| Barredora mecánica                  | 3,00     | día    | Q 2 193,00           | Q 6 579,00         |
| Cisterna 2 000 gal                  | 9,00     | viaje  | Q 300,00             | Q 2 700,00         |
| Distribuidora de asfalto            | 8,00     | día    | Q 3 340,00           | Q 26 720,00        |
| Transporte de maquinaria y/o equipo | 1,00     |        | Q 1 799,95           | Q 1 799,95         |
|                                     |          |        | <b>Total con IVA</b> | <b>Q 37 798,95</b> |
|                                     |          |        | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q 33 749,06</b> |

| Descripción de combustible y lubricantes | Cantidad | Unidad | Costo                | Subtotal   |
|--|----------|--------|----------------------|------------|
|  |          |        |                      | Q -        |
|  |          |        |                      | Q -        |
|  |          |        | <b>Total con IVA</b> | <b>Q -</b> |
|  |          |        | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q -</b> |


| Descripción de materiales       | Cantidad | Unidad | Costo                | Subtotal            |
|---------------------------------|----------|--------|----------------------|---------------------|
| Suministro y colocación de liga | 3993,53  | gal    | Q 25,00              | Q 99 838,35         |
|                                 |          |        |                      |                     |
|                                 |          |        |                      |                     |
|                                 |          |        |                      |                     |
|                                 |          |        |                      |                     |
| Transporte de material          | 1,00     |        | Q 4 991,92           | Q 4 991,92          |
|                                 |          |        | <b>Total con IVA</b> | <b>Q 104 830,27</b> |
|                                 |          |        | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q 93 598,45</b>  |

| Descripción de mano de obra | Cantidad | Unidad | Costo        | Subtotal          |
|-----------------------------|----------|--------|--------------|-------------------|
| Ayudante de maquinaria      | 16,00    | jornal | Q 115,50     | Q 1 848,00        |
|                             |          |        |              | Q -               |
|                             |          |        |              | Q -               |
|                             |          |        | <b>Total</b> | <b>Q 1 848,00</b> |

|   |     |                     |
|---|-----|---------------------|
| HERRAMIENTA   | 5%  | Q 92,40             |
| <b>COSTO DIRECTO (Materiales + mano de obra + herramientas)</b> |     | <b>Q 129 287,92</b> |
| <b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>                                    | 35% | <b>Q 45 250,77</b>  |
| <b>SUBTOTAL DEL RENGLÓN</b>                                     |     | <b>Q 174 538,69</b> |
| IVA   | 12% | Q 20 944,64         |
| <b>COSTO TOTAL</b>  |     | <b>Q 195 483,33</b> |

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 12. Precio unitario de aplicación de mezcla asfáltica

| INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS   |                 |               |  |                        |
|--|-----------------|---------------|---|------------------------|
| CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA DE PAVIMENTO ASFÁLTICO                           | Renglón:        | 3,06          |   |                        |
| ALDEA EL TABLÓN BARCENAS   | Fecha:          | 10/10/2017    |   |                        |
| <i>Descripción del renglón</i>   | <i>Cantidad</i> | <i>Unidad</i> | <i>P.U.</i>   | <i>Total</i>           |
| <b>Suministro, transporte y aplicación de mezcla asfáltica en caliente</b> | 6123,42         | Ton-m         | Q 1 731,03  | <b>Q 10 599 803,84</b> |

| Descripción de maquinaria y equipo  | Cantidad | Unidad | Costo                | Subtotal            |
|-------------------------------------|----------|--------|----------------------|---------------------|
| Barredora mecánica                  | 3,00     | dia    | Q 2 193,00           | Q 6 579,00          |
| Pavimentadora sobre oruga           | 5,00     | dia    | Q 10 038,60          | Q 50 193,00         |
| Camión de volteo                    | 5,00     | dia    | Q 962,00             | Q 4 810,00          |
| Rodocompactor                       | 201,00   | h      | Q 310,00             | Q 62 310,00         |
| Transporte de maquinaria y/o equipo | 1,00     |        | Q 6 194,60           | Q 6 194,60          |
|                                     |          |        | <b>Total con IVA</b> | <b>Q 130 086,60</b> |
|                                     |          |        | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q 116 148,75</b> |

| Descripción de combustible y lubricantes | Cantidad | Unidad | Costo                | Subtotal   |
|--|----------|--------|----------------------|------------|
|  |          |        |                      | Q -        |
|  |          |        |                      | Q -        |
|  |          |        | <b>Total con IVA</b> | <b>Q -</b> |
|  |          |        | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q -</b> |


| Descripción de materiales                   | Cantidad | Unidad | Costo                | Subtotal              |
|---|----------|--------|----------------------|-----------------------|
| Suministro y colocación de mezcla asfáltica | 6123,42  | Ton-m  | Q 1 200,00           | Q 7 348 102,56        |
|   |          |        |                      |                       |
|   |          |        |                      |                       |
|   |          |        |                      |                       |
| Transporte de material                      | 1,00     |        | Q 367 405,13         | Q 367 405,13          |
|   |          |        | <b>Total con IVA</b> | <b>Q 7 715 507,69</b> |
|   |          |        | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q 6 888 846,15</b> |

| Descripción de mano de obra | Cantidad | Unidad | Costo        | Subtotal          |
|-----------------------------|----------|--------|--------------|-------------------|
| ayudante de maquinaria      | 45,00    | jornal | Q 115,50     | Q 5 197,50        |
|                             |          |        |              | Q -               |
|                             |          |        |              | Q -               |
|                             |          |        | <b>Total</b> | <b>Q 5 197,50</b> |

|   |     |                        |
|---|-----|------------------------|
| HERRAMIENTA   | 5%  | Q 259,88               |
| <b>COSTO DIRECTO (Materiales + mano de obra + herramientas)</b> |     | <b>Q 7 010 452,28</b>  |
| <b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>                                    | 35% | <b>Q 2 453 658,30</b>  |
| <b>SUBTOTAL DEL RENGLÓN</b>                                     |     | <b>Q 9 464 110,57</b>  |
| <b>IVA</b>  | 12% | <b>Q 1 135 693,27</b>  |
| <b>COSTO TOTAL</b>  |     | <b>Q 10 599 803,84</b> |

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 13. Precio unitario de drenaje longitudinal

| INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS                 |                 |               |   |                |
|--|-----------------|---------------|---|----------------|
| CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA DE PAVIMENTO ASFÁLTICO | Renglón:        | 4,01          |  |                |
| ALDEA EL TABLÓN BARCENAS                         | Fecha:          | 10/10/2017    |   |                |
| <i>Descripción del renglón</i>                   | <i>Cantidad</i> | <i>Unidad</i> |   |                |
| Cuneta trapezoidal                               | 8874,52         | ml            | Q 253,10  | Q 2 246 134,75 |

| Descripción de maquinaria y equipo  | Cantidad | Unidad | Costo                | Subtotal           |
|-------------------------------------|----------|--------|----------------------|--------------------|
| Concretera                          | 31,00    | dia    | Q 2 500,00           | Q 77 500,00        |
|                                     |          |        |                      | Q -                |
|                                     |          |        |                      | Q -                |
|                                     |          |        |                      | Q -                |
| Transporte de maquinaria y/o equipo | 1,00     |        | Q 3 875,00           | Q 3 875,00         |
|                                     |          |        | <b>Total con IVA</b> | <b>Q 81 375,00</b> |
|                                     |          |        | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q 72 656,25</b> |

| Descripción de combustible y lubricantes | Cantidad | Unidad | Costo                | Subtotal   |
|--|----------|--------|----------------------|------------|
|  |          |        |                      | Q -        |
|  |          |        |                      | Q -        |
|  |          |        | <b>Total con IVA</b> | <b>Q -</b> |
|  |          |        | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q -</b> |

| Descripción de materiales | Cantidad | Unidad | Costo                | Subtotal            |
|---------------------------|----------|--------|----------------------|---------------------|
| Cemento                   | 5719,00  | saco   | Q 74,00              | Q 423 206,00        |
| Arena                     | 321,00   | m3     | Q 86,00              | Q 27 606,00         |
| Piedrin                   | 321,00   | m3     | Q 200,00             | Q 64 200,00         |
| Tabla 1"12"12'            | 29112,00 | PT     | Q 7,67               | Q 223 289,04        |
| Paral 3"3"12'             | 26217,00 | PT     | Q 7,67               | Q 201 084,39        |
|                           |          |        |                      |                     |
| Transporte de material    | 1,00     |        | Q 46 969,27          | Q 46 969,27         |
|                           |          |        | <b>Total con IVA</b> | <b>Q 986 354,70</b> |
|                           |          |        | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q 880 673,84</b> |

| Descripción de mano de obra | Cantidad | Unidad | Costo        | Subtotal            |
|-----------------------------|----------|--------|--------------|---------------------|
| Fundir y formaletear cuneta | 8874,52  | jornal | Q 57,11      | Q 506 865,49        |
|                             |          |        |              | Q -                 |
|                             |          |        |              | Q -                 |
|                             |          |        |              | Q -                 |
|                             |          |        | <b>Total</b> | <b>Q 506 865,49</b> |

|   |     |                       |
|---|-----|-----------------------|
| HERRAMIENTA   | 5%  | Q 25 343,27           |
| <b>COSTO DIRECTO (Materiales + mano de obra + herramientas)</b> |     | <b>Q 1 485 538,86</b> |
| <b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>                                    | 35% | <b>Q 519 938,60</b>   |
| <b>SUB-TOTAL DEL RENGLÓN</b>                                    |     | <b>Q 2 005 477,46</b> |
| <b>IVA</b>  | 12% | <b>Q 240 657,29</b>   |
| <b>COSTO TOTAL</b>  |     | <b>Q 2 246 134,75</b> |

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 14. Precio unitario de excavación de alcantarilla

| INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS                 |                 |               |  |              |  |  |
|--|-----------------|---------------|---|--------------|--|--|
| CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA DE PAVIMENTO ASFÁLTICO | Renglón:        | 4,02          |   |              |  |  |
| ALDEA EL TABLÓN BARCENAS                         | Fecha:          | 10/10/2017    |   |              |  |  |
| <i>Descripción del renglón</i>                   | <i>Cantidad</i> | <i>Unidad</i> | <i>P.U.</i>   | <i>Total</i> |  |  |
| Excavación para alcantarilla                     | 282,24          | m3            | Q 61,57   | Q 17 376,74  |  |  |

| Descripción de maquinaria y equipo  | Cantidad | Unidad | Costo      | Subtotal           |
|-------------------------------------|----------|--------|------------|--------------------|
| Retro excavadora                    | 5,00     | dia    | Q 2 400,00 | Q 12 000,00        |
|                                     |          |        |            | Q -                |
|                                     |          |        |            | Q -                |
|                                     |          |        |            | Q -                |
| Transporte de maquinaria y/o equipo | 1,00     |        | Q 600,00   | Q 600,00           |
| <b>Total con IVA</b>                |          |        |            | <b>Q 12 600,00</b> |
| <b>Total sin IVA</b>                |          |        |            | <b>Q 11 250,00</b> |

| Descripción de combustible y lubricantes | Cantidad | Unidad | Costo | Subtotal   |
|--|----------|--------|-------|------------|
|  |          |        |       | Q -        |
|  |          |        |       | Q -        |
| <b>Total con IVA</b>                     |          |        |       | <b>Q -</b> |
| <b>Total sin IVA</b>                     |          |        |       | <b>Q -</b> |


| Descripción de materiales | Cantidad | Unidad | Costo | Subtotal   |
|---------------------------|----------|--------|-------|------------|
|                           |          |        |       | Q -        |
|                           |          |        |       | Q -        |
|                           |          |        |       | Q -        |
|                           |          |        |       | Q -        |
|                           |          |        |       | Q -        |
| Transporte de material    | 1,00     |        | Q -   | Q -        |
| <b>Total con IVA</b>      |          |        |       | <b>Q -</b> |
| <b>Total sin IVA</b>      |          |        |       | <b>Q -</b> |

| Descripción de mano de obra | Cantidad | Unidad | Costo    | Subtotal        |
|-----------------------------|----------|--------|----------|-----------------|
| ayudante de maquinaria      | 2,00     | jornal | Q 115,50 | Q 231,00        |
|                             |          |        |          | Q -             |
|                             |          |        |          | Q -             |
|                             |          |        |          | Q -             |
| <b>Total</b>                |          |        |          | <b>Q 231,00</b> |

|   |     |                    |
|---|-----|--------------------|
| HERRAMIENTA   | 5%  | Q 11,55            |
| <b>COSTO DIRECTO (Materiales + mano de obra + herramientas)</b> |     | <b>Q 11 492,55</b> |
| <b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>                                    | 35% | <b>Q 4 022,39</b>  |
| <b>SUBTOTAL DEL RENGLÓN</b>                                     |     | <b>Q 15 514,94</b> |
| <b>IVA</b>  | 12% | <b>Q 1 861,79</b>  |
| <b>COSTO TOTAL</b>  |     | <b>Q 17 376,74</b> |

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 15. Precio unitario de instalación de tubería de 36"

| INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS                 |                 |               |   |              |
|--|-----------------|---------------|---|--------------|
| CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA DE PAVIMENTO ASFÁLTICO | <i>Renglón:</i> | 4,03          |  |              |
| ALDEA EL TABLÓN BARCENAS                         | <i>Fecha:</i>   | 10/10/2017    |   |              |
| <i>Descripción del renglón</i>                   | <i>Cantidad</i> | <i>Unidad</i> |   |              |
| Tubería drenaje transversal 36"                  | 67,00           | ml            | Q 1 852,10  | Q 124 090,86 |

| Descripción de maquinaria y equipo  | Cantidad | Unidad | Costo                | Subtotal           |
|-------------------------------------|----------|--------|----------------------|--------------------|
| Camión de volteo                    | 17,00    | viajes | Q 528,00             | Q 8 976,00         |
| Compactadora                        | 23,00    | dia    | Q 336,00             | Q 7 728,00         |
|                                     |          |        |                      | Q -                |
|                                     |          |        |                      | Q -                |
| Transporte de maquinaria y/o equipo | 1,00     |        | Q 835,20             | Q 835,20           |
|                                     |          |        | <b>Total con IVA</b> | <b>Q 17 539,20</b> |
|                                     |          |        | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q 15 660,00</b> |

| Descripción de combustible y lubricantes | Cantidad | Unidad | Costo                | Subtotal   |
|--|----------|--------|----------------------|------------|
|  |          |        |                      | Q -        |
|  |          |        |                      | Q -        |
|  |          |        | <b>Total con IVA</b> | <b>Q -</b> |
|  |          |        | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q -</b> |

| Descripción de materiales          | Cantidad | Unidad | Costo                | Subtotal           |
|------------------------------------|----------|--------|----------------------|--------------------|
| Tubería de 36 pulgadas             | 67,00    | m      | Q 763,66             | Q 51 165,22        |
| Pegamento pvc rib loc galon blanco | 2,00     | gal    | Q 365,00             | Q 730,00           |
| Selecto                            | 54,00    | m3     | Q 145,00             | Q 7 830,00         |
|                                    |          |        |                      |                    |
|                                    |          |        |                      |                    |
| Transporte de material             | 1,00     |        | Q 2 986,26           | Q 2 986,26         |
|                                    |          |        | <b>Total con IVA</b> | <b>Q 62 711,48</b> |
|                                    |          |        | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q 55 992,39</b> |


| Descripción de mano de obra  | Cantidad | Unidad | Costo        | Subtotal          |
|------------------------------|----------|--------|--------------|-------------------|
| Compactación y esparcimiento | 964,75   | m2     | Q 1,97       | Q 1 899,89        |
| ColocaciÓN de tubería        | 67,00    | m      | Q 54,05      | Q 3 621,10        |
| Relleno                      | 119,80   | m3     | Q 36,74      | Q 4 401,18        |
|                              |          |        |              | Q -               |
|                              |          |        | <b>Total</b> | <b>Q 9 922,17</b> |

|   |     |                    |
|---|-----|--------------------|
| HERRAMIENTA   | 5%  | Q 496,11           |
| <b>COSTO DIRECTO (Materiales + mano de obra + herramientas)</b> |     | <b>Q 82 070,68</b> |
| <b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>                                    | 35% | <b>Q 28 724,74</b> |
| <b>SUB-TOTAL DEL RENGLÓN</b>                                    |     | <b>Q110 795,41</b> |
| <b>IVA</b>  | 12% | <b>Q 13 295,45</b> |
| <b>COSTO TOTAL</b>  |     | <b>Q124 090,86</b> |

Fuente: elaboración propia.



Apéndice 16. Precio unitario de concreto ciclópeo

| INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS                          |          |            |  |              |  |  |
|---|----------|------------|---|--------------|--|--|
| CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA DE PAVIMENTO ASFÁLTICO          | Renglón: | 4,04       |   |              |  |  |
| ALDEA EL TABLÓN BARCENAS                                  | Fecha:   | 10/10/2017 |   |              |  |  |
| Descripción del renglón                                   | Cantidad | Unidad     | P.U.  | Total        |  |  |
| Concreto ciclópeo para caja receptora y cabezal de salida | 93,00    | m3         | Q 1 754,62  | Q 163 179,94 |  |  |

| Descripción de maquinaria y equipo  | Cantidad | Unidad | Costo                | Subtotal          |
|-------------------------------------|----------|--------|----------------------|-------------------|
| Concreteira                         | 3,00     | dia    | Q 2 500,00           | Q 7 500,00        |
|                                     |          |        |                      | Q -               |
|                                     |          |        |                      | Q -               |
|                                     |          |        |                      | Q -               |
| Transporte de maquinaria y/o equipo | 1,00     |        | Q 375,00             | Q 375,00          |
|                                     |          |        | <b>Total con IVA</b> | <b>Q 7 875,00</b> |
|                                     |          |        | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q 7 031,25</b> |

| Descripción de combustible y lubricantes | Cantidad | Unidad | Costo                | Subtotal   |
|--|----------|--------|----------------------|------------|
|  |          |        |                      | Q -        |
|  |          |        |                      | Q -        |
|  |          |        | <b>Total con IVA</b> | <b>Q -</b> |
|  |          |        | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q -</b> |

| Descripción de materiales | Cantidad | Unidad | Costo                | Subtotal           |
|---------------------------|----------|--------|----------------------|--------------------|
| Cemento                   | 383,00   | saco   | Q 74,00              | Q 28 342,00        |
| Arena                     | 22,00    | m3     | Q 86,00              | Q 1 892,00         |
| Piedrín                   | 22,00    | m3     | Q 200,00             | Q 4 400,00         |
| Tabla 1"12"12"            | 400,00   | PT     | Q 7,67               | Q 3 068,00         |
| Paral 3"3"12"             | 180,00   | PT     | Q 7,67               | Q 1 380,60         |
| Piedra bola               | 59,00    | m3     | Q 320,00             | Q 18 880,00        |
| Transporte de material    | 1,00     |        | Q 2 898,13           | Q 2 898,13         |
|                           |          |        | <b>Total con IVA</b> | <b>Q 60 860,73</b> |
|                           |          |        | <b>Total sin IVA</b> | <b>Q 54 339,94</b> |

| Descripción de mano de obra | Cantidad | Unidad | Costo        | Subtotal           |
|-----------------------------|----------|--------|--------------|--------------------|
| Fundir y formaletear        | 93,00    | m3     | Q 476,72     | Q 44 335,29        |
|                             |          |        |              | Q -                |
|                             |          |        |              | Q -                |
|                             |          |        |              | Q -                |
|                             |          |        | <b>Total</b> | <b>Q 44 335,29</b> |

|   |     |                    |
|---|-----|--------------------|
| HERRAMIENTA   | 5%  | Q 2 216,76         |
| <b>COSTO DIRECTO (Materiales + mano de obra + herramientas)</b> |     | <b>Q107 923,24</b> |
| <b>TOTAL COSTO INDIRECTO</b>                                    | 35% | <b>Q 37 773,13</b> |
| <b>SUB-TOTAL DEL RENGLÓN</b>                                    |     | <b>Q145 696,37</b> |
| IVA   | 12% | Q 17 483,56        |
| <b>COSTO TOTAL</b>  |     | <b>Q163 179,94</b> |

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 17. Resumen de curvas horizontales

| Curva | Az Entrada | Az Salida  | Deflexión  | R (m) | G             | LC     | Tg     | St    | CM     | E     | OM    | PC       | PT       | e%   | Sa   | Ls |
|-------|------------|------------|------------|-------|---------------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|----------|----------|------|------|----|
| 1     | 206°32'56" | 253°04'22" | 46°31'26"  | 22    | 52°5'13,46"   | 17,86  | 46,09  | 9,46  | 17,38  | 1,95  | 1,79  | 0+46,09  | 0+63,95  | 9,80 | 2,40 | 44 |
| 2     | 253°04'22" | 189°09'03" | 63°55'19"  | 63    | 18°11'20,89"  | 70,29  | 58,72  | 39,31 | 66,70  | 11,26 | 9,55  | 0+122,67 | 0+192,96 | 6,40 | 1,40 | 29 |
| 3     | 189°09'03" | 280°29'26" | 91°20'23"  | 6     | 190°59'9,36"  | 9,57   | 44,81  | 6,14  | 8,58   | 2,59  | 1,81  | 0+237,77 | 0+247,34 | 9,80 | 2,40 | 44 |
| 4     | 280°29'26" | 282°55'33" | 2°26'07"   | 400   | 2°51'53,24"   | 17,00  | 204,86 | 8,50  | 17,00  | 0,09  | 0,09  | 0+452,19 | 0+469,19 | BN   | 0,60 | 17 |
| 5     | 282°55'33" | 349°55'58" | 67°00'25"  | 40    | 28°38'52,4"   | 46,78  | 77,86  | 26,48 | 44,16  | 7,97  | 6,65  | 0+547,06 | 0+593,84 | 8,70 | 1,90 | 39 |
| 6     | 349°55'58" | 319°29'25" | 30°26'33"  | 72    | 15°54'55,78"  | 38,26  | 7,04   | 19,59 | 37,81  | 2,62  | 2,53  | 0+600,87 | 0+639,13 | 5,50 | 1,30 | 25 |
| 7     | 319°29'25" | 289°34'06" | 29°55'19"  | 105   | 10°54'48,53"  | 54,83  | 54,95  | 28,06 | 54,21  | 3,68  | 3,56  | 0+694,08 | 0+748,91 | 3,80 | 1,00 | 17 |
| 8     | 289°34'06" | 271°57'56" | 17°36'10"  | 41    | 27°56'56,97"  | 12,60  | 49,01  | 6,35  | 12,55  | 0,49  | 0,48  | 0+797,92 | 0+810,51 | 8,50 | 1,90 | 38 |
| 9     | 271°57'56" | 315°53'03" | 43°55'07"  | 53    | 21°37'15,77"  | 40,63  | 117,12 | 21,37 | 39,64  | 4,15  | 3,85  | 0+927,64 | 0+968,26 | 7,20 | 1,60 | 32 |
| 10    | 315°53'03" | 299°01'04" | 16°51'59"  | 73    | 15°41'50,9"   | 21,49  | 18,54  | 10,82 | 21,41  | 0,80  | 0,79  | 0+986,81 | 1+8,3    | 5,50 | 1,30 | 25 |
| 11    | 299°01'04" | 322°10'01" | 23°08'57"  | 78    | 14°41'28,41"  | 31,51  | 29,68  | 15,98 | 31,30  | 1,62  | 1,59  | 1+37,97  | 1+69,49  | 5,20 | 1,20 | 23 |
| 12    | 322°10'01" | 356°34'55" | 34°24'54"  | 35    | 32°44'25,6"   | 21,02  | 41,66  | 10,84 | 20,71  | 1,64  | 1,57  | 1+111,14 | 1+132,16 | 9,30 | 2,10 | 42 |
| 13    | 356°34'55" | 211°24'28" | 145°10'27" | 17    | 67°24'24,48"  | 43,07  | 9,97   | 54,20 | 32,44  | 39,81 | 11,91 | 1+142,13 | 1+185,21 | 9,80 | 2,40 | 44 |
| 14    | 211°24'28" | 205°36'12" | 5°48'16"   | 300   | 3°49'10,98"   | 30,39  | 37,72  | 15,21 | 30,38  | 0,39  | 0,38  | 1+222,92 | 1+253,32 | 1,40 | 0,60 | 17 |
| 15    | 205°36'12" | 320°21'43" | 114°45'31" | 6     | 190°59'9,36"  | 12,02  | 38,06  | 9,37  | 10,11  | 5,13  | 2,77  | 1+291,38 | 1+303,39 | 9,80 | 2,40 | 44 |
| 16    | 320°21'43" | 281°00'42" | 39°21'01"  | 22    | 52°5'13,46"   | 15,11  | 35,30  | 7,87  | 14,81  | 1,36  | 1,28  | 1+338,69 | 1+353,8  | 9,80 | 2,40 | 44 |
| 17    | 281°00'42" | 271°27'03" | 9°33'39"   | 137   | 8°21'51,65"   | 22,86  | 38,96  | 11,46 | 22,83  | 0,48  | 0,48  | 1+392,76 | 1+415,62 | 3,10 | 0,90 | 17 |
| 18    | 271°27'03" | 215°57'51" | 55°29'12"  | 56    | 20°27'46"     | 54,23  | 96,34  | 29,45 | 52,14  | 7,27  | 6,44  | 1+511,96 | 1+566,19 | 7,00 | 1,50 | 32 |
| 19    | 215°57'51" | 206°05'59" | 9°51'52"   | 112   | 10°13'53"     | 19,28  | 72,59  | 9,67  | 19,26  | 0,42  | 0,41  | 1+638,78 | 1+658,06 | 3,80 | 1,00 | 17 |
| 20    | 206°05'59" | 199°43'14" | 6°22'45"   | 190   | 6°1'52,08"    | 21,15  | 45,90  | 10,59 | 21,14  | 0,29  | 0,29  | 1+703,96 | 1+725,11 | 2,40 | 0,80 | 17 |
| 21    | 199°43'14" | 198°24'25" | 1°18'49"   | 600   | 1°54'35,49"   | 13,76  | 43,68  | 6,88  | 13,76  | 0,04  | 0,04  | 1+768,79 | 1+782,55 | BN   | 0,60 | 17 |
| 22    | 198°24'25" | 242°28'58" | 44°04'33"  | 80    | 14°19'26,2"   | 61,54  | 37,59  | 32,38 | 60,04  | 6,31  | 5,85  | 1+820,13 | 1+881,67 | 5,20 | 1,20 | 23 |
| 23    | 242°28'58" | 239°46'01" | 2°42'57"   | 150   | 7°38'21,97"   | 7,11   | 72,42  | 3,56  | 7,11   | 0,04  | 0,04  | 1+954,09 | 1+961,2  | 2,80 | 0,90 | 17 |
| 24    | 239°46'01" | 246°37'15" | 6°51'14"   | 282   | 4°3'48,7"     | 33,73  | 45,00  | 16,89 | 33,71  | 0,51  | 0,50  | 2+6,2    | 2+39,93  | 1,70 | 0,70 | 17 |
| 25    | 246°37'15" | 235°30'56" | 11°06'19"  | 268   | 4°16'32,89"   | 51,94  | 44,65  | 26,05 | 51,86  | 1,26  | 1,26  | 2+84,59  | 2+136,53 | 1,70 | 0,70 | 17 |
| 26    | 235°30'56" | 262°37'55" | 27°06'59"  | 40    | 28°38'52,4"   | 18,93  | 61,81  | 9,65  | 18,75  | 1,15  | 1,11  | 2+198,34 | 2+217,27 | 8,70 | 1,90 | 39 |
| 27    | 262°37'55" | 202°18'19" | 60°19'36"  | 44    | 26°2'36,73"   | 46,33  | 57,25  | 25,57 | 44,22  | 6,89  | 5,96  | 2+274,52 | 2+320,85 | 8,10 | 1,80 | 37 |
| 28    | 202°18'19" | 281°21'58" | 79°03'39"  | 22    | 52°5'13,46"   | 30,36  | 17,84  | 18,16 | 28,01  | 6,52  | 5,03  | 2+338,69 | 2+369,05 | 9,80 | 2,40 | 44 |
| 29    | 281°21'58" | 237°42'52" | 43°39'06"  | 24    | 47°44'47,34"  | 18,28  | 6,78   | 9,61  | 17,85  | 1,85  | 1,72  | 2+375,83 | 2+394,12 | 9,80 | 2,40 | 44 |
| 30    | 237°42'52" | 273°11'12" | 35°28'20"  | 26    | 44°4'25,23"   | 16,10  | 11,46  | 8,32  | 15,84  | 1,30  | 1,24  | 2+405,57 | 2+421,67 | 9,80 | 2,40 | 44 |
| 31    | 273°11'12" | 175°48'12" | 97°23'00"  | 16    | 71°37'11,01"  | 27,19  | 28,55  | 18,21 | 24,04  | 8,24  | 5,44  | 2+450,22 | 2+477,41 | 9,80 | 2,40 | 44 |
| 32    | 175°48'12" | 270°58'48" | 95°10'36"  | 70    | 16°22'12,8"   | 116,28 | 44,79  | 76,63 | 103,36 | 33,79 | 22,79 | 2+522,2  | 2+638,48 | 5,80 | 1,30 | 26 |
| 33    | 270°58'48" | 240°36'04" | 30°22'44"  | 98    | 11°41'34,85"  | 51,96  | 65,37  | 26,61 | 51,35  | 3,55  | 3,42  | 2+703,85 | 2+755,81 | 4,20 | 1,10 | 19 |
| 34    | 240°36'04" | 229°13'41" | 11°22'23"  | 150   | 7°38'21,97"   | 29,77  | 128,49 | 14,94 | 29,73  | 0,74  | 0,74  | 2+884,3  | 2+914,08 | 2,80 | 0,90 | 17 |
| 35    | 229°13'41" | 219°46'34" | 9°27'07"   | 50    | 22°55'5,92"   | 8,25   | 94,35  | 4,13  | 8,24   | 0,17  | 0,17  | 3+8,42   | 3+16,67  | 7,50 | 1,60 | 34 |
| 36    | 219°46'34" | 230°22'28" | 10°35'54"  | 180   | 6°21'58,31"   | 33,30  | 101,63 | 16,70 | 33,25  | 0,77  | 0,77  | 3+118,3  | 3+151,6  | 2,40 | 0,80 | 17 |
| 37    | 230°22'28" | 272°02'54" | 41°40'26"  | 39    | 29°22'56,82"  | 28,37  | 46,83  | 14,84 | 27,75  | 2,73  | 2,55  | 3+198,42 | 3+226,79 | 8,90 | 2,00 | 40 |
| 38    | 272°02'54" | 242°49'12" | 29°13'42"  | 100   | 11°27'32,96"  | 51,01  | 75,65  | 26,07 | 50,46  | 3,34  | 3,24  | 3+302,43 | 3+353,45 | 4,20 | 1,10 | 19 |
| 39    | 242°49'12" | 200°41'54" | 42°07'18"  | 39    | 29°22'56,82"  | 28,67  | 70,19  | 15,02 | 28,03  | 2,79  | 2,61  | 3+423,63 | 3+452,31 | 8,90 | 2,00 | 40 |
| 40    | 200°41'54" | 215°52'07" | 15°10'13"  | 44    | 26°2'36,73"   | 11,65  | 47,15  | 5,86  | 11,62  | 0,39  | 0,39  | 3+499,46 | 3+511,11 | 8,10 | 1,80 | 37 |
| 41    | 215°52'07" | 144°23'48" | 71°28'19"  | 40    | 28°38'52,4"   | 49,90  | 42,25  | 28,78 | 46,72  | 9,28  | 7,53  | 3+553,36 | 3+603,25 | 8,70 | 1,90 | 39 |
| 42    | 144°23'48" | 189°05'51" | 44°42'03"  | 25    | 45°50'11,84"  | 19,50  | 37,24  | 10,28 | 19,01  | 2,03  | 1,88  | 3+640,5  | 3+660    | 9,80 | 2,40 | 44 |
| 43    | 189°05'51" | 190°41'50" | 1°35'59"   | 150   | 7°38'21,97"   | 4,19   | 53,36  | 2,09  | 4,19   | 0,01  | 0,01  | 3+713,36 | 3+717,55 | 2,80 | 0,90 | 17 |
| 44    | 190°41'50" | 238°12'12" | 47°30'22"  | 22    | 52°5'13,46"   | 18,24  | 93,25  | 9,68  | 17,72  | 2,04  | 1,86  | 3+810,79 | 3+829,04 | 9,80 | 2,40 | 44 |
| 45    | 238°12'12" | 187°58'03" | 50°14'09"  | 22    | 52°5'13,46"   | 19,29  | 48,09  | 10,31 | 18,68  | 2,30  | 2,08  | 3+877,13 | 3+896,41 | 9,80 | 2,40 | 44 |
| 46    | 187°58'03" | 134°08'35" | 53°49'28"  | 10    | 114°35'29,61" | 9,39   | 40,21  | 5,08  | 9,05   | 1,21  | 1,08  | 3+936,63 | 3+946,02 | 9,80 | 2,40 | 44 |
| 47    | 134°08'35" | 152°00'30" | 17°51'55"  | 41    | 27°56'56,97"  | 12,78  | 21,12  | 6,44  | 12,73  | 0,50  | 0,50  | 3+967,14 | 3+979,93 | 8,50 | 1,90 | 38 |
| 48    | 152°00'30" | 160°11'11" | 8°10'41"   | 22    | 52°5'13,46"   | 3,14   | 89,16  | 1,57  | 3,14   | 0,06  | 0,06  | 4+69,09  | 4+72,23  | 9,80 | 2,40 | 44 |
| 49    | 160°11'11" | 134°06'46" | 26°04'25"  | 30    | 38°11'49,87"  | 13,65  | 39,62  | 6,95  | 13,53  | 0,79  | 0,77  | 4+111,85 | 4+125,5  | 9,80 | 2,40 | 44 |
| 50    | 134°06'46" | 194°13'05" | 60°06'19"  | 88    | 13°1'18,36"   | 92,32  | 21,62  | 50,91 | 88,14  | 13,67 | 11,83 | 4+147,13 | 4+239,44 | 4,80 | 1,20 | 22 |
| 51    | 194°13'05" | 171°12'09" | 23°00'56"  | 40    | 28°38'52,4"   | 16,07  | 98,17  | 8,14  | 15,96  | 0,82  | 0,80  | 4+337,61 | 4+353,68 | 8,70 | 1,90 | 39 |

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 18. Resumen de curvas verticales

| Curva | PIV      | Pendiente entrada (%) | Pendiente salida (%) | Diferencia de pendientes (A) | Tipo de curva | LCV de diseño | K según AASHTO | k (LCV/A) | Criterios para el diseño de LCV |            |           |         | Correcciones                |            |                   |
|-------|----------|-----------------------|----------------------|------------------------------|---------------|---------------|----------------|-----------|---------------------------------|------------|-----------|---------|-----------------------------|------------|-------------------|
|       |          |                       |                      |                              |               |               |                |           | Seguridad                       | Apariencia | Comodidad | Drenaje | Elevacion subrasante en PIV | Corrección | Subrasante en PIV |
| 1     | 0+020.47 | 1,77                  | 10,95                | 9,18                         | CONCAVA       | 38,9          | 4              | 4,24      | 38,9                            | No cumple  | Cumple    | Cumple  | 938,35                      | 0,45       | 938,80            |
| 2     | 0+108.57 | 10,95                 | 16,01                | 5,06                         | CONCAVA       | 120           | 4              | 23,72     | 120                             | No cumple  | Cumple    | Cumple  | 948,00                      | 0,76       | 948,76            |
| 3     | 0+248.30 | 16,01                 | 7,54                 | 8,47                         | CONVEXA       | 100           | 2              | 11,81     | 100                             | No cumple  | Cumple    | Cumple  | 970,37                      | 1,06       | 969,32            |
| 4     | 0+392.00 | 7,54                  | 18,35                | 10,81                        | CONCAVA       | 100           | 4              | 9,25      | 100                             | No cumple  | Cumple    | Cumple  | 981,21                      | 1,35       | 982,56            |
| 5     | 0+566.91 | 18,35                 | 14,01                | 4,34                         | CONVEXA       | 146,1         | 2              | 33,66     | 146,1                           | Cumple     | Cumple    | Cumple  | 1013,30                     | 0,79       | 1012,51           |
| 6     | 0+748.01 | 14,01                 | 7,4                  | 6,61                         | CONVEXA       | 198,3         | 2              | 30,00     | 198,3                           | Cumple     | Cumple    | Cumple  | 1038,67                     | 1,64       | 1037,03           |
| 7     | 0+916.71 | 7,4                   | 18,23                | 10,83                        | CONCAVA       | 120           | 4              | 11,08     | 120                             | No cumple  | Cumple    | Cumple  | 1051,17                     | 1,62       | 1052,79           |
| 8     | 1+322.32 | 18,23                 | 8,2                  | 10,03                        | CONVEXA       | 175           | 2              | 17,45     | 175                             | No cumple  | Cumple    | Cumple  | 1125,10                     | 2,19       | 1122,91           |
| 9     | 1+512.00 | 8,2                   | 15,03                | 6,83                         | CONCAVA       | 100           | 4              | 14,64     | 100                             | No cumple  | Cumple    | Cumple  | 1140,65                     | 0,85       | 1141,50           |
| 10    | 1+650.00 | 15,03                 | 10,28                | 4,75                         | CONVEXA       | 142,5         | 2              | 30,00     | 142,5                           | Cumple     | Cumple    | Cumple  | 1161,40                     | 0,85       | 1160,55           |
| 11    | 1+869.11 | 10,28                 | -9,76                | 20,04                        | CONVEXA       | 100           | 2              | 4,99      | 100                             | No cumple  | Cumple    | Cumple  | 1183,92                     | 2,51       | 1181,41           |
| 12    | 1+980.00 | -9,76                 | 0,14                 | 9,9                          | CONCAVA       | 100           | 4              | 10,10     | 100                             | No cumple  | Cumple    | Cumple  | 1173,09                     | 1,24       | 1174,33           |
| 13    | 2+108.00 | 0,14                  | 19,75                | 19,61                        | CONCAVA       | 100           | 4              | 5,10      | 100                             | No cumple  | Cumple    | Cumple  | 1173,27                     | 2,45       | 1175,72           |
| 14    | 2+657.03 | 19,75                 | 10,04                | 9,71                         | CONVEXA       | 291,3         | 2              | 30,00     | 291,3                           | Cumple     | Cumple    | Cumple  | 1281,73                     | 3,54       | 1278,19           |
| 15    | 3+050.00 | 10,04                 | 16,12                | 6,08                         | CONCAVA       | 182,4         | 4              | 30,00     | 182,4                           | Cumple     | Cumple    | Cumple  | 1321,19                     | 1,39       | 1322,58           |
| 16    | 3+445.68 | 16,12                 | 3,63                 | 12,49                        | CONVEXA       | 120           | 2              | 9,61      | 120                             | No cumple  | Cumple    | Cumple  | 1384,96                     | 1,87       | 1383,09           |
| 17    | 3+627.42 | 3,63                  | 9,28                 | 5,65                         | CONCAVA       | 169,5         | 4              | 30,00     | 169,5                           | Cumple     | Cumple    | Cumple  | 1391,56                     | 1,20       | 1392,76           |
| 18    | 3+810.68 | 9,28                  | 5,34                 | 3,94                         | CONVEXA       | 118,2         | 2              | 30,00     | 118,2                           | Cumple     | Cumple    | Cumple  | 1408,57                     | 0,58       | 1407,98           |
| 19    | 3+950.00 | 5,34                  | -2,49                | 7,83                         | CONVEXA       | 135           | 2              | 17,24     | 135                             | No cumple  | Cumple    | Cumple  | 1416,00                     | 1,32       | 1414,68           |
| 20    | 4+122.00 | -2,49                 | 14,46                | 16,95                        | CONCAVA       | 100           | 4              | 5,90      | 100                             | No cumple  | Cumple    | Cumple  | 1411,72                     | 2,12       | 1413,84           |
| 21    | 4+298.05 | 14,46                 | 4,12                 | 10,34                        | CONVEXA       | 150           | 2              | 14,51     | 150                             | No cumple  | Cumple    | Cumple  | 1437,17                     | 1,94       | 1435,23           |

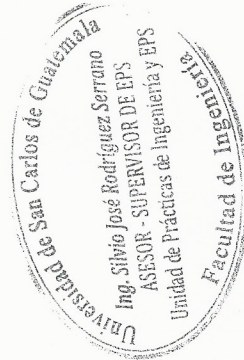
Fuente: elaboración propia.



Apéndice 19      **Planos**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

PROYECTO: DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE DE BARCENAS A LA ALDEA EL TUBÓN.

CONTENIDO: PLANTA GENERAL

ENCARGADO: LUIS M. J. GONZÁLEZ

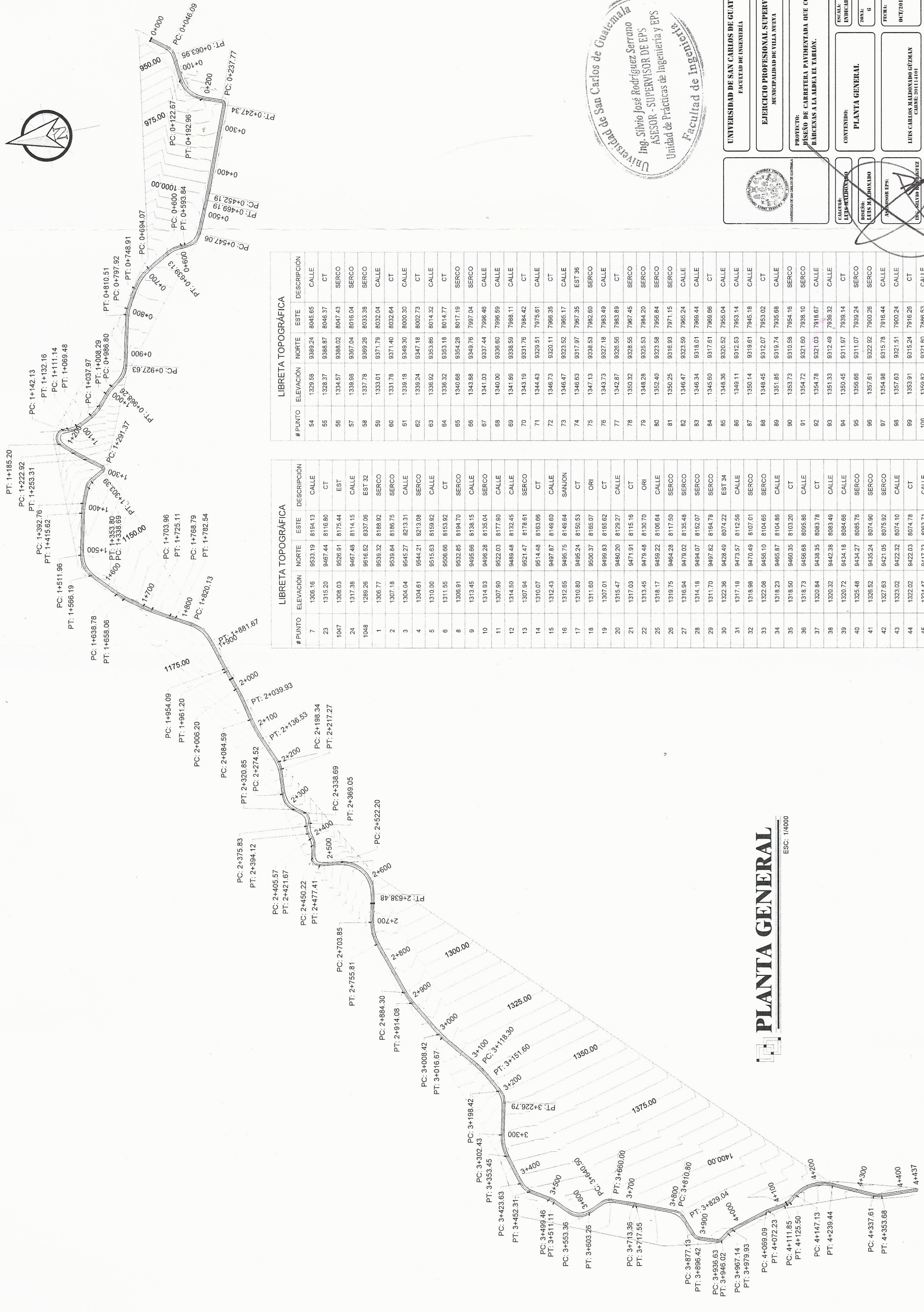
FECHA: 06/12/2017

HOJA: 01

DE: LUIS CARLOS M. DOMÍNGUEZ

FECHA: 06/12/2017

HOJA: 26



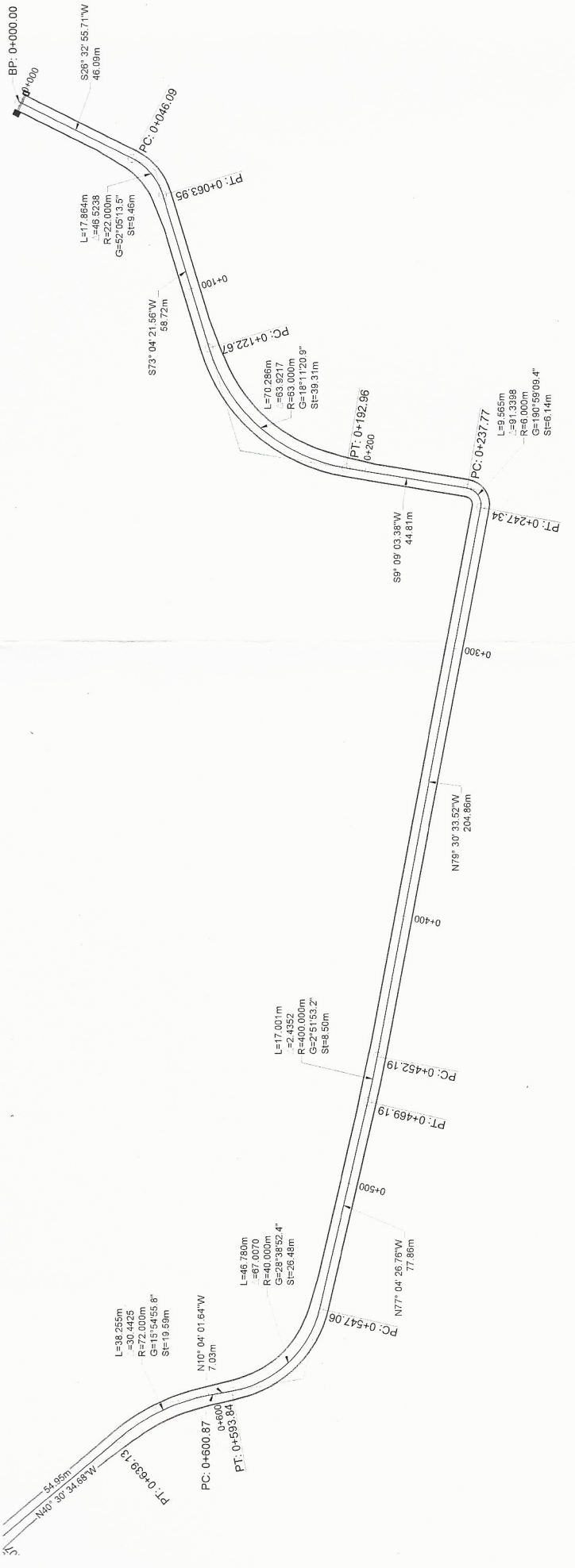
| LIBRETA TOPOGRÁFICA |           |         |         |
|---------------------|-----------|---------|---------|
| # PUNTO             | ELEVACIÓN | NORTE   | ESTE    |
| 54                  | 1239.58   | 9389.24 | 8045.65 |
| 55                  | 1328.37   | 9388.87 | 8048.37 |
| 56                  | 1334.57   | 9388.02 | 8047.43 |
| 57                  | 1339.88   | 9387.04 | 8016.04 |
| 58                  | 1337.78   | 9389.26 | 8033.38 |
| 59                  | 1335.01   | 9371.79 | 8032.04 |
| 60                  | 1331.78   | 9371.40 | 8032.64 |
| 61                  | 1338.18   | 9348.30 | 8000.30 |
| 62                  | 1339.24   | 9347.18 | 8002.73 |
| 63                  | 1338.92   | 9353.86 | 8014.32 |
| 64                  | 1338.32   | 9353.16 | 8014.77 |
| 65                  | 1340.68   | 9354.28 | 8017.19 |
| 66                  | 1343.88   | 9349.76 | 7997.04 |
| 67                  | 1341.03   | 9337.44 | 7996.46 |
| 68                  | 1340.00   | 9336.60 | 7996.59 |
| 69                  | 1341.89   | 9338.59 | 7998.11 |
| 70                  | 1343.19   | 9331.76 | 7984.42 |
| 71                  | 1344.43   | 9329.51 | 7975.61 |
| 72                  | 1346.73   | 9320.11 | 7966.35 |
| 73                  | 1346.47   | 9323.52 | 7965.17 |
| 74                  | 1346.63   | 9317.97 | 7967.35 |
| 75                  | 1347.13   | 9338.53 | 7982.60 |
| 76                  | 1343.73   | 9327.18 | 7983.49 |
| 77                  | 1342.87   | 9326.56 | 7983.89 |
| 78                  | 1350.32   | 9328.55 | 7987.45 |
| 79                  | 1348.28   | 9325.53 | 7984.20 |
| 80                  | 1352.40   | 9323.58 | 7966.84 |
| 81                  | 1350.25   | 9316.93 | 7971.15 |
| 82                  | 1346.47   | 9323.59 | 7965.24 |
| 83                  | 1346.34   | 9318.01 | 7989.44 |
| 84                  | 1345.60   | 9317.61 | 7989.66 |
| 85                  | 1348.36   | 9320.52 | 7985.04 |
| 86                  | 1345.11   | 9312.53 | 7983.14 |
| 87                  | 1350.14   | 9319.61 | 7945.18 |
| 88                  | 1348.45   | 9312.07 | 7953.02 |
| 89                  | 1351.85   | 9319.74 | 7935.68 |
| 90                  | 1353.73   | 9310.58 | 7954.16 |
| 91                  | 1354.72   | 9321.60 | 7938.10 |
| 92                  | 1354.78   | 9321.03 | 7918.67 |
| 93                  | 1351.33   | 9312.49 | 7939.32 |
| 94                  | 1350.45   | 9311.97 | 7939.14 |
| 95                  | 1356.66   | 9311.07 | 7939.24 |
| 96                  | 1357.61   | 9322.92 | 7900.26 |
| 97                  | 1354.98   | 9315.78 | 7916.44 |
| 98                  | 1357.63   | 9321.51 | 7900.24 |
| 99                  | 1353.91   | 9315.24 | 7916.26 |
| 100                 | 1359.82   | 9321.80 | 7888.53 |
| 101                 | 1360.71   | 9314.46 | 7916.39 |

| LIBRETA TOPOGRÁFICA |           |         |         |
|---------------------|-----------|---------|---------|
| # PUNTO             | ELEVACIÓN | NORTE   | ESTE    |
| 7                   | 1306.16   | 9533.19 | 8194.13 |
| 23                  | 1315.20   | 9467.44 | 8116.80 |
| 1047                | 1308.03   | 9626.91 | 8175.44 |
| 24                  | 1317.38   | 9467.48 | 8114.15 |
| 1048                | 1289.26   | 9616.52 | 8337.06 |
| 1                   | 1306.77   | 9539.32 | 8188.92 |
| 2                   | 1307.18   | 9539.84 | 8186.75 |
| 3                   | 1304.04   | 9545.27 | 8213.31 |
| 4                   | 1304.61   | 9544.21 | 8213.08 |
| 5                   | 1310.00   | 9515.63 | 8159.92 |
| 6                   | 1311.55   | 9506.66 | 8153.92 |
| 8                   | 1306.91   | 9532.85 | 8194.70 |
| 9                   | 1313.45   | 9495.66 | 8158.15 |
| 10                  | 1314.93   | 9498.28 | 8135.04 |
| 11                  | 1307.90   | 9522.03 | 8177.90 |
| 12                  | 1314.50   | 9489.48 | 8132.45 |
| 13                  | 1307.94   | 9521.47 | 8178.61 |
| 14                  | 1310.07   | 9514.48 | 8163.66 |
| 15                  | 1312.43   | 9497.87 | 8149.60 |
| 16                  | 1312.85   | 9495.75 | 8148.64 |
| 17                  | 1310.80   | 9495.24 | 8150.53 |
| 18                  | 1311.60   | 9500.37 | 8165.07 |
| 19                  | 1307.01   | 9499.83 | 8165.62 |
| 20                  | 1315.47   | 9480.20 | 8129.27 |
| 21                  | 1317.03   | 9471.91 | 8115.16 |
| 22                  | 1313.45   | 9479.48 | 8130.70 |
| 25                  | 1318.17   | 9459.22 | 8106.64 |
| 26                  | 1319.75   | 9464.28 | 8117.50 |
| 27                  | 1316.94   | 9479.02 | 8135.48 |
| 28                  | 1314.18   | 9494.07 | 8152.07 |
| 29                  | 1311.70   | 9497.82 | 8164.78 |
| 30                  | 1322.36   | 9428.49 | 8074.22 |
| 31                  | 1317.18   | 9473.57 | 8112.56 |
| 32                  | 1318.98   | 9470.49 | 8107.01 |
| 33                  | 1322.08   | 9456.10 | 8104.65 |
| 34                  | 1318.23   | 9465.87 | 8104.86 |
| 35                  | 1318.50   | 9460.35 | 8103.20 |
| 36                  | 1318.73   | 9456.68 | 8095.86 |
| 37                  | 1320.84   | 9438.35 | 8083.78 |
| 38                  | 1320.32   | 9425.38 | 8083.48 |
| 39                  | 1320.72   | 9434.18 | 8084.66 |
| 40                  | 1325.48   | 9434.27 | 8085.76 |
| 41                  | 1326.52   | 9435.24 | 8074.90 |
| 42                  | 1327.63   | 9421.05 | 8075.92 |
| 43                  | 1323.02   | 9422.32 | 8074.10 |
| 44                  | 1322.02   | 9422.03 | 8074.78 |
| 45                  | 1324.47   | 9417.73 | 8063.71 |
| 46                  | 1324.28   | 9410.83 | 8064.65 |

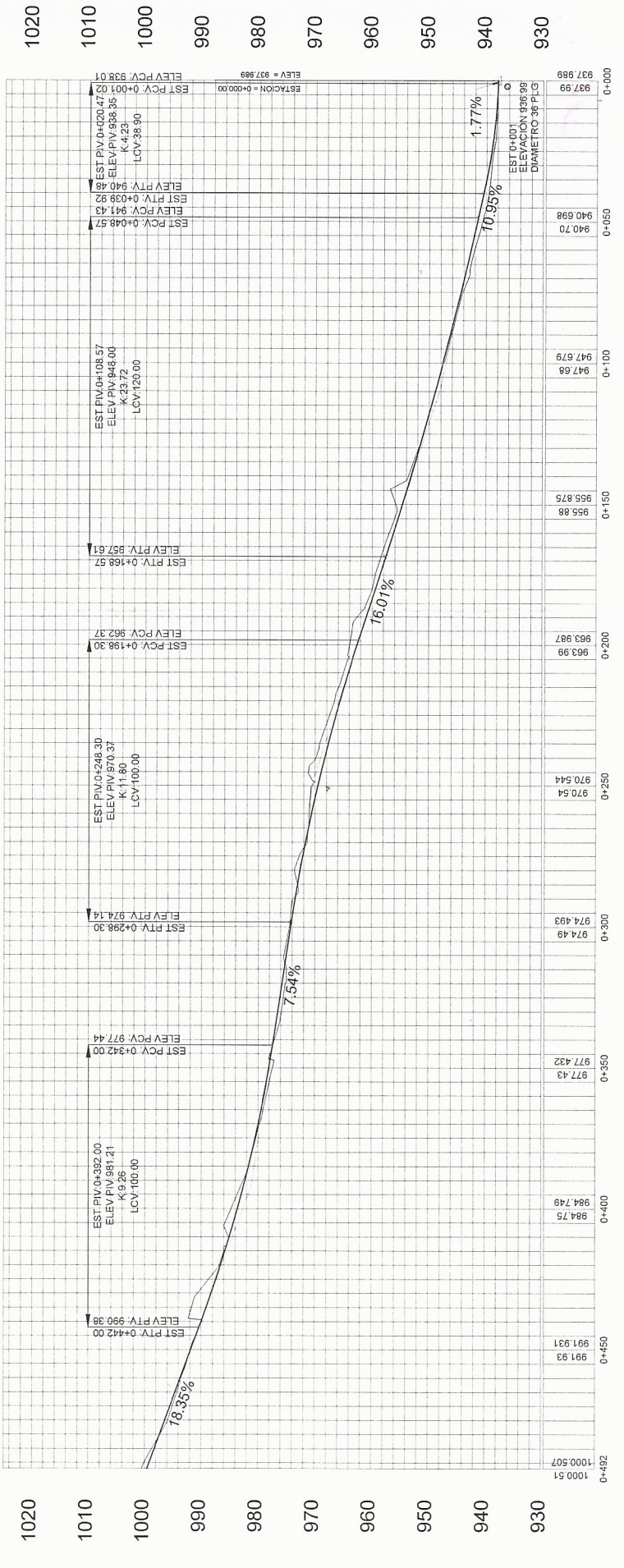
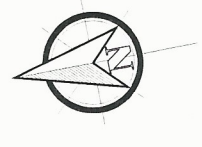
# PLANTA GENERAL

ESC: 1/10000



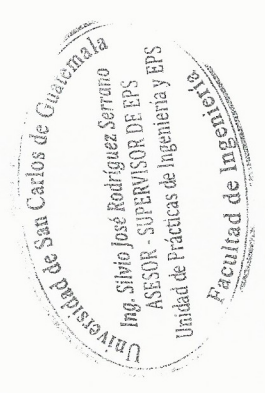
**PLANTA EST. 0+000 A 0+492**

ESC. 1/1000



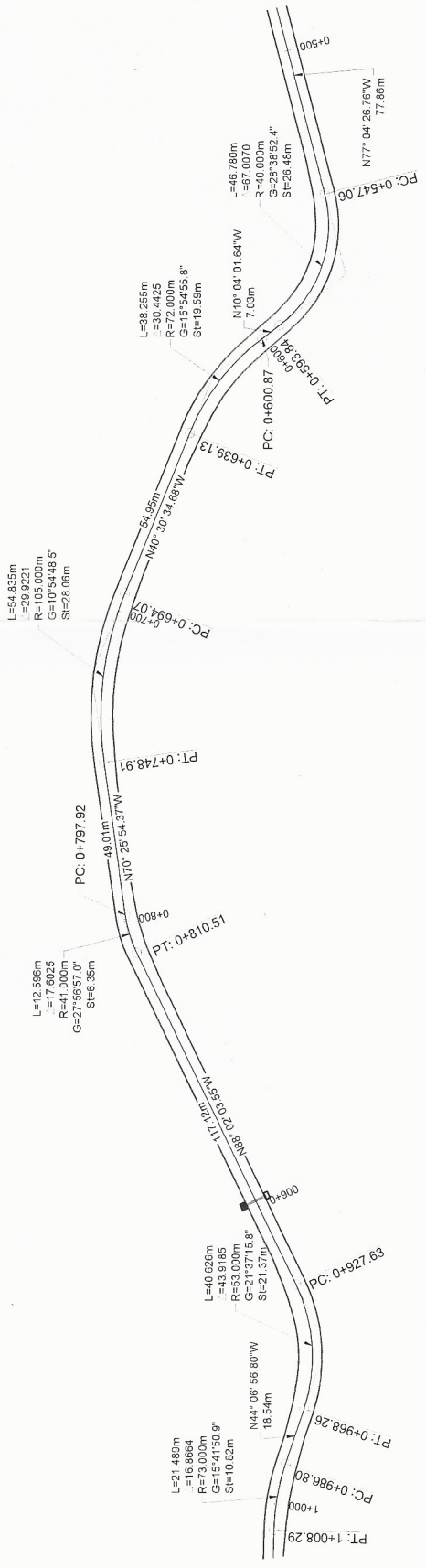
**PERFIL EST. 0+000 A 0+492**

ESC H: 1/1000  
ESC V: 1/500



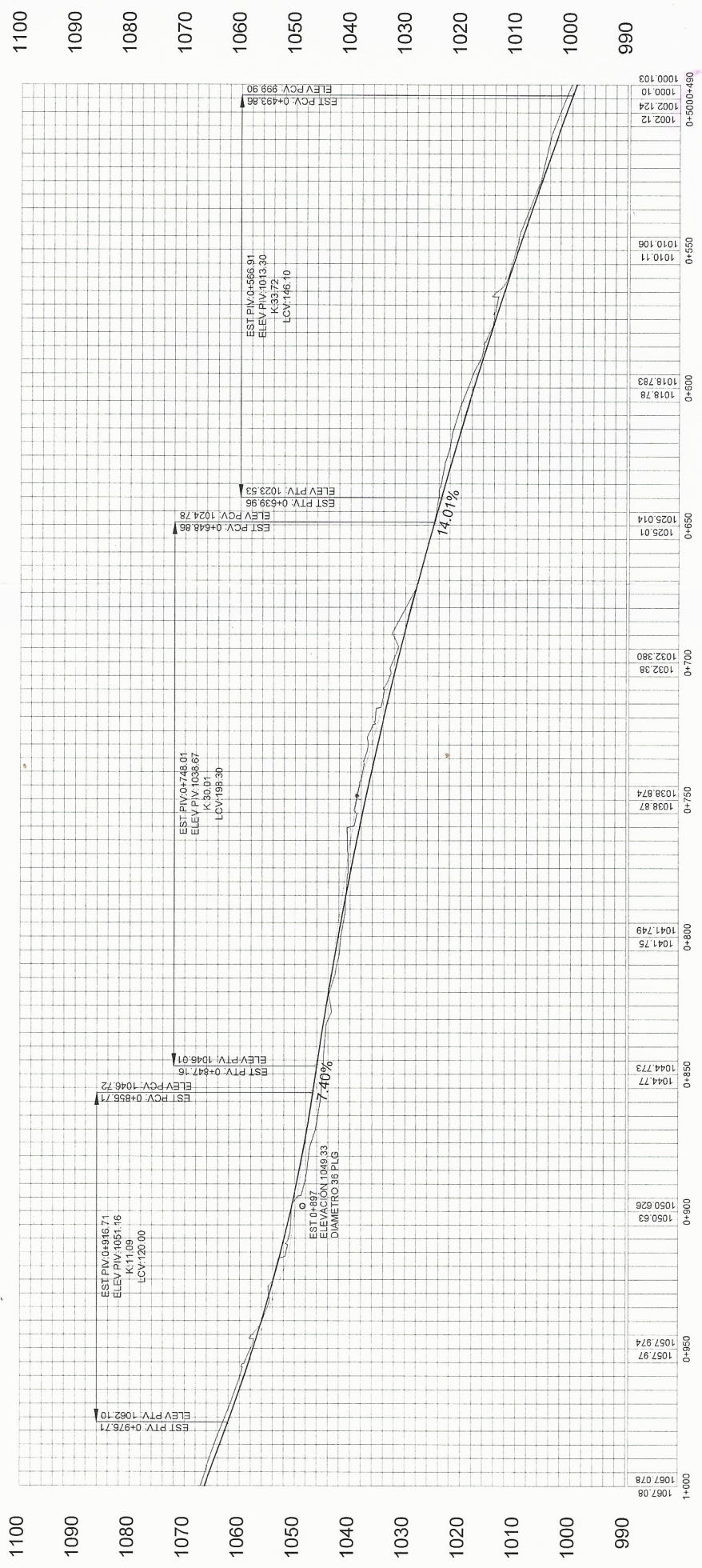
|   |  |
|---|--|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA  | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA                             |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA | PROYECTO:<br>DISÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE DE<br>PARCENAS A LA ALDEA EL TABLON. |
| CLIENTE:<br>LUIS MALDONADO  | CONTENIDO:<br>PLANTA PERFIL<br>ESTACION 0+000 A 0+492  |
| PROYECTISTA:<br>LUIS MALDONADO GUZMAN                             | BOA:<br>02   |
| FECHA:<br>OCT/2017  | BOA:<br>26   |





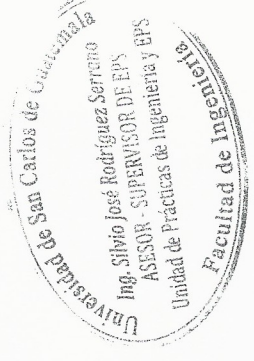
### PLANTA EST. 0+492 A 1+000

ESC: 1/1000



### PERFIL EST. 0+492 A 1+000


ESC H: 1/1000  
ESC V: 1/500

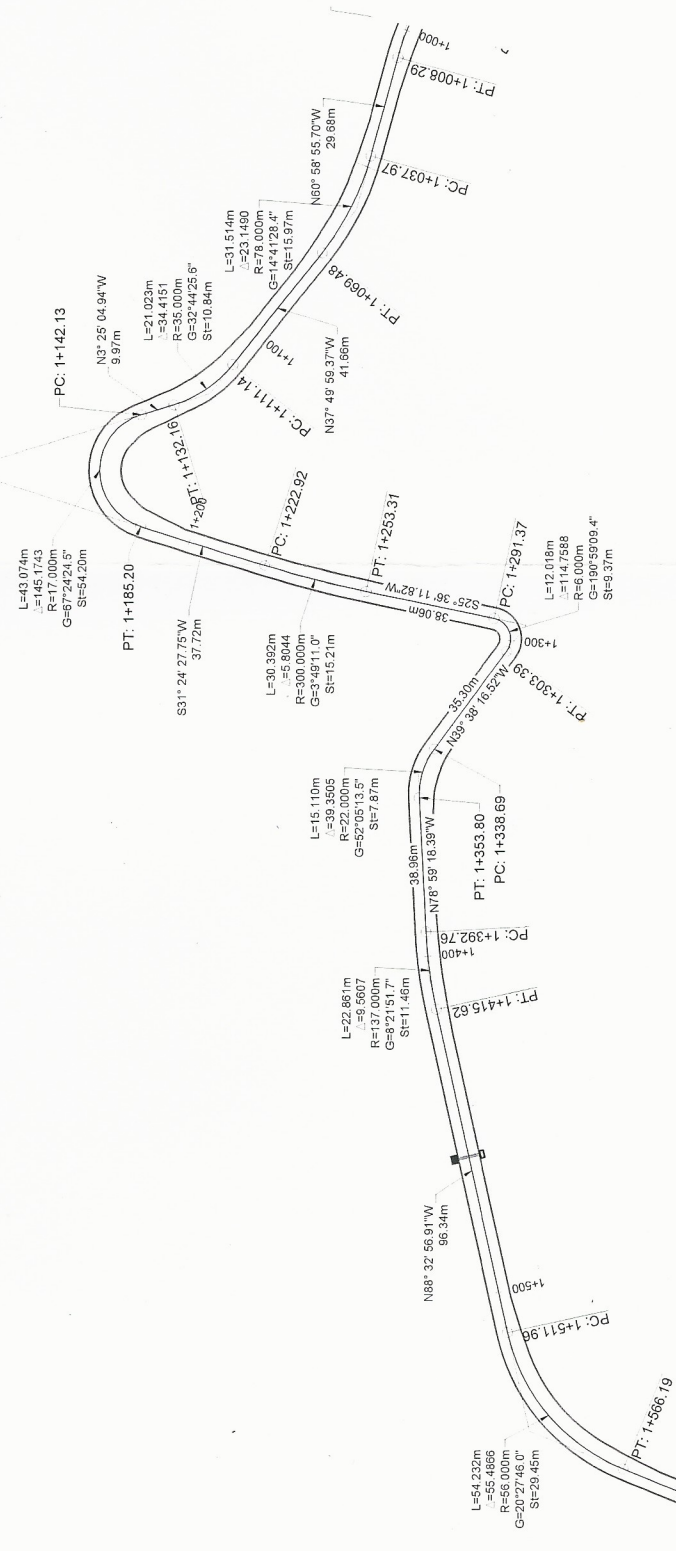


|   |  |   |  |
|---|--|---|--|
|   | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA |
|   | FACULTAD DE INGENIERÍA                 | FACULTAD DE INGENIERÍA  | FACULTAD DE INGENIERÍA                 |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO   |  | EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO   |  |
| MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA  |  | MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA  |  |
| PROYECTO: DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE DE EJECENAS A LA ALDEA EL TUBIÓN. |  | PROYECTO: DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE DE EJECENAS A LA ALDEA EL TUBIÓN. |  |
| CONTENIDO: PLANTA PERFIL  |  | CONTENIDO: PLANTA PERFIL  |  |
| ESTACIÓN 0+492 A 0+1000   |  | ESTACIÓN 0+492 A 0+1000   |  |
| ESTUDIOS: LUIS MALDONADO  | ESTUDIOS: LUIS MALDONADO               | ESTUDIOS: LUIS MALDONADO  | ESTUDIOS: LUIS MALDONADO               |
| ASISTENTE: LUIS MALDONADO   | ASISTENTE: LUIS MALDONADO              | ASISTENTE: LUIS MALDONADO   | ASISTENTE: LUIS MALDONADO              |
| FECHA: 06/2017  | FECHA: 06/2017                         | FECHA: 06/2017  | FECHA: 06/2017                         |
| BOLETIN: 03   | BOLETIN: 03                            | BOLETIN: 03   | BOLETIN: 03                            |
| BOLETIN: 26   | BOLETIN: 26                            | BOLETIN: 26   | BOLETIN: 26                            |
| LUIS CARLOS MALDONADO GUZMAN  |  | LUIS CARLOS MALDONADO GUZMAN  |  |
| CURSO: 2011101  |  | CURSO: 2011101  |  |



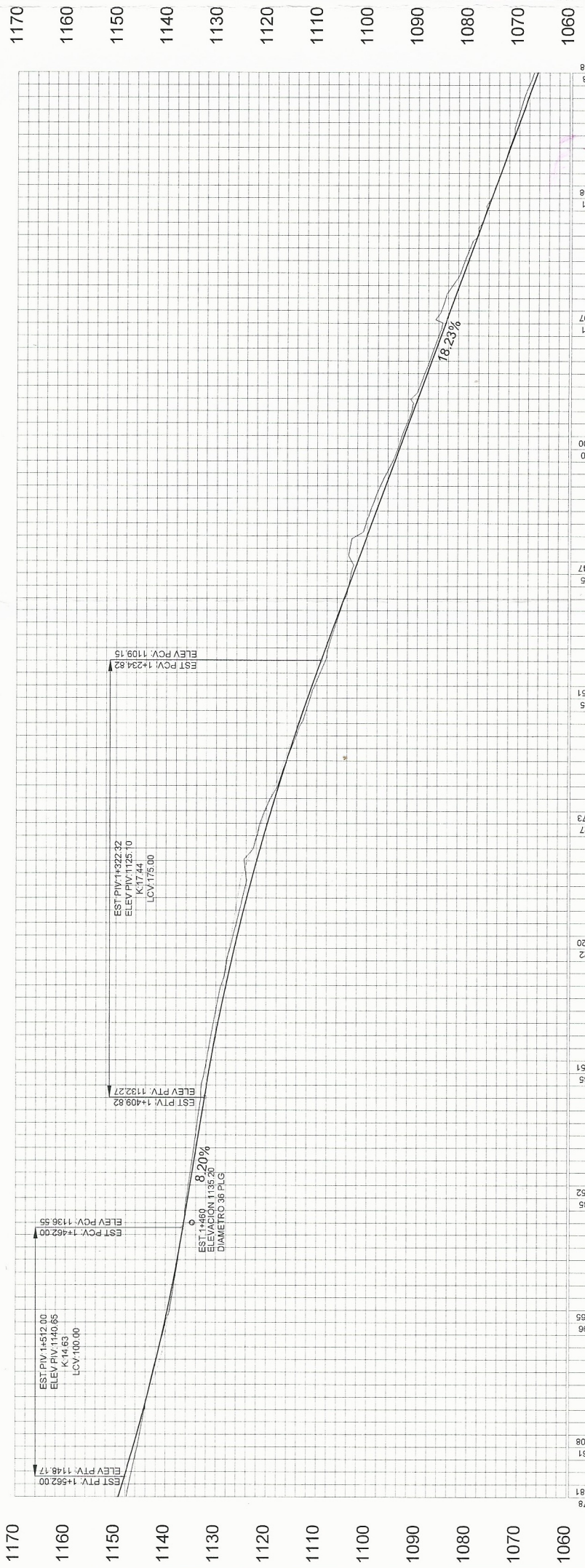
Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
 ASesor - SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería

|   |  |   |  |                    |
|---|--|---|--|--------------------|
| <br>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA | <b>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</b><br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA | PROYECTO:<br>DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE DE<br>SACACENS A LA ALDEA EL TABLÓN. | ESCALA:<br>HORIZONTAL: 1:500<br>VERTICAL: 1:20 | HOJA:<br><b>04</b> |
| TÍTULO:<br>PLAN DE ALIADO<br>AUTOR:<br>LUIS MALDONADO   | CONTENIDO:<br>PLANTA PERFIL<br>ESTACION 1+000 A 1+570                    | FECHA:<br>OCT/2017  | HOJA:<br><b>26</b>                             |                    |



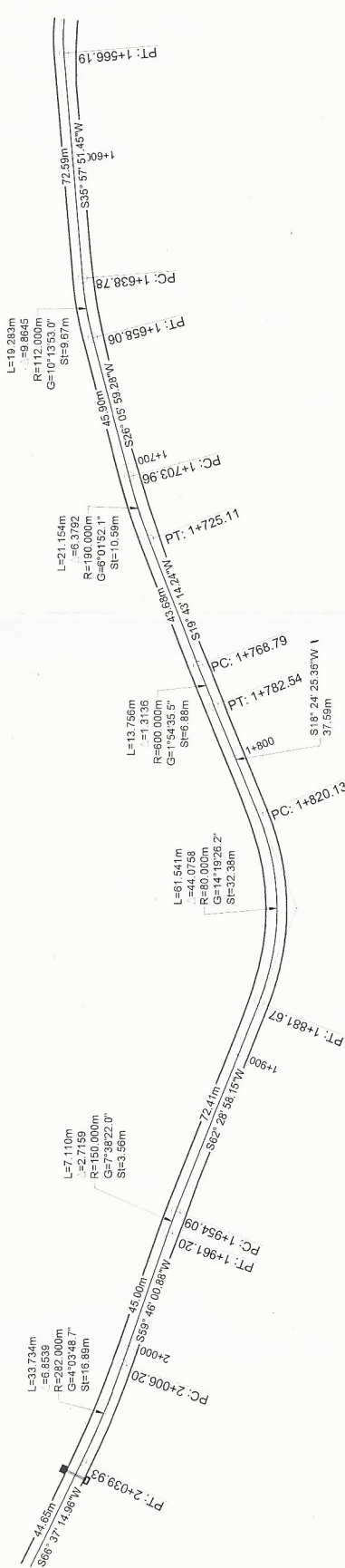
## PLANTA EST. 1+000 A 1+570

ESC: 1/1000



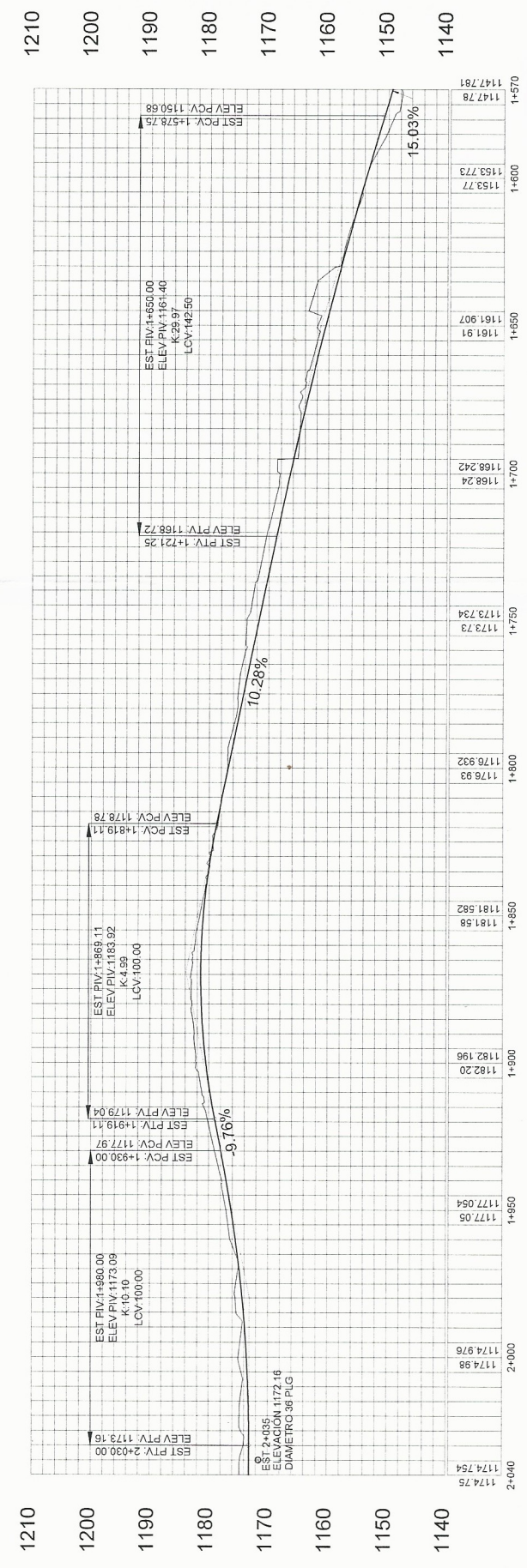
## PERFIL EST. 1+000 A 1+570

ESC H: 1/1000  
ESC V: 1/500



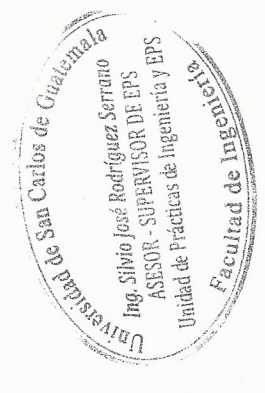
### PLANTA EST. 1+570 A 2+040

ESC: 1/1000

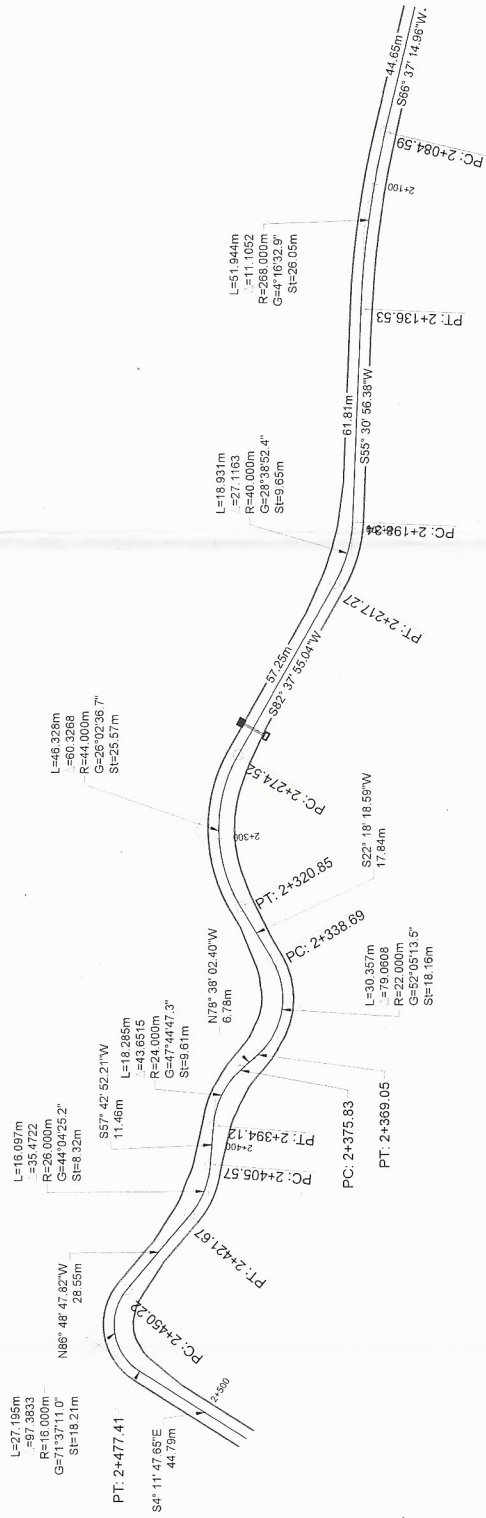


### PERFIL EST. 1+570 A 2+040

ESC H: 1/1000  
ESC V: 1/500

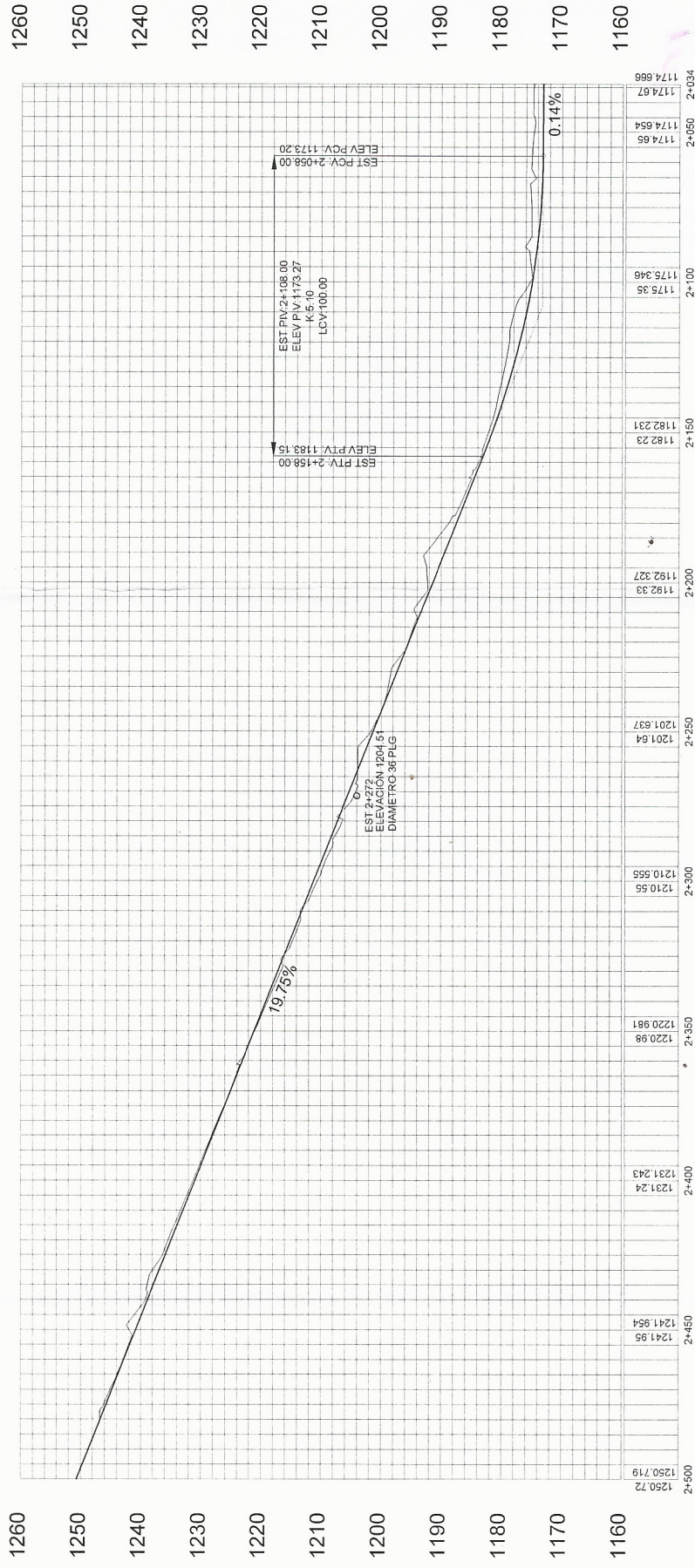


|  |   |  |                           |                   |             |
|--|---|--|---------------------------|-------------------|-------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA | EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA | PROYECTO:<br>DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO PARA LAS COLONIAS LA GLORIA, NUEVA VILLA NUEVA 1 Y SANTA FE, HEROES DE VILLA NUEVA Y LAS TEGAS | ESCALA INDICADA:<br>1:500 | FECHA:<br>06/2017 | BOZA:<br>26 |
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA                           | CONTENIDO:<br>PLANTA PERFIL.<br>ESTACION 1+570 A 2+040            | INGENIERO:<br>LUIS CARLOS MALDONADO GIZMAN<br>CURSE: 2011101   | BOZA:                     | BOZA:             | BOZA:       |
| INGENIERO SUPERVISOR:<br>LUIS CARLOS MALDONADO GIZMAN            | BOZA:   | BOZA:  | BOZA:                     | BOZA:             | BOZA:       |



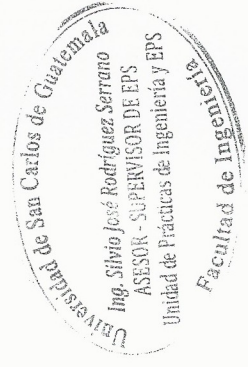
### PLANTA EST. 2+040 A 2+500

ESC. 1/1000

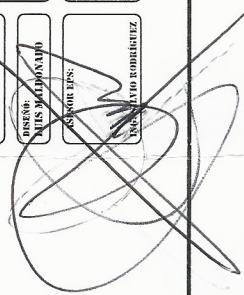


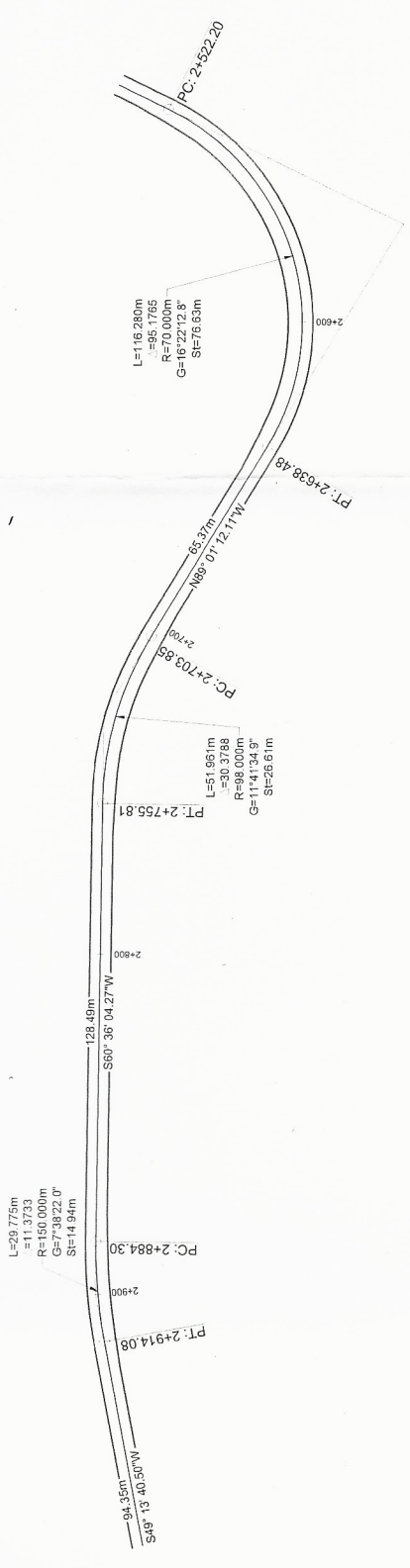
### PERFIL EST. 2+040 A 2+500

ESC. H: 1/1000  
ESC. V: 1/500



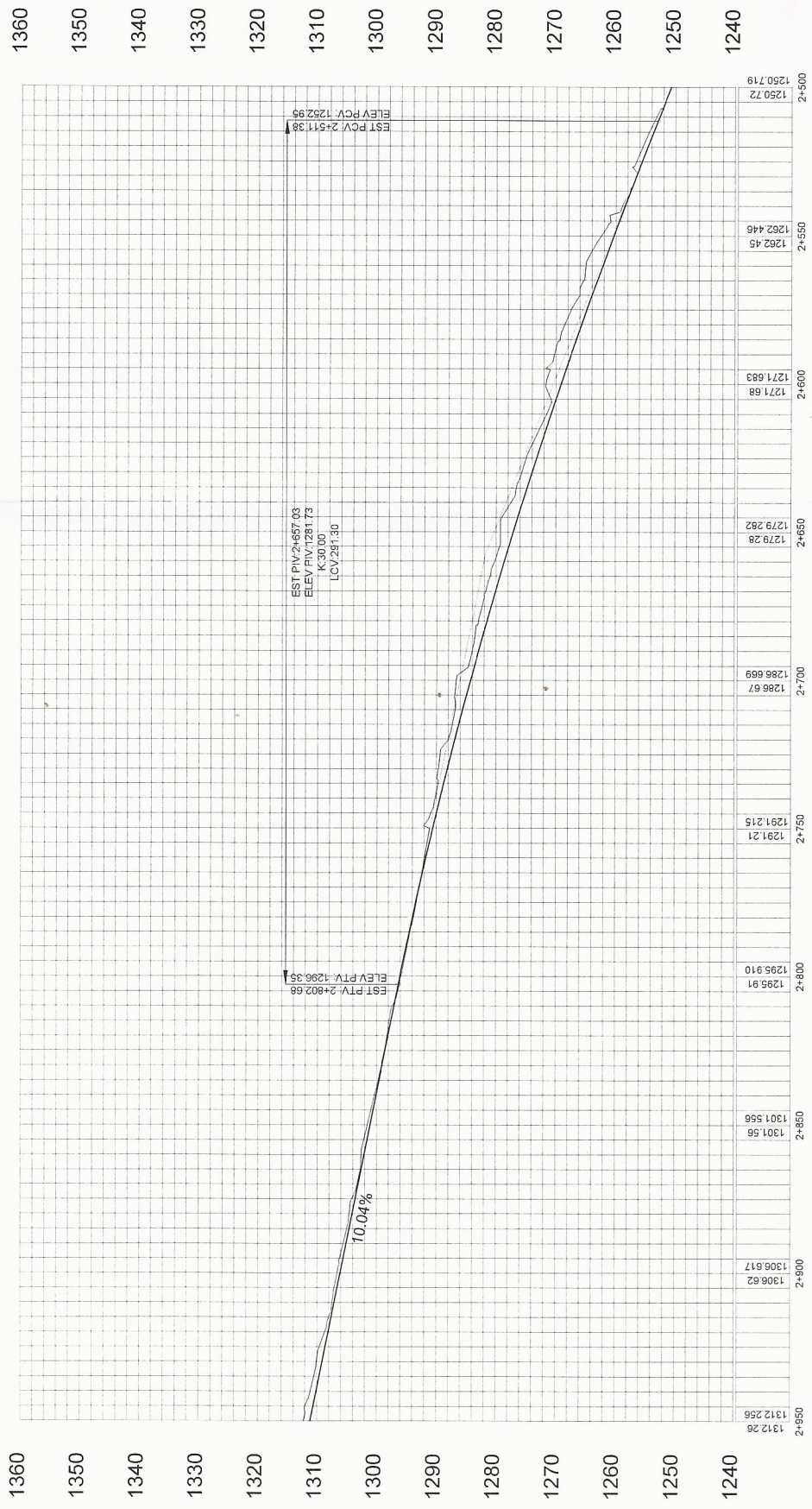
|  |   |
|--|---|
|  | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERÍA      |
|  | ASESOR - SUPERVISOR DE EPS<br>Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS |
| PROYECTO:<br>DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE DE BARCEÑAS A LA ALDEA EL TABLÓN. | EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA     |
| CONTENIDO:<br>PLANTA PERFIL.<br>ESTACION 2+040 A 2+500                                     | ESCALA:<br>HORIZONTAL: 1/1000<br>VERTICAL: 1/500                      |
| ELABORADO POR:<br>LUIS MALDONADO   | FECHA:<br>01/7/2017   |
| REVISADO POR:<br>ING. SILVIO RODRÍGUEZ   | BOLETÍN:<br>06  |
| BOLETÍN:<br>26   |   |





### PLANTA EST. 2+500 A 2+950

ESC: 1/1000

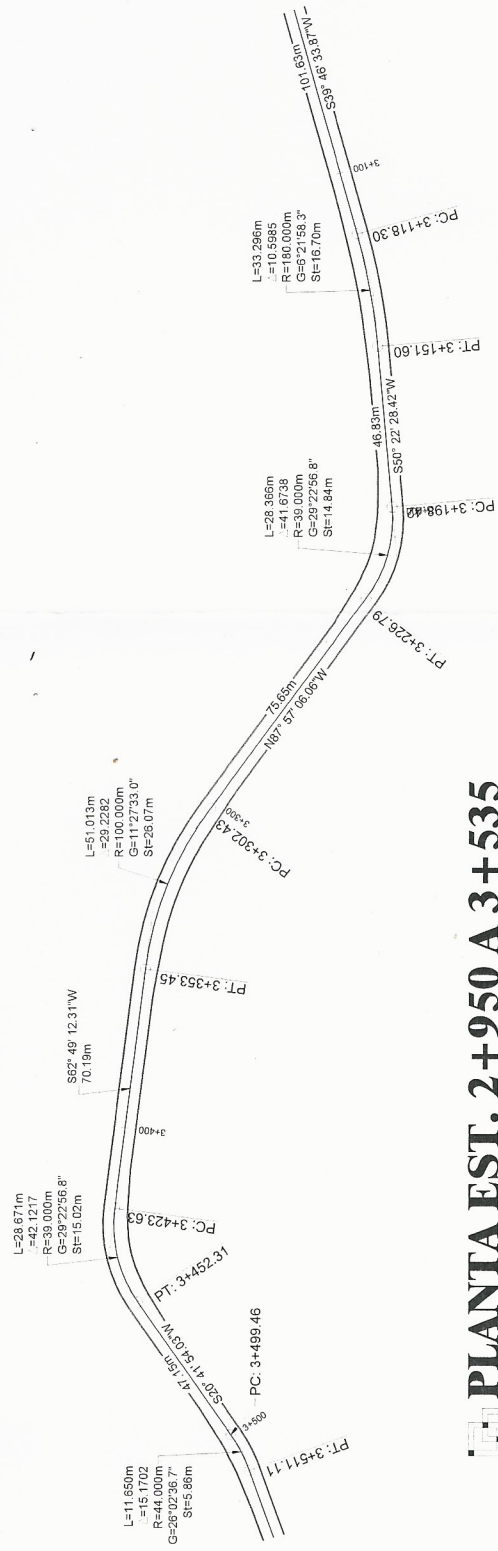


### PERFIL EST. 2+500 A 2+950

ESC H: 1/1000  
ESC V: 1/500

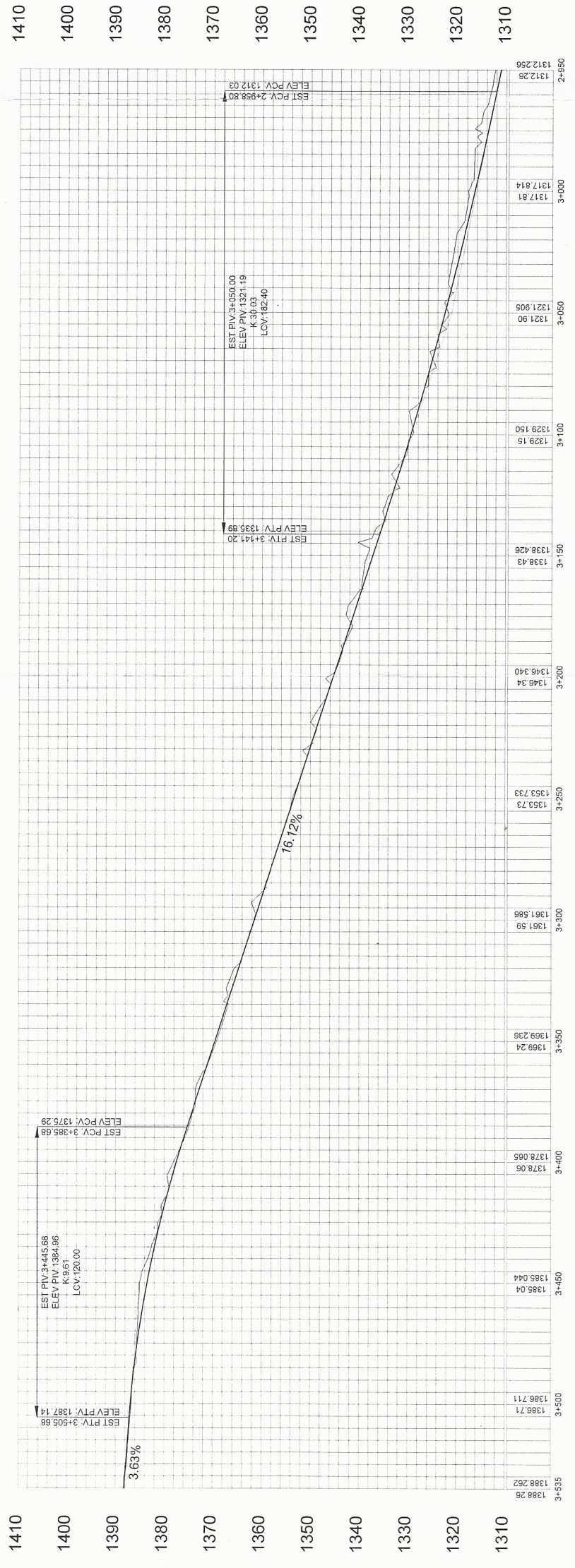


|  |   |
|--|---|
|  | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERÍA  |
|  | EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA |
| PROYECTO:<br>DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE DE BARCENAS A LA ALDEA EL TUBIÓN. |   |
| CLIENTE:<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA   | CONTENIDO:<br>PLANTA PERFIL<br>ESTACIÓN 2+500 A 2+950             |
| ASESOR: EPS<br>ING. SILVIO J. RODRÍGUEZ SERRANO  | FECHA:<br>OCT/2017  |
| BOA: 07  | BOA: 26   |



## PLANTA EST. 2+950 A 3+535

ESC: 1/1000

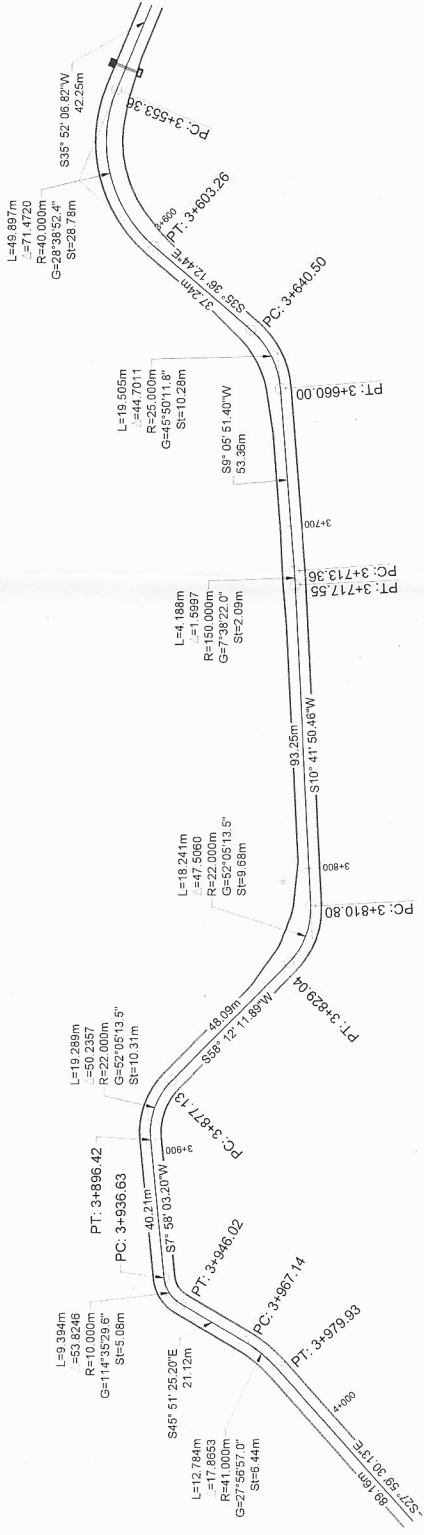


## PERFIL EST. 2+950 A 3+535

ESC.H: 1/1000  
ESC.V: 1/500

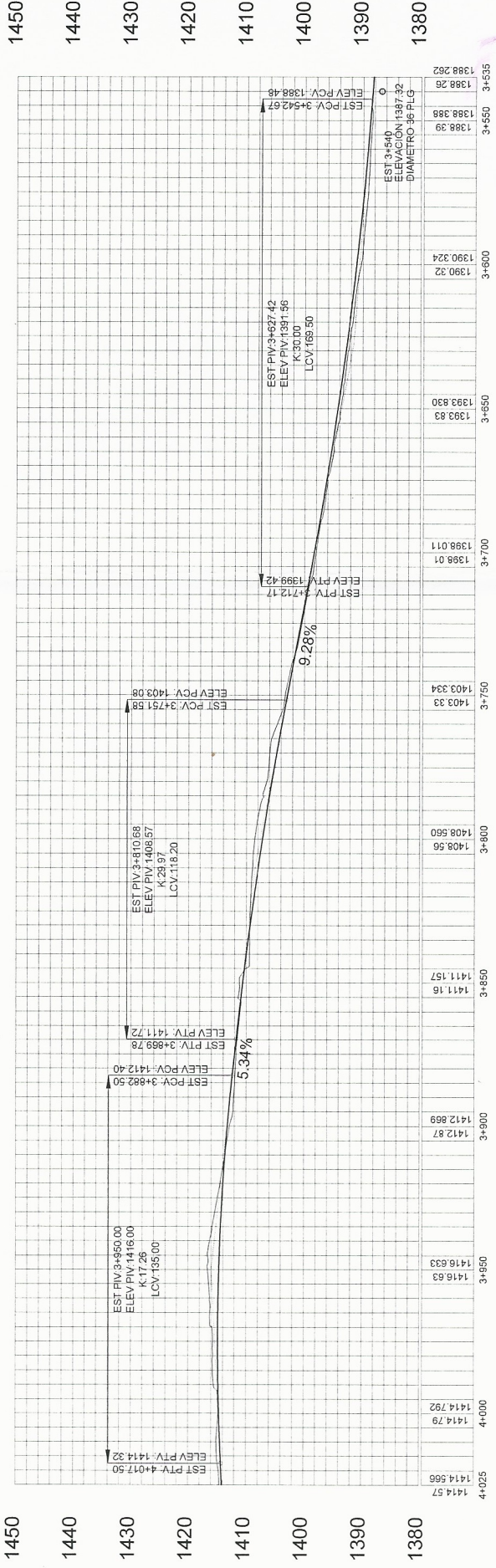
|  |  |   |                    |
|--|--|---|--------------------|
|  | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  | BOA: <b>08</b>     |
|  | FACULTAD DE INGENIERIA                 | EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO   | INDICADA: <b>6</b> |
|  | MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA           | PROYECTO: DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE DE SACACENS A LA ALDEA EL TABLÓN. | FECHA: 01/7/2017   |
|  |  | CONTENIDO: PLANTA PERFIL ESTACION 2+950 A 3+535   | BOA: <b>26</b>     |
|  |  | CULTUR: LUIS MALDONADO  | BOA: <b>6</b>      |
|  |  | ASOSOR: LUIS MALDONADO  | FECHA: 01/7/2017   |
|  |  | ASOSOR: LUIS MALDONADO GUZMAN   | BOA: <b>26</b>     |
|  |  | BOA: LUIS MALDONADO GUZMAN  | FECHA: 01/7/2017   |





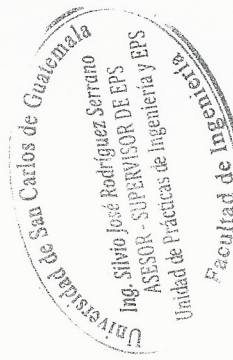
### PIANTA EST. 3+535 A 4+025

ESC: 1/1000

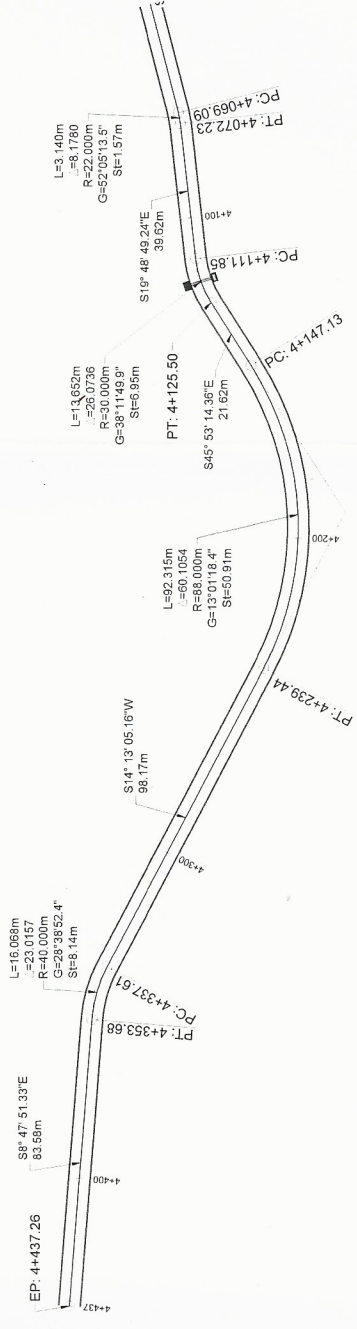


### PERFIL EST. 3+535 A 4+025

ESC H: 1/1000  
ESC V: 1/500

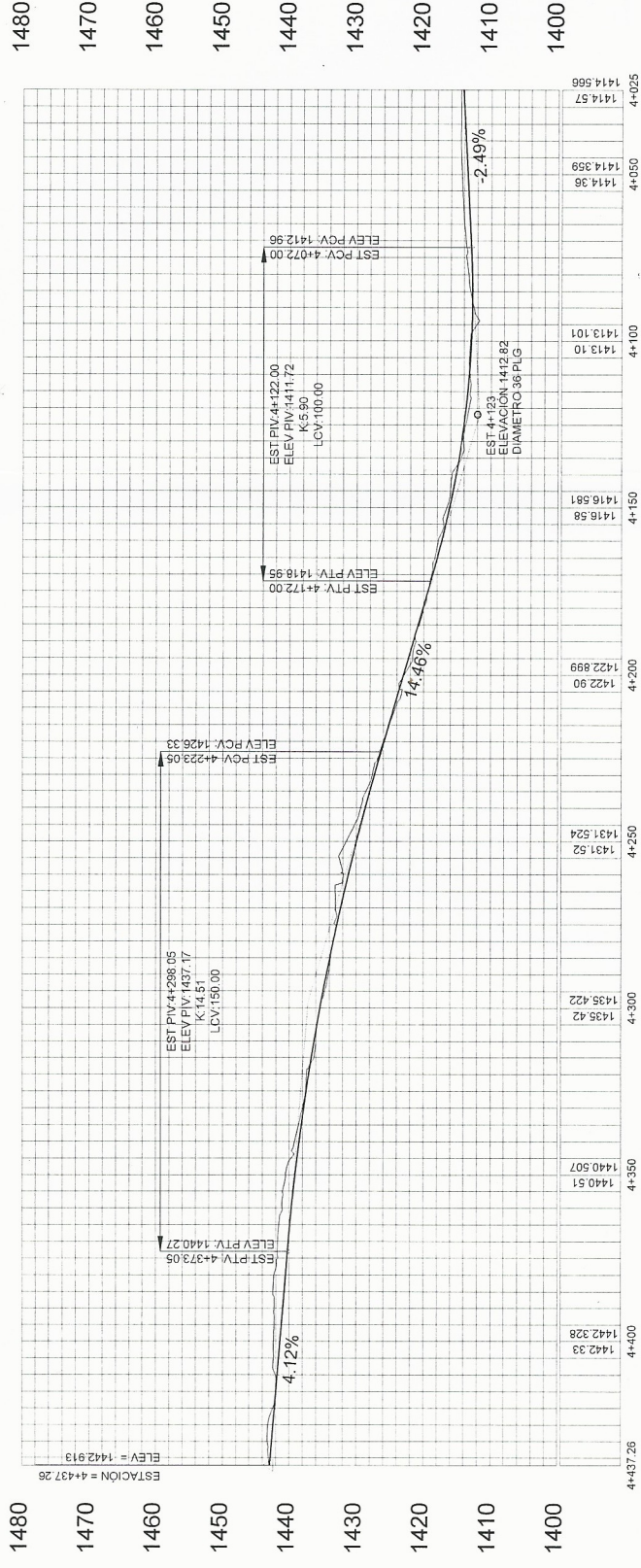


|   |   |
|---|---|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERÍA                              |   |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA                             |   |
| PROYECTO:<br>DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE DE<br>BARCENIS A LA ALDEA EL TABLÓN. | CONTENIDO:<br>PLANTA PERFIL<br>ESTACION 3+535 A 4+025 |
| CARRERA:<br>INGENIERÍA CIVIL  | ESCALA:<br>HORIZONTAL<br>1:500                        |
| PROFESOR:<br>ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO   | FECHA:<br>OCT/2017                                    |
| ASISTENTE:<br>ING. CARLOS MALDONADO GIZMAN  | BOLETÍN:<br>09  |
| BOLETÍN:<br>26  |   |



# PLANTA EST. 4+025 A 4+437.26

ESC: 1/1000



# PERFIL EST. 4+025 A 4+437.26

ESC H: 1/1000  
ESC V: 1/500



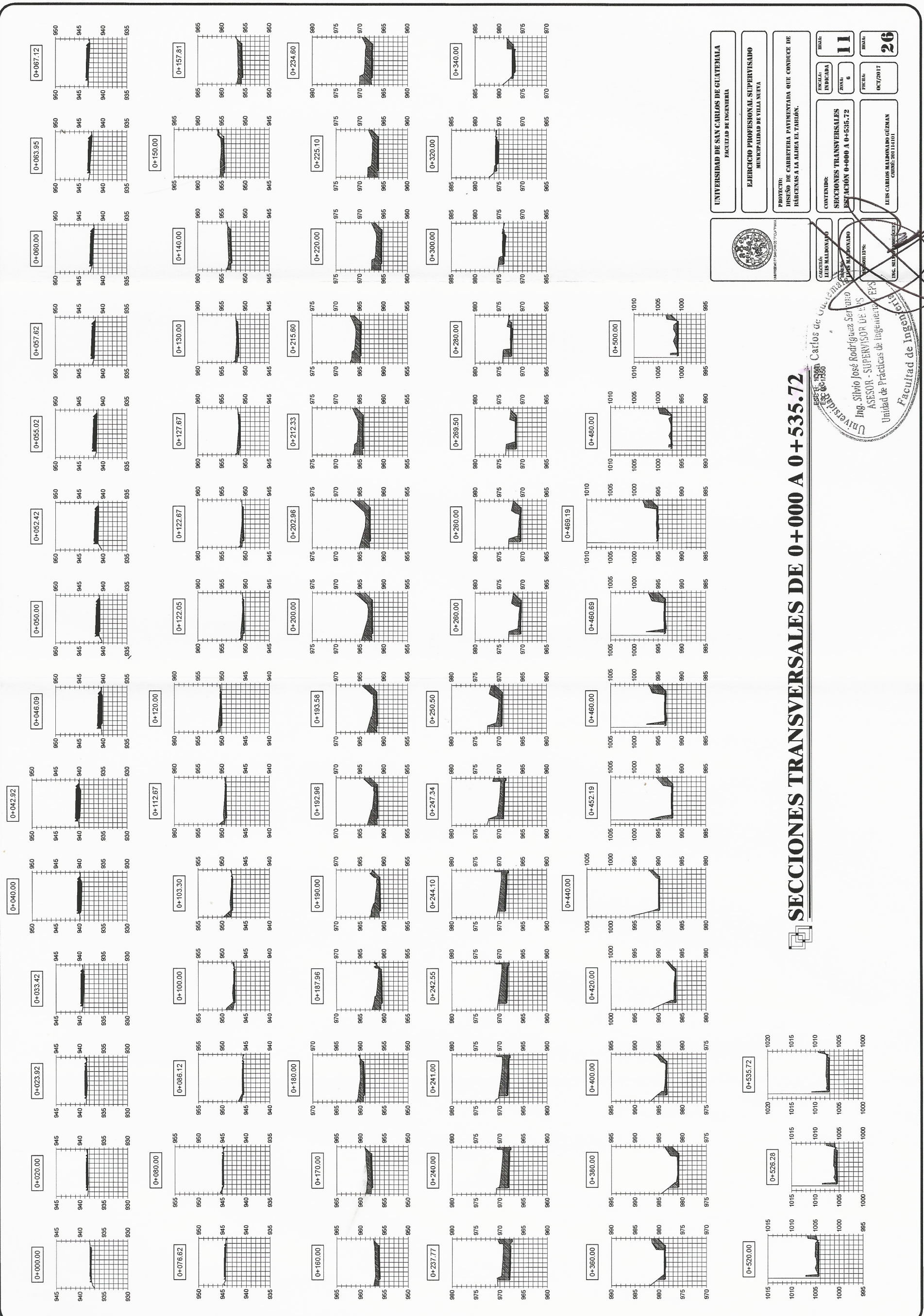
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

PROYECTO: DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE DE SACACENS A LA ALDEA EL TABLÓN.  
CONTENIDO: PLANTA PERFIL ESTACION 4+025 A 4+437.26  
ESQUEMA: PLAN ALMORZADO  
FECHA: 06/7/2017  
BOZA: 26

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

ING. CARLOS MALDONADO GIZMAN  
CURSE SOLILLÓN





**SECCIONES TRANSVERSALES DE 0+000 A 0+535.72**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

PROYECTO:  
DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE DE  
MARCENSA A LA ALDEA EL TABLÓN.

CONTENIDO:  
SECCIONES TRANSVERSALES  
ESTACION 0+000 A 0+535.72

FECHA: OCT/2017

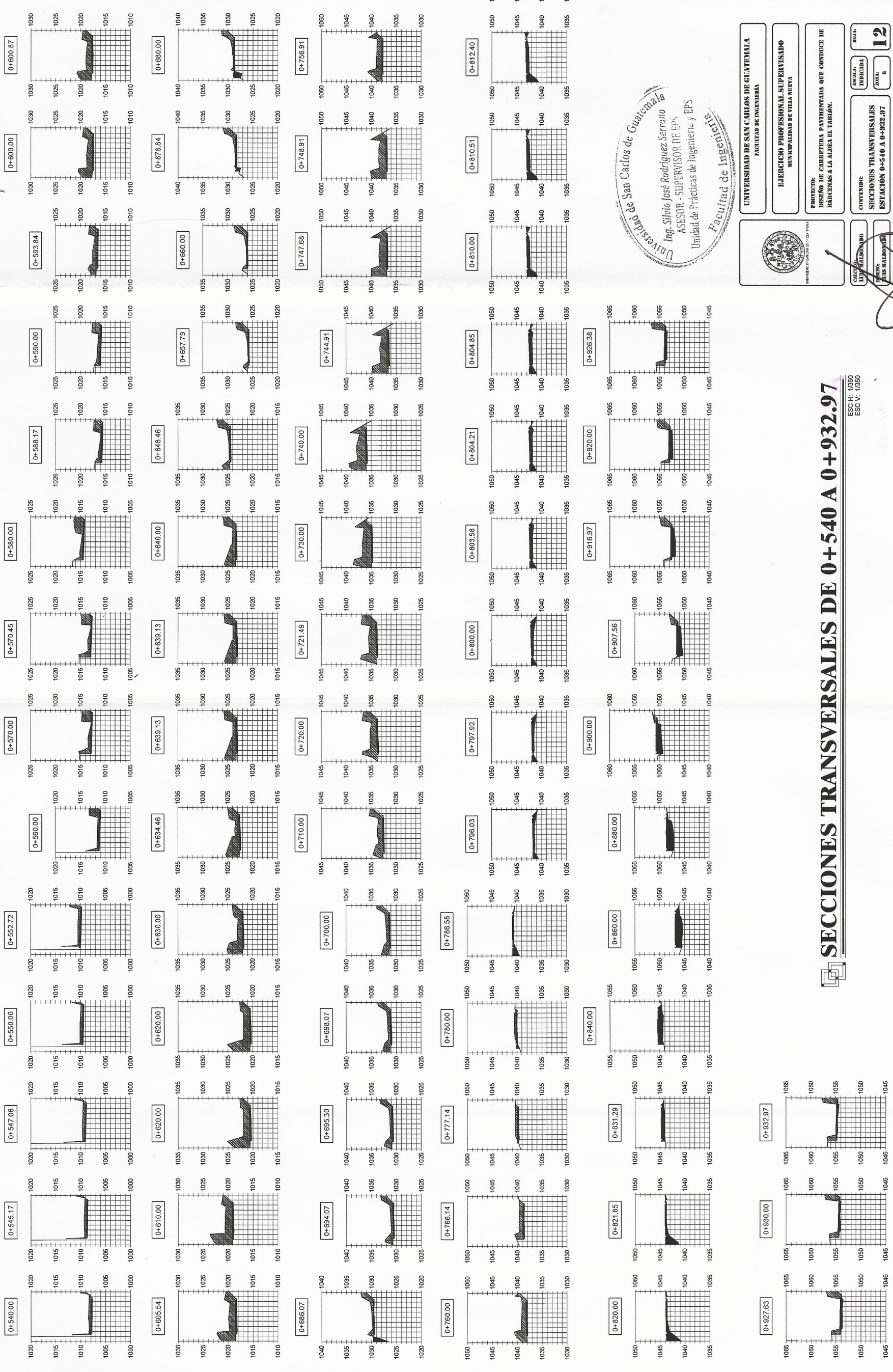
BOLETIN: 11

BOLETIN: 26

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

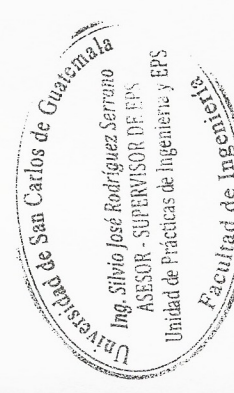
Ing. Silvio José Rodríguez Servino  
ASESOR - SUPERVISOR DE OBRAS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería - EPS

Facultad de Ingeniería



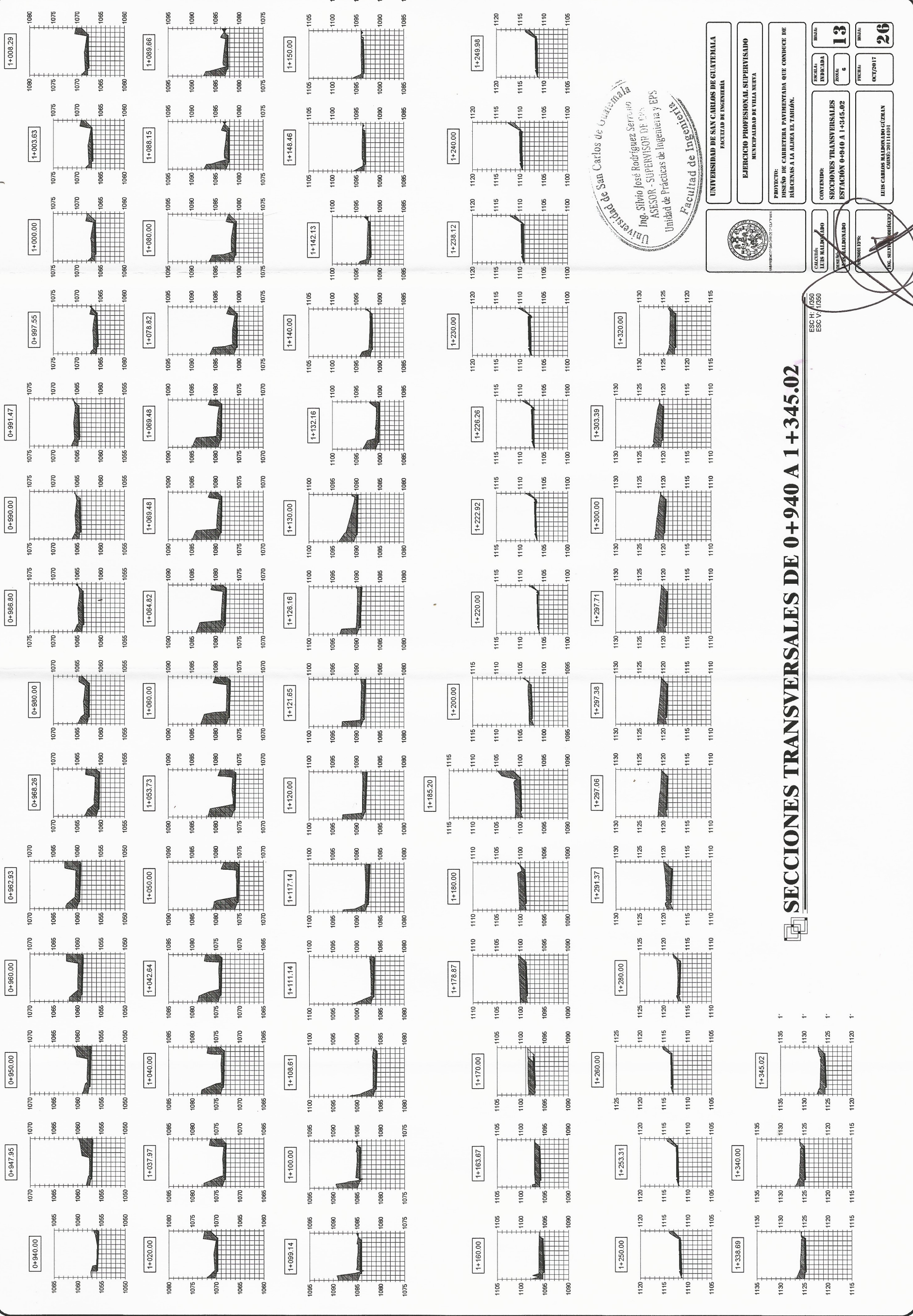
**SECCIONES TRANSVERSALES DE 0+540 A 0+932.97**

ESC.H: 1/350  
ESC.V: 1/350



|   |  |   |             |
|---|--|---|-------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA                              |  | EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA |             |
| PROYECTO:<br>DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE DE<br>BARCENAS A LA ALDEA EL TABLÓN. |  |   |             |
| CONTENIDO:<br>SECCIONES TRANSVERSALES<br>ESTACION 0+540 A 0+932.97                            |  | HOJA:<br>INDICADA<br>TOTAL: 6                                     | HOJA:<br>12 |
| AUTOR:<br>LUIS MALDONADO  |  | FECHA:<br>OCT/2017  |             |
| REVISOR:<br>LUIS MALDONADO  |  | DISEÑADOR:<br>LUIS MALDONADO                                      |             |
| APROBADO:<br>LUIS MALDONADO   |  | DISEÑADOR:<br>LUIS MALDONADO                                      |             |

LUIS CARLOS MALDONADO GUTIERREZ  
CARRERA: INGENIERIA

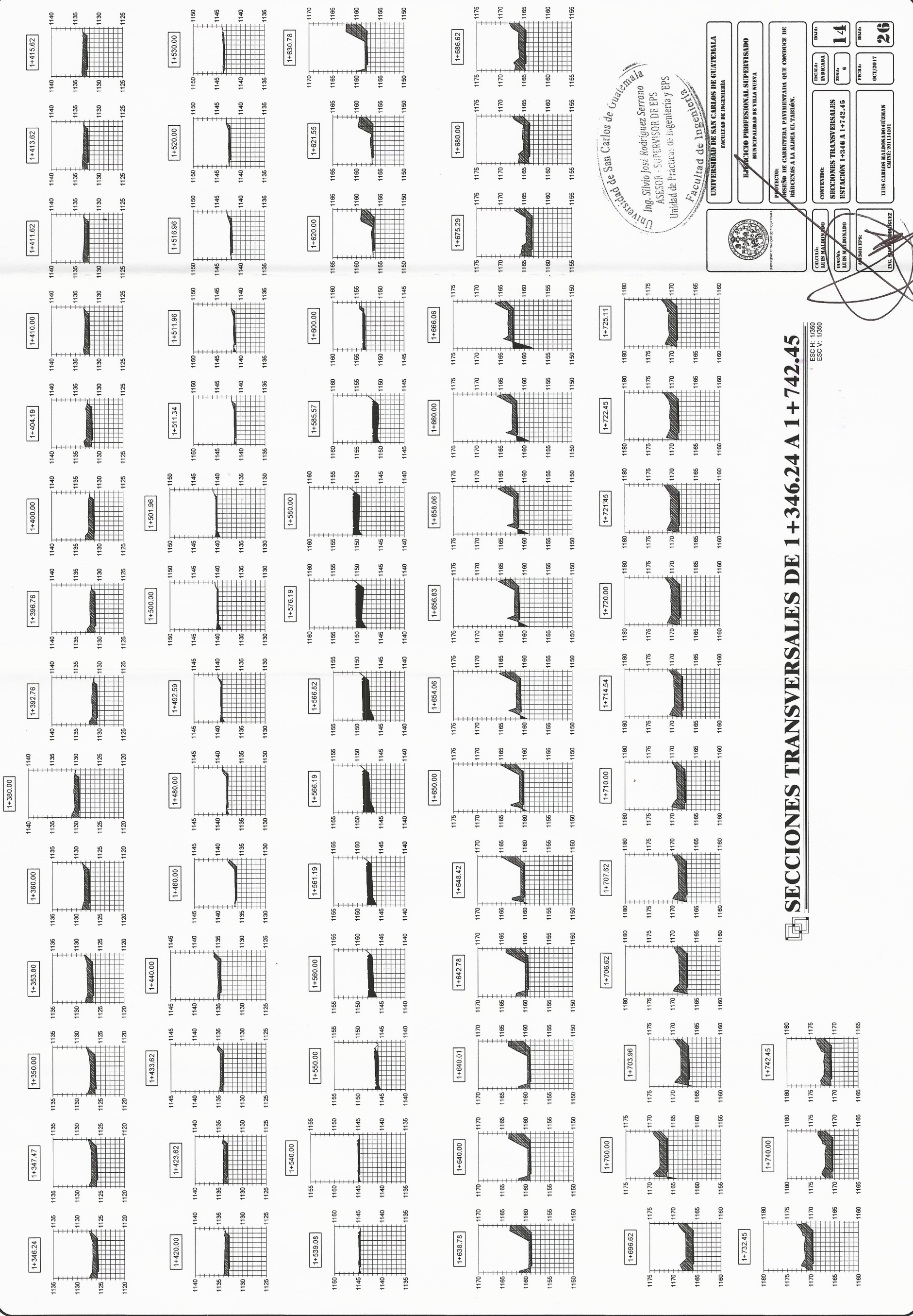


Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
 ASESOR - SUPERVISOR DE OBRAS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería

|   |                                  |
|---|----------------------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA                              |                                  |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA                             |                                  |
| PROYECTO:<br>DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE DE<br>BARCENAS A LA ALDEA EL TABLÓN. |                                  |
| FECHA:<br>OCT/2017  | HOJA:<br>13                      |
| CONTENIDO:<br>SECCIONES TRANSVERSALES<br>ESTACION 0+940 A 1+345.02                            | FECHA:<br>OCT/2017               |
| PROYECTANTE:<br>ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO  | REVISOR:<br>ING. SALVADOR GUZMÁN |
| APROBADO:<br>ING. SALVADOR GUZMÁN   | FECHA:<br>OCT/2017               |

## SECCIONES TRANSVERSALES DE 0+940 A 1+345.02

ESC. H: 1/350  
ESC. V: 1/350



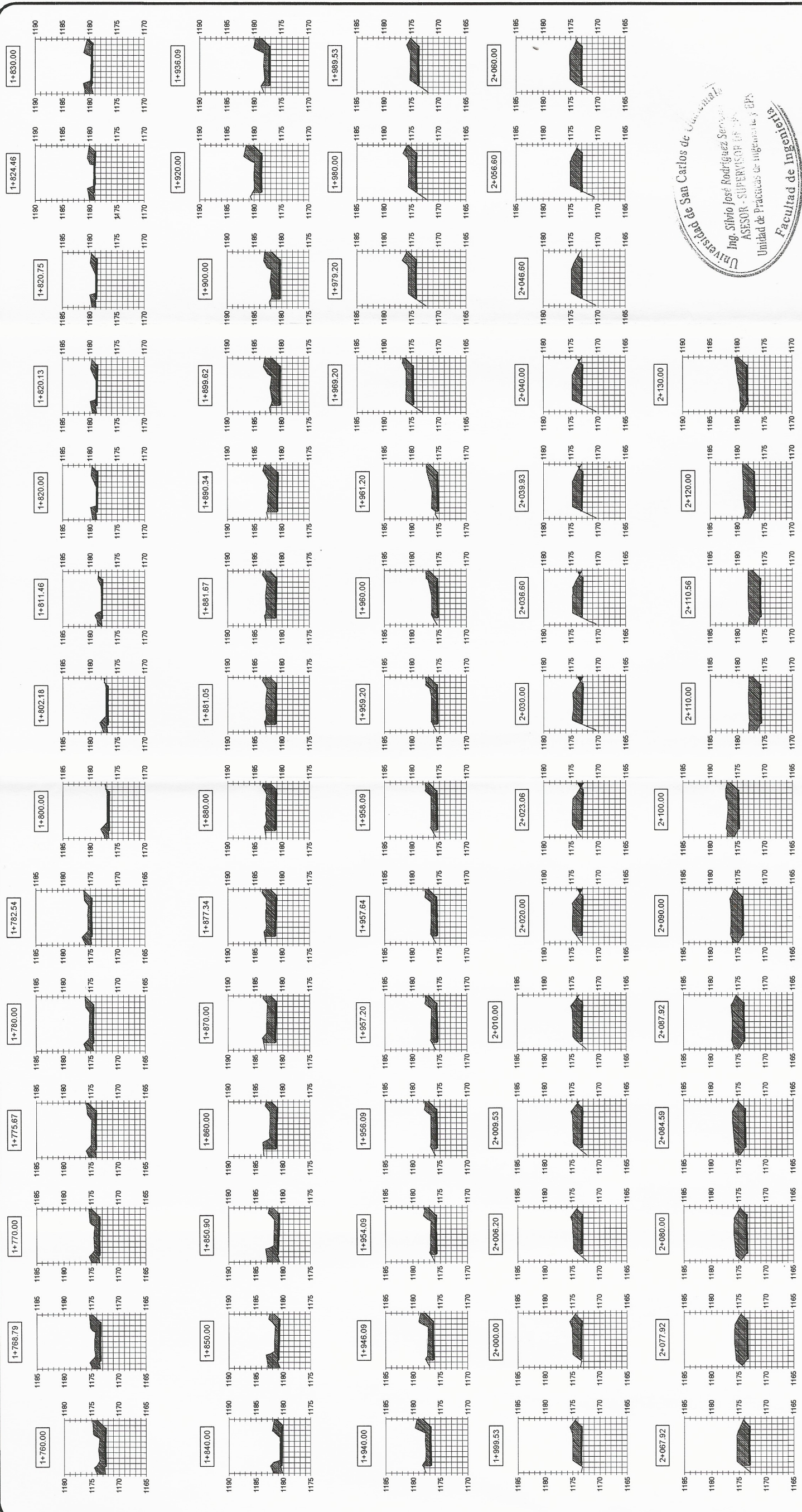
**SECCIONES TRANSVERSALES DE 1+346.24 A 1+742.45**

ESC H: 1/350  
ESC V: 1/350


Universidad San Carlos de Guatemala  
Ing. Simón José Rodríguez Serrano  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

|   |                    |   |               |
|---|--------------------|---|---------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA                              |                    | EJECUCIÓN PROFESIONAL SUPERVISADA<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA |               |
| PROYECTO:<br>DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE DE<br>BARCENAS A LA ALDEA EL TABLÓN. |                    |   |               |
| CALIDAD:<br>EPS MALDONADO   | FECHA:<br>OCT/2017 | BOLETA:<br>14   | BOLETA:<br>26 |
| CONTEUDO:<br>SECCIONES TRANSVERSALES<br>ESTACIÓN 1+346 A 1+742-45                             |                    | FECHA:<br>OCT/2017  |               |
| ELABORADO POR:<br>ING. CARLOS MALDONADO GUZMAN<br>CARRERA 20111401                            |                    |   |               |

*[Handwritten signature]*

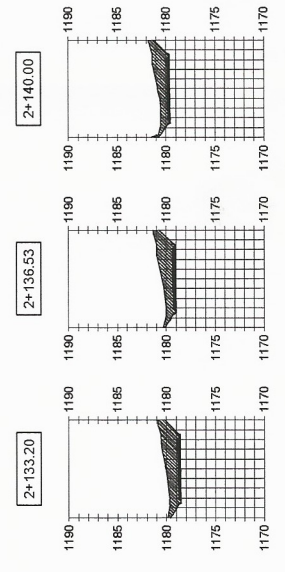


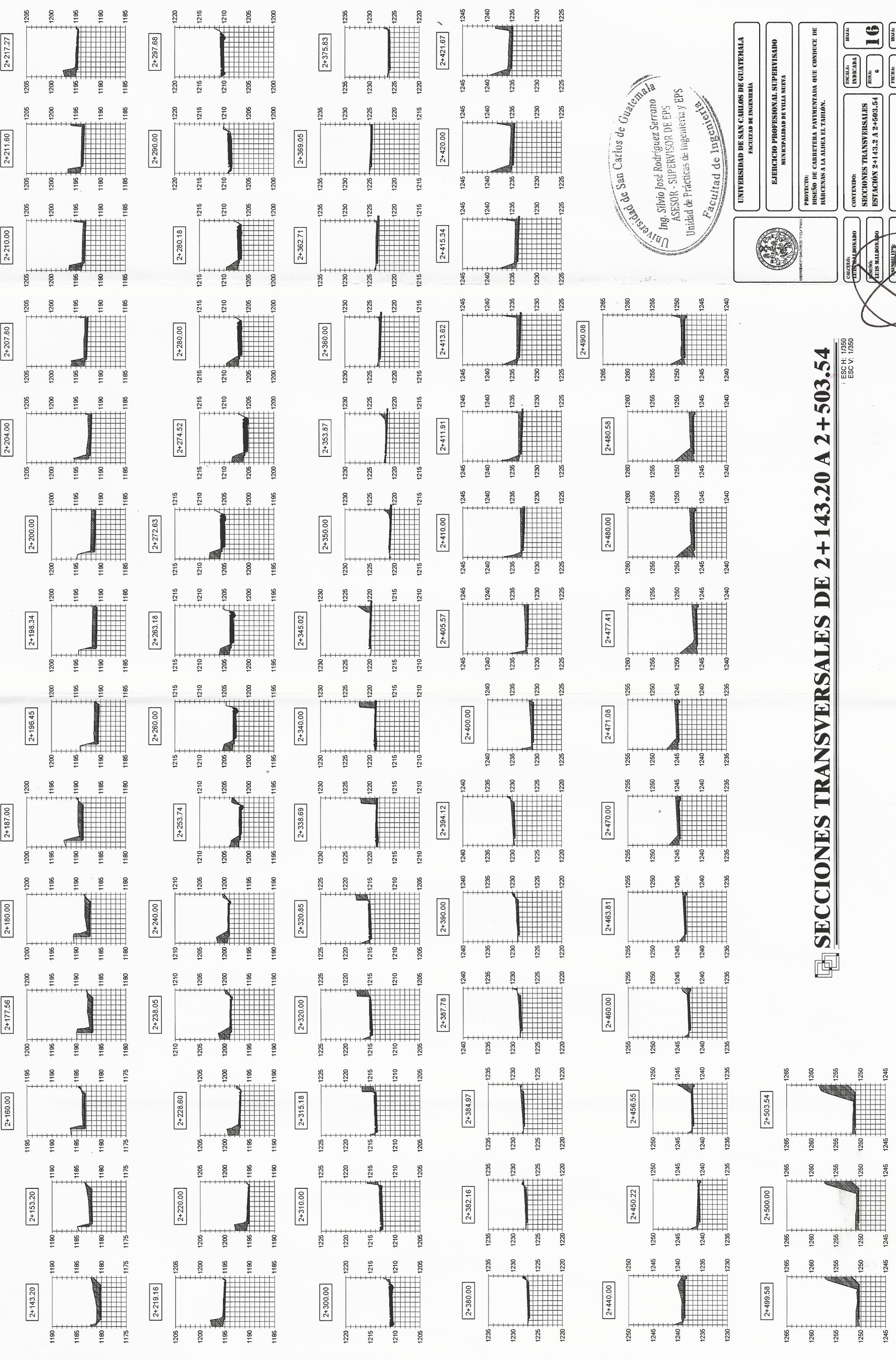
Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
 ASESOR - SUPERVISOR DE OBRAS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería Civil  
 Facultad de Ingeniería

|   |  |   |   |   |
|---|--|---|---|---|
| <br>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA | <b>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</b><br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA | PROYECTO:<br>DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE DE<br>HERRERAS A LA ALDEA EL TABLÓN. | FECHA:<br><b>15</b><br>INDICADA<br>FOLIO: 6 | FECHA:<br><b>26</b><br>INDICADA<br>OCT/2017 |
| CONTENIDO:<br><b>SECCIONES TRANSVERSALES</b><br>ESTACIÓN 1+740 A 0+2+140  |  | LUIS CARLOS MALDONADO MUGERMAN<br>COMIS-20111401  |   |   |
| CALIDAD:<br>LUIS MALDONADO  |  | ASISTENTE DE:<br>SILVIO RODRIGUEZ   |   |   |

## SECCIONES TRANSVERSALES DE 1+760 A 2+140

ESC. H: 1750  
 ESC. V: 1750





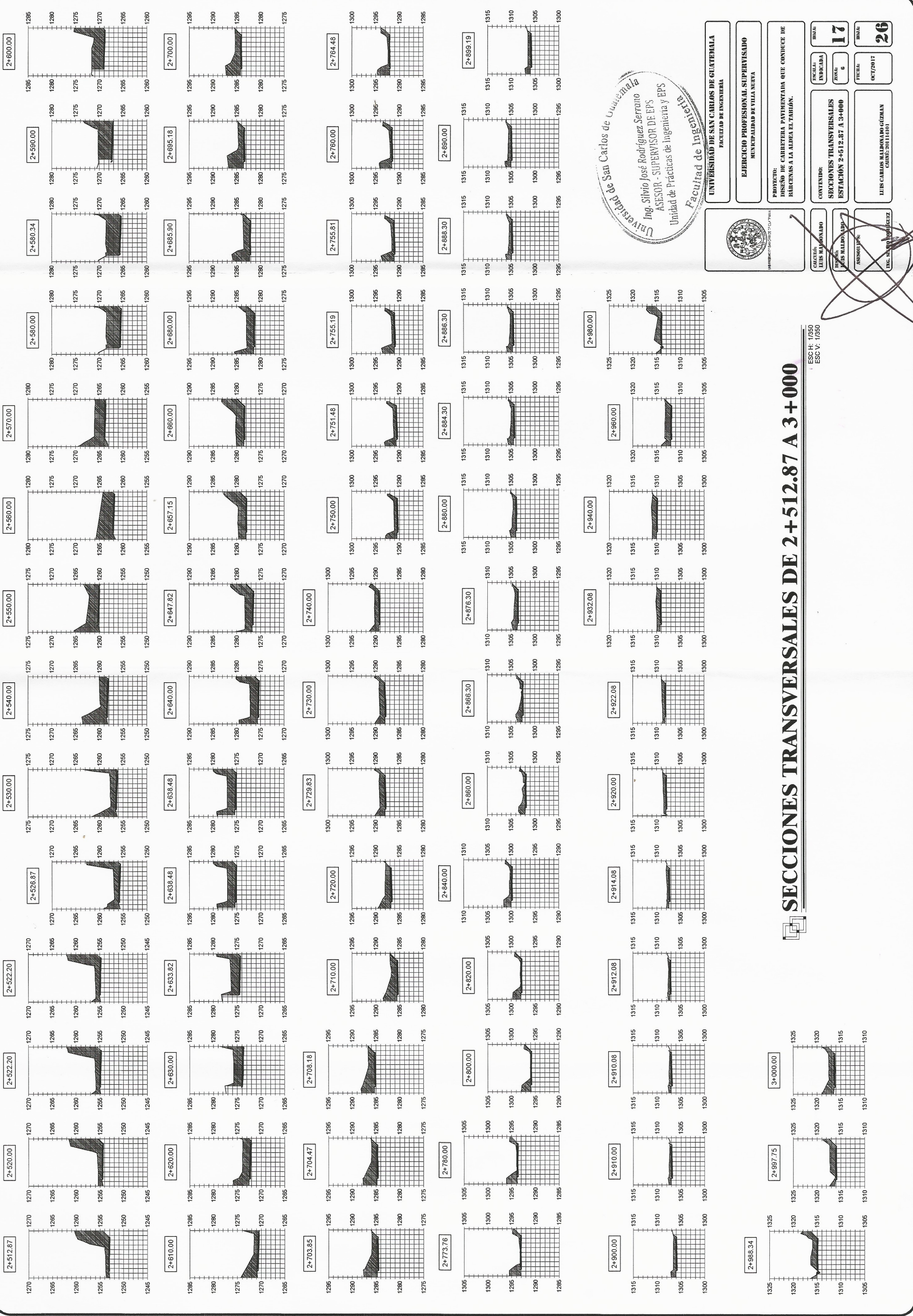
# SECCIONES TRANSVERSALES DE 2+143.20 A 2+503.54

ESC.H: 1/350  
ESC.V: 1/350

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

|  |                    |  |                   |
|--|--------------------|--|-------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA                           |                    | EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA    |                   |
| PROYECTO:<br>DISEÑO DE CARRERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE DE<br>BARCENAS A LA ALDEA EL TABÓN. |                    | CONTENIDO:<br>SECCIONES TRANSVERSALES<br>ESTACION 2+143.2 A 2+503.54 |                   |
| CARRERA<br>CARRERA MALDONADO   | ESCALA<br>INDICADA | HOJA<br>16   | FECHA<br>OCT/2017 |
| ING. CARLOS MALDONADO GUTIERREZ<br>CARRERA 20111001  |                    | ING. CARLOS MALDONADO GUTIERREZ<br>CARRERA 20111001                  |                   |

*[Handwritten signature and stamp]*



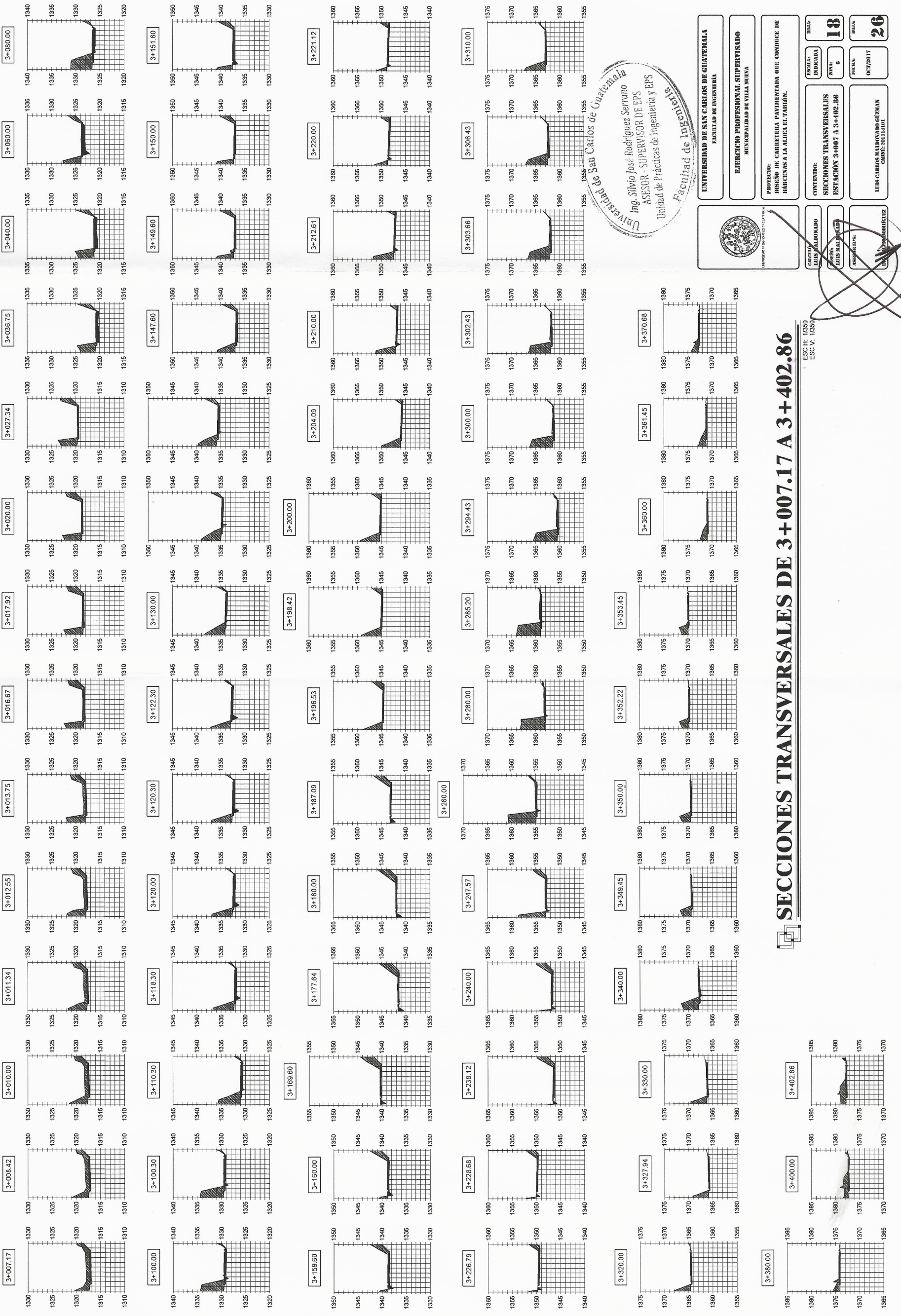
Universidad San Carlos de Guatemala  
 Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA  
 PROYECTO:  
 DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE DE  
 BAUCINES A LA ALDEA EL TARDÓN.  
 CONTENIDO:  
 SECCIONES TRANSVERSALES  
 ESTACION 2+512.87 A 3+000  
 FECHA:  
 17  
 26  
 OBTENIDO POR:  
 LUIS MALDONADO  
 ASISTENTE DE EPS  
 LUIS MALDONADO  
 LUIS MALDONADO

**SECCIONES TRANSVERSALES DE 2+512.87 A 3+000**

ESC H: 1/350  
 ESC V: 1/350



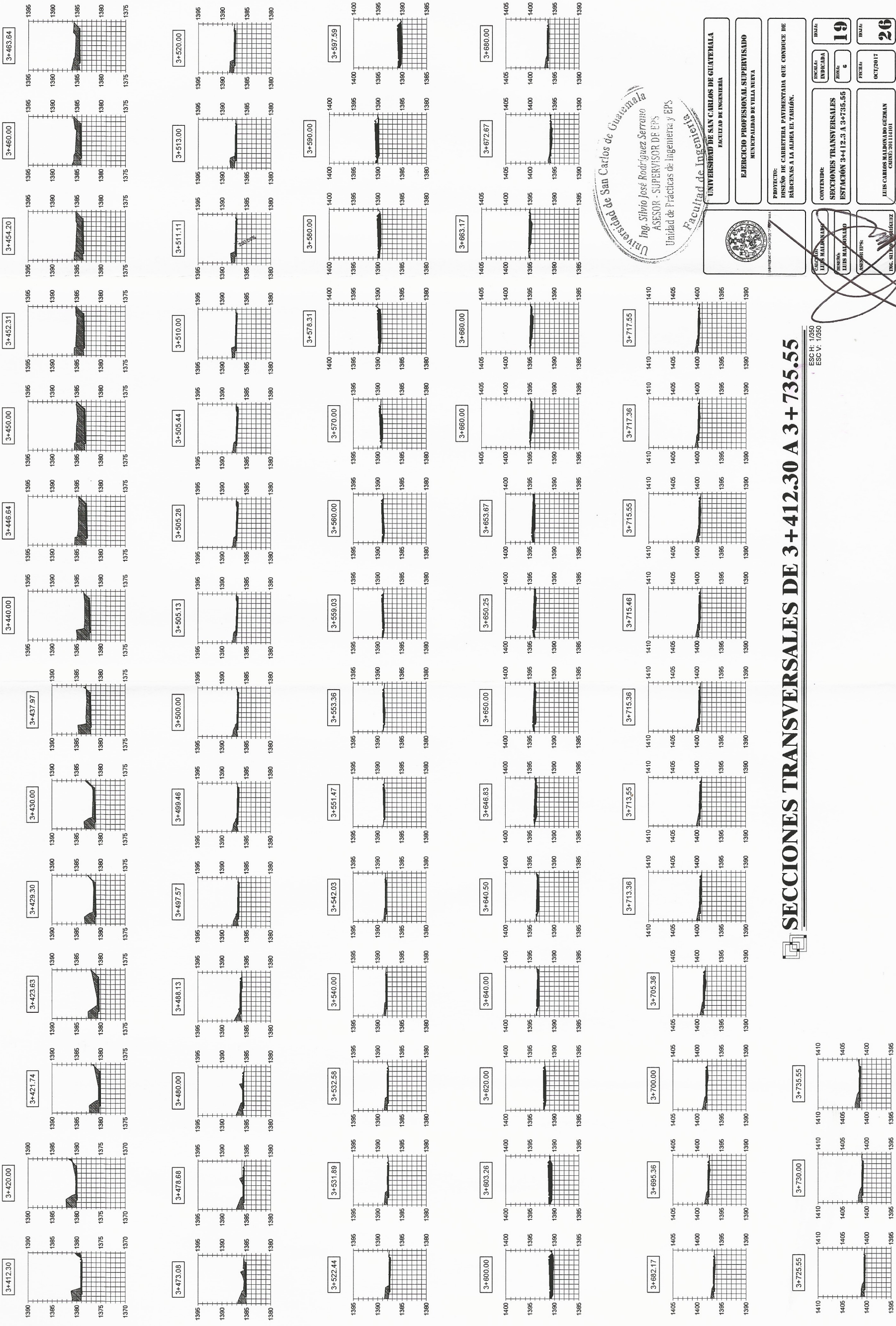
Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería

|   |  |   |  |
|---|--|---|--|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA                        |  | EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA                   |  |
|      |  |  |  |
| PROYECTO: DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE DE BARRERAS A LA ALDEA EL TARDÓN. |  |   |  |
| CATEGORIA: III<br>MUNICIPIO: VILLA NUEVA<br>ASISTENTE:                                  |  | FECHA: 18<br>ZONA: 6<br>FECHA: OCT/2017   |  |
| CONTENIDO:<br>SECCIONES TRANSVERSALES<br>ESTACION 3+007 A 3+402.86                      |  | ELABORADO POR:<br>IUR CABRIS BALDADO GUZMAN<br>CORRE: 2011101                       |  |

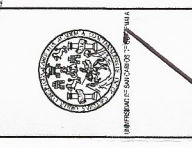
## SECCIONES TRANSVERSALES DE 3+007.17 A 3+402.86

ESC H: 1/350  
 ESC V: 1/350





Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
 ASesor - SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería



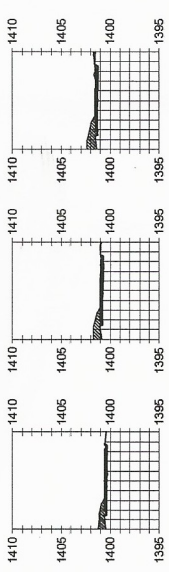
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

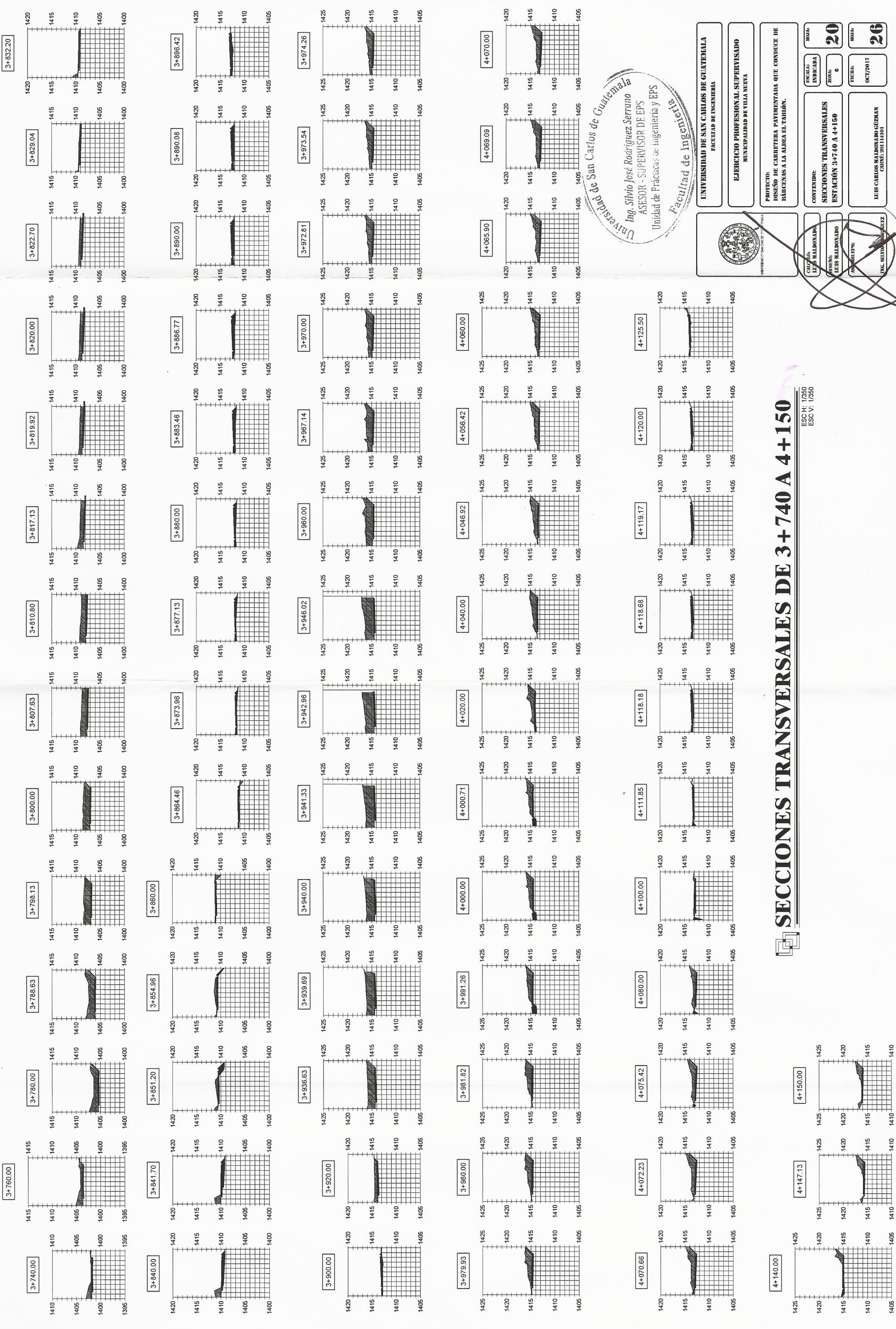
PROYECTO: PASADIZO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE DE BARRUCENAS A LA ALDEA EL TALLÓN.  
 CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES ESTACION 3+412.30 A 3+735.55  
 ESCALA: INDICADA  
 FOLIO: 19  
 FECHA: OCT/2017

ELABORADO POR: LUIS MALDONADO  
 REVISADO POR: LUIS MALDONADO  
 APROBADO POR: LUIS MALDONADO  
 ING. SILVIO RODRIGUEZ

ESC H: 1/500  
 ESC V: 1/500

# SECCIONES TRANSVERSALES DE 3+412.30 A 3+735.55



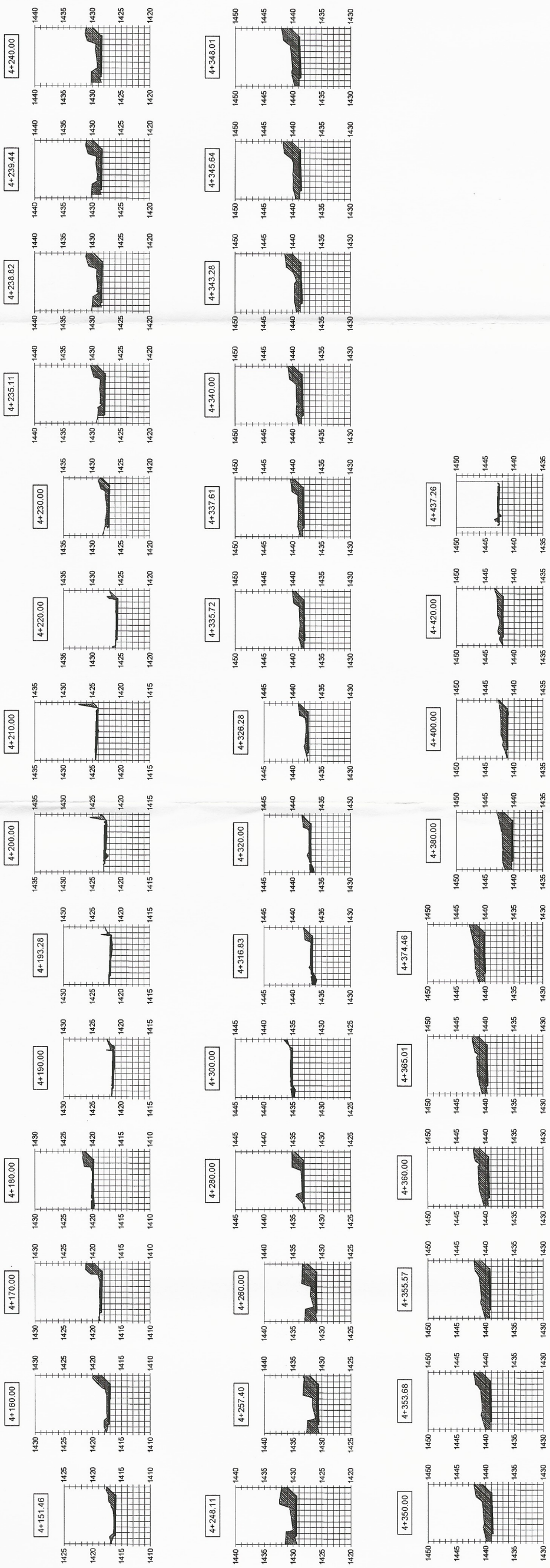


Universidad de Guatemala  
 Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería

|   |  |   |  |
|---|--|---|--|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA                              |  | EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA |  |
| PROYECTO:<br>DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE DE<br>BARCENAS A LA ALDEA EL TABLÓN. |  | ESTACION: 3+740 A 4+150   |  |
| CONTENER:<br>SECCIONES TRANSVERSALES  |  | FECHA: OCT/2017   |  |
| AUTOR:<br>ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO  |  | FECHA: 2011/10/01   |  |
| CLIENTE:<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA  |  | FECHA: 2011/10/01   |  |
| PROYECTO:<br>DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE DE<br>BARCENAS A LA ALDEA EL TABLÓN. |  | FECHA: 2011/10/01   |  |
| CONTENER:<br>SECCIONES TRANSVERSALES  |  | FECHA: 2011/10/01   |  |
| AUTOR:<br>ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO  |  | FECHA: 2011/10/01   |  |
| CLIENTE:<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA  |  | FECHA: 2011/10/01   |  |


## SECCIONES TRANSVERSALES DE 3+740 A 4+150

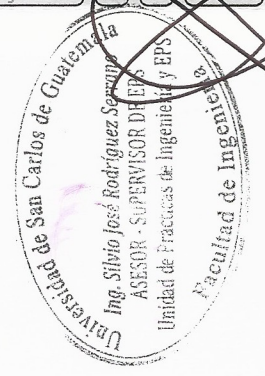
ESC H: 1/350  
 ESC V: 1/350



## SECCIONES TRANSVERSALES DE 4+151.46 A 4+437.26

ESC H: 1/500  
ESC V: 1/500

|   |  |  |  |                                 |
|---|--|--|--|---------------------------------|
| <br>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA | <b>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</b><br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA | PROYECTO:<br>DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE DE<br>BUCENASA LA ALDEA EL TARDIÁN. | ESCALA:<br>INDICADA<br><b>21</b><br>ZONA:<br>C | FECHA:<br>OCT/2017<br><b>26</b> |
| CONTENIDO:<br><b>SECCIONES TRANSVERSALES</b><br>ESTACION 4+151.5 A 4+437.26   |  | LUIS CARRIOS MALDONADO GÓMEZ<br>CARRIOS: 201111001   |  |                                 |
| CONSULTA:<br>LUIS MALDONADO   |  | ASISTENTE:<br>ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SEPULVEDA   |  |                                 |



| Tabla de volumen total |                 |               |                    |                  |                              |                            |
|------------------------|-----------------|---------------|--------------------|------------------|------------------------------|----------------------------|
| Estación               | Área de relleno | Área de corte | Volumen de relleno | Volumen de corte | Volumen acumulado de relleno | Volumen acumulado de corte |
| 0+000.00               | 0.07            | 1.61          | 0.00               | 0.00             | 0.00                         | 0.00                       |
| 0+020.00               | 1.18            | 0.03          | 12.43              | 16.40            | 12.43                        | 16.40                      |
| 0+023.92               | 1.80            | 0.00          | 5.44               | 0.05             | 17.87                        | 16.45                      |
| 0+033.42               | 3.67            | 0.00          | 42.88              | 0.00             | 20.31                        | 16.45                      |
| 0+040.00               | 5.28            | 0.00          | 72.31              | 0.00             | 25.59                        | 16.45                      |
| 0+042.92               | 6.01            | 0.00          | 88.80              | 0.00             | 33.59                        | 16.45                      |
| 0+046.09               | 5.47            | 0.00          | 108.89             | 0.00             | 40.48                        | 16.45                      |
| 0+050.00               | 4.84            | 0.01          | 127.16             | 0.02             | 45.32                        | 16.47                      |
| 0+052.42               | 4.87            | 0.02          | 117.9              | 0.03             | 49.95                        | 16.50                      |
| 0+055.02               | 4.43            | 0.01          | 111.93             | 0.03             | 53.88                        | 16.53                      |
| 0+057.82               | 3.77            | 0.01          | 101.98             | 0.02             | 57.65                        | 16.56                      |
| 0+060.00               | 3.32            | 0.01          | 89.31              | 0.02             | 60.97                        | 16.57                      |
| 0+063.95               | 3.37            | 0.04          | 122.77             | 0.08             | 64.34                        | 16.65                      |
| 0+067.12               | 2.58            | 0.03          | 94.3               | 0.11             | 66.78                        | 16.77                      |
| 0+076.62               | 0.75            | 0.01          | 207.78             | 0.20             | 68.83                        | 16.96                      |
| 0+080.00               | 0.49            | 0.25          | 2.10               | 0.43             | 69.07                        | 17.39                      |
| 0+086.12               | 0.20            | 1.18          | 2.10               | 4.37             | 71.17                        | 21.76                      |
| 0+100.00               | 0.22            | 2.88          | 28.86              | 28.86            | 71.46                        | 50.72                      |
| 0+103.30               | 0.02            | 3.71          | 0.40               | 11.04            | 71.86                        | 61.76                      |
| 0+112.87               | 0.15            | 3.71          | 0.80               | 34.78            | 72.66                        | 96.54                      |
| 0+120.00               | 0.11            | 3.37          | 0.80               | 25.95            | 73.46                        | 122.49                     |
| 0+122.06               | 0.08            | 3.30          | 0.20               | 6.93             | 73.66                        | 129.32                     |
| 0+122.67               | 0.04            | 3.26          | 0.04               | 2.05             | 73.70                        | 131.38                     |
| 0+127.87               | 0.03            | 3.42          | 0.19               | 16.36            | 73.89                        | 147.74                     |
| 0+130.00               | 0.05            | 3.58          | 0.10               | 8.00             | 74.04                        | 155.74                     |
| 0+140.00               | 0.01            | 5.25          | 0.29               | 43.59            | 74.33                        | 198.33                     |
| 0+150.00               | 0.00            | 5.64          | 0.03               | 53.79            | 74.36                        | 253.11                     |
| 0+157.81               | 0.00            | 7.78          | 0.00               | 51.84            | 74.36                        | 304.96                     |
| 0+170.00               | 0.01            | 9.34          | 0.04               | 17.55            | 74.40                        | 322.51                     |
| 0+180.00               | 0.00            | 8.80          | 0.01               | 89.76            | 74.41                        | 410.87                     |
| 0+187.96               | 0.21            | 10.30         | 0.92               | 74.66            | 74.67                        | 500.43                     |
| 0+190.00               | 0.00            | 10.88         | 0.23               | 21.24            | 74.91                        | 575.09                     |
| 0+192.96               | 0.00            | 12.09         | 0.00               | 33.57            | 75.15                        | 596.33                     |
| 0+193.58               | 0.00            | 12.76         | 0.00               | 7.77             | 75.23                        | 637.68                     |
| 0+200.00               | 0.00            | 14.40         | 0.00               | 87.14            | 75.37                        | 724.82                     |
| 0+202.96               | 0.00            | 15.24         | 0.00               | 43.83            | 75.41                        | 768.65                     |
| 0+212.33               | 0.00            | 13.32         | 0.00               | 133.87           | 75.41                        | 902.52                     |
| 0+215.60               | 0.00            | 14.30         | 0.00               | 44.39            | 75.41                        | 946.91                     |
| 0+220.00               | 0.00            | 14.13         | 0.00               | 61.48            | 75.41                        | 1008.39                    |
| 0+225.10               | 0.00            | 14.30         | 0.00               | 72.53            | 75.41                        | 1080.92                    |
| 0+234.60               | 0.00            | 16.61         | 0.00               | 146.82           | 75.41                        | 1227.75                    |
| 0+237.77               | 0.00            | 15.78         | 0.00               | 51.30            | 75.41                        | 1279.04                    |
| 0+240.00               | 0.00            | 14.56         | 0.00               | 29.90            | 75.41                        | 1308.94                    |
| 0+241.00               | 0.00            | 14.04         | 0.00               | 12.63            | 75.41                        | 1321.57                    |
| 0+242.55               | 0.00            | 13.80         | 0.00               | 19.21            | 75.41                        | 1340.78                    |
| 0+244.10               | 0.00            | 12.11         | 0.00               | 17.93            | 75.41                        | 1358.71                    |
| 0+247.34               | 0.00            | 10.51         | 0.00               | 32.70            | 75.41                        | 1391.41                    |
| 0+250.50               | 0.00            | 11.66         | 0.00               | 35.10            | 75.41                        | 1426.52                    |
| 0+260.00               | 0.00            | 8.19          | 0.00               | 84.25            | 75.41                        | 1520.77                    |

| Tabla de volumen total |                 |               |                    |                  |                              |                            |
|------------------------|-----------------|---------------|--------------------|------------------|------------------------------|----------------------------|
| Estación               | Área de relleno | Área de corte | Volumen de relleno | Volumen de corte | Volumen acumulado de relleno | Volumen acumulado de corte |
| 0+260.00               | 0.00            | 8.19          | 0.00               | 0.02             | 218.07                       | 1520.79                    |
| 0+269.50               | 0.02            | 5.18          | 0.11               | 63.49            | 218.18                       | 1584.27                    |
| 0+280.00               | 1.18            | 3.58          | 6.29               | 45.97            | 224.47                       | 1630.24                    |
| 0+300.00               | 1.75            | 1.76          | 29.24              | 53.45            | 253.71                       | 1683.69                    |
| 0+320.00               | 2.06            | 0.74          | 38.13              | 25.03            | 291.84                       | 1708.72                    |
| 0+360.00               | 0.76            | 5.74          | 30.43              | 80.63            | 322.27                       | 1819.97                    |
| 0+380.00               | 0.00            | 6.71          | 7.58               | 124.55           | 329.85                       | 1944.51                    |
| 0+400.00               | 0.00            | 4.80          | 0.00               | 115.18           | 329.85                       | 2059.70                    |
| 0+420.00               | 0.00            | 4.09          | 0.00               | 88.97            | 329.85                       | 2148.66                    |
| 0+440.00               | 0.16            | 2.26          | 1.60               | 63.52            | 329.85                       | 2212.18                    |
| 0+452.18               | 0.36            | 6.10          | 3.16               | 50.96            | 329.85                       | 2263.15                    |
| 0+460.00               | 0.56            | 6.85          | 3.60               | 49.50            | 329.85                       | 2312.64                    |
| 0+480.00               | 0.49            | 6.39          | 0.36               | 4.51             | 329.85                       | 2317.15                    |
| 0+488.19               | 0.69            | 4.07          | 5.00               | 44.13            | 329.85                       | 2361.28                    |
| 0+480.00               | 0.14            | 4.59          | 4.47               | 46.79            | 329.85                       | 2408.07                    |
| 0+500.00               | 0.09            | 6.46          | 2.28               | 110.50           | 329.85                       | 2518.56                    |
| 0+520.00               | 0.04            | 6.29          | 1.33               | 127.54           | 329.85                       | 2646.11                    |
| 0+526.28               | 0.05            | 6.13          | 0.29               | 36.99            | 329.85                       | 2683.09                    |
| 0+535.72               | 0.11            | 5.39          | 0.73               | 54.40            | 329.85                       | 2737.49                    |
| 0+545.17               | 0.00            | 5.41          | 0.12               | 27.85            | 329.85                       | 2765.32                    |
| 0+547.06               | 0.00            | 5.00          | 0.00               | 9.84             | 329.85                       | 2800.15                    |
| 0+550.00               | 0.00            | 5.35          | 0.00               | 14.91            | 329.85                       | 2815.06                    |
| 0+562.72               | 0.00            | 5.72          | 0.00               | 14.69            | 329.85                       | 2829.75                    |
| 0+580.00               | 0.00            | 7.48          | 0.00               | 46.19            | 329.85                       | 2875.94                    |
| 0+570.00               | 0.00            | 8.68          | 0.01               | 71.37            | 329.85                       | 2953.31                    |
| 0+570.45               | 0.00            | 8.61          | 0.00               | 3.83             | 329.85                       | 2957.14                    |
| 0+580.00               | 0.00            | 9.41          | 0.01               | 85.09            | 329.85                       | 3042.23                    |
| 0+588.17               | 0.00            | 7.85          | 0.00               | 67.80            | 329.85                       | 3108.03                    |
| 0+580.00               | 0.00            | 8.24          | 0.00               | 14.22            | 329.85                       | 3122.25                    |
| 0+583.84               | 0.00            | 11.59         | 0.00               | 37.43            | 329.85                       | 3159.68                    |
| 0+600.00               | 0.00            | 15.31         | 0.00               | 82.91            | 329.85                       | 3242.59                    |
| 0+600.87               | 0.00            | 15.88         | 0.00               | 13.56            | 329.85                       | 3256.15                    |
| 0+605.54               | 0.00            | 18.89         | 0.00               | 80.45            | 329.85                       | 3336.60                    |
| 0+610.00               | 0.00            | 21.07         | 0.00               | 88.09            | 329.85                       | 3424.69                    |
| 0+620.00               | 0.00            | 19.17         | 0.00               | 198.06           | 329.85                       | 3622.74                    |
| 0+620.00               | 0.00            | 19.17         | 0.00               | 0.05             | 329.85                       | 3622.79                    |
| 0+630.00               | 0.00            | 16.83         | 0.00               | 177.28           | 329.85                       | 3800.11                    |
| 0+634.46               | 0.00            | 17.28         | 0.00               | 75.10            | 329.85                       | 3875.17                    |
| 0+639.13               | 0.00            | 14.71         | 0.00               | 73.99            | 329.85                       | 3949.17                    |
| 0+639.13               | 0.00            | 14.71         | 0.00               | 0.01             | 329.85                       | 3949.17                    |
| 0+648.46               | 0.00            | 8.04          | 0.00               | 65.28            | 329.85                       | 4014.45                    |
| 0+657.79               | 0.00            | 6.27          | 0.00               | 66.79            | 329.85                       | 4121.81                    |
| 0+660.00               | 0.00            | 5.70          | 0.00               | 13.22            | 329.85                       | 4135.02                    |
| 0+676.84               | 0.49            | 4.82          | 4.17               | 88.55            | 401.80                       | 4223.57                    |
| 0+680.00               | 1.64            | 5.23          | 3.37               | 15.86            | 405.17                       | 4239.44                    |
| 0+686.07               | 1.79            | 6.39          | 10.43              | 35.26            | 415.60                       | 4274.70                    |
| 0+684.07               | 0.03            | 8.74          | 7.28               | 60.52            | 422.87                       | 4335.22                    |

| Tabla de volumen total |                 |               |                    |                  |                              |                            |
|------------------------|-----------------|---------------|--------------------|------------------|------------------------------|----------------------------|
| Estación               | Área de relleno | Área de corte | Volumen de relleno | Volumen de corte | Volumen acumulado de relleno | Volumen acumulado de corte |
| 0+686.30               | 0.00            | 8.65          | 0.02               | 10.70            | 422.89                       | 4345.92                    |
| 0+698.07               | 0.00            | 9.76          | 0.00               | 25.49            | 422.89                       | 4371.42                    |
| 0+700.00               | 0.00            | 9.84          | 0.00               | 18.97            | 422.89                       | 4390.39                    |
| 0+710.00               | 0.00            | 13.56         | 0.00               | 117.33           | 422.89                       | 4507.72                    |
| 0+720.00               | 0.00            | 17.26         | 0.01               | 154.08           | 422.90                       | 4661.79                    |
| 0+721.49               | 0.01            | 18.36         | 0.01               | 26.55            | 422.91                       | 4688.34                    |
| 0+730.00               | 0.01            | 20.24         | 0.08               | 183.53           | 422.98                       | 4871.88                    |
| 0+740.00               | 0.00            | 18.93         | 0.05               | 194.06           | 423.03                       | 5065.94                    |
| 0+744.91               | 0.00            | 18.33         | 0.00               | 90.59            | 423.03                       | 5156.53                    |
| 0+747.69               | 0.00            | 17.90         | 0.00               | 49.70            | 423.03                       | 5186.23                    |
| 0+748.91               | 0.00            | 17.73         | 0.00               | 21.92            | 423.03                       | 5208.15                    |
| 0+756.91               | 0.00            | 13.89         | 0.00               | 126.51           | 423.03                       | 5334.66                    |
| 0+760.00               | 0.00            | 12.54         | 0.00               | 40.85            | 423.03                       | 5375.51                    |
| 0+766.14               | 0.00            | 8.13          | 0.00               | 63.44            | 423.03                       | 5438.96                    |
| 0+777.14               | 0.00            | 4.31          | 0.03               | 69.40            | 423.06                       | 5507.35                    |
| 0+780.00               | 0.33            | 3.06          | 0.47               | 10.55            | 423.53                       | 5517.90                    |
| 0+786.59               | 1.96            | 0.77          | 7.52               | 12.59            | 431.06                       | 5530.49                    |
| 0+788.03               | 2.53            | 0.10          | 21.21              | 4.09             | 452.28                       | 5534.58                    |
| 0+797.82               | 3.61            | 0.03          | 5.80               | 0.12             | 458.07                       | 5534.70                    |
| 0+800.00               | 4.33            | 0.00          | 8.25               | 0.03             | 466.31                       | 5534.73                    |
| 0+803.59               | 4.92            | 0.02          | 16.35              | 0.03             | 482.67                       | 5534.77                    |
| 0+804.21               | 5.12            | 0.01          | 3.17               | 0.01             | 485.84                       | 5534.77                    |
| 0+804.85               | 5.33            | 0.00          | 3.30               | 0.00             | 489.14                       | 5534.77                    |
| 0+810.00               | 5.63            | 0.01          | 27.48              | 0.02             | 516.60                       | 5534.80                    |
| 0+810.51               | 5.70            | 0.01          | 2.90               | 0.01             | 519.50                       | 5534.80                    |
| 0+812.40               | 5.70            | 0.01          | 10.77              | 0.03             | 530.27                       | 5534.83                    |
| 0+820.00               | 4.41            | 0.52          | 38.40              | 2.03             | 568.67                       | 5538.86                    |
| 0+821.85               | 4.22            | 0.31          | 7.96               | 0.76             | 576.63                       | 5537.62                    |
| 0+831.29               | 3.54            | 0.03          | 36.63              | 1.62             | 613.26                       | 5539.25                    |
| 0+840.00               | 6.27            | 0.00          | 42.71              | 0.15             | 665.97                       | 5539.40                    |
| 0+860.00               | 8.41            | 0.00          | 146.74             | 0.00             | 802.72                       | 5539.40                    |
| 0+880.00               | 7.41            | 0.02          | 168.23             | 0.19             | 960.94                       | 5539.59                    |
| 0+890.00               | 5.81            | 1.07          | 132.27             | 10.84            | 1093.21                      | 5550.43                    |
| 0+897.56               | 5.28            | 2.14          | 41.84              | 12.09            | 1135.15                      | 5590.52                    |
| 0+900.00               | 3.94            | 3.81          | 43.46              | 28.00            | 1178.61                      | 5603.47                    |
| 0+920.00               | 3.40            | 4.73          | 11.14              | 12.96            | 1189.75                      | 5603.47                    |
| 0+926.38               | 2.00            | 5.24          | 17.25              | 31.81            | 1207.00                      | 5635.28                    |
| 0+927.63               | 1.73            | 5.23          | 2.35               | 6.57             | 1209.34                      | 5641.86                    |
| 0+930.00               | 1.50            | 5.05          | 3.77               | 11.76            | 1213.12                      | 5653.62                    |
| 0+940.00               | 0.00            | 3.40          | 4.18               | 28.16            | 1221.26                      | 5667.34                    |
| 0+947.95               | 0.00            | 13.12         | 0.00               | 63.88            | 1221.26                      | 5761.22                    |
| 0+950.00               | 0.00            | 13.04         | 0.00               | 26.04            | 1221.26                      | 5797.26                    |
| 0+960.00               | 0.00            | 16.31         | 0.00               | 143.94           | 1221.26                      | 5941.20                    |
| 0+962.93               | 0.00            | 16.03         | 0.00               | 46.86            | 1221.26                      | 5978.06                    |
| 0+988.26               | 0.00            | 14.43         | 0.00               | 80.90            | 1221.26                      | 6058.96                    |
| 0+980.00               | 0.00            | 12.11         | 0.00               | 155.79           | 1221.26                      | 6214.75                    |
| 0+988.80               | 0.11            | 9.23          | 0.38               | 72.62            | 1221.84                      | 6287.37                    |
| 0+980.00               | 0.02            | 9.01          | 0.22               | 26.77            | 1221.86                      | 6316.14                    |
| 0+981.47               | 0.01            | 9.12          | 0.02               | 13.16            | 1221.88                      | 6329.30                    |

| Tabla de volumen total |                 |               |                    |                  |                              |                            |
|------------------------|-----------------|---------------|--------------------|------------------|------------------------------|----------------------------|
| Estación               | Área de relleno | Área de corte | Volumen de relleno | Volumen de corte | Volumen acumulado de relleno | Volumen acumulado de corte |
| 0+987.55               | 0.09            | 8.64          | 0.32               | 53.41            | 1222.21                      | 6392.72                    |
| 1+000.00               | 0.00            | 8.88          | 0.12               | 21.14            | 1222.32                      | 6403.86                    |
| 1+003.63               | 0.00            | 7.96          | 0.00               | 30.22            | 1222.32                      | 6434.09                    |
| 1+008.29               | 0.00            | 8.79          | 0.00               | 39.30            | 1222.32                      | 6473.39                    |
| 1+020.00               | 0.00            | 9.80          | 0.00               | 108.80           | 1222.32                      | 6582.19                    |
| 1+037.87               | 0.00            | 14.73         | 0.00               | 220.43           | 1222.32                      | 6802.61                    |
|                        |                 |               |                    |                  |                              |                            |

| Tabla de volumen total |                 |               |                    |                  |                              |                            |
|------------------------|-----------------|---------------|--------------------|------------------|------------------------------|----------------------------|
| Estación               | Área de relleno | Área de corte | Volumen de relleno | Volumen de corte | Volumen acumulado de relleno | Volumen acumulado de corte |
| 1+291.37               | 0.00            | 11.85         | 0.00               | 96.46            | 1334.41                      | 9096.18                    |
| 1+297.06               | 0.01            | 14.99         | 0.00               | 79.06            | 1334.42                      | 9175.24                    |
| 1+300.00               | 0.01            | 14.94         | 0.00               | 5.36             | 1334.42                      | 9180.60                    |
| 1+303.00               | 0.01            | 14.42         | 0.00               | 5.29             | 1334.42                      | 9185.89                    |
| 1+306.00               | 0.01            | 15.14         | 0.00               | 37.56            | 1334.42                      | 9223.45                    |
| 1+309.00               | 0.01            | 13.78         | 0.01               | 55.25            | 1334.43                      | 9278.70                    |
| 1+312.00               | 0.01            | 11.28         | 0.16               | 208.11           | 1334.58                      | 9486.81                    |
| 1+315.00               | 0.00            | 9.81          | 0.13               | 197.09           | 1334.71                      | 9683.90                    |
| 1+318.00               | 0.00            | 9.85          | 0.00               | 12.32            | 1334.71                      | 9696.22                    |
| 1+321.00               | 0.00            | 10.68         | 0.00               | 49.84            | 1334.71                      | 9746.06                    |
| 1+324.00               | 0.00            | 10.33         | 0.00               | 12.51            | 1334.71                      | 9758.57                    |
| 1+327.00               | 0.00            | 10.94         | 0.00               | 12.72            | 1334.71                      | 9771.29                    |
| 1+330.00               | 0.00            | 10.65         | 0.00               | 26.77            | 1334.71                      | 9798.06                    |
| 1+333.00               | 0.00            | 11.26         | 0.00               | 40.64            | 1334.71                      | 9838.70                    |
| 1+336.00               | 0.00            | 10.17         | 0.00               | 66.42            | 1334.71                      | 9895.12                    |
| 1+339.00               | 0.00            | 9.25          | 0.00               | 194.18           | 1334.71                      | 10089.30                   |
| 1+342.00               | 0.00            | 9.90          | 0.00               | 122.20           | 1334.71                      | 10211.50                   |
| 1+345.00               | 0.00            | 9.69          | 0.00               | 39.84            | 1334.71                      | 10251.34                   |
| 1+348.00               | 0.00            | 10.51         | 0.00               | 32.49            | 1334.71                      | 10283.83                   |
| 1+351.00               | 0.00            | 9.09          | 0.00               | 56.18            | 1334.71                      | 10340.01                   |
| 1+354.00               | 0.00            | 8.90          | 0.00               | 43.48            | 1334.71                      | 10383.49                   |
| 1+357.00               | 0.00            | 8.62          | 0.00               | 17.52            | 1334.72                      | 10401.01                   |
| 1+360.00               | 0.00            | 8.45          | 0.00               | 17.07            | 1334.72                      | 10417.98                   |
| 1+363.00               | 0.00            | 7.64          | 0.01               | 28.38            | 1334.73                      | 10446.36                   |
| 1+366.00               | 0.00            | 6.50          | 0.00               | 70.68            | 1334.73                      | 10517.04                   |
| 1+369.00               | 0.00            | 5.65          | 0.00               | 89.74            | 1334.73                      | 10606.78                   |
| 1+372.00               | 0.04            | 3.34          | 0.44               | 36.91            | 1335.17                      | 10705.55                   |
| 1+375.00               | 0.29            | 2.30          | 3.38               | 56.38            | 1336.55                      | 10761.93                   |
| 1+378.00               | 0.70            | 1.08          | 6.27               | 21.26            | 1344.81                      | 10783.19                   |
| 1+381.00               | 1.13            | 0.66          | 6.80               | 6.08             | 1351.62                      | 10789.27                   |
| 1+384.00               | 0.98            | 0.65          | 2.07               | 1.18             | 1353.69                      | 10790.46                   |
| 1+387.00               | 0.21            | 2.25          | 0.14               | 1.37             | 1355.04                      | 10804.81                   |
| 1+390.00               | 0.02            | 2.54          | 0.65               | 11.89            | 1360.18                      | 10816.80                   |
| 1+393.00               | 0.15            | 1.37          | 0.81               | 21.57            | 1361.12                      | 10825.22                   |
| 1+396.00               | 0.01            | 0.55          | 5.30               | 8.36             | 1366.42                      | 10851.58                   |
| 1+399.00               | 1.20            | 0.49          | 1.02               | 0.48             | 1367.44                      | 10855.63                   |
| 1+402.00               | 4.89            | 0.00          | 30.16              | 2.33             | 1397.60                      | 10857.96                   |
| 1+405.00               | 8.87            | 0.00          | 67.77              | 0.00             | 1465.37                      | 10857.96                   |
| 1+408.00               | 9.34            | 0.00          | 10.69              | 0.00             | 1476.07                      | 10857.96                   |
| 1+411.00               | 11.86           | 0.00          | 52.06              | 0.00             | 1528.13                      | 10857.96                   |
| 1+414.00               | 12.08           | 0.00          | 7.49               | 0.00             | 1535.61                      | 10857.96                   |
| 1+417.00               | 11.66           | 0.00          | 111.33             | 0.00             | 1646.94                      | 10857.96                   |
| 1+420.00               | 10.35           | 0.00          | 41.90              | 0.00             | 1688.84                      | 10857.96                   |
| 1+423.00               | 8.32            | 0.00          | 51.97              | 0.00             | 1740.81                      | 10857.96                   |
| 1+426.00               | 2.73            | 0.51          | 79.76              | 3.71             | 1820.57                      | 10851.67                   |
| 1+429.00               | 0.01            | 9.13          | 27.41              | 96.48            | 1947.98                      | 10856.15                   |

| Tabla de volumen total |                 |               |                    |                  |                              |                            |
|------------------------|-----------------|---------------|--------------------|------------------|------------------------------|----------------------------|
| Estación               | Área de relleno | Área de corte | Volumen de relleno | Volumen de corte | Volumen acumulado de relleno | Volumen acumulado de corte |
| 1+621.55               | 0.00            | 10.04         | 0.01               | 14.85            | 1847.99                      | 10872.99                   |
| 1+624.00               | 0.00            | 13.79         | 0.00               | 109.71           | 1847.99                      | 11082.70                   |
| 1+627.00               | 0.00            | 10.87         | 0.00               | 110.87           | 1847.99                      | 11193.57                   |
| 1+630.00               | 0.00            | 13.57         | 0.00               | 16.81            | 1847.99                      | 11210.38                   |
| 1+633.00               | 0.00            | 13.57         | 0.00               | 0.14             | 1847.99                      | 11210.52                   |
| 1+636.00               | 0.00            | 13.88         | 0.00               | 36.19            | 1847.99                      | 11246.71                   |
| 1+639.00               | 0.13            | 12.11         | 0.35               | 73.43            | 1848.33                      | 11322.14                   |
| 1+642.00               | 0.19            | 11.77         | 0.25               | 18.84            | 1848.59                      | 11340.98                   |
| 1+645.00               | 0.52            | 12.06         | 1.38               | 48.68            | 1849.97                      | 11389.64                   |
| 1+648.00               | 1.00            | 12.14         | 2.01               | 33.84            | 1851.98                      | 11423.68                   |
| 1+651.00               | 1.85            | 11.85         | 3.05               | 22.66            | 1855.45                      | 11446.30                   |
| 1+654.00               | 3.45            | 11.42         | 16.07              | 70.55            | 1872.52                      | 11511.48                   |
| 1+657.00               | 0.03            | 15.50         | 16.06              | 124.27           | 1889.58                      | 11655.75                   |
| 1+660.00               | 0.01            | 16.53         | 0.09               | 75.36            | 1888.67                      | 11731.11                   |
| 1+663.00               | 0.00            | 17.32         | 0.05               | 112.12           | 1888.72                      | 11843.23                   |
| 1+666.00               | 0.00            | 18.80         | 0.00               | 179.61           | 1888.72                      | 12022.83                   |
| 1+669.00               | 0.43            | 18.05         | 0.72               | 61.85            | 1889.45                      | 12084.68                   |
| 1+672.00               | 0.09            | 17.82         | 1.02               | 71.00            | 1889.47                      | 12155.68                   |
| 1+675.00               | 0.01            | 17.89         | 0.13               | 47.74            | 1889.59                      | 12203.42                   |
| 1+678.00               | 0.00            | 18.11         | 0.00               | 42.98            | 1889.60                      | 12246.41                   |
| 1+681.00               | 0.00            | 18.52         | 0.00               | 82.98            | 1889.60                      | 12329.39                   |
| 1+684.00               | 0.00            | 19.05         | 0.00               | 102.57           | 1889.60                      | 12431.96                   |
| 1+687.00               | 0.00            | 19.02         | 0.00               | 27.53            | 1889.60                      | 12459.49                   |
| 1+690.00               | 0.00            | 18.49         | 0.00               | 18.75            | 1889.60                      | 12478.23                   |
| 1+693.00               | 0.00            | 18.31         | 0.00               | 49.06            | 1889.60                      | 12527.29                   |
| 1+696.00               | 0.00            | 18.35         | 0.00               | 134.42           | 1889.60                      | 12661.71                   |
| 1+699.00               | 0.00            | 17.84         | 0.00               | 139.67           | 1889.60                      | 12801.38                   |
| 1+702.00               | 0.00            | 17.84         | 0.00               | 44.73            | 1889.60                      | 12846.12                   |
| 1+705.00               | 0.00            | 14.87         | 0.00               | 287.93           | 1889.60                      | 13134.04                   |
| 1+708.00               | 0.00            | 12.84         | 0.00               | 122.19           | 1889.60                      | 13256.24                   |
| 1+711.00               | 0.00            | 12.58         | 0.00               | 15.47            | 1889.60                      | 13271.71                   |
| 1+714.00               | 0.00            | 10.92         | 0.00               | 66.58            | 1889.60                      | 13338.29                   |
| 1+717.00               | 0.00            | 9.63          | 0.00               | 44.53            | 1889.60                      | 13402.81                   |
| 1+720.00               | 0.00            | 8.95          | 0.00               | 23.63            | 1889.60                      | 13426.45                   |
| 1+723.00               | 0.00            | 4.83          | 0.00               | 120.29           | 1889.60                      | 13546.73                   |
| 1+726.00               | 0.04            | 5.04          | 0.04               | 10.74            | 1889.63                      | 13557.47                   |
| 1+729.00               | 0.00            | 4.01          | 0.18               | 42.00            | 1889.82                      | 13599.47                   |
| 1+732.00               | 0.24            | 5.24          | 0.02               | 39.47            | 1890.84                      | 13638.95                   |
| 1+735.00               | 0.02            | 5.05          | 0.02               | 0.67             | 1890.86                      | 13637.61                   |
| 1+738.00               | 0.01            | 5.45          | 0.08               | 3.24             | 1890.93                      | 13640.86                   |
| 1+741.00               | 0.32            | 6.00          | 0.61               | 21.23            | 1891.54                      | 13662.09                   |
| 1+744.00               | 0.15            | 6.85          | 1.31               | 35.51            | 1892.85                      | 13697.59                   |
| 1+747.00               | 0.00            | 9.71          | 0.75               | 82.92            | 1893.61                      | 13780.52                   |
| 1+750.00               | 0.00            | 12.93         | 0.00               | 113.78           | 1893.61                      | 13894.29                   |
| 1+753.00               | 0.00            | 13.18         | 0.00               | 11.75            | 1893.61                      | 13906.05                   |
| 1+756.00               | 0.00            | 13.40         | 0.00               | 121.10           | 1893.61                      | 14027.15                   |
| 1+759.00               | 0.00            | 15.85         | 0.00               | 145.40           | 1893.61                      | 14172.55                   |
| 1+762.00               | 0.00            | 16.82         | 0.00               | 118.88           | 1893.61                      | 14291.43                   |

| Tabla de volumen total |                 |               |                    |                  |                              |                            |
|------------------------|-----------------|---------------|--------------------|------------------|------------------------------|----------------------------|
| Estación               | Área de relleno | Área de corte | Volumen de relleno | Volumen de corte | Volumen acumulado de relleno | Volumen acumulado de corte |
| 1+880.00               | 0.00            | 16.59         | 0.00               | 44.07            | 1893.61                      | 14335.50                   |
| 1+883.00               | 0.00            | 16.60         | 0.00               | 17.46            | 1893.61                      | 14352.96                   |
| 1+886.00               | 0.00            | 16.14         | 0.00               | 10.12            | 1893.61                      | 14363.08                   |
| 1+889.00               | 0.00            | 16.10         | 0.00               | 139.71           | 1893.61                      | 14502.79                   |
| 1+892.00               | 0.00            | 16.65         | 0.00               | 162.99           | 1893.61                      | 14665.78                   |
| 1+895.00               | 0.00            | 16.87         | 0.00               | 6.34             | 1893.61                      | 14672.12                   |
| 1+898.00               | 0.00            | 15.18         | 0.00               | 320.49           | 1893.61                      | 14992.62                   |
| 1+901.00               | 0.00            | 12.00         | 0.00               | 218.63           | 1893.61                      | 15201.25                   |
| 1+904.00               | 0.00            | 10.97         | 0.00               | 44.97            | 1893.61                      | 15246.22                   |
| 1+907.00               | 0.00            | 11.12         | 0.00               | 67.23            | 1893.61                      | 15313.45                   |
| 1+910.00               | 0.00            | 10.47         | 0.00               | 86.38            | 1893.61                      | 15399.83                   |
| 1+913.00               | 0.00            | 10.86         | 0.00               | 21.32            | 1893.61                      | 15421.16                   |
| 1+916.00               | 0.00            | 10.78         | 0.00               | 12.02            | 1893.61                      | 15433.18                   |
| 1+919.00               | 0.00            | 10.75         | 0.00               | 4.79             | 1893.61                      | 15437.96                   |
| 1+922.00               | 0.00            | 10.71         | 0.00               | 4.77             | 1893.61                      | 15442.73                   |
| 1+925.00               | 0.00            | 10.36         | 0.00               | 11.71            | 1893.61                      | 15454.44                   |
| 1+928.00               | 0.00            | 11.35         | 0.00               | 8.72             | 1893.61                      | 15463.16                   |
| 1+931.00               | 0.00            | 11.09         | 0.00               | 13.42            | 1893.61                      | 15476.58                   |
| 1+934.00               | 0.00            | 11.20         | 0.00               | 89.18            | 1893.61                      | 15565.76                   |
| 1+937.00               | 0.00            | 11.83         | 0.01               | 115.68           | 1893.62                      | 15681.44                   |
| 1+940.00               | 0.00            | 11.88         | 0.00               | 9.57             | 1893.62                      | 15690.91                   |
| 1+943.00               | 0.00            | 12.59         | 0.03               | 116.57           | 1893.65                      | 15807.59                   |
| 1+946.00               | 0.00            | 13.02         | 0.01               | 128.01           | 1893.65                      | 15935.60                   |
| 1+949.00               | 0.00            | 13.03         | 0.00               | 6.12             | 1893.65                      | 15941.72                   |
| 1+952.00               | 0.00            | 13.27         | 0.00               | 81.49            | 1893.65                      | 16023.21                   |
| 1+955.00               | 0.04            | 13.24         | 0.06               | 44.19            | 1893.72                      | 16067.39                   |
| 1+958.00               | 0.05            | 13.23         | 0.02               | 6.22             | 1893.74                      | 16073.61                   |
| 1+961.00               | 0.41            | 12.56         | 2.27               | 128.81           | 1893.74                      | 16202.42                   |
| 1+964.00               | 0.56            | 12.25         | 1.49               | 38.00            | 1893.74                      | 16240.42                   |
| 1+967.00               | 0.46            | 11.81         | 3.49               | 83.42            | 1893.74                      | 16323.85                   |
| 1+970.00               | 0.22            | 11.46         | 2.21               | 76.73            | 1893.74                      | 16400.59                   |
| 1+973.00               | 0.11            | 11.94         | 0.55               | 38.99            | 1893.75                      | 16439.56                   |
| 1+976.00               | 0.01            | 12.65         | 0.40               | 79.51            | 1893.75                      | 16440.37                   |
| 1+979.00               | 0.03            | 13.68         | 0.21               | 131.71           | 1893.75                      | 16572.08                   |
| 1+982.00               | 0.00            | 15.02         | 0.05               | 48.83            | 1893.75                      | 16620.91                   |
| 1+985.00               | 0.00            | 16.80         | 0.00               | 125.17           | 1893.75                      | 16746.08                   |
| 1+988.00               | 0.00            | 18.19         | 0.00               | 178.96           | 1893.75                      | 16925.04                   |
| 1+991.00               | 0.00            | 18.80         | 0.00               | 38.55            | 1893.75                      | 17044.10                   |
| 1+994.00               | 0.00            | 18.49         | 0.01               | 86.50            | 1893.75                      | 17130.60                   |
| 1+997.00               | 0.00            | 19.65         | 0.00               | 63.58            | 1893.75                      | 17194.18                   |
| 1+1000.00              | 0.00            | 19.80         | 0.00               | 41.05            | 1893.75                      | 17235.23                   |
| 1+1003.00              | 0.00            | 19.80         | 0.00               | 197.78           | 1893.75                      | 17433.01                   |
| 1+1006.00              | 0.00            | 20.17         | 0.00               | 199.79           | 1893.75                      | 17632.76                   |
| 1+1009.00              | 0.00            | 20.28         | 0.00               | 11.27            | 1893.75                      | 17644.03                   |
| 1+1012.00              | 0.00            | 19.29         | 0.00               | 192.00           | 1893.75                      | 17836.03                   |
| 1+1015.00              | 0.00            | 14.58         | 0.00               | 164.39           | 1893.75                      | 17999.44                   |
| 1+1018.00              | 0.00            | 13.68         | 0.00               | 45.13            | 1893.75                      | 18044.57                   |
| 1+1021.00              | 0.00            | 12.43         | 0.00               | 43.49            | 1893.75                      | 18078.05                   |
| 1+1024.00              | 0.00            | 11.22         | 0.00               | 41.06            | 1893.75                      | 18119.11                   |

| Tabla de volumen total |                 |               |                    |                  |                              |                            |
|------------------------|-----------------|---------------|--------------------|------------------|------------------------------|----------------------------|
| Estación               | Área de relleno | Área de corte | Volumen de relleno | Volumen de corte | Volumen acumulado de relleno | Volumen acumulado de corte |
| 2+143.20               | 0.00            | 10.25         | 0.00               | 34.32            | 1904.44                      | 18153.43                   |
| 2+146.00               | 0.00            | 6.39          | 0.00               | 63.22            | 1904.44                      | 18216.64                   |
| 2+149.00               | 0.14            | 5.43          | 0.                 |                  |                              |                            |

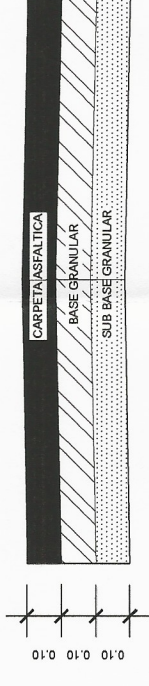
| Tabla de volumen total |                 |               |                    |                  |                              |                            |
|------------------------|-----------------|---------------|--------------------|------------------|------------------------------|----------------------------|
| Estación               | Área de relleno | Área de corte | Volumen de relleno | Volumen de corte | Volumen acumulado de relleno | Volumen acumulado de corte |
| 2+410.00               | 0.00            | 7.80          | 0.00               | 31.40            | 2332.10                      | 19364.48                   |
| 2+411.91               | 0.00            | 8.01          | 0.00               | 15.15            | 2332.10                      | 19379.63                   |
| 2+413.82               | 0.00            | 7.82          | 0.00               | 13.63            | 2332.10                      | 19393.26                   |
| 2+415.74               | 0.00            | 8.38          | 0.00               | 14.02            | 2332.10                      | 19407.28                   |
| 2+420.00               | 0.00            | 10.61         | 0.00               | 45.32            | 2332.10                      | 19452.59                   |
| 2+421.87               | 0.00            | 10.94         | 0.00               | 18.37            | 2332.10                      | 19470.97                   |
| 2+440.00               | 0.00            | 8.94          | 0.00               | 182.17           | 2332.10                      | 19653.14                   |
| 2+450.22               | 0.00            | 4.63          | 0.00               | 89.27            | 2332.10                      | 19722.40                   |
| 2+458.55               | 0.00            | 6.86          | 0.00               | 38.42            | 2332.10                      | 19760.82                   |
| 2+460.00               | 0.00            | 5.12          | 0.00               | 22.51            | 2332.10                      | 19783.33                   |
| 2+463.81               | 0.00            | 4.40          | 0.00               | 18.87            | 2332.10                      | 19802.30                   |
| 2+470.00               | 0.00            | 7.75          | 0.00               | 37.22            | 2332.10                      | 19839.51                   |
| 2+471.08               | 0.00            | 8.06          | 0.00               | 8.22             | 2332.10                      | 19847.73                   |
| 2+477.41               | 0.00            | 11.58         | 0.00               | 59.08            | 2332.10                      | 19906.81                   |
| 2+480.00               | 0.00            | 12.22         | 0.00               | 7.01             | 2332.10                      | 19944.45                   |
| 2+490.08               | 0.00            | 8.80          | 0.00               | 99.87            | 2332.10                      | 20044.32                   |
| 2+499.58               | 0.00            | 13.90         | 0.00               | 106.40           | 2332.10                      | 20150.71                   |
| 2+500.00               | 0.00            | 13.63         | 0.00               | 5.78             | 2332.10                      | 20156.47                   |
| 2+512.87               | 0.00            | 23.83         | 0.00               | 193.43           | 2332.10                      | 20211.53                   |
| 2+520.00               | 0.00            | 22.51         | 0.00               | 165.57           | 2332.10                      | 20376.53                   |
| 2+522.20               | 0.00            | 21.78         | 0.00               | 48.77            | 2332.10                      | 20619.31                   |
| 2+522.20               | 0.00            | 21.69         | 0.00               | 0.01             | 2332.10                      | 20619.32                   |
| 2+528.87               | 0.00            | 20.75         | 0.00               | 96.88            | 2332.10                      | 20716.20                   |
| 2+530.00               | 0.00            | 20.19         | 0.00               | 63.60            | 2332.10                      | 20779.79                   |
| 2+540.00               | 0.00            | 25.33         | 0.00               | 228.73           | 2332.10                      | 21008.52                   |
| 2+550.00               | 0.00            | 27.26         | 0.00               | 266.02           | 2332.10                      | 21275.55                   |
| 2+560.00               | 0.00            | 30.36         | 0.00               | 289.86           | 2332.10                      | 21665.41                   |
| 2+570.00               | 0.00            | 26.38         | 0.00               | 295.90           | 2332.10                      | 21851.31                   |
| 2+580.00               | 0.00            | 27.06         | 0.00               | 298.87           | 2332.10                      | 22118.18                   |
| 2+590.00               | 0.00            | 27.20         | 0.00               | 289.40           | 2332.10                      | 22127.56                   |
| 2+600.00               | 0.00            | 27.44         | 0.00               | 267.75           | 2332.10                      | 22665.72                   |
| 2+610.00               | 0.00            | 16.59         | 0.00               | 216.59           | 2332.10                      | 22874.31                   |
| 2+620.00               | 0.00            | 19.86         | 0.00               | 184.46           | 2332.10                      | 23058.77                   |
| 2+630.00               | 0.00            | 18.16         | 0.00               | 190.03           | 2332.10                      | 23248.80                   |
| 2+638.48               | 0.00            | 22.86         | 0.00               | 99.24            | 2332.10                      | 23418.80                   |
| 2+640.00               | 0.00            | 23.32         | 0.00               | 0.01             | 2332.10                      | 23419.82                   |
| 2+647.82               | 0.00            | 21.72         | 0.00               | 176.01           | 2332.10                      | 23454.55                   |
| 2+657.15               | 0.00            | 21.62         | 0.00               | 203.19           | 2332.10                      | 23633.75                   |
| 2+660.00               | 0.00            | 22.14         | 0.00               | 62.66            | 2332.10                      | 23696.41                   |
| 2+680.00               | 0.00            | 18.71         | 0.00               | 408.53           | 2332.10                      | 24304.94                   |
| 2+685.80               | 0.00            | 18.87         | 0.00               | 110.78           | 2332.10                      | 24415.72                   |
| 2+695.18               | 0.01            | 19.14         | 0.03               | 176.50           | 2332.13                      | 24592.22                   |
| 2+700.00               | 0.01            | 17.28         | 0.05               | 87.74            | 2332.18                      | 24679.96                   |
| 2+703.85               | 0.02            | 17.12         | 0.06               | 66.19            | 2332.24                      | 24746.15                   |
| 2+704.47               | 0.02            | 17.88         | 0.01               | 10.76            | 2332.25                      | 24756.91                   |

| Tabla de volumen total |                 |               |                    |                  |                              |                            |
|------------------------|-----------------|---------------|--------------------|------------------|------------------------------|----------------------------|
| Estación               | Área de relleno | Área de corte | Volumen de relleno | Volumen de corte | Volumen acumulado de relleno | Volumen acumulado de corte |
| 2+708.18               | 0.00            | 17.74         | 0.03               | 64.93            | 2332.28                      | 24821.85                   |
| 2+710.00               | 0.00            | 17.05         | 0.00               | 31.29            | 2332.28                      | 24853.13                   |
| 2+720.00               | 0.00            | 13.85         | 0.00               | 153.28           | 2332.28                      | 25006.41                   |
| 2+728.83               | 0.00            | 12.47         | 0.00               | 128.89           | 2332.28                      | 25135.11                   |
| 2+730.00               | 0.00            | 12.43         | 0.00               | 2.13             | 2332.28                      | 25137.24                   |
| 2+740.00               | 0.00            | 10.96         | 0.00               | 116.39           | 2332.28                      | 25253.63                   |
| 2+750.00               | 0.00            | 9.69          | 0.00               | 102.50           | 2332.28                      | 25356.13                   |
| 2+751.48               | 0.00            | 9.70          | 0.00               | 14.31            | 2332.28                      | 25370.44                   |
| 2+755.19               | 0.00            | 9.85          | 0.00               | 36.49            | 2332.28                      | 25406.93                   |
| 2+760.00               | 0.00            | 9.21          | 0.00               | 39.40            | 2332.28                      | 25446.13                   |
| 2+764.48               | 0.00            | 8.34          | 0.00               | 39.29            | 2332.28                      | 25485.42                   |
| 2+773.76               | 0.00            | 7.23          | 0.00               | 72.30            | 2332.28                      | 25557.72                   |
| 2+780.00               | 0.04            | 6.83          | 0.12               | 44.18            | 2332.40                      | 25601.04                   |
| 2+800.00               | 0.05            | 5.41          | 0.85               | 123.38           | 2333.26                      | 25724.42                   |
| 2+820.00               | 0.00            | 5.89          | 0.45               | 112.87           | 2333.71                      | 25837.39                   |
| 2+840.00               | 0.00            | 6.84          | 0.00               | 125.32           | 2333.71                      | 25962.71                   |
| 2+850.00               | 0.00            | 7.58          | 0.00               | 142.23           | 2333.71                      | 26104.94                   |
| 2+865.30               | 0.00            | 6.38          | 0.00               | 43.98            | 2333.71                      | 26148.93                   |
| 2+876.30               | 0.00            | 8.39          | 0.01               | 73.85            | 2333.72                      | 26222.78                   |
| 2+884.30               | 0.00            | 7.24          | 0.00               | 32.88            | 2333.72                      | 26255.66                   |
| 2+886.30               | 0.00            | 7.58          | 0.00               | 14.82            | 2333.72                      | 26270.48                   |
| 2+888.30               | 0.00            | 7.02          | 0.00               | 14.80            | 2333.72                      | 26285.28                   |
| 2+890.00               | 0.00            | 6.89          | 0.00               | 11.81            | 2333.72                      | 26297.09                   |
| 2+895.19               | 0.00            | 6.83          | 0.00               | 62.65            | 2333.72                      | 26359.74                   |
| 2+900.00               | 0.00            | 6.23          | 0.00               | 5.30             | 2333.72                      | 26403.04                   |
| 2+910.00               | 0.02            | 4.23          | 0.08               | 51.94            | 2333.80                      | 26454.98                   |
| 2+910.08               | 0.02            | 4.21          | 0.00               | 0.32             | 2333.80                      | 26455.30                   |
| 2+912.08               | 0.00            | 4.42          | 0.02               | 8.62             | 2333.82                      | 26463.92                   |
| 2+914.08               | 0.00            | 4.98          | 0.00               | 9.40             | 2333.82                      | 26473.32                   |
| 2+920.00               | 0.02            | 5.45          | 0.06               | 30.52            | 2333.89                      | 26503.84                   |
| 2+932.09               | 0.00            | 8.36          | 0.00               | 71.83            | 2333.91                      | 26575.67                   |
| 2+940.00               | 0.01            | 9.85          | 0.05               | 72.15            | 2333.96                      | 26647.82                   |
| 2+980.00               | 0.17            | 11.71         | 1.68               | 244.03           | 2335.77                      | 27127.51                   |
| 2+988.34               | 0.26            | 10.96         | 1.78               | 94.56            | 2337.55                      | 27222.07                   |
| 2+997.75               | 0.01            | 10.92         | 1.28               | 102.84           | 2338.81                      | 27324.82                   |
| 3+000.00               | 0.00            | 13.89         | 0.01               | 27.97            | 2338.82                      | 27352.69                   |
| 3+007.17               | 0.00            | 12.31         | 0.00               | 94.21            | 2338.82                      | 27446.90                   |
| 3+008.42               | 0.00            | 12.08         | 0.00               | 15.29            | 2338.82                      | 27462.19                   |
| 3+010.00               | 0.00            | 12.78         | 0.00               | 19.45            | 2338.82                      | 27481.64                   |
| 3+012.55               | 0.00            | 13.00         | 0.00               | 16.89            | 2338.82                      | 27498.53                   |
| 3+013.75               | 0.00            | 13.00         | 0.00               | 15.53            | 2338.82                      | 27514.06                   |
| 3+016.67               | 0.00            | 11.62         | 0.00               | 36.52            | 2338.82                      | 27550.58                   |
| 3+017.82               | 0.00            | 10.65         | 0.00               | 13.98            | 2338.82                      | 27564.56                   |
| 3+020.00               | 0.02            | 10.02         | 0.02               | 21.44            | 2338.84                      | 27601.76                   |
| 3+027.34               | 0.33            | 8.67          | 1.31               | 88.54            | 2340.15                      | 27670.30                   |

| Tabla de volumen total |                 |               |                    |                  |                              |                            |
|------------------------|-----------------|---------------|--------------------|------------------|------------------------------|----------------------------|
| Estación               | Área de relleno | Área de corte | Volumen de relleno | Volumen de corte | Volumen acumulado de relleno | Volumen acumulado de corte |
| 3+036.75               | 2.41            | 7.94          | 12.89              | 78.13            | 2251.04                      | 27748.43                   |
| 3+040.00               | 3.02            | 7.89          | 8.83               | 25.73            | 2251.04                      | 27774.16                   |
| 3+060.00               | 4.13            | 6.11          | 71.52              | 140.03           | 2333.39                      | 27914.19                   |
| 3+080.00               | 2.43            | 12.08         | 65.57              | 181.99           | 2388.95                      | 28096.18                   |
| 3+100.00               | 1.52            | 9.45          | 39.50              | 216.32           | 2438.45                      | 28311.51                   |
| 3+110.30               | 1.76            | 8.80          | 0.49               | 2.88             | 2438.95                      | 28314.39                   |
| 3+110.30               | 1.36            | 8.50          | 16.63              | 80.51            | 2454.57                      | 28404.88                   |
| 3+118.30               | 1.83            | 5.83          | 12.78              | 57.32            | 2467.35                      | 28462.20                   |
| 3+120.30               | 1.98            | 5.24          | 3.22               | 9.40             | 2470.57                      | 28471.60                   |
| 3+120.30               | 2.50            | 5.14          | 0.67               | 1.58             | 2471.24                      | 28473.18                   |
| 3+122.30               | 2.12            | 6.50          | 4.62               | 9.84             | 2475.86                      | 28482.79                   |
| 3+130.00               | 0.88            | 6.63          | 11.56              | 43.68            | 2487.43                      | 28526.47                   |
| 3+134.85               | 0.61            | 7.84          | 3.70               | 36.81            | 2491.13                      | 28563.30                   |
| 3+140.00               | 1.50            | 8.05          | 5.30               | 40.19            | 2496.43                      | 28603.57                   |
| 3+147.80               | 1.45            | 6.75          | 11.15              | 56.87            | 2507.58                      | 28660.44                   |
| 3+149.80               | 1.46            | 5.39          | 2.90               | 12.14            | 2510.48                      | 28671.57                   |
| 3+150.00               | 1.90            | 4.85          | 0.67               | 2.08             | 2511.15                      | 28673.63                   |
| 3+151.80               | 2.38            | 4.56          | 3.42               | 7.52             | 2514.57                      | 28681.15                   |
| 3+159.80               | 1.38            | 4.12          | 15.06              | 34.75            | 2529.84                      | 28715.80                   |
| 3+160.00               | 1.35            | 4.14          | 0.55               | 1.88             | 2530.19                      | 28717.68                   |
| 3+169.80               | 0.89            | 4.89          | 11.22              | 43.34            | 2541.41                      | 28760.90                   |
| 3+177.84               | 0.88            | 5.21          | 7.58               | 40.64            | 2548.99                      | 28801.54                   |
| 3+180.00               | 0.86            | 5.12          | 2.06               | 12.17            | 2551.05                      | 28813.72                   |
| 3+187.09               | 0.81            | 4.03          | 5.91               | 32.45            | 2556.96                      | 28846.16                   |
| 3+196.53               | 0.48            | 5.66          | 6.08               | 45.30            | 2563.04                      | 28891.46                   |
| 3+198.42               | 0.39            | 6.41          | 0.82               | 11.31            | 2563.96                      | 28902.77                   |
| 3+200.00               | 0.41            | 6.01          | 0.66               | 10.27            | 2564.52                      | 28913.04                   |
| 3+204.09               | 0.33            | 6.59          | 1.58               | 27.28            | 2566.10                      | 28940.32                   |
| 3+210.00               | 0.50            | 6.20          | 2.58               | 39.95            | 2568.68                      | 28980.27                   |
| 3+212.61               | 0.45            | 6.56          | 1.31               | 17.59            | 2569.99                      | 28997.85                   |
| 3+220.00               | 0.32            | 3.75          | 3.05               | 39.54            | 2573.04                      | 29037.39                   |
| 3+221.12               | 0.36            | 2.82          | 0.40               | 3.68             | 2573.45                      | 29041.07                   |
| 3+226.79               | 0.22            | 3.32          | 1.74               | 16.98            | 2575.61                      | 29058.04                   |
| 3+228.88               | 0.22            | 3.88          | 0.42               | 6.61             | 2576.03                      | 29064.66                   |
| 3+238.12               | 0.27            | 5.43          | 2.32               | 43.05            | 2578.42                      | 29107.70                   |
| 3+240.00               | 0.26            | 5.89          | 0.49               | 10.73            | 2578.42                      | 29118.43                   |
| 3+247.57               | 0.17            | 9.28          | 1.63               | 57.78            | 2580.05                      | 29176.21                   |
| 3+260.00               | 0.27            | 14.91         | 2.78               | 150.34           | 2582.83                      | 29326.55                   |
| 3+280.00               | 0.39            | 13.60         | 6.65               | 285.01           | 2589.48                      | 29611.56                   |
| 3+285.20               | 0.11            | 13.88         | 1.31               | 71.72            | 2590.80                      | 29683.28                   |
| 3+294.43               | 0.37            | 12.40         | 2.23               | 121.75           | 2593.03                      | 29805.31                   |
| 3+300.00               | 0.21            | 10.71         | 1.60               | 64.34            | 2594.62                      | 29869.93                   |
| 3+302.43               | 0.09            | 10.59         | 0.36               | 25.92            | 2595.04                      | 29895.85                   |
| 3+303.86               | 0.01            | 11.46         | 0.06               | 13.56            | 2595.04                      | 29909.84                   |
| 3+306.43               | 0.10            | 9.62          | 0.15               | 28.22            | 2595.18                      | 29937.06                   |
| 3+310.00               | 0.11            | 7.10          | 0.39               | 26.81            | 2595.56                      | 29963.87                   |
| 3+320.00               | 0.17            | 3.32          | 1.39               | 50.34            | 2596.96                      | 30016.21                   |
| 3+327.84               | 0.34            | 3.82          | 1.88               | 27.47            | 2598.84                      | 30043.68                   |
| 3+330.00               | 0.44            | 4.21          | 0.78               | 8.02             | 2599.72                      | 30051.70                   |
| 3+340.00               | 0.47            | 8.11          | 4.44               | 59.67            | 2604.16                      | 30111.37                   |

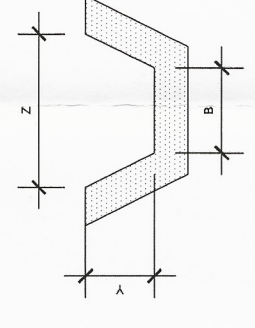
| Tabla de volumen total |                 |               |                    |                  |                              |                            |
|------------------------|-----------------|---------------|--------------------|------------------|------------------------------|----------------------------|
| Estación               | Área de relleno | Área de corte | Volumen de relleno | Volumen de corte | Volumen acumulado de relleno | Volumen acumulado de corte |
| 3+349.45               | 0.20            | 4.12          | 3.10               | 55.81            | 2607.26                      | 30167.18                   |
| 3+350.00               | 0.27            | 3.86          | 0.13               | 2.23             | 2607.39                      | 30169.42                   |
| 3+352.22               | 0.20            | 3.82          | 0.51               | 8.32             | 2607.91                      | 30177.73                   |
| 3+353.45               | 0.05            | 3.80          | 0.15               | 4.56             | 2608.06                      | 30182.30                   |
| 3+360.00               | 0.08            | 3.97          | 0.45               | 24.47            | 2608.51                      | 30206.77                   |
| 3+361.45               | 0.01            | 4.30          | 0.07               | 5.91             | 2608.59                      | 30212.67                   |





### DETALLE DE PAVIMENTO

ESC: 1/10

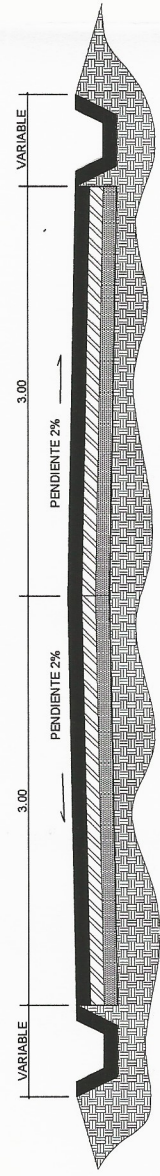


### DETALLE DE PAVIMENTO

ESC: 1/10

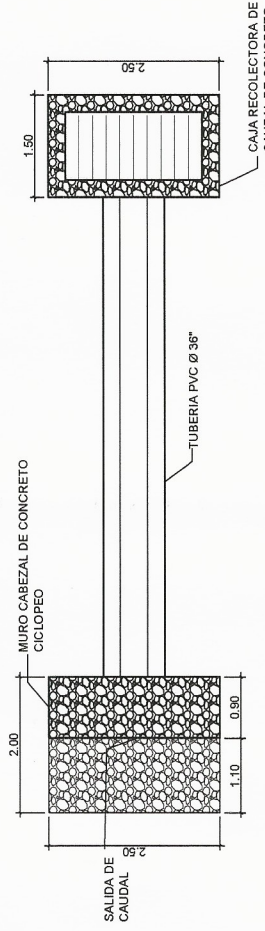
DIMENSIONES DE CUNETAS (AMBOS SENTIDOS)

| TIPO | B (m) | Y (m) | Z (m) | ESTACIONAMIENTO     |
|------|-------|-------|-------|---------------------|
| A    | 0.25  | 0.20  | 0.45  | 4+437.38 A 1+889.11 |
| B    | 0.30  | 0.25  | 0.55  | 1+889.11 A 0+000    |



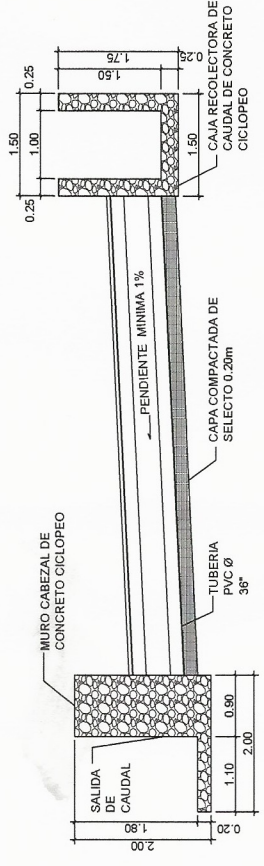
### GARABITO

ESC: 1/25



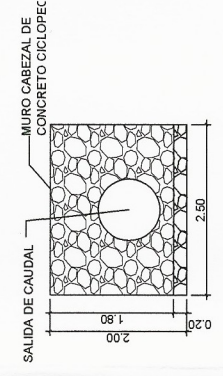
### PLANTA DRENAJE TRANSVERSAL

ESC: 1/50



### SECCION DRENAJE TRANSVERSAL

ESC: 1/50



### VISTA FRONTAL DRENAJE TRANSVERSAL

ESC: 1/50



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

PROYECTO: DISEÑO DE CARRETERA PAVIMENTADA QUE CONDUCE DE HACIENDAS A LA ALDEA EL TABLÓN.

CONTENIDO: PLANO DE DETALLES

FECHA: OCT/2017

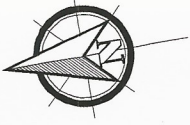
BOLETA: 26

BOLETA: 26

ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO







| NOMENCLATURA |                          |
|--------------|--------------------------|
| P/S          | POZO DE VISITA SANTUARIO |
| CT           | COTA DE TERRENO          |
| D            | DIAMETRO DE POZO         |
| H            | ALTURA POZO              |
| DE           | COTA INVERT ENTRAIDA     |
| CS           | COTA INVERT SALIDA       |
|              | SUPERFICIE DE TERRENO    |
|              | DIRECCION DE FLUIDO      |
|              | TUBERIA PVC              |
|              | POZO DE VISITA           |
|              | CONEXION DOMICILIAR      |
|              | DOMICILIO                |
|              | PLANTA DE TRATAMIENTO    |

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

PROYECTO:  
DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO PARA LAS COLONIAS LA  
GUAYABA, NUEVA VILLA NUEVA Y SANTA FE, HEROES DE  
VILLA NUEVA Y LAS YEGAS

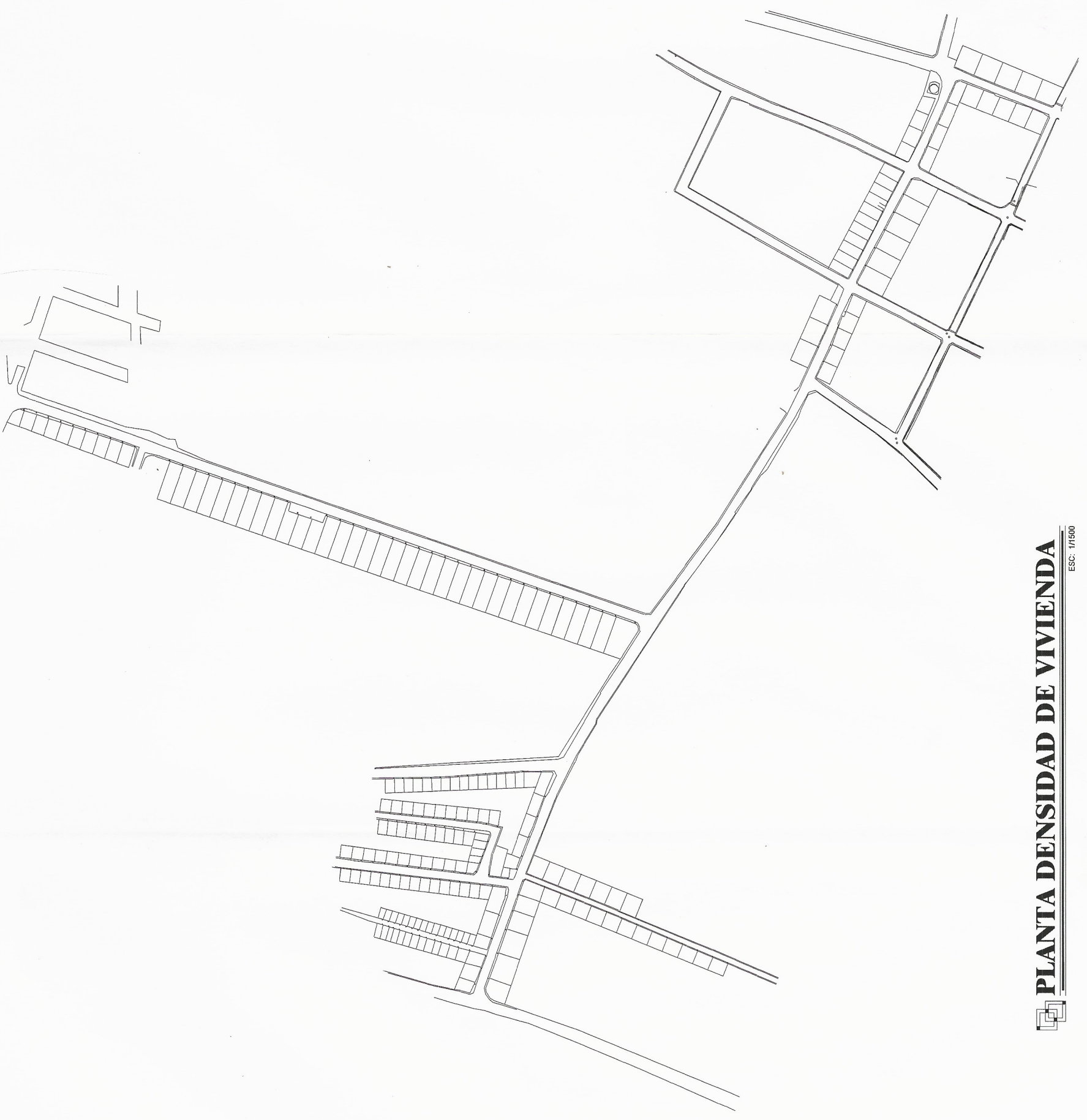
SECRETARÍA  
LUIS MALDONADO  
Asesor  
LUIS MALDONADO  
Asesor EPS  
ING. SILVIO RODRIGUEZ

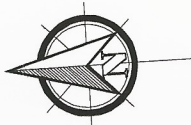
CONTENIDO:  
PLANTA DENSIDAD DE  
VIVIENDA

SECRETARÍA  
INDECARA  
ZONA 6  
FOLIO: 02  
BOLETIN  
OCT/2017  
BOLETIN  
16

ESC: 1/1500

# PLANTA DENSIDAD DE VIVIENDA





| NOMENCLATURA |                          |
|--------------|--------------------------|
| PVS          | POZO DE VISITA SANTUARIO |
| CT           | COTA DE TERRENO          |
| D            | DIAMETRO DE POZO         |
| H            | ALTURA POZO              |
| CE           | COTA INVERT ENTRADA      |
| CIS          | COTA INVERT SALIDA       |
| —            | SUPERFICIE DE TERRENO    |
| —            | DIRECCION DE FLUJO       |
| —            | TUBERIA PVC              |
| —            | POZO DE VISITA           |
| —            | CONEXION DOMICILIAR      |
| —            | DOMICILIO                |
| —            | PUNTA DE TRATAMIENTO     |

Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
 ASesor - SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Tecnología de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería

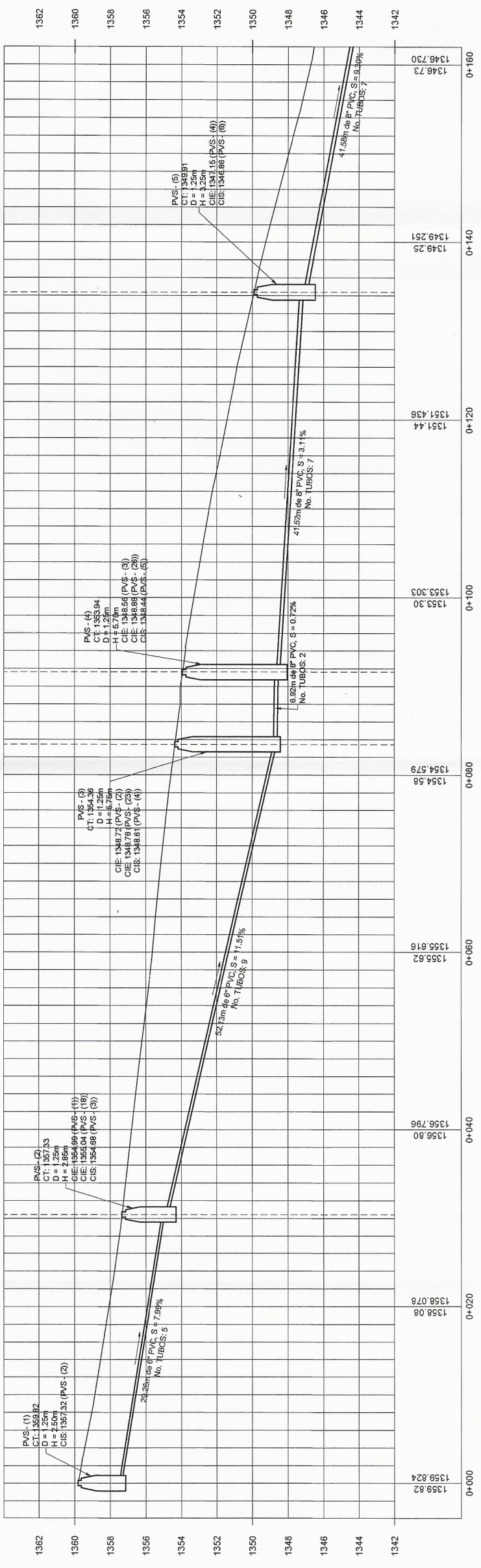
|   |                     |
|---|---------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA  |                     |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA   |                     |
| PROYECTO:<br>DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO PARA LAS COLONIAS LA GLORIA, NUEVA VILLA NUEVA 1 Y SANTA FE, HEROES DE VILLA NUEVA Y LAS VEGAS. | BOLETA<br><b>03</b> |
| CONTENIDO:<br>PLANTA GENERAL  | FECHA:<br>OCT/2017  |
| LEON CARLOS MALDONADO GUTIERAN<br>CIBIC: 201111010  |                     |

|   |  |
|---|--|
|   | CATEDRA:<br>LEON CARLOS MALDONADO GUTIERAN   |
| TITULO:<br>LEON CARLOS MALDONADO GUTIERAN | ASISTENTE:<br>LEON CARLOS MALDONADO GUTIERAN |



**PLANTA GENERAL**

ESC: 1/1500

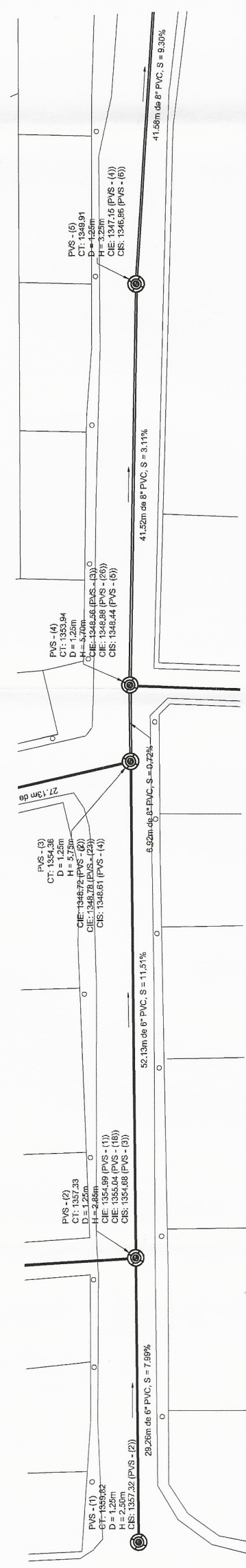


### PERFIL PVS-1 A PVS-5

ESC H: 1/250  
ESC V: 1/125



| NOMENCLATURA |                          |
|--------------|--------------------------|
| PVS          | POZO DE VISITA SANITARIO |
| CT           | COTA DE TERRENO          |
| D            | DIAMETRO DE POZO         |
| H            | ALTURA POZO              |
| CE           | COTA INVERT ENTRADA      |
| CS           | COTA INVERT SALIDA       |
| —            | SUPERFICIE DE TERRENO    |
| —            | DIRECCION DE FLUJO       |
| —            | TUBERIA PVC              |
| —            | POZO DE VISITA           |
| —            | CONEXION DOMICILIAR      |
| —            | DOMICILIO                |
| —            | PLANTA DE TRATAMIENTO    |

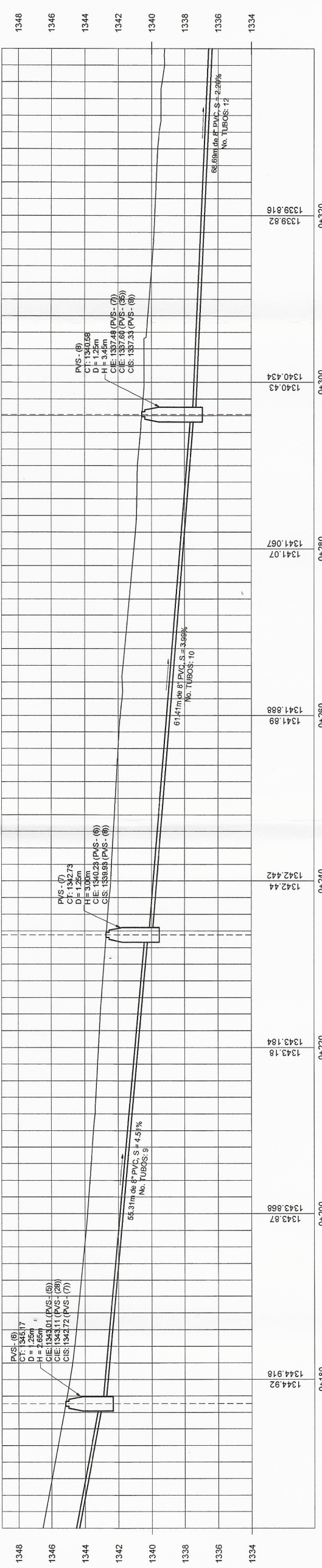


### PLANTA PVS-1 A PVS-5

ESC: 1/250

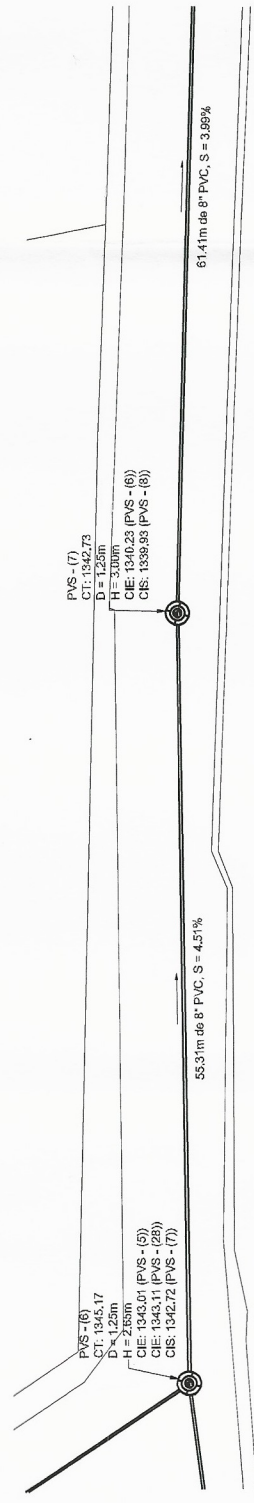
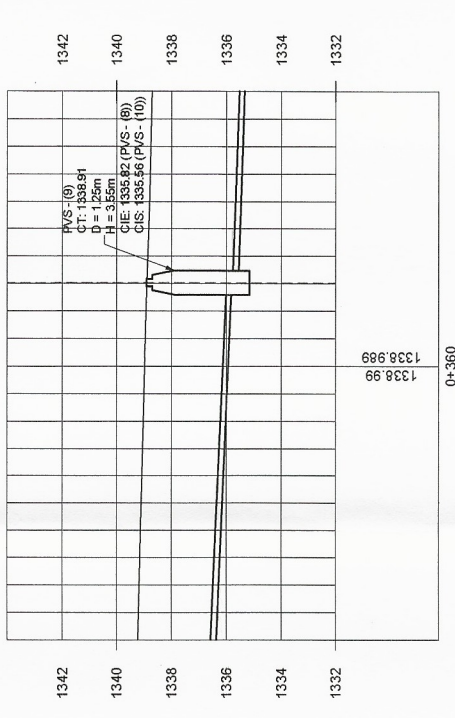
|  |                            |
|--|----------------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA   |                            |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA  |                            |
| PROYECTO:<br>DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO PARA LAS COMUNAS LA GLORIA, NUEVA VILLA NUEVA I Y SANTA FE, HEREDOS DE VILLA NUEVA Y LAS VEGAS | SOCIALES<br>INDICADA       |
| CONTENIDO:<br>PLANTA PERFIL PVS-1 A PVS-5  | FECHA:<br>04               |
| ELABORADO:<br>LUIS CALDERON  | REVISADO:<br>LUIS CALDERON |
| APROBADO:<br>LUIS CALDERON   | FECHA:<br>OCT/2017         |
| LUIS CALDERON ALONSO GUTIERAN<br>CARRÉ: 201114101  |                            |

Universidad de Guatemala  
Ing. Simón José Rodríguez Serrano  
ASESOR SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y PS  
Escuela de Ingeniería



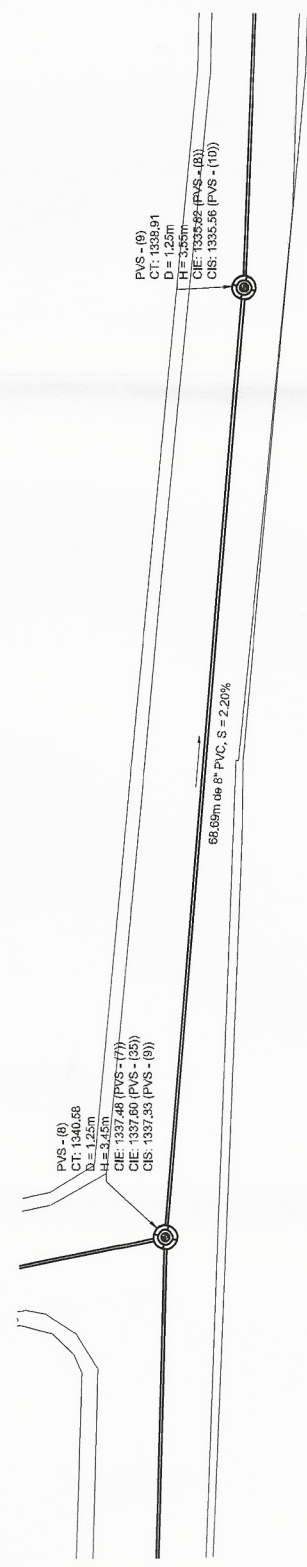
### PERFIL PVS-6 A PVS-9

ESC H: 1/250  
ESC V: 1/125

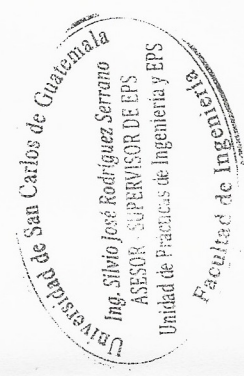


### PLANTA PVS-6 A PVS-9

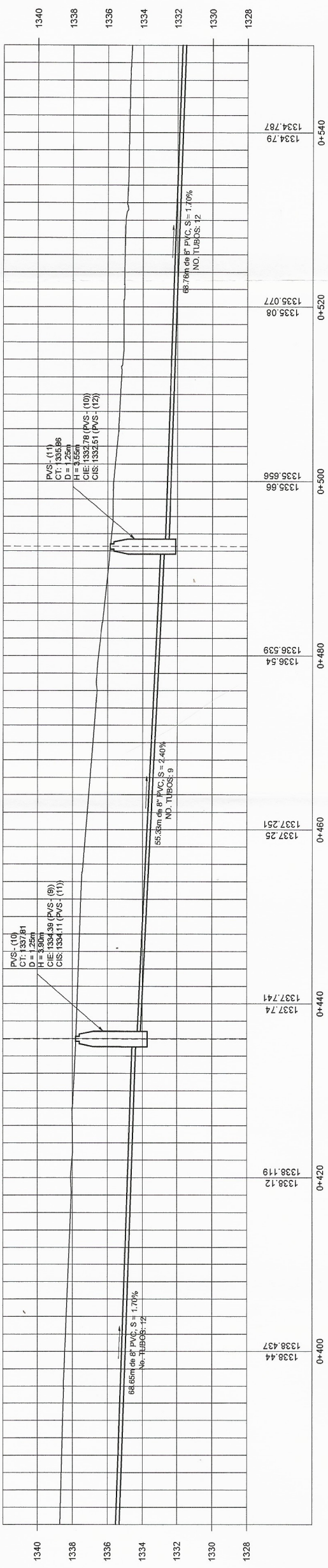
ESC: 1/250



| NOMENCLATURA |                         |
|--------------|-------------------------|
| PVS          | POZO DE VISTA SANITARIO |
| CT           | COTA DE TERRENO         |
| D            | DIAMETRO DE POZO        |
| H            | ALTURA POZO             |
| CIE          | COTA INVERT ENTRADA     |
| CIS          | COTA INVERT SALIDA      |
| S            | SUPERFICIE DE TERRENO   |
| D            | DIRECCION DE FLUJO      |
| T            | TUBERIA PVC             |
| P            | POZO DE VISTA           |
| O            | CONEXION DOMICILIAR     |
| □            | DOMICILIO               |
| ■            | PANORAMA DE TRATAMIENTO |

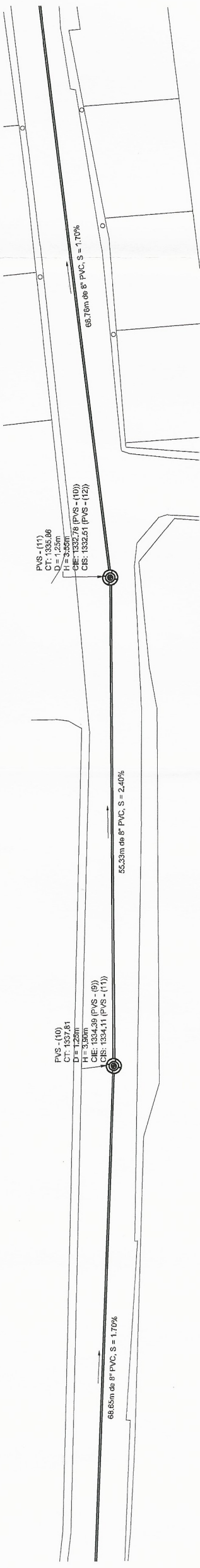


|   |                    |
|---|--------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA  |                    |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA   |                    |
| PROYECTO:<br>DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO PARA LAS COMUNAS LA GORDA, NUEVA VILLA NUEVA I Y SANTA FE, HEREDOS DE VILLA NUEVA Y LAS TERREAS |                    |
| CONTENIDO:<br>PLANTA PERFIL PVS-6 A PVS-9   | FECHA:<br>OCT/2017 |
| ESCALA:<br>INDICADA<br>2  | FECHA:<br>OCT/2017 |
| BOLETA:<br>INDICADA<br>05   | FECHA:<br>OCT/2017 |
| ELABORADO POR:<br>ING. SILVIO RODRIGUEZ SERRANO   |                    |
| REVISADO POR:<br>ING. SILVIO RODRIGUEZ SERRANO  |                    |
| AUTORIZADO POR:<br>ING. SILVIO RODRIGUEZ SERRANO  |                    |
| APROBADO POR:<br>ING. SILVIO RODRIGUEZ SERRANO  |                    |
| ING. SILVIO RODRIGUEZ SERRANO   |                    |



### PERFIL PVS-10 A PVS-11

ESC H: 1/250  
ESC V: 1/125



### PLANTA PVS-10 A PVS-11

ESC: 1/250

| NOMENCLATURA |                          |
|--------------|--------------------------|
| PVS          | POZO DE VISITA SANITARIO |
| CT           | COTADE TERRENO           |
| D            | DIAMETRO DE POZO         |
| H            | ALTURA POZO              |
| CIE          | COTA INVERT ENTRADA      |
| CIS          | COTA INVERT SALIDA       |
|              | SUPERFICIE DE TERRENO    |
|              | DIRECCION DE FLUJO       |
|              | TUBERIA PVC              |
|              | POZO DE VISITA           |
|              | CONEXION DOMICULAR       |
|              | DOMICULIO                |
|              | PLANTA DE TRATAMIENTO    |



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

PROYECTO:  
DISEÑO DEL BLENDEO SANITARIO PARA LAS COLONIAS LA  
UNION, VILLA NUEVA Y SANTA FE, BARRIOS DE  
VILLA NUEVA Y LAS VIGAS

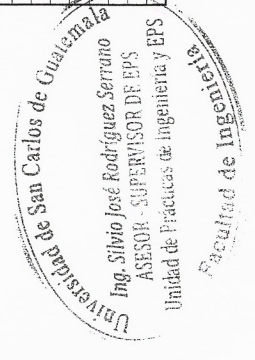
CONTENIDO:  
PLANTA PERFIL PVS-10-PVS-11

ELABORADO:  
LUIS MALDONADO

REVISADO:  
LUIS MALDONADO

ASISTENTE:  
ING. SILVIO RODRIGUEZ

ING. SILVIO RODRIGUEZ



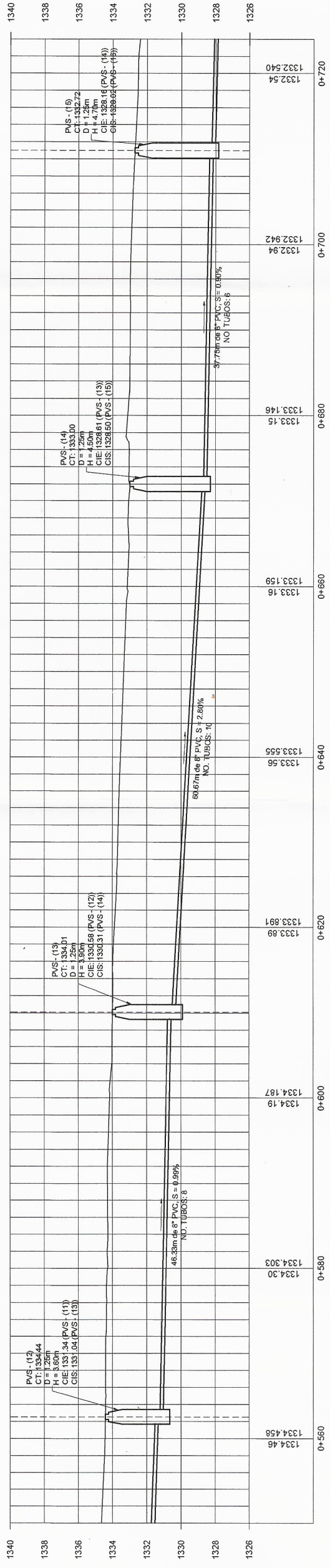
ESCALA:  
INDICADA

FECHA:  
2

FECHA:  
06

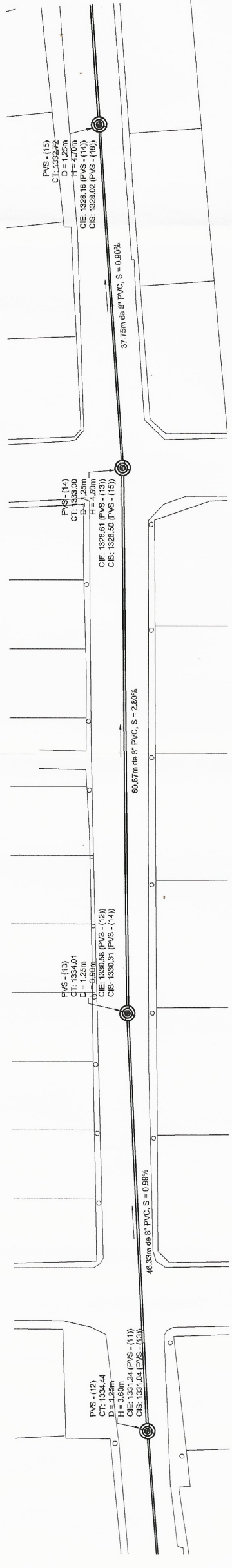
FECHA:  
06/2017

FECHA:  
16



## PERFIL PVS-12 A PVS-15

ESC H: 1/250  
ESC V: 1/125



## PLANTA PVS-12 A PVS-15

ESC: 1/250

| NOMENCLATURA |                         |
|--------------|-------------------------|
| PVS          | POZO DE VISTA SANITARIO |
| CT           | COTA DE TERRENO         |
| D            | DIAMETRO DE POZO        |
| H            | ALTURA POZO             |
| CE           | COTA INVERT ENTRADA     |
| CIS          | COTA INVERT SALIDA      |
| —            | SUPERFICIE DE TERRENO   |
| —            | DIRECCION DE FLUJO      |
| —            | TUBERIA PVC             |
| —            | POZO DE VISTA           |
| —            | CONDICION DOMICULAR     |
| —            | DOMICILIO               |
| —            | PLANTA DE TRATAMIENTO   |



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

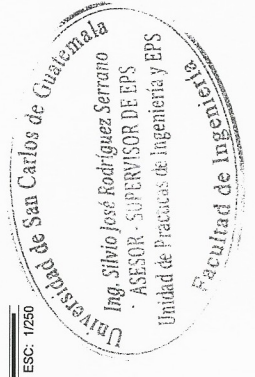
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

PROYECTO:  
DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO PARA LAS COMUNAS LA GLODIA, NUEVA VILLA NUEVA I Y SANTA FE, HEREDOS DE VILLA NUEVA Y LAS VERGAS

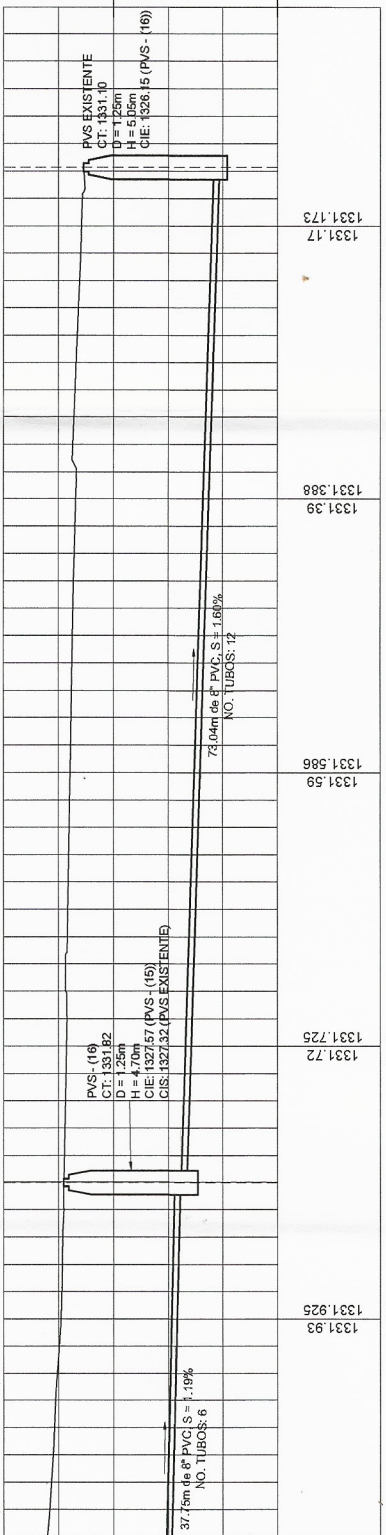
CONTENIDO:  
PLANTA PERFIL  
PVS-12 A PVS-15

FECHA:  
OCT/2017

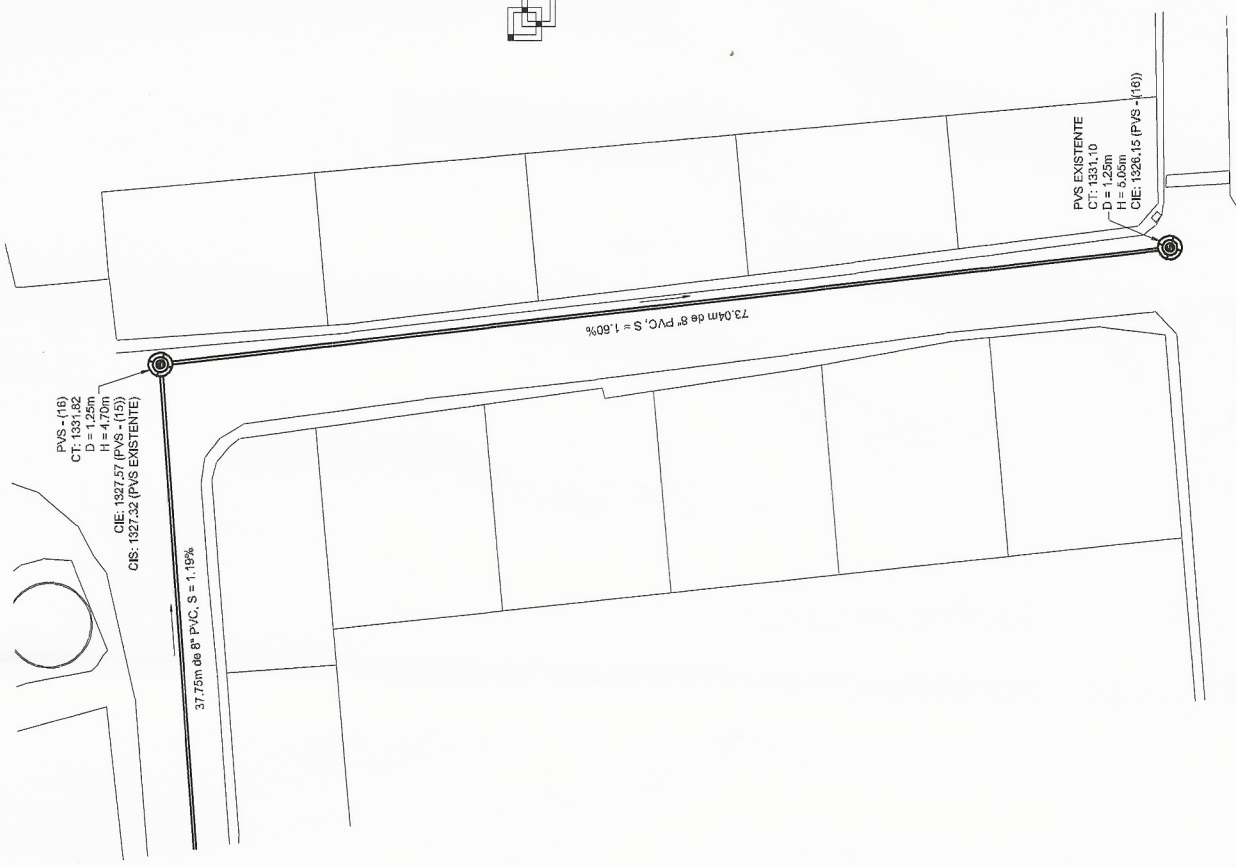
BRANCA:  
16



1332  
1330  
1328  
1326  
1324

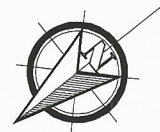


1332  
1330  
1328  
1326  
1324



# PERFIL PVS-16 A PVS-EXISTENTE



ESC H: 1/250  
ESC V: 1/125



| NOMENCLATURA |                         |
|--------------|-------------------------|
| PVS          | POZO DE VISTA SANITARIO |
| CT           | COTA DE TERRENO         |
| D            | DIAMETRO DE POZO        |
| H            | ALTURA POZO             |
| CE           | COTAINVERT ENTRADA      |
| CIS          | COTAINVERT SALIDA       |
| —            | SUPERFICIE DE TERRENO   |
| —            | DIRECCION DE FLUJO      |
| —            | TUBERIA PVC             |
| —            | POZO DE VISTA           |
| O            | CONEXION DOMICILIAR     |
| —            | DOMICILIO               |
| —            | PLANTA DE TRATAMIENTO   |

# PLANTA PVS-16 A PVS-EXISTENTE

ESC: 1/250

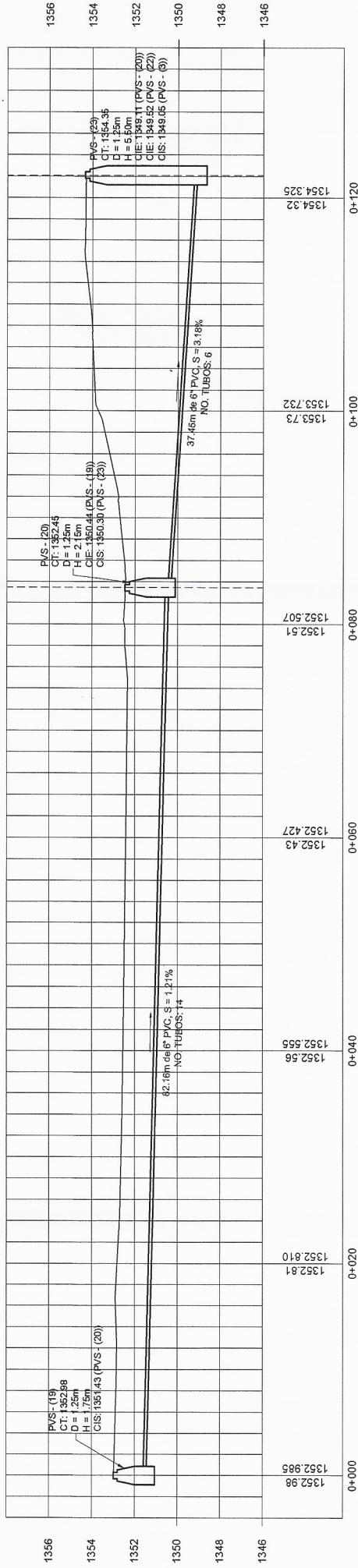
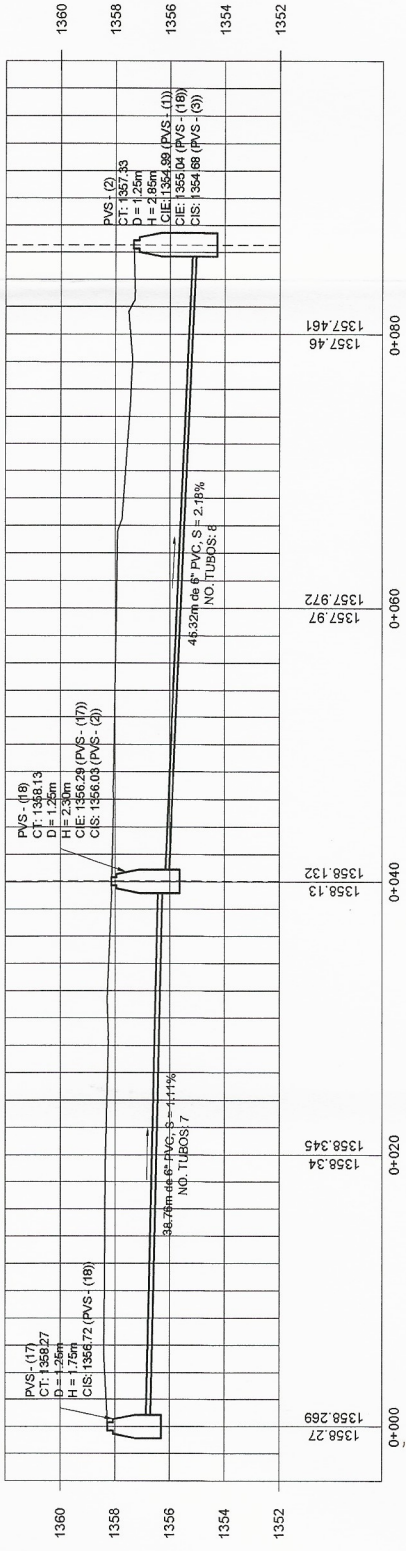
|  |   |
|--|---|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA   |   |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA  |   |
| PROYECTO:<br>DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO PARA LAS COMUNAS LA CORDIA, NUEVA VILLA NUEVA I Y SANTA FE, HEREDOS DE VILLA NUEVA Y LAS YERBAS  | BOLETA:<br>INDICADA<br>RIVAL: 6<br>BOLETA: 08   |
| CONTENIDO:<br>PLANTA PERFIL<br>PVS-16 A PVS-EXISTENTE  | FECHA:<br>OCT/2017  |
| <br>CATEDRATICO:<br>LUIS MALDONADO<br>ALUMNO:<br>LUIS MALDONADO<br>CARRERA:<br>INGENIERIA CIVIL<br>ING. RUIFO DOMESTICO | <br>TITULACION:<br>INGENIERIA CIVIL<br>TITULO:<br>INGENIERIA CIVIL<br>TITULO: 16 |

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería



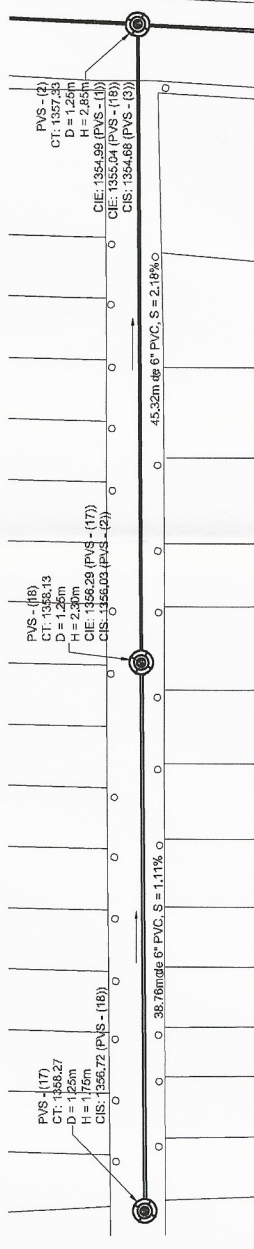
# PERFIL PVS-17 A PVS-2

ESC H: 1/250  
ESC V: 1/125



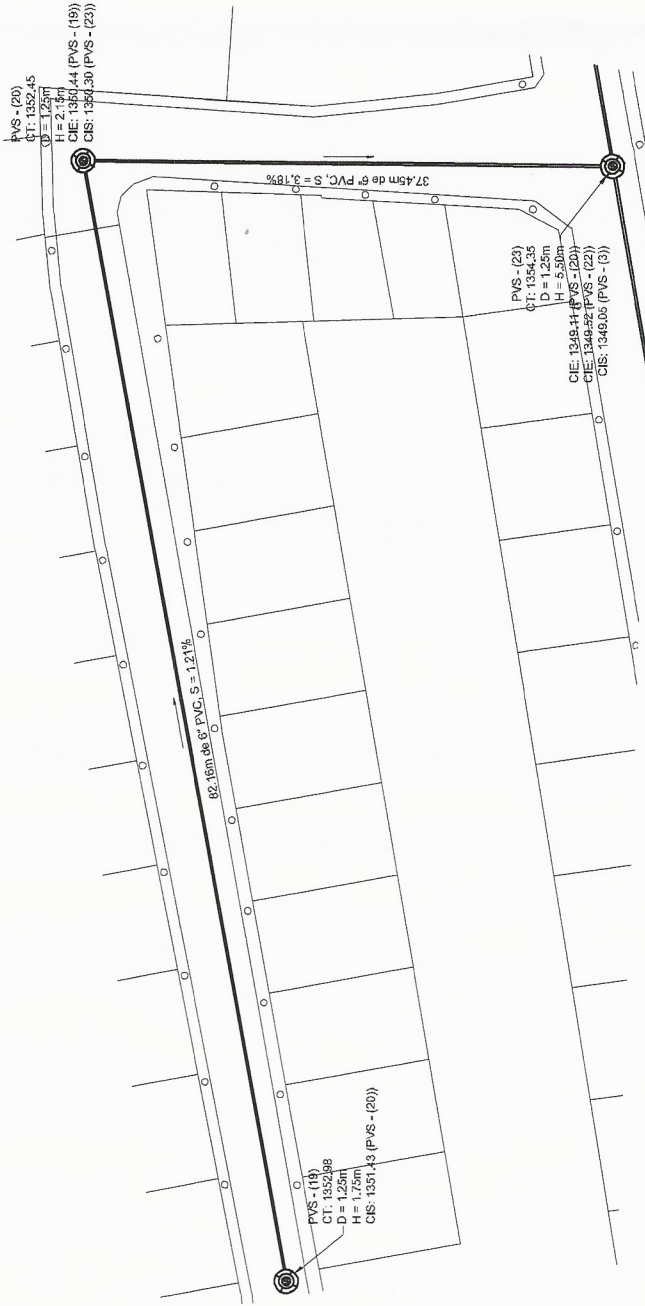
# PERFIL PVS-19 A PVS-23

ESC H: 1/250  
ESC V: 1/125



# PLANTA PVS-17 A PVS-2

ESC: 1/250



| NOMENCLATURA |                         |
|--------------|-------------------------|
| PVS          | POZO DE VISTA SANITARIO |
| CT           | COTEA DE TERRENO        |
| D            | DIAMETRO DE POZO        |
| H            | ALTURA POZO             |
| CIE          | COTA INVERT ENTRADA     |
| CIS          | COTA INVERT SALIDA      |
| —            | SUPERFICIE DE TERRENO   |
| —            | DIRECCION DE FLUJO      |
| —            | TUBERIA PVC             |
| —            | POZO DE VISTA           |
| —            | CONEXION DOMICULAR      |
| —            | DOMICULO                |
| —            | PLANTA DE TRATAMIENTO   |

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

PROYECTO:  
DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO PARA LAS COMUNAS LA GUDIA, NUEVA VILLA NUEVA 1 Y SANTA FE, HEREDOS DE VILLA NUEVA Y LAS YERBAS

CONTEXTO:  
PLANTA PERFIL PVS-17 A PVS-2  
PLANTA PERFIL PVS-19 A PVS-23

ESCUELA:  
LUIS MALDONADO

FECHA:  
OCT/2017

BRUJ:  
09

FECHA:  
OCT/2017

BRUJ:  
16

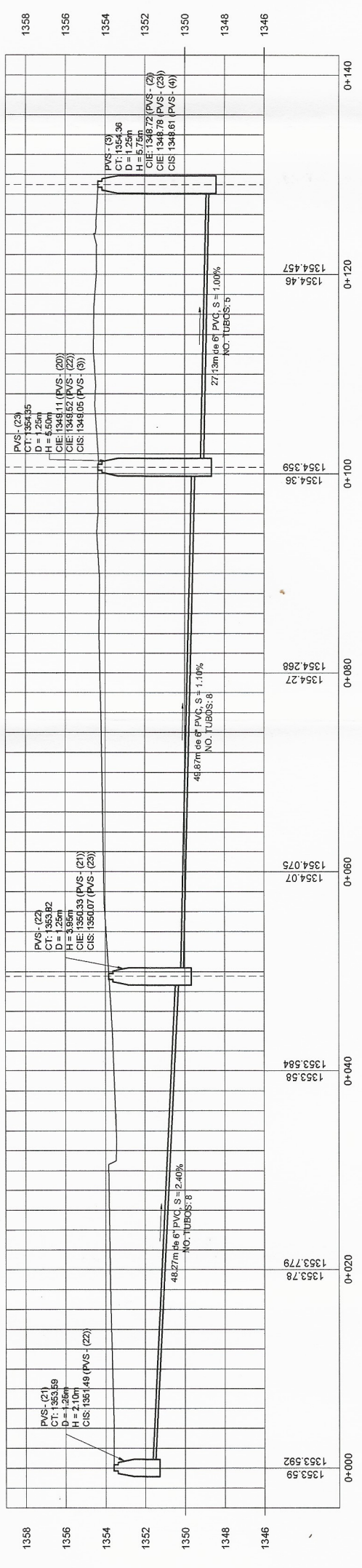
ELABORADO:  
LUIS CARLOS MALDONADO GIZMAN  
CARRERA: CIVIL

# PLANTA PVS-19 A PVS-23

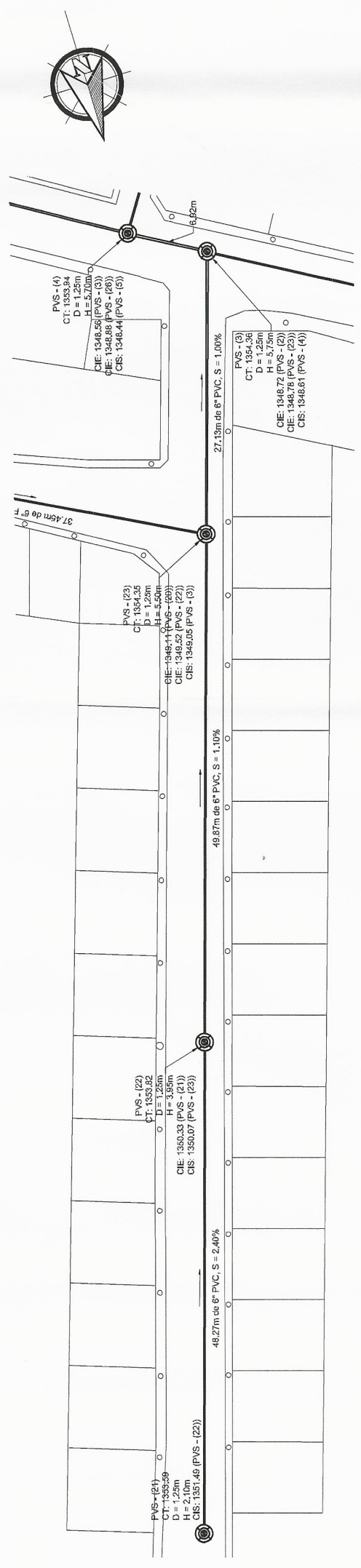
ESC: 1/250

Universidad de San Carlos de Guatemala

Ing. Silvia José Rodríguez Serrano  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería



**PERFIL PVS-21 A PVS-3**  
 ESC H: 1/250  
 ESC V: 1/1.25

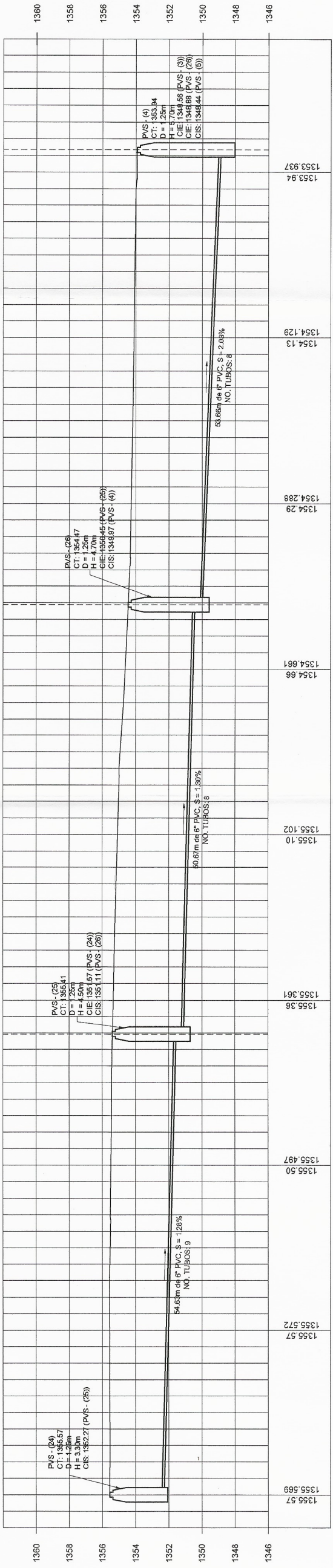


**PLANTA PVS-21 A PVS-3**  
 ESC: 1/250

| NOMENCLATURA |                          |
|--------------|--------------------------|
| PVS          | POZO DE VISITA SANITARIO |
| CT           | COTA DE TERRENO          |
| D            | DIAMETRO DE POZO         |
| H            | ALTURA POZO              |
| CIE          | COTA INVERT EN TRAZA     |
| CIS          | COTA INVERT SALIDA       |
| →            | SUPERFICIE DE TERRENO    |
| →            | DIRECCION DE FLUJO       |
| —            | TUBERIA PVC              |
| ○            | POZO DE VISITA           |
| ○            | CONEXION DOMICILIAR      |
| ○            | DOMICILIO                |
| □            | PLANTA DE TRATAMIENTO    |

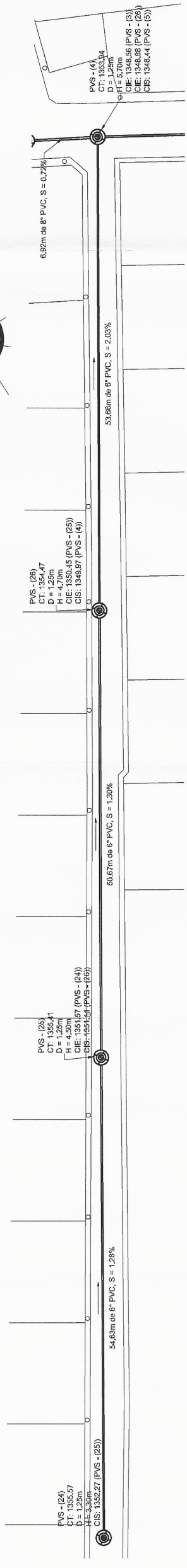
|   |  |   |                    |
|---|--|---|--------------------|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA  |  | EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA |                    |
| PROYECTO:<br>DISEÑO DEL BIENEFICARIO SANITARIO PARA LAS COLONIAS LA GUADUA, NUEVA VILLA NUEVA 1 Y SANTA FE, HEREDOS DE VILLA NUEVA Y LASTEROS |  | ESCALA:<br>INDICADA   | HOJA:<br>10        |
| CONTENIDO:<br>PLANTA PERFIL PVS 21 A PVS-3  |  | FECHA:<br>ZONA  | FECHA:<br>OCT/2017 |
| AUTOR:<br>JOSÉ MALDONADO  |  | ELABORADO:<br>JOSÉ MALDONADO                                      |                    |
| ASISTENTE:<br>JOSÉ MALDONADO  |  | REVISOR:<br>JOSÉ MALDONADO  |                    |
| CARGO:<br>INGENIERO   |  | CARGO:<br>INGENIERO   |                    |
| FIRMA:<br>[Firma]   |  | FIRMA:<br>[Firma]   |                    |

Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería



### PERFIL PVS-24 A PVS-4

ESC H: 1/250  
ESC V: 1/125



### PLANTA PVS-24 A PVS-4

ESC: 1/250

| NOMENCLATURA |                          |
|--------------|--------------------------|
| PVS          | POZO DE VISITA SANITARIO |
| CT           | COTA DE TERRENO          |
| D            | DIAMETRO DE POZO         |
| H            | ALTURA POZO              |
| CE           | COTA INVERT ENTRADA      |
| CS           | COTA INVERT SALIDA       |
| —            | SUPERFICIE DE TERRENO    |
| —            | DIRECCION DE FLUJO       |
| —            | TUBERIA PVC              |
| ○            | POZO DE VISITA           |
| ○            | CONEXION CONJUGAR        |
| □            | DOMICILIO                |
| □            | PLANTA DE TRATAMIENTO    |

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

PROYECTO:  
DISEÑO DEL BIENEFICARIO PARA LAS COMUNAS LA CIUDAD, NUEVA VILLA NUEVA 1 Y SANTA FE, HEROES DE VILLA NUEVA Y LAS YERBAS

ESCALA:  
INDICADA  
1:1

FECHA:  
OCT/2017

CLIENTE:  
LUIS MALDONADO

DISEÑADOR:  
LUIS MALDONADO

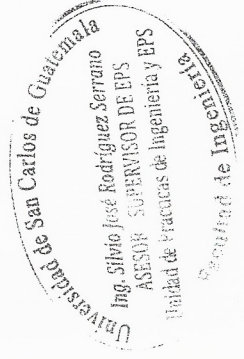
ASISTENTE:  
LUIS MALDONADO

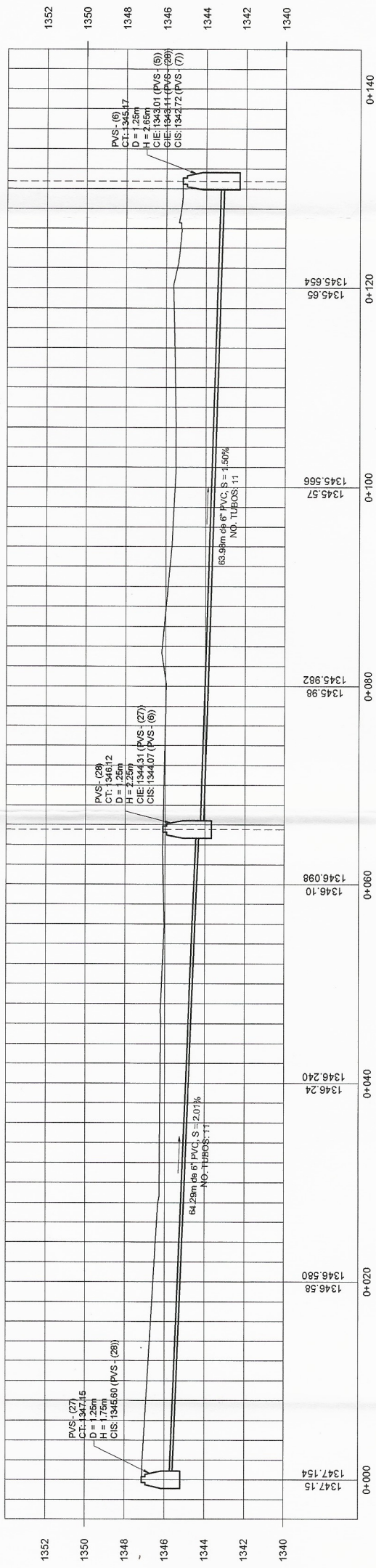
CONTENIDO:  
PLANTA PERFIL PVS-24 A PVS-4

PROYECTANTE:  
LUIS CARLOS MALDONADO GUTIERREZ  
CARRERA: INGENIERIA

BOLETIN:  
11

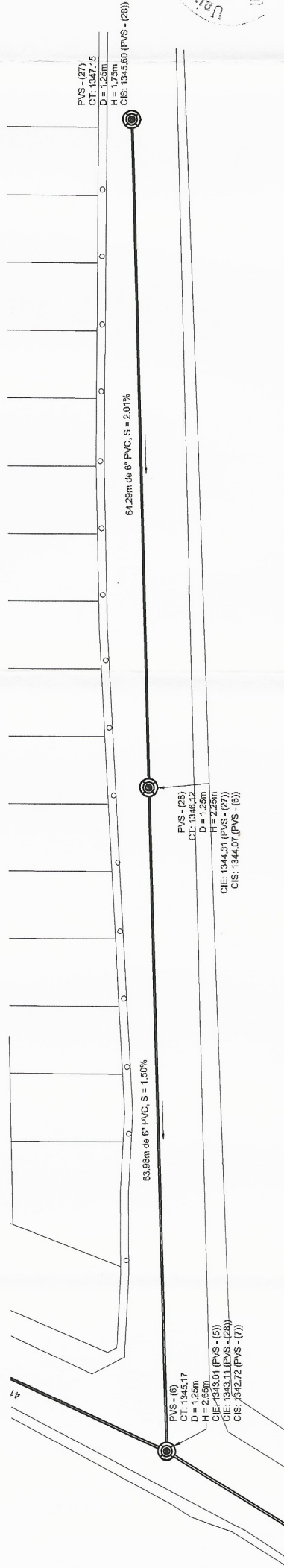
BOJLE:  
16





### PERFIL PVS-27 A PVS-6

ESC H: 1/250  
ESC V: 1/175



### PLANTA PVS-27 A PVS-6

ESC: 1/250

| NOMENCLATURA |                          |
|--------------|--------------------------|
| PVS          | POZO DE VISITA SANITARIO |
| CT           | COTA DE TERRENO          |
| D            | DIAMETRO DE POCO         |
| H            | ALTURA POCO              |
| CE           | COTA INVERT ENTUBADA     |
| CS           | COTA INVERT SALIDA       |
| —            | SUPERFICIE DE TERRENO    |
| —            | DIRECCION DE FLUJO       |
| —            | TUBERIA PVC              |
| —            | POZO DE VISITA           |
| —            | CONEXION CONJUGLAR       |
| —            | DOMICILIO                |
| —            | PLANTA DE TRATAMIENTO    |



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

PROYECTO:  
DISEÑO DEL BIENESTAR SANITARIO PARA LAS COLONIAS LA  
CIUDADA, NUEVA VILLA NUEVA 1 Y SANTA FE, HEREDOS DE  
VILLA NUEVA Y LASTYERAS

CONTENIDO:  
PLANTA PERFIL PVS-27 A PVS-6

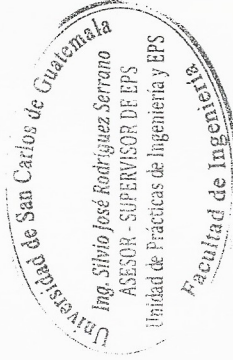
ESCALA:  
INDICADA

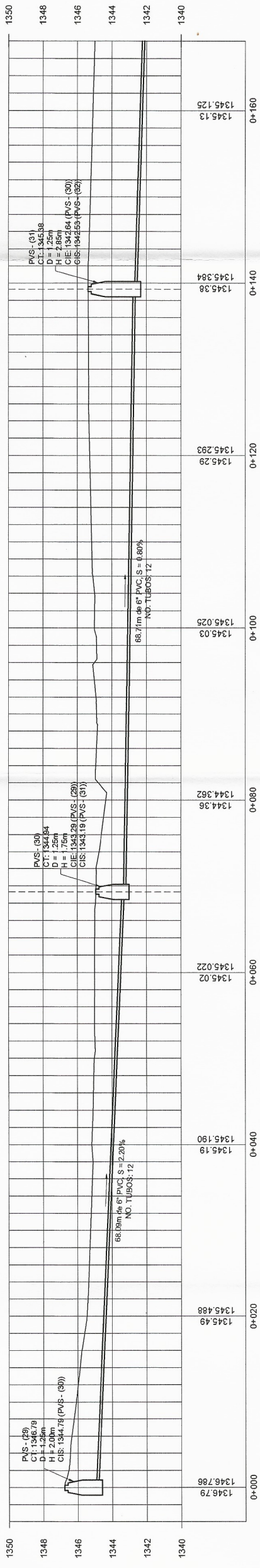
HOJA: **12**

FECHA:  
OCT/2017

HOJA: **16**

LUIS CARLOS MALDONADO GUZMAN  
CARRERA: INGENIERIA



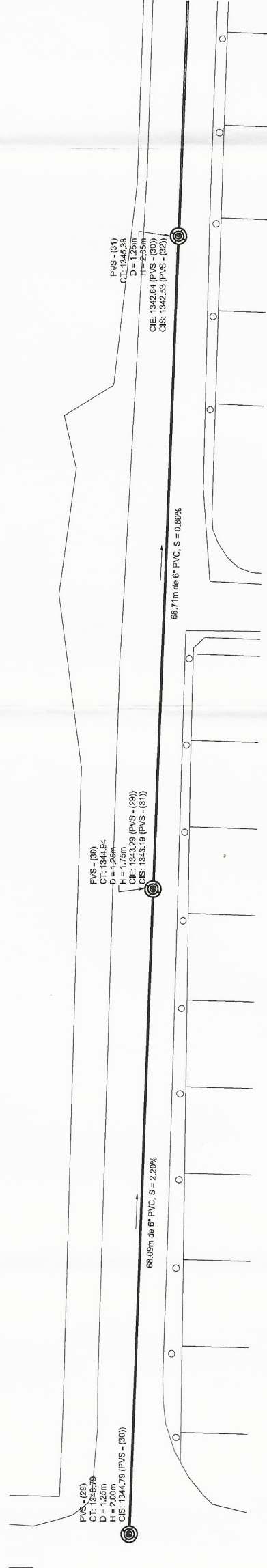


### PERFIL PVS-29 A PVS-31

ESC H: 1/250  
ESC V: 1/125

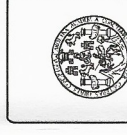


| NOMENCLATURA |                          |
|--------------|--------------------------|
| PVS          | POZO DE VISITA SANITARIO |
| CT           | COTA DE TERRENO          |
| D            | DIAMETRO DE POZO         |
| H            | ALTIMETRO                |
| OS           | COTA INVERT ENTADA       |
| OS           | COTA INVERT SALIDA       |
| —            | SUPERFICIE DE TERRENO    |
| —            | DIRECCION DE FLUJO       |
| —            | TUBERIA PVC              |
| ○            | POZO DE VISITA           |
| ○            | CONEXION CONVULSAR       |
| □            | DOMICULIO                |
| ■            | PLANTA DE TRATAMIENTO    |



### PLANTA PVS-29 A PVS-31

ESC: 1/250



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:  
DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO PARA LAS COLONIAS LA  
GLORIA, NUEVA VILLA NUEVA Y SANTA FE, HEROES DE  
VILLA NUEVA Y LAS TIERRAS

CONTENIDO:  
PLANTA PERFIL PVS-29 A PVS-31

ELABORADO:  
LUIS MALDONADO

REVISADO:  
LUIS MALDONADO

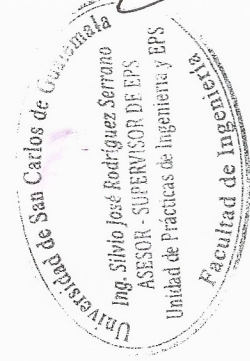
ASISTENTE:  
LUIS MALDONADO

PROFESOR:  
LUIS MALDONADO

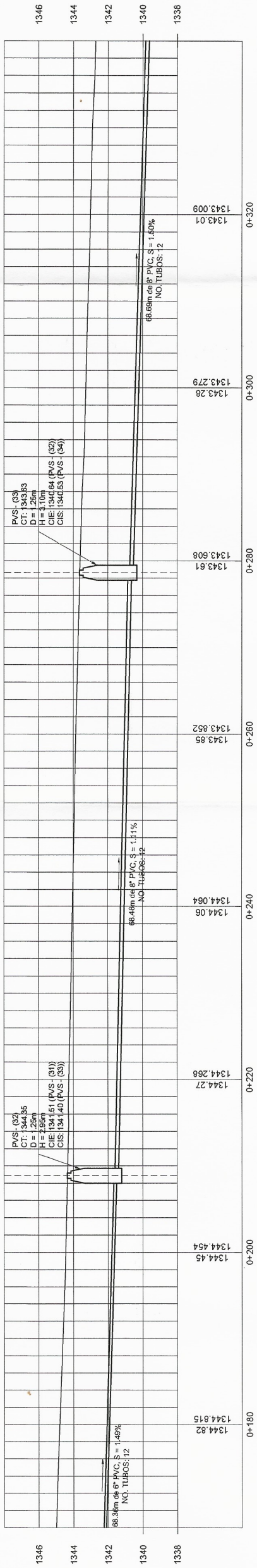
FECHA:  
OCT/2017

BOLE:  
13

BOLE:  
16

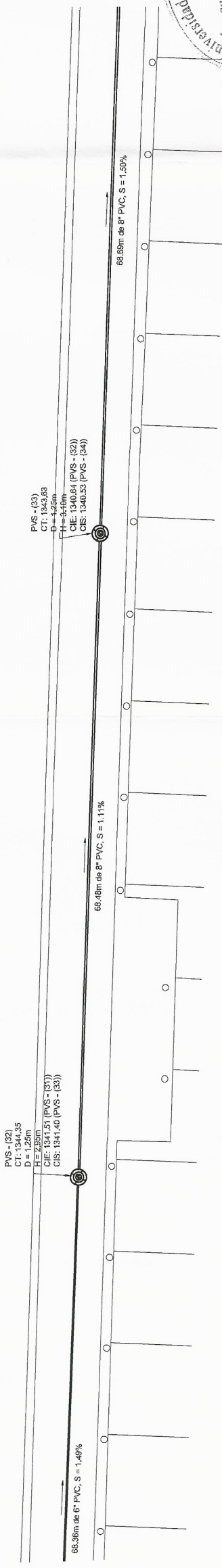


LUIS CARLOS MALDONADO GIZMAN  
CARR: 20111101



### PERFIL PVS-32 A PVS-33

ESC H: 1/250  
ESC V: 1/125



### PLANTA PVS-33 A PVS-34

ESC: 1/250

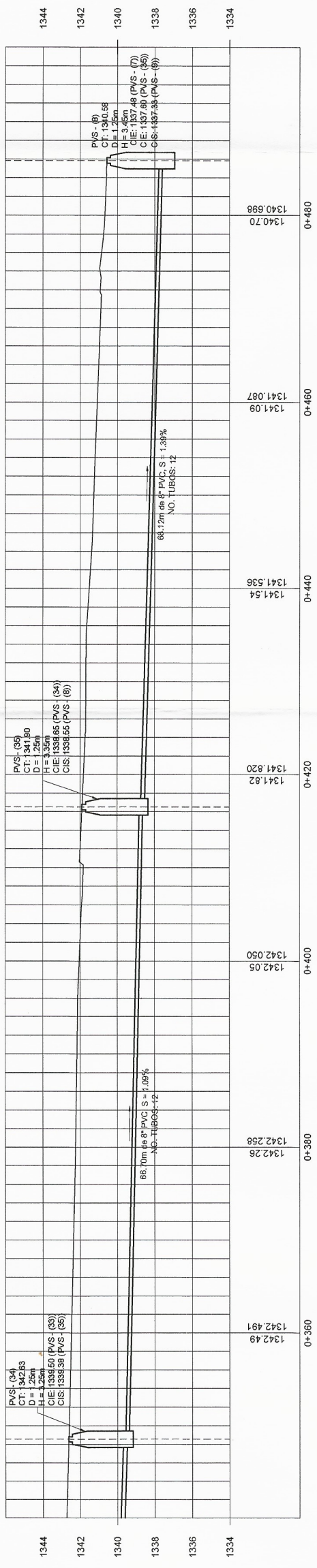
| NOMENCLATURA |                          |
|--------------|--------------------------|
| PVS          | POZO DE VISITA SANITARIO |
| CT           | COTA DE TERRENO          |
| D            | DIAMETRO DE POZO         |
| H            | ALTURA POZO              |
| CE           | COTA INVERT ENTRADA      |
| CS           | COTA INVERT SALIDA       |
| —            | SUPERFICIE DE TERRENO    |
| —            | DIRECCION DE FLUJO       |
| —            | TIUBERIA PVC             |
| —            | POZO DE VISITA           |
| —            | CONEXION DOMICILIAR      |
| —            | DOMICILIO                |
| —            | PLANTA DE TRATAMIENTO    |



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería

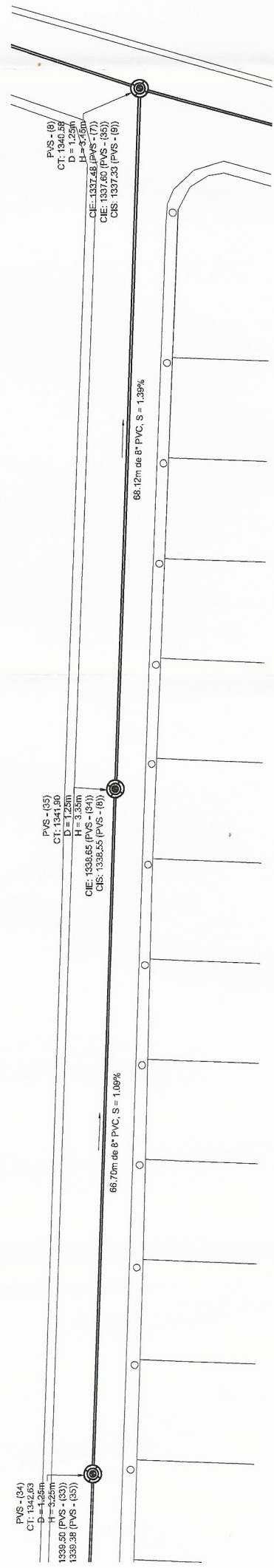
|  |  |
|--|--|
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA   | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA   |
| EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA  | EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO<br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA  |
| PROYECTO:<br>DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO PARA LAS COLONIAS LA<br>CIUDAD, NUEVA VILLA NUEVA 1 Y SANTA FE, HEROES DE<br>VILLA NUEVA Y LAS TIERRAS | PROYECTO:<br>DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO PARA LAS COLONIAS LA<br>CIUDAD, NUEVA VILLA NUEVA 1 Y SANTA FE, HEROES DE<br>VILLA NUEVA Y LAS TIERRAS |
| CONTENIDO:<br>PLANTA PERFIL PVS-33 A PVS-34  | CONTENIDO:<br>PLANTA PERFIL PVS-33 A PVS-34  |
| ELABORADO:<br>LUIS MALDONADO   | ELABORADO:<br>LUIS MALDONADO   |
| REVISADO:<br>LUIS MALDONADO  | REVISADO:<br>LUIS MALDONADO  |
| FECHA:<br>OCT/2017   | FECHA:<br>OCT/2017   |
| ESCALA:<br>INDICADA  | ESCALA:<br>INDICADA  |
| HOJA:<br>6   | HOJA:<br>14  |
| LIBRO:<br>16   | LIBRO:<br>16   |

LUIS MALDONADO  
CARRERA DE INGENIERIA EN CIVIL  
CARRERA DE INGENIERIA EN CIVIL  
CARRERA DE INGENIERIA EN CIVIL  
CARRERA DE INGENIERIA EN CIVIL



### PERFIL PVS-34 A PVS-8

ESC H: 1/250  
ESC V: 1/125



### PLANTA PVS-34 A PVS-8

ESC: 1/250

| NOMENCLATURA |                          |
|--------------|--------------------------|
| PVS          | POZO DE VISITA SANITARIO |
| CT           | COTA DE TERRENO          |
| D            | DIAMETRO DE POZO         |
| H            | ALTURA POZO              |
| CIE          | COTA INVERT ENTRADA      |
| CS           | COTA INVERT SALIDA       |
| —            | SUPERFICIE DE TERRENO    |
| —            | DIRECCION DE FLUJO       |
| —            | TUBERIA PVC              |
| —            | POZO DE VISITA           |
| —            | CONEXION DOMICILIAR      |
| —            | DOMICILIO                |
| —            | PLANTA DE TRATAMIENTO    |

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA

PROYECTO:  
DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO PARA LAS COLONIAS LA GLORIA, NUEVA VILLA NUEVA 1 Y SANTA FE, HEREDOS DE VILLA NUEVA Y LAS VEGAS

BOLETA  
INDICADA  
FOLIO  
6

BOLETA  
15

CONTENIDO:  
PLANTA PERFIL PVS-34 A PVS-8

FECHA:  
OCT/2017

INGENIERO:  
JOSÉ MALDONADO

BOLETA  
16

INGENIERO:  
JOSÉ MALDONADO

FECHA:  
OCT/2017

INGENIERO:  
JOSÉ MALDONADO

BOLETA  
16

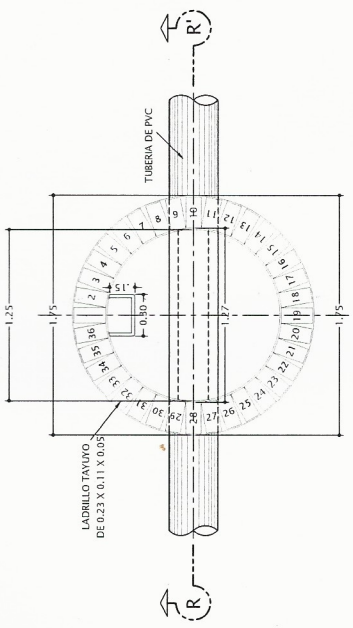
INGENIERO:  
JOSÉ MALDONADO

FECHA:  
OCT/2017

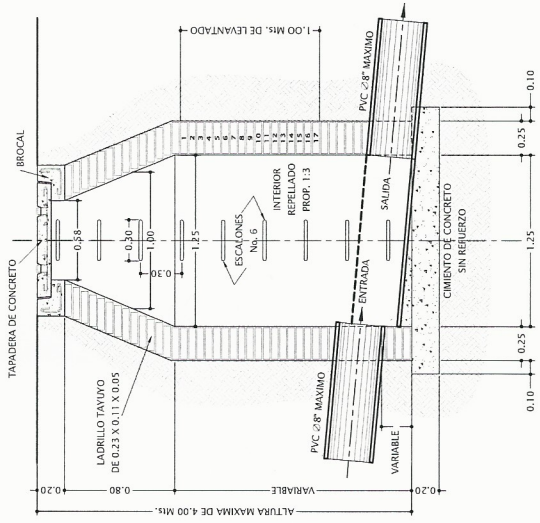
INGENIERO:  
JOSÉ MALDONADO

BOLETA  
16

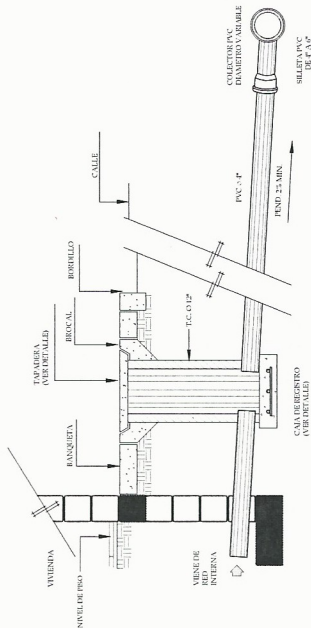
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
Facultad de Ingeniería



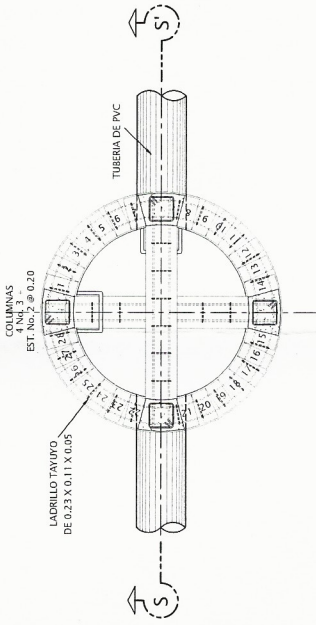
**PLANTA POZO (1.25 MTS) H = 0-4 MTS.**  
ESC: 1/25



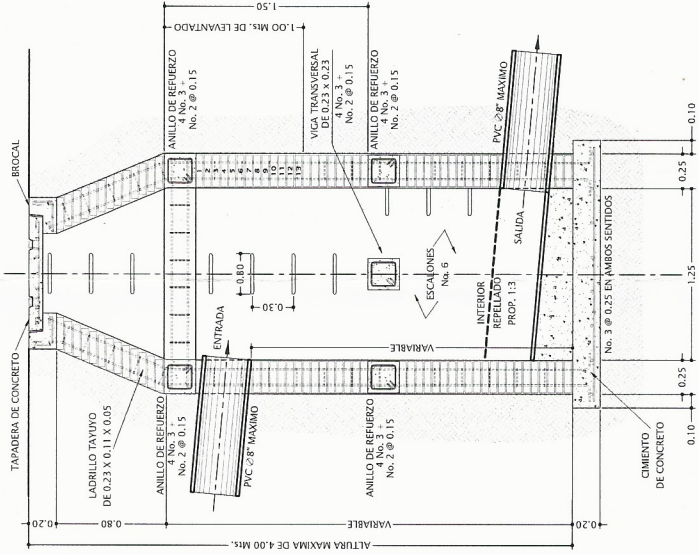
**SECCION POZO (1.25 MTS) H = 0-4 MTS.**  
ESC: 1/25



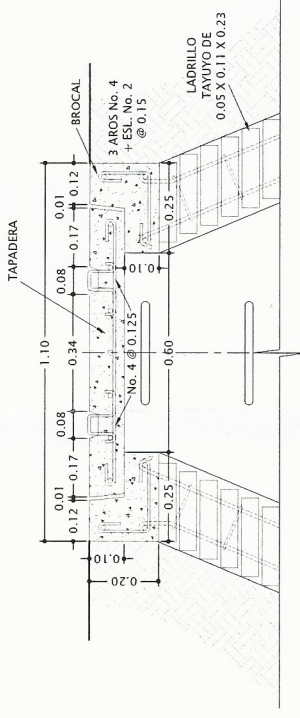
**SECCION A-A'**  
ESC: 1/100



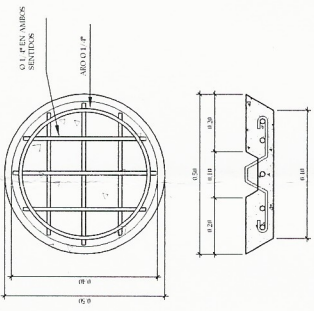
**PLANTA POZO (1.25 MTS) H = 4-6 MTS.**  
ESC: 1/25



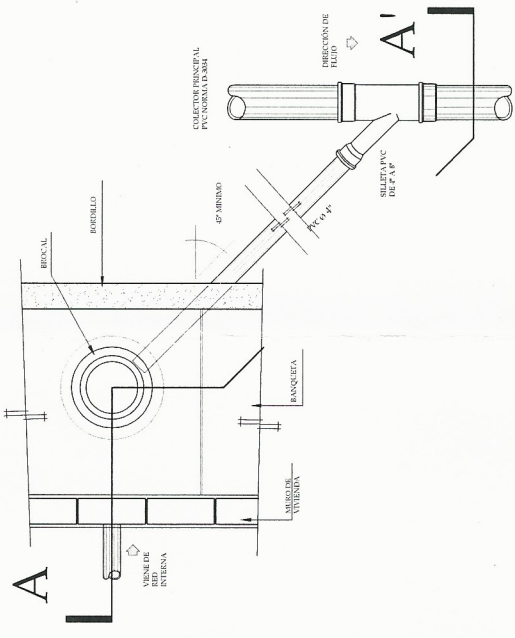
**SECCION POZO (1.25 MTS) H = 4-6 MTS.**  
ESC: 1/25



**DETALLE DE TAPADERA**  
ESC: 1/10



**DETALLE TAPADERA ACOMETIDA**  
ESC: 1/100



**PLANTA ACOMETIDA DRENAJE SANITARIO**  
ESC: 1/100

|   |  |                                  |                    |
|---|--|----------------------------------|--------------------|
|   | UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA         | ESCALA:<br>INDICADA              | FECHA:<br>OCT 2017 |
|   | <b>EXERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</b><br>MUNICIPALIDAD DE VILLA NUEVA | AREA:<br>6                       | FECHA:<br>OCT 2017 |
| PROYECTO:<br>DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO PARA LAS COLONIAS LA GIGUERA, NUEVA VILLA NUEVA 1 Y SANTA FE, HEROES DE VILLA NUEVA Y LAS VERGAS                                      |  | CONTENIDO:<br>DETALLES GENERALES | FECHA:<br>OCT 2017 |
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO<br>ASESOR - SUPERVISOR DE EPS<br>Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS |  | ASISTENTE:<br>LUIS MALDONADO     | AREA:<br>6         |
| UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA<br>FACULTAD DE INGENIERIA<br>ING. CARLOS MALDONADO GIZALAN<br>CENE 20111101  |  | ASISTENTE:<br>LUIS MALDONADO     | AREA:<br>6         |

Universidad de San Carlos de Guatemala  
 Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS  
 Facultad de Ingeniería



# ANEXOS

## Anexo 1. Ensayo, límites de Atterberg



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



---

INFORME No. 459 S.S.                      O.T.: 36.787                      No. 09776

Interesado: Luis Carlos Maldonado Guzman - 201114101

Proyecto: EPS "Diseño de Carretera Pavimentada que Conduce de Bárcenas a la Aldea El Tablón, Villa Nueva, Guatemala"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Villa Nueva, Guatemala

FECHA: miércoles, 23 de noviembre de 2016

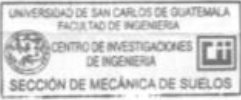
**RESULTADOS:**

| ENSAYO No. | MUESTRA No. | L.L. (%) | LP. (%) | CLASIFICACION * | DESCRIPCION DEL SUELO   |
|------------|-------------|----------|---------|-----------------|-------------------------|
| 1          | 1           | N.P.     | N.P.    | ML              | Arena Limosa Color Café |

(\*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

*Alertamento,*



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos

Vo.Bo.



Ing. Francisco Javier Cuatrecasas de la Cruz  
DIRECTOR CIVUSAC

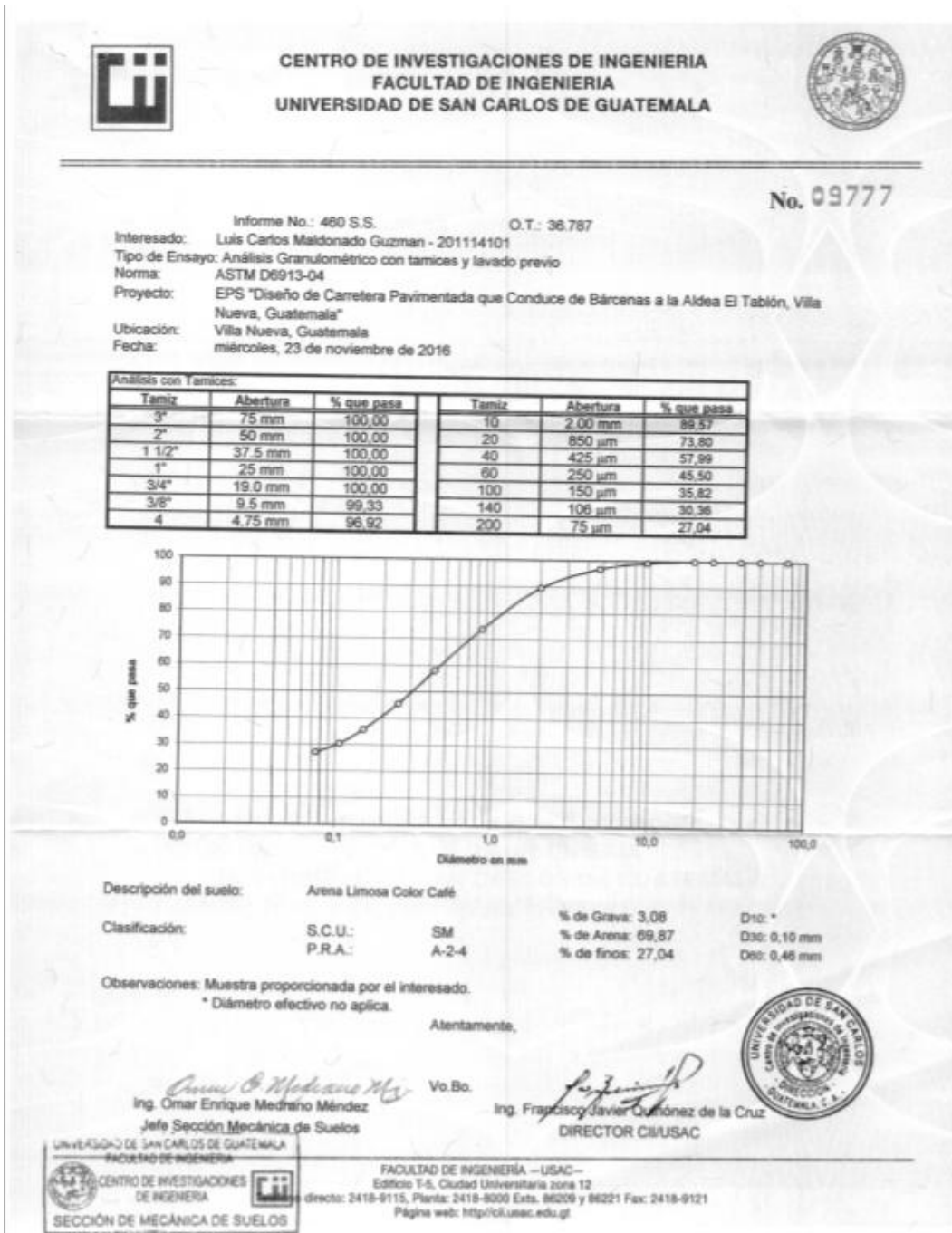


---

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

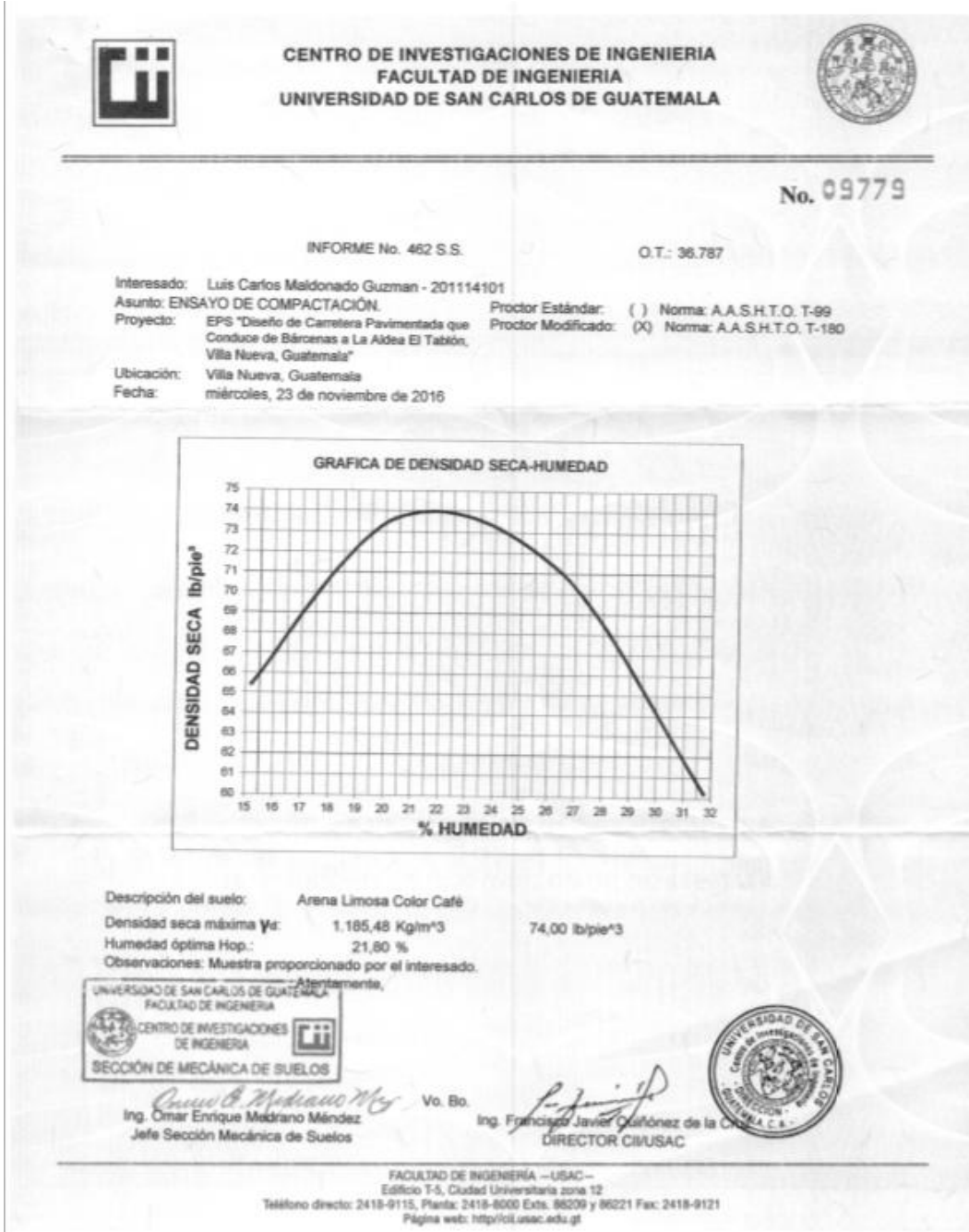
Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

## Anexo 2. Ensayo de análisis granulométrico



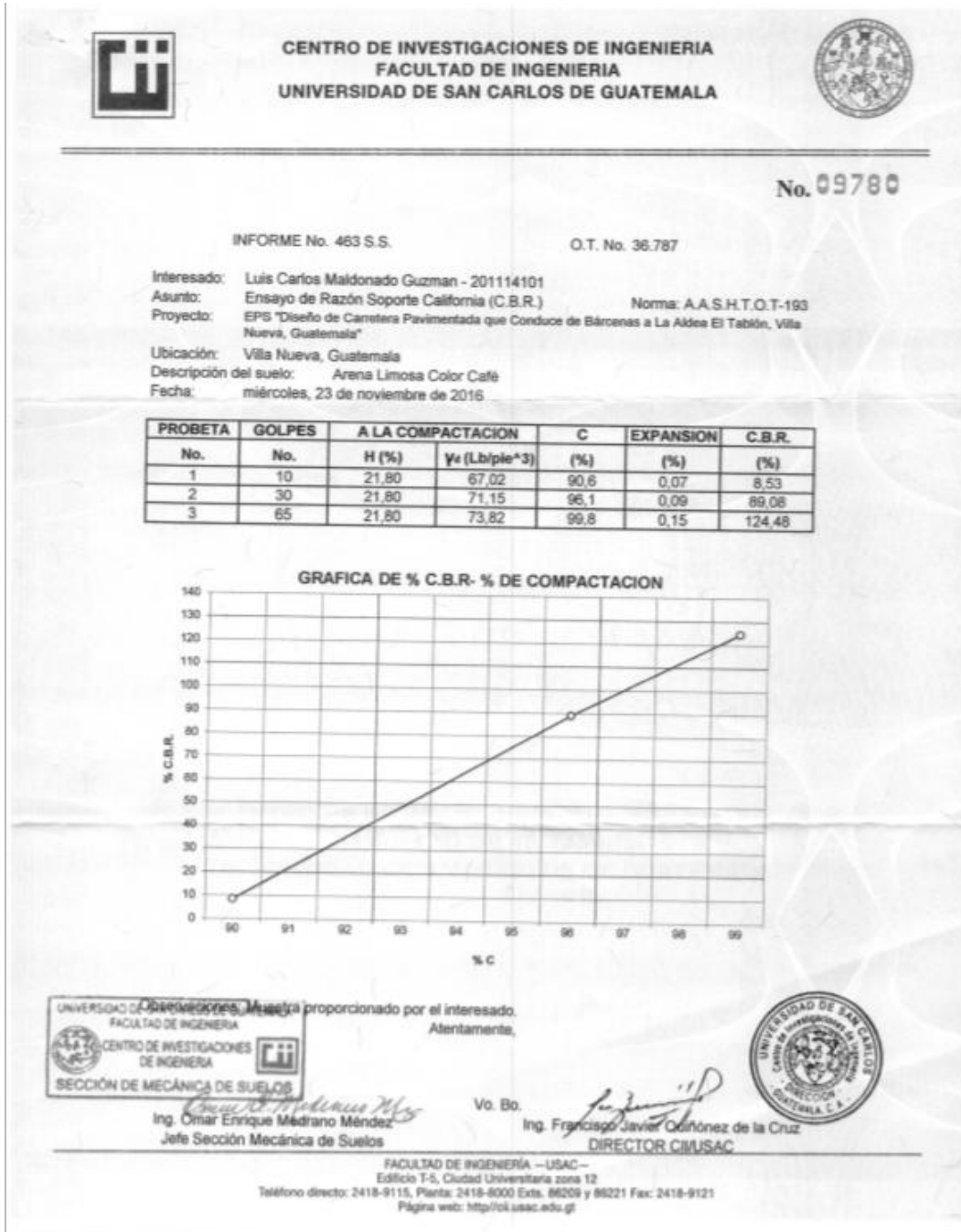
Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

### Anexo 3. Ensayo de compactación Proctor





Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

## Anexo 4. Ensayo de C.B.R.



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Anexo 5. Ensayo de equivalente de arena

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

---

No. 09778

INFORME No.: 461 S.S. O.T. No.: 36.787

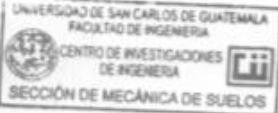

**EQUIVALENTE DE ARENA**

**INTERESADO:** Luis Carlos Maldonado Guzman - 201114101  
**PROYECTO:** EPS "Diseño de Carretera Pavimentada que Conduce de Bárceñas a La Aldea El Tablón, Villa Nueva, Guatemala"

**UBICACIÓN:** Villa Nueva, Guatemala  
**NORMA:** AASHTO T-176  
**DESCRIPCION DEL SUELO:** Arena Limosa Color Café  
**MUESTRA:** 1  
**FECHA:** miércoles, 23 de noviembre de 2016

|                  |                    |                  |                    |
|------------------|--------------------|------------------|--------------------|
| Lectura<br>Arena | Lectura<br>Arcilla | Lectura<br>Arena | Lectura<br>Arcilla |
| 3,1              | 5,4                | 3,2              | 5,5                |
| 57,4             |                    | 58,2             |                    |
| E.A.             |                    |                  |                    |
| 57,8             |                    |                  |                    |

**OBSERVACIONES:** Muestra proporcionada por el interesado

 **Atentamente,** 

*Omar Enrique Medrano Mendez* Vo. Bo. *Francisco Javier Quiñonez de la Cruz*  
Ing. Omar Enrique Medrano Mendez      Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz  
Jefe Sección Mecánica de Suelos      DIRECTOR CIUSAC

---

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://ci.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

Anexo 6. Cuadro 2, Informe de Intensidades de Lluvias, Insivumeh

| Tr                     | 2       | 5       | 10      | 20      | 25      | 30      | 50      | 100     |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <b>COBÁN</b>           |         |         |         |         |         |         |         |         |
| A                      | 1,302   | 2,770   | 46,840  | 39,560  | 39,060  | 38,020  | 36,470  | 35,420  |
| B                      | 12      | 16      | 45      | 45      | 45      | 45      | 45      | 45      |
| n                      | 0.868   | 0.968   | 1.43    | 1.385   | 1.381   | 1.374   | 1.362   | 1.353   |
| R2                     | 0.997   | 0.989   | 0.996   | 0.995   | 0.995   | 0.995   | 0.995   | 0.995   |
| <b>SAN JERÓNIMO</b>    |         |         |         |         |         |         |         |         |
| A                      | 2,040   | 930     | 1,510   | 1,285   | 1,273   | 1,265   | 1,250   | 1,243   |
| B                      | 20      | 6       | 8       | 7       | 7       | 7       | 7       | 7       |
| n                      | 0.9     | 0.717   | 0.79    | 0.747   | 0.742   | 0.739   | 0.733   | 0.729   |
| R2                     | 0.992   | 0.996   | 0.991   | 0.991   | 0.991   | 0.99    | 0.99    | 0.99    |
| <b>ALAMEDA ICTA</b>    |         |         |         |         |         |         |         |         |
| A                      | 21,810  | 105,300 | 639,800 | 319,800 | 311,660 | 302,850 | 290,500 | 283,480 |
| B                      | 35      | 45      | 70      | 65      | 65      | 65      | 65      | 65      |
| n                      | 1.451   | 1.701   | 1.954   | 1.819   | 1.812   | 1.805   | 1.794   | 1.787   |
| R2                     | 0.995   | 0.983   | 0.987   | 0.985   | 0.985   | 0.985   | 0.984   | 0.984   |
| <b>ESQUIPULAS</b>      |         |         |         |         |         |         |         |         |
| A                      | 3,300   | 2,060   | 1,280   | 1,230   | 1,225   | 1,222   | 1,213   | 1,205   |
| B                      | 20      | 11      | 6       | 6       | 6       | 6       | 6       | 6       |
| n                      | 0.962   | 0.836   | 0.721   | 0.7     | 0.696   | 0.694   | 0.69    | 0.686   |
| R2                     | 0.999   | 0.998   | 0.996   | 0.996   | 0.996   | 0.996   | 0.996   | 0.996   |
| <b>SABANA GRANDE</b>   |         |         |         |         |         |         |         |         |
| A                      | 4,485   | 6,145   | 33,770  | 31,550  | 31,330  | 31,110  | 30,760  | 30,070  |
| B                      | 25      | 30      | 40      | 40      | 40      | 40      | 40      | 40      |
| n                      | 0.973   | 0.986   | 1.292   | 1.273   | 1.271   | 1.268   | 1.264   | 1.257   |
| R2                     | 0.992   | 0.993   | 0.989   | 0.989   | 0.989   | 0.989   | 0.989   | 0.989   |
| <b>PUERTO SAN JOSÉ</b> |         |         |         |         |         |         |         |         |
| A                      | 3,033   | 10,863  | 403,800 | 145,300 | 139,600 | 136,555 | 127,530 | 125,200 |
| B                      | 35      | 60      | 140     | 140     | 140     | 140     | 140     | 140     |
| n                      | 0.87    | 1.05    | 1.595   | 1.383   | 1.374   | 1.369   | 1.354   | 1.349   |
| R2                     | 0.994   | 0.976   | 0.964   | 0.93    | 0.929   | 0.928   | 0.927   | 0.927   |
| <b>CAMANTULUL</b>      |         |         |         |         |         |         |         |         |
| A                      | 226,260 | 42,560  | 27,420  | 15,540  | 10,590  | 10,580  | 10,300  | 10,110  |
| B                      | 80      | 70      | 65      | 40      | 35      | 35      | 35      | 35      |
| n                      | 1.654   | 1.284   | 1.187   | 1.1     | 1.029   | 1.028   | 1.02    | 1.014   |
| R2                     | 0.96    | 0.984   | 0.966   | 0.987   | 0.987   | 0.987   | 0.987   | 0.987   |
| <b>INSIVUMEH</b>       |         |         |         |         |         |         |         |         |
| A                      | 1,970   | 7,997   | 1,345   | 720     | 820     | 815     | 900     | 890     |
| B                      | 15      | 30      | 9       | 2       | 2       | 2       | 2       | 2       |
| n                      | 0.958   | 1.161   | 0.791   | 0.637   | 0.656   | 0.65    | 0.66    | 0.649   |
| R2                     | 0.989   | 0.991   | 0.982   | 0.981   | 0.973   | 0.973   | 0.981   | 0.981   |

Fuente: Insivumeh. Informe de intensidades de llluvias, 2005. www.insivumeh.gob.gt. Consulta:

4 de noviembre de 2016.