

Lilian Aracely Chip Contreras

Luis Enrique Roche Ramírez

PROYECTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINO RURAL TIPO F,  
ENTRE ALDEAS PANCEL, LABOR VIEJA Y SAN PEDRO CHIATINIVAL,  
TODAS EN SANTA MARIA DE JESÚS, SACATEPEQUEZ.



Asesor General Metodológico

Ingeniero Carlos Alberto Pérez Estrada

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, abril de 2021.



Lilian Aracely Chip Contreras

Luis Enrique Roche Ramírez

PROYECTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINO RURAL TIPO F,  
ENTRE ALDEAS PANCEL, LABOR VIEJA Y SAN PEDRO CHIATINIVAL,  
TODAS EN SANTA MARIA DE JESÚS, SACATEPEQUEZ.



Asesor General Metodológico

Ingeniero Carlos Alberto Pérez Estrada

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, abril de 2021

## **Informe final de graduación**

PROYECTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINO RURAL TIPO F,  
ENTRE ALDEAS PANCEL, LABOR VIEJA Y SAN PEDRO CHIATINIVAL,  
TODAS EN SANTA MARIA DE JESÚS, SACATEPEQUEZ.



Presentado al honorable tribunal examinador por:

Lilian Aracely Chip Contreras

Luis Enrique Roche Ramírez

En el acto de investidura previo a su graduación como  
Ingenieros Civiles en el grado de Licenciado

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, abril de 2021

## **Informe final de graduación**

PROYECTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINO RURAL TIPO F,  
ENTRE ALDEAS PANCEL, LABOR VIEJA Y SAN PEDRO CHIATINIVAL,  
TODAS EN SANTA MARIA DE JESÚS, SACATEPEQUEZ.



Rector de la Universidad

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretaria de la Universidad

Licenciada Lesbia Tevalán Castellanos

Decano de la Facultad de Ingeniería

Ingeniero Luis Adolfo Martínez Díaz

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, abril de 2021

Este documento fue presentado por los autores,  
previo a obtener el título Universitario de Ingenieros

Civiles en el grado de Licenciado(a).

F-14-04-2020-15  
UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA  
PROGRAMA DE GRADUACIÓN  
Experto Metodológico  
ACUERDO DE ASIGNACIÓN DE PUNTEO  
18.12.2020.297



El / La Evaluador(a) Final del Trabajo de Graduación de la  
Universidad Rural de Guatemala,

CONSIDERANDO:

Que el / La Metodólogo(a) en Investigación Científica, ha dado su aprobación preliminar al trabajo de graduación que se especifica en el cuerpo de este instrumento y me ha informado que el documento de mérito cumple con las normas preestablecidas para otorgar título y el grado académicos al titular que formuló el mismo; de lo cual deviene procedente asignarle la puntuación correspondiente.

POR TANTO:

Con base a lo establecido en los Artículos 28 y 31 de los estatutos de la Universidad Rural de Guatemala y el Artículo 28 del Reglamento General de los mismos y demás normativa aplicable,

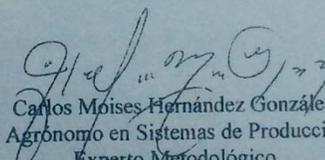
ACUERDA:

Emitir el Acuerdo de Asignación de Punteo al Trabajo de Graduación de mérito, de la manera siguiente:

1. Asignar **Setenta (70)** sobre la base de aprobación de puntos sobre la base de cien sobre cien (100/100) al trabajo de graduación denominado: **"PROYECTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINO RURAL TIPO F, ENTRE ALDEAS PANCEL, LABOR VIEJA Y SAN PEDRO CHIATINIVAL, TODAS EN SANTA MARIA DE JESÚS, SACATEPEQUEZ"**, formulado por **Luis Enrique Roche Ramírez**, titular del carné **13-024-0040**; inscrito en la **Facultad de Ingeniería**, de ésta Universidad.
2. Trasladar tres copias físicas y un archivo digital del trabajo de graduación a la Presidencia del Consejo Académico, para los efectos subsiguientes.
3. Notifíquese.

Dado en la Ciudad de Guatemala, el 18 de diciembre de 2020.



  
Carlos Moises Hernández González  
Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola  
Experto Metodológico

F-14-04-2020-14  
UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA  
PROGRAMA DE GRADUACIÓN  
Asesoría de tesis  
ACUERDO DE APROBACIÓN PRELIMINAR DE TESIS



El Asesor en Metodología del Programa de Graduación de la  
Universidad Rural de Guatemala,

CONSIDERANDO

Que he asesorado y firmado el trabajo de graduación que se especifica en el cuerpo de este instrumento; y siendo que a mi criterio dicho documento de mérito cumple con las normas preestablecidas para otorgar título y el grado académico a quien formuló el mismo.

POR TANTO

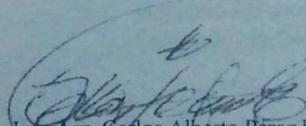
Con base a lo establecido en los Artículos 28 y 31 de los estatutos de la Universidad Rural de Guatemala y el Artículo 28 del Reglamento General de los mismos y demás normativas aplicables,

ACUERDA:

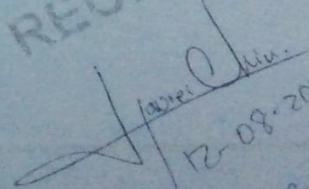
Emitir el Acuerdo de Aprobación Preliminar de Trabajo de Graduación, de la manera siguiente:

1. Aprobar en forma preliminar el trabajo de graduación denominado: Proyecto para la construcción de camino rural tipo F, entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Vhiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepequez., formulado por Luis Enrique Roche Ramírez titular del carné 13-024-0040 inscrito en la Facultad de Ingeniería de ésta Universidad.
2. Trasladar el expediente al Experto Metodólogo designado para que le confiera la calificación que de acuerdo a los criterios técnicos que considere convenientes.
3. Notifíquese.

Dado en la ciudad de Guatemala el 07 de agosto de 2020

  
Ing. Agr. Carlos Alberto Pérez Estrada  
Metodólogo  
Carlos Alberto Pérez Estrada  
Ingeniero Agrónomo  
Colegiado No. 5487

RECIBIDO

  
12-08-2020.  
Anno 12/10.  
Recibido



UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA

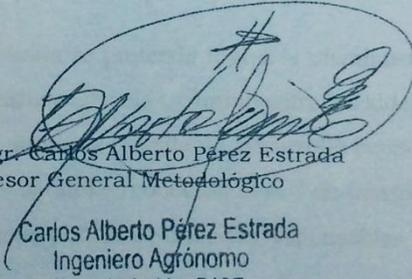
F-18-06-2018-01  
Universidad Rural de Guatemala  
Programa de Graduación  
Carta de aprobación  
Asesor<a> General Metodológico<a>  
Guatemala, 08 de octubre de 2018

Asunto: Aprobación del informe final  
de graduación y solicitud de conformación  
de Tribunal Examinador.

Señor Coordinador General:

Tengo a honra dirigirme a usted, con la finalidad de informarle que, como Asesor General Metodológico del trabajo denominado: "Proyecto para la construcción de camino rural tipo F, entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez.", a cargo de los estudiantes: Lilian Aracely Chip Contreras y Luis Enrique Roche Ramirez, respectivamente; Carnés 13-024-0046 y 13-024-0040 respectivamente; pertenecientes al grupo 02-18-003-17; apruebo el informe final de graduación y solicito que se integre El Tribunal Examinador de esta tesis.

Me valgo de la ocasión para presentarle a usted, muestras distinguidas de mi consideración y estima.

  
Ing. Agr. Carlos Alberto Pérez Estrada  
Asesor General Metodológico

Carlos Alberto Pérez Estrada  
Ingeniero Agrónomo  
Colegiado No. 5487

C.C. Archivo personal

Señor  
Coordinador General  
Programa de Graduación  
Universidad Rural de Guatemala Presente

<http://www.urural.edu.gt/>  
Guatemala C.A.

## **Prólogo**

Como parte del programa de graduación y en cumplimiento con lo establecido por la Universidad Rural de Guatemala, se realizó la propuesta sobre **“Proyecto para la construcción de camino rural tipo F, entre aldeas Pancel, Labor Vieja, San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez”**.

Previo a optar al título universitario de Ingeniero Civil, en el grado académico de Licenciado, fue necesario realizar la investigación con los agricultores, pilotos de los vehículos que transitan por el camino que comunica las aldeas de Pancel, Labor Vieja, San Pedro Chiatinival de Santa María de Jesús del departamento de Sacatepéquez.

La elaboración de la propuesta sirve en primera instancia para aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniería civil, resolver la problemática planteada, el contenido se puede utilizar como fuente de consulta para otros estudiantes.

Por medio de la presente propuesta se pretende lograr la disminución de vehículos dañados en el traslado de productos agrícolas, camino entre las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, amplio y transitable, desarrollo económico, aumentos progresivos en la productividad agrícola, reducción costos de transporte brindándole el mantenimiento correspondiente, por las autoridades responsables.

Por lo cual es necesario implementar los medios de solución plasmados para resolver la problemática planteada.

## **Presentación**

La presente investigación se ajusta con los requerimientos y reglamentos de la Universidad Rural de Guatemala, la cual exige, al estudiante previo a obtener el grado académico de Licenciado en Ingeniería Civil, se elaboró el trabajo denominado **“Proyecto para la construcción de camino rural tipo F, entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez”**, Esta propuesta de proyecto servirá al ente ejecutor, propietarios de terrenos, estudiantes de ingeniería civil, como guía para el desarrollar futuros proyectos.

La investigación se presenta conformada por cuatro capítulos:

### Capítulo I

Se describe el planteamiento del problema, la hipótesis, objetivos y la justificación, en relación al incremento de vehículos dañados, la metodología y técnicas utilizadas.

### Capítulo II

Se describen los temas investigados que presenta de manera general la relación existente entre los conceptos, definiciones, principios y categorías afines con el tema.

### Capítulo III

En este capítulo, se realizó censo a los pilotos, para comprobar el efecto y a las autoridades municipales para comprobar la causa, los datos se tabularon y analizaron, como resultado de las preguntas para la comprobación de la hipótesis planteada.

### Capítulo IV

Se presentan las conclusiones, así como bibliografía y anexos.

## Índice general

| No.   | Contenido                                  | Página |
|-------|--|--------|
|       | Prólogo                                    |        |
|       | Presentación                               |        |
| I.    | Introducción.....                          | 1      |
| I.1   | Planteamiento del Problema.....            | 3      |
| I.2   | Hipótesis.....                             | 4      |
| I.3   | Objetivos.....                             | 5      |
| I.3.1 | General.....                               | 5      |
| I.3.2 | Específico.....                            | 5      |
| I.4   | Justificación.....                         | 5      |
| I.5   | Metodología.....                           | 7      |
| I.5.1 | Métodos.....                               | 7      |
| I.5.2 | Técnicas.....                              | 9      |
| II.   | MARCO TEÓRICO.....                         | 12     |
| II.1  | Aspectos Conceptuales.....                 | 15     |
| III.  | PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS..... | 132    |
| IV.   | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....       | 143    |
| IV.1  | Conclusiones.....                          | 143    |
| IV.2  | Recomendaciones.....                       | 144    |
|       | Bibliografía                               |        |
|       | Anexos                                     |        |

## Índice de Imágenes

|   |                                      |    |
|---|--------------------------------------|----|
|   | Tomo I                               |    |
| 1 | Camino angosto e intransitable.....  | 14 |
| 2 | Camino angosto e intransitable ..... | 14 |
| 3 | Mapa red vial de Guatemala .....     | 24 |
| 4 | Brecha camino Rural.....             | 28 |

## Índice de Cuadros

### Capítulo II

|    |   |     |
|----|---|-----|
| 1  | Curvatura de caminos rurales.....   | 38  |
| 2  | Longitudes mínimas de curvas verticales cóncavas y convexas.....            | 39  |
| 3  | Distancia de visibilidad de parada.....                                     | 42  |
| 4  | Clasificación del suelo por el IP.....                                      | 80  |
| 5  | Distancia de visibilidad de parada.....                                     | 88  |
| 6  | Distancia de visibilidad de adelantamiento.....                             | 89  |
| 7  | Angulo de flexión máximos para los que no se requiere curva horizontal..... | 92  |
| 8  | Longitud deseable de la curva de transición.....                            | 98  |
| 9  | Fricción transversal máxima en curvas.....                                  | 104 |
| 10 | Longitud mínima de transición de bombo y transición de peralte.....         | 105 |
| 11 | Valores de “K” según el tipo de curva.....                                  | 109 |
| 12 | Curvas verticales convexas mínimas.....                                     | 113 |
| 13 | Curvas verticales cóncavas mínimas.....                                     | 114 |

### Capítulo III

|   |  |     |
|---|--|-----|
| 1 | Incremento en el número de vehículos dañados al transitar por el actual camino. . . . .                      | 133 |
| 2 | El estado del actual camino es el causante del incremento de vehículos dañados. . . . .                      | 134 |
| 3 | Desperfectos mecánicos más frecuentes por transitar en el actual camino.....                                 | 135 |
| 4 | Mejorar la construcción del camino que conecta las aldeas para mitigar la cantidad de vehículos dañados..... | 136 |

|    |  |     |
|----|--|-----|
| 5  | Existencia de algún proyecto para mejorar el estado actual del camino que conecta las aldeas, Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival..... | 137 |
| 6  | Inexistencia de proyecto para la construcción del actual camino, se debe a la falta de presupuesto.....  | 138 |
| 7  | Las autoridades municipales deben de planificar y ejecutar un proyecto de construcción del actual camino .....                                 | 139 |
| 8  | Inexistencia de proyecto para mejorar el camino actual se debe a la mala gestión de los COCODES .....  | 140 |
| 9  | Priorización de proyecto para mejorar la construcción del actual camino.....   | 141 |
| 10 | Planificar la implementación de mejora en la construcción del camino entre las aldeas.....   | 142 |

## Indicé de Figuras

| No. | Contenido   | Página |
|-----|---|--------|
| 1   | Elementos de curva horizontal.....                                      | 95     |
| 2   | Curvas en enlace de tramos rectos con una curva circular simple.....    | 100    |
| 3   | Curvas en enlace de tramos rectos con curvas circulares compuestas..... | 100    |
| 4   | Trayectoria de los vehículos en una curva circular.....                 | 101    |
| 5   | Curva circular compuesta de dos radios.....                             | 103    |
| 6   | Elementos de curva vertical.....  | 107    |
| 7   | Elementos de curva vertical.....  | 110    |
| 8   | Sección transversal.....  | 115    |
| 9   | Sección transversal para camino tipo “F” .....                          | 116    |
| 10  | Tratamiento de taludes, tipos.....                                      | 118    |
| 11  | Partes de un talud.....   | 120    |
| 12  | Alineación recta camino tipo “F” .....                                  | 121    |
| 13  | Cuneta tipo Baden.....  | 122    |
| 14  | Cuneta revestida.....   | 123    |

## Índice de Gráficas

| No.                 | Contenido  | Página |
|---------------------|--|--------|
| <b>Capítulo III</b> |  |        |
| 1                   | Incremento en el número de vehículos dañados al transitar por el actual camino. ....   | 133    |
| 2                   | El estado del actual camino es el causante del incremento de vehículos dañados. ....   | 134    |
| 3                   | Desperfectos mecánicos más frecuentes por transitar en el actual camino.....   | 135    |
| 4                   | Mejorar la construcción del camino que conecta las aldeas para mitigar la cantidad de vehículos dañados.....                                   | 136    |
| 5                   | Existencia de algún proyecto para mejorar el estado actual del camino que conecta las aldeas, Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival..... | 137    |
| 6                   | Inexistencia de proyecto para la construcción del actual camino, se debe a la falta de presupuesto.....  | 138    |
| 7                   | Las autoridades municipales deben de planificar y ejecutar un proyecto de construcción del actual camino ...                                   | 139    |
| 8                   | Inexistencia de proyecto para mejorar el camino actual se debe a la mala gestión de los COCODES .....  | 140    |
| 9                   | Priorización de proyecto para mejorar la construcción del actual camino.....   | 141    |
| 10                  | Planificar la implementación de mejora en la construcción del camino entre las aldeas.....   | 142    |
| 11                  | Comportamiento de la problemática a futuro, mediante la línea recta (Anexo 8) .....  | 4      |

## I. INTRODUCCIÓN

El informe que a continuación se presenta es el resultado de la investigación realizada en el municipio de Santa María de Jesús en el Departamento de Sacatepéquez, se proyectó la hipótesis denominada **“El incremento en la cantidad de vehículos dañados al transitar por el actual camino entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez, durante los últimos cinco años, por camino angosto e intransitable, es debido a la inexistencia de proyecto para la construcción de camino rural tipo F”**.

La necesidad de contar con caminos rurales en buen estado para el desarrollo económico de las aldeas cada vez es más grande, la mayoría de los pobladores se dedican a la agricultura en las áreas rurales, por lo que necesitan trasladar los productos a mercados locales y nacionales siendo este el medio económico de sustento para las familias.

Para darle una solución a la problemática fue necesario realizar la presente investigación identificando las causas y efectos que dieron origen a la problemática, y plantear las posibles soluciones involucrando a los miembros del Consejo de Desarrollo Urbano y Rural.

Por lo cual es necesario implementar la siguiente investigación conformada por cuatro capítulos, que se describen a continuación.

Capítulo I, se describe el planteamiento del problema, la hipótesis, los objetivos y la justificación, en relación al incremento de vehículos por caminos angostos e intransitables, la metodología y técnicas utilizada.

Capítulo II, se describen los temas investigados que presenta de manera general la relación existente entre los conceptos, definiciones, principios y categorías afines con el tema.

Capítulo III, en este capítulo, se realizó censo a los pilotos, para comprobar el efecto y a las autoridades municipales para comprobar la causa, los datos se tabularon, analizaron, como resultado de las preguntas para la comprobación de la hipótesis planteada.

Capítulo IV, Se presentan las conclusiones y recomendaciones respectivas a la investigación, así como bibliografía y anexos.

Para solucionar la problemática se proponen tres resultados:

Resultado 1: Programa fortalecimiento a la unidad ejecutora. En este resultado se realizará capacitaciones al personal de la Dirección Municipal de Planificación, en la formulación de los proyectos de desarrollo.

Resultado 2: Proyecto para la construcción de camino rural tipo F, entre las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez. En este resultado se le da solución a la problemática planteada con los lineamientos de construcción del camino rural.

Resultado 3: Programa de capacitación a los pobladores. Se capacitará sobre los beneficios de las mejoras en la construcción del camino rural y la concientización del mantenimiento de este.

### **I.1 Planteamiento del problema:**

El mal estado del camino rural entre las aldeas Pancel, Labor vieja y San Pedro Chiatinival, ha incrementado la cantidad de vehículos dañados durante los últimos cinco años por ser angostos e intransitable, provocando pérdidas en la economía de los pobladores y directamente afectando a los pilotos, productores y comerciantes.

Un 90% de los habitantes de las aldeas se dedican a la comercialización de productos agrícolas por lo cual manifiestan que la problemática se debe a la falta de un proyecto para mejorar la construcción del camino rural por parte de las autoridades municipales.

El camino que existe actualmente ha sido construido con los esfuerzos de los habitantes y el Consejo de desarrollo comunitario “COCODES”, el cual cuenta con anchos irregulares y pendientes muy pronunciadas por no contar con presupuesto para la construcción adecuada y apoyo de las autoridades municipales.

Los miembros del Consejo de Desarrollo Comunitario “COCODES”, han manifestado ante las autoridades Municipales la necesidad tan importante que tienen los agricultores de comunicación para poder trasladar sus productos, sin embargo,

cada año las necesidades del municipio son tan grandes que la realización de proyecto para la construcción del camino rural se ha postergado año con año sin tener una respuesta positiva a la problemática, afectando la economía y calidad de vida de los pobladores.

La necesidad de la construcción de un camino rural se hace más sensible conforme el tiempo avanza, por esa causa el propósito de la siguiente investigación es la propuesta de **“Proyecto para la construcción de camino rural tipo “F” entre las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez”**.

Por medio de la propuesta se pretende lograr la disminución de vehículos dañados en el traslado de productos agrícolas, camino entre las aldeas amplio y transitable brindándole el mantenimiento correspondiente, por las autoridades responsables.

## **I.2 Hipótesis**

“ El incremento en la cantidad de vehículos dañados al transitar por el actual camino entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez, durante los últimos cinco años, por camino angosto e intransitable, es debido a la inexistencia de proyecto para la construcción de camino rural tipo F”.

¿Será la inexistencia de proyecto para la construcción de camino rural tipo F, la causa por la cual se incrementa la cantidad de vehículos dañados al transitar por el

actual camino entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez, durante los últimos cinco años, por camino angosto e intransitable”.

### **I.3 Objetivos**

#### **I.3.1 General**

Disminuir la cantidad de vehículos dañados entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez.

#### **I.3.2 Específico**

Lograr camino entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez, amplio y transitable.

### **I.4 Justificación**

El limitado accesos a la infraestructura vial específicamente, en caminos rurales del país han provocado diversos problemas a los pobladores limitando el desarrollo económico y el nivel de vida de las comunidades.

El 80% de los pobladores en el municipio de Santa María de Jesús específicamente en las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, se dedican a la agricultura como fuente principal de trabajo para el sustento de las familias, el mal estado del camino ha limitado el acceso al desarrollo para comercializar los productos en mercados locales e internacionales.

Una de las problemáticas identificadas por el mal estado del camino es el incremento progresivo de vehículos dañados durante los últimos cinco años, lo cual limita la extracción de los productos agrícolas, aumentando el costo de los mismos.

La inversión en construcción de vías de acceso a lo largo de la historia ha sido uno de los medios con resultados positivos, para lograr el desarrollo de un país y de las comunidades más lejanas que se puedan encontrar, incurre directamente en caminos amplios y transitables, aumentos progresivos de la productividad, reducción de los costos en el transporte de productos agrícolas.

Si las autoridades municipales no le ponen atención a esta problemática el incremento de vehículos dañados irá en aumento para los próximos cinco años, los daños en el estado del camino y en la economía de los pobladores serán más grandes y difíciles de reparar.

Por tal razón es necesario la mejora en la construcción del camino rural, por medio de la Propuesta “Proyecto para la construcción de camino rural tipo F, entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús Sacatepéquez”.

Con la realización de la propuesta, se minimizan los daños vehiculares, se contará con caminos amplios y transitables, de esta forma los productos llegan a los mercados más económicos incrementando la facilidad de mercadeo para los beneficiarios directos como son los agricultores que alcanzaran a transportar sus productos de una manera más eficaz y con costos de transporte más bajos.

## **I.5 Metodología**

**Los métodos y técnicas que se utilizaron en el proceso de investigación son los siguientes:**

### **I.5.1 Métodos**

Los métodos utilizados variaron en relación a la formulación y comprobación de la hipótesis; para la formulación de la hipótesis y objetivos se utilizó el método deductivo, auxiliado por el método del marco lógico, diagramado en el árbol de problemas y objetivos (Anexo 1 y 2); para la comprobación de la hipótesis, se utilizó el método inductivo auxiliado por el estadístico, analítico y sintético.

Empleados de la forma que se expone a continuación:

#### **I.5.1.1 Métodos utilizadas para la formulación de la hipótesis**

##### **a. Método deductivo**

EL método deductivo es el que permitió la formulación de la Hipótesis, de lo general a lo específico; por medio de la premisa, se logró determinar la problemática existente camino entre las aldeas, Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez, angostos e intransitables.

##### **b. Método analítico**

Por medio de este método se observó y analizó las características y naturaleza de las causas y efectos que dan origen a la problemática antes de generar la hipótesis.

**c. Método marco lógico**

Al tener una evaluación más clara sobre la necesidad de resolver la problemática y haber formulado una hipótesis el método de marco lógico condujo a encontrar las variables dependiente e independiente, además de lograr la definición clara del área de trabajo y el tiempo necesario para desarrollar la investigación.

A través del método de marco lógico se establecieron los objetivos de la investigación, tanto el objetivo general como el objetivo específico, facilitó establecer la denominación específica del trabajo.

**I.5.1.2 Métodos utilizados para la comprobación de la hipótesis**

**a. Método inductivo y deductivo**

Estos métodos permitieron clasificar la información y establecer los resultados de la investigación y las conclusiones.

**b. Método estadístico:**

Este método por medio de las encuestas y entrevista permite analizar, interpretar los parámetros para la comprobación de la hipótesis “ El incremento en la cantidad de vehículos dañados al transitar por el actual camino entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez, durante los

últimos cinco años, por camino angosto e intransitable, es debido a la inexistencia de proyecto para la construcción de camino rural tipo F.

**c. Método sintético**

Se utilizó este método para la obtención de las respectivas conclusiones y recomendaciones; las que sirvieron para obtener de forma resumida la investigación presentada y los resultados obtenidos con la investigación de campo realizada.

**I.5.2 Técnicas**

Técnicas empleadas para la formulación de la hipótesis se especifican a continuación

**a. Lluvia de ideas:**

La utilización de esta técnica consistió en generar diversas ideas que permitieran establecer cuáles eran los efectos directos del incremento en la cantidad de vehículos dañados al transitar por el actual camino entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez, durante los últimos cinco años.

**b. Observación directa:**

Para obtener el mayor número de datos reales y analizarlos, se realizaron visitas de campo por las aldeas afectadas, juntamente con autoridades municipales y miembros de los COCODES, donde manifestaron la necesidad de trasladar los productos

agrícolas y la dificultad que conlleva trasladarlos, por no contar con un camino en óptimas condiciones.

**c. Investigación documental:**

Esta técnica se llevó a cabo al momento de buscar y analizar información auténtica relacionada con la investigación, para obtener diferentes puntos de vista que sustenten y proporcionen alternativas para contrarrestar la dificultad con la que se enfrentan día con día los pilotos para transportar productos agrícolas.

**d. Entrevista:**

Esta técnica nos permitió tener contacto directo con la población afectada ya que son las personas idóneas para proporcionar información efectiva, así como a las autoridades municipales brindaron importante aporte para determinar las causas y efectos para esta investigación.

**I.5.2.2. Técnicas utilizadas para la comprobación de la hipótesis**

Las técnicas que se utilizaron para la comprobación de la hipótesis se especifican a continuación:

**a. Encuesta**

Dirigida a los pilotos que transitan entre las aldeas extrayendo producto agrícola, como a miembros del Consejo Comunitario de Desarrollo (COMUDE); por medio de la cual se recopiló información con el fin de conocer las diferentes opiniones, ideas y circunstancias específicas que permitían el desarrollo de la investigación.

Las preguntas dirigidas a la muestra de la población estadística objetivo, proporcionó la información requerida para cuantificar y plasmar por medio de gráficas, la variable independiente X y la variable dependiente Y.

### **b. Análisis**

Todos los datos obtenidos en las boletas de investigación fueron tabulados y descifrados, en hojas electrónicas para poder obtener la comprobación de la hipótesis previamente formulada.

### **c. Muestreo**

El cálculo de la muestra se realizó con un 95% de confiabilidad, con base a 100 pilotos que transitan entre las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival todas en Santa María de Jesús del Departamento de Sacatepéquez, con una muestra de 79 pilotos.

# I. MARCO TEÒRICO

## 1. Vehículos dañados

Para llegar a las comunidades de Pancel, Labor vieja y San Pedro Chiatinival ubicadas en el municipio de Santa María de Jesús, departamento de Sacatepéquez se debe transitar un camino que presenta una serie de dificultades, en primer lugar, posee un trazo que ha devenido del uso de veredas, que por tradición se han utilizado, es un camino que no posee ningún diseño técnico. Posee pendientes muy inclinadas y curvas bastante pronunciadas además de que no posee los elementos estructurales que debe tener un camino (base, sub-base, capa de rodadura, drenajes superficiales, drenajes transversales entre otros elementos). (Jesús, 2018)

Por ende, los cambios climáticos debido a las estaciones le afectan grandemente, durante el invierno mucha escorrentía lateral y transversal le hacen inestable. Durante el verano los daños ocasionados por el invierno se acentúan lo que hace muy difícil el tránsito vehicular. Además, por ser una zona volcánica se acumula abundante piedra volcánica lo cual contribuye a que sea dificultoso el tránsito vehicular. (Jesús, 2018)

Ante esta situación solo es posible el tránsito en vehículos de doble tracción en camiones de una y hasta dos toneladas. Hay muchos baches, piedra, zanjas debidas a

la escorrentía de agua durante el invierno, los vehículos se dañan, se requiere mayor atención en su mantenimiento constante y se deprecian rápidamente. (Jesús, 2018)

Los daños más comunes en los vehículos según la encuesta pasada a los dueños de vehículos que transitan el camino son entre otros, daño en el sistema de dirección, daño en el sistema de amortiguación, flechas, puntas de flechas, llantas, desajuste constante de las piezas, debido a que hay pendientes muy pronunciadas se debe proporcionar mantenimiento constante al sistema de frenos y al ser sometidos los motores a una compresión alta para frenar con motor el servicio mayor o menor se da con una menor periodicidad. (Transportistas de Aldeas Pancel, 2018)

## **2. Camino angosto e intransitable**

El camino que comunica las comunidades de Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival tiene un ancho promedio de cinco metros lo cual es angosto para el desplazamiento de los vehículos que normalmente circulan, si dos vehículos que van en sentido contrario se encuentran es necesario buscar un lugar en el cual haya mayor espacio para así poder un vehículo hacerse a un lado para que el otro pase y viceversa. Para que se comprenda la situación real del camino se adjunta el siguiente registro fotográfico.

### Imágenes 1. Camino angosto e intransitable



(Dirección General de Caminos, Zona Vial No. 12 , 2017)

### Imagen 2. Camino angosto e intransitable



(Dirección General de Caminos, Zona Vial No. 12 , 2017)

Normalmente la carga que los vehículos llevan es de verduras frescas, café, alverja china, flores, los cuales transportan a los mercados de las cabeceras municipales más cercanas como lo es la Antigua Guatemala, Ciudad Vieja, San Lucas Sacatepéquez y a las centrales de mayoreo en la ciudad capital, así como el tradicional mercado de la

terminal también en la ciudad capital de Guatemala. El camino es intransitable o de tránsito muy dificultoso en cualquier época del año. Los camiones o vehículos de doble tracción hacen dos viajes uno a las 6:00 horas de la mañana hacia Santa María de Jesús y otro por la tarde a eso de las 4:00pm de retorno. (Transportistas de Aldeas Pancel, 2018)

Los vehículos que llevan mercadería hacia otros mercados regularmente salen a las tres o cuatro de la mañana.

Para comprender lo que sería un proyecto de camino tipo “F” que vendría a resolver la situación de la vía de comunicación en cuestión es necesario comprender los siguientes conceptos y teoría sobre lo que es el diseño geométrico del camino tipo “F” que es el medio de solución propuesto. (Transportistas de Aldeas Pancel, 2018)

## **II.1 Aspectos conceptuales**

Al realizar el proceso de investigación es necesario cimentar conceptos que son básicos para la comprensión de tal investigación y para orientar la ejecución del proyecto.

Se inicia con conceptos generales y después se dirige a conceptos específicos y de aplicación directa en la ejecución del proyecto **“Proyecto para la construcción de camino rural tipo F, entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús”**.

En el diseño de carreteras o caminos rurales el concepto de terreno natural es básico, y se define como el terreno sobre el cual se diseña una carretera, cuya geométrica influye dramáticamente en el trazo de la carretera. Contra el terreno natural se compara la carretera terminada para determinar el volumen de movimiento de tierras de la misma. (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar (IARNA- URL), Junio 2013)

Una superficie destinada al diseño de una carretera se puede interpretar como una porción de la superficie de la Tierra y el material que la conforma, la cual se desea modificar de tal manera que se acomode dentro o sobre de ella una carretera. Para el diseño de una carretera no es suficiente conocer la geometría del terreno, sino que

también se debe tener claro cuáles son sus propiedades físicas y químicas lo cual se puede obtener mediante levantamiento topográfico y estudio de suelos. Una superficie se puede definir geoméricamente como un conjunto de puntos de un espacio en tres dimensiones, que visto de cerca, se asemeja a un espacio plano de

dos dimensiones. (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar (IARNA- URL), Junio 2013)

Caminos y carreteras son todas aquellas vías públicas abiertas a la circulación de vehículos y peatones. Se denomina carretera a aquella vía pública que permite el

transito permanente y camino a las vías que se pueden transitar solo en la estación seca. (SIECA, Marzo 2004)

### **3. Tipos de camino**

#### **Clasificación de carreteras**

Para determinar las normas de diseño geométrico de carreteras en la práctica se agrupan conforme a dos criterios: El primero de carácter administrativo propone una clasificación básica en Regionales, Centroamericanas, nacionales, departamentales y locales. El segundo criterio de tipo funcional es más eficiente ya que presta atención a ciertos parámetros como el volumen de tránsito y a otros factores sobre los cuales la carretera está proyectada para atender en su periodo de diseño clasificándolas como primarias, secundarias, y terciarias o en lo relativo a vías urbanas, en expresas, arterias primarias, colectoras y locales. (Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, Dirección General de Caminos, 2014)

La clasificación funcional agrupa a las carreteras según el nivel y naturaleza que están supuestas a brindar además de que ello tiene estrecha relación con la estructura y categorización de los viajes. Lo expuesto anteriormente trae a relación los dos elementos esenciales que permiten la clasificación de las carreteras según su función es la de brindar movilidad, acceso o un equilibrio entre ambas características de los

viajes. (Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, Dirección General de Caminos, 2014)

Si lo primordial es la movilidad, se buscará reducir todos aquellos aspectos de diseño que no permitan la movilidad a velocidades que sean compatibles con el medio, tal es el caso del volumen de vehículos, se evitara los retornos para evitar atrasos. Mientras si lo más importante es el acceso se considerará si la red es densa, los caminos colindantes y tendrá modesta demanda de tránsito y desplazamiento a velocidades moderadas. La clasificación funcional agrupa a las carreteras en categorías con características similares, según sus objetivos que en un momento dado requieren el mismo grado de ingeniería y competencia administrativa. Carreteras análogas son sometidas a normas de diseño que, fundamentalmente, son ajustadas a rangos apropiados de volúmenes de tránsito. (Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, Dirección General de Caminos, 2014)

En la mayoría de los viajes que realiza una persona se reconocen seis etapas: el movimiento principal, la transición, la distribución, la recolección, el acceso y la terminación del viaje y es otro factor que considerar en el diseño (Macías, 2011).

La clasificación funcional contribuye a la solución de muchos problemas ya que:

Permite la determinación de la importancia relativa de las diferentes carreteras. Establece las bases para la asignación de niveles de servicio y especificaciones del proyecto. Evalúa las deficiencias por comparación de la geometría actual o los niveles de servicio con las especificaciones. Además, identifica las necesidades resultantes del funcionamiento de un proyecto. Permite la estimación de costos de las mejoras. Los volúmenes de tránsito promedio diario anual (TPDAs) es el factor determinante primario de las características geométricas de las carreteras agrupándolas en rangos de tránsito elevado, mediano y ligero. (Macías, 2011)

Los rangos de volúmenes varían en el intervalo de 5000 vehículos por día hasta menores de 50 vehículos por día. El rango menor de 50 vehículos por día acepta soluciones de un solo carril de circulación, con refugios discrecionales para el encuentro ocasional de vehículos o la construcción de una superficie de grava con un ancho de 6.00 metros. En Guatemala como se verá más adelante se respetan dichos límites para la clasificación de las carreteras. (Macías, 2011)

La mayoría de las clasificaciones de la red vial consideran a la par de los volúmenes de tránsito una identificación de las características del terreno donde se trazará la carretera para diferenciar si es un terreno plano, ondulado o montañoso. Un estudio realizado por el Banco Mundial identificó los siguientes elementos de diseño más usuales en las especificaciones utilizadas en 62 países en desarrollo, incluidos los de Centroamérica (SIECA, Marzo 2004)

1. Ancho de superficie de rodamiento.
2. Ancho de hombro.
3. Ancho de corona.
4. Tipo de superficie de rodamiento.
5. Velocidad de diseño.
6. Distancia de visibilidad de parada.
7. Distancia de visibilidad de adelantamiento.
8. Radios mínimos.
9. Pendiente máxima.
10. Corona del pavimento.
11. Sobreelevación.
12. Pendiente de hombros.
13. Ancho del tablero de los puentes o estructuras de drenaje mayor.
14. Carga axial máxima permisible.
15. Cargas vivas de diseño de puentes Ancho del derecho de vía. (Secretaria de Comunicaciones y Transporte, 1991)

El radio de curvatura y la distancia de visibilidad de parada guardan relación directa con la velocidad de diseño y con la velocidad directriz propuesta. Para muchas de estas variables existen fórmulas matemáticas que permiten realizar los cálculos pertinentes. (Fienco J., Bravo M., & Jaramillo P. Edgar Fienco J., 2017)

La clasificación de carreteras se realiza de acuerdo a diferentes criterios; por el volumen de vehículos que circula por ellas, por su importancia dentro de la red vial de una región, la importancia que representa para las comunidades que estarán en conexión. En Guatemala existen carreteras de tipo A, B, C, D, E, F y el criterio de esta clasificación el número de vehículos que transitan diariamente, así como la región que atravesará. Así mismo se hace referencia a la clasificación de las carreteras que se cita en el Manual de la RED VIAL DE GUATEMALA AÑO 2014 publicado por el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, Dirección General de caminos. (Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, Dirección General de Caminos, 2014)

#### **Carretera tipo “A”:**

Son llamadas también calzadas y están diseñadas para un tráfico promedio diario de 3000 a 5000 vehículos. La capa de rodadura de la calzada podrá ser de hormigón o concreto asfáltico. El diseño de drenajes de este tipo de carreteras no contempla estructuras simples como los vados, puesto que no es conveniente que la carpeta de rodadura permanezca inundada por un determinado tiempo ya que el agua la dañaría.

El Ancho de la calzada es de 14.40 metros y el derecho de vía lo constituyen 50 metros. (Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, Dirección General de Caminos, 2014)

### **Carreteras tipo “B”**

Están diseñadas para un tráfico promedio de 1500 a 3000 vehículos. La capa de recubrimiento puede ser concreto asfáltico o tratamiento superficial doble. El tratamiento superficial doble consiste básicamente en dos riegos alternados y uniformemente distribuidos de ligante bituminoso y árido sobre una superficie acondicionada previamente. El tamaño promedio del árido de cada distribución sucesiva es la mitad o menos del tamaño medio de la capa precedente. El espesor total es aproximadamente igual al tamaño máximo nominal del árido de la primera aplicación. Un tratamiento superficial por sí mismo no es considerado un pavimento. Básicamente brinda una cubierta impermeable a la superficie existente y

resistencia abrasiva al tránsito El Ancho de calzada es de 7.20 metros y el derecho de vía es de 25 metros. (Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, Dirección General de Caminos, 2014)

### **Carreteras tipo “C”**

Están diseñadas para un tráfico promedio diario de 900 a 1500 vehículos. La capa de rodadura podrá ser de concreto asfáltico o de tratamiento superficial doble. El ancho de calzada es de 6.50 metros y el derecho de vía está formado por 25 metros. (Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, Dirección General de Caminos, 2014)

### **Carreteras tipo “D”**

Esta carretera está diseñada para un tráfico promedio diario de 500 a 900 vehículos. La capa de recubrimiento que se utiliza es tratamiento superficial doble. El ancho de la calzada es de 6 metros y el derecho de vía lo constituyen 25 metros. (Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, Dirección General de Caminos, 2014)

### **Carreteras tipo “E”**

Estas carreteras están diseñadas para un tráfico promedio diario de 100 a 500 vehículos. Se nota que la carretera tiene una menor importancia en relación con el flujo de tránsito en relación con las carreteras de tipo A a D. La capa de recubrimiento se elabora con base a tratamiento superficial doble. El ancho de la calzada es de 5.50 metros y el derecho de vía es de 15 metros. (Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, Dirección General de Caminos, 2014)

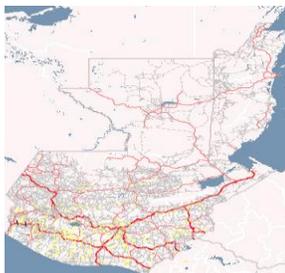
### **Carretera tipo “F”**

Su diseño contempla un tráfico promedio diario de 10 a 100 vehículos. Como

son poco transitadas la capa de recubrimiento se elabora simplemente con

(Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, Dirección General de Caminos, 2014)

Imagen 3. Mapa red vial de Guatemala



(Dirección General de Caminos Zona Vial 12, 2017)

En el inventario de la red vial de Guatemala las carreteras de Guatemala están clasificadas de la siguiente manera:

### **Rutas Centroamericanas (CA)**

Son las carreteras que unen la capital con las fronteras o desde otra ruta centroamericana. Unen puertos de importancia desde la capital o desde otra ruta centroamericana, atraviesan longitudinalmente o transversalmente la república de Guatemala. Reúnen las mejores condiciones de diseño que la topografía les permite. El derecho de vía es de 25 metros, 12.5 metros de cada lado de la línea central, el área de reserva es de 80 metros, 40 metros de cada lado de la línea central. (Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, Dirección General de Caminos, 2014)

### **Rutas Nacionales (RN)**

Son rutas que unen cabeceras departamentales, también unen rutas centroamericanas con cabeceras departamentales y de igual manera pueden conectar rutas centroamericanas. El derecho de vía de estas rutas es de 20 metros, 10 metros de cada lado de la línea central. (Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, Dirección General de Caminos, 2014)

### **Caminos Rurales (CR)**

Interconectan a las comunidades rurales de los diferentes municipios.

### **Otra clasificación**

Constituida con el fin específico de realizar una mejor planificación y orientación de las inversiones aplicadas a las carreteras es la siguiente:

### **Red vial primaria**

Tiene como propósito el facilitar y fortalecer la comunicación directa a nivel macro regional, entre las regiones políticas continuas establecidas según Decreto 70-86 (Ley preliminar de regionalización) e internacional al comunicar de y hacia

los principales puertos marítimos y puertos fronterizos con los países vecinos así se constituye la red básica de carreteras troncales o colaterales. Actualmente la red primaria está conformada por las rutas centroamericanas (CA), tramos específicos de rutas nacionales (RN) y rutas departamentales (RD) así como la franja transversal del norte (FTN). (Ministerio de Transportes, 2008)

### **Red vial secundaria**

Su objetivo es completar la red vial primaria de manera que facilita la comunicación regional, así como el de proveer una comunicación directa en lo posible entre las cabeceras de departamentos contiguos, orientadas a comunicar hacia y desde los mayores centros de población y/o producción da estructura a la red complementaria o alterna a la red vial primaria. La constituyen rutas nacionales y tramos específicos de

rutas departamentales. (Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, Dirección General de Caminos, 2014)

### **Red vial terciaria**

Su propósito es completar la red vial primaria y secundaria de manera que proporciona comunicación, en la medida de lo posible entre las cabeceras departamentales y sus respectivos municipios y aldeas. La misma está orientada a permitir el ingreso y egreso de insumos y servicios desde y hacia los centros de consumo y producción. La constituyen en su mayor parte caminos de terracería y/o balasto y caminos rurales. (Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, Dirección General de Caminos, 2014)

#### **4. Identificación de camino**

La problemática presentada consiste en la dificultad que tienen las personas que habitan en las comunidades de Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival de Santa María de Jesús en el departamento de Sacatepéquez para trasladar sus productos agrícolas debido a la falta de un camino adecuado que permita dicho traslado y la comunicación de las comunidades mencionadas con la cabecera municipal, Santa María de Jesús.

Por lo anteriormente expuesto se propone elaborar el diseño Geométrico del camino rural que conecta las Aldeas Pancel, Labor Vieja, San Pedro Chiatinival de Santa María de Jesús en el Departamento de Sacatepéquez, elaboración del juego de planos para la construcción del camino rural, mejorar la construcción del camino rural existente. (Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, Dirección General de Caminos, 2014)

El camino rural inicia en la bifurcación con la Ruta Departamental Sac. 01 (Bif. RN 10 Antigua Guatemala – Santa María de Jesús – Límite Sacatepéquez con Escuintla) Km. 55+625 igual Km. 0+000 del Camino Rural y finaliza en el Km. 4+270.

Imagen 4. Brecha del camino rural.



(Dirección General de Caminos, Zona Vial No. 12 , 2017)

El tipo de camino rural a diseñar es del tipo “F” que según la Dirección General de caminos presenta las siguientes especificaciones:

El camino en cuestión tiene una longitud de 4270 metros equivalentes a 4,270 Km.

1. Camino de terracería de un carril de 5.50 metros de rodadura

2. Ancho de corona de 7 metros
3. Tráfico promedio diario de 10 a 100 vehículos
4. Velocidad de diseño:
  - a. Regiones llanas de 40 KPH
  - b. Regiones onduladas de 30 KPH
  - c. Regiones montañosas de 20 KPH  
(Dirección General de Caminos, 2001)
  
5. Ancho de terracería
  - a. En corte 9.50 m
  - b. En relleno 8.50 m
6. Radio de curva mínimo
  - a. Región llana 47 m
  - b. Región ondulada 30 m
  - c. Región montañosa 18 m  
(Dirección General de Caminos, 2001)
  
7. Pendiente máxima:
  - a. Región llana 10 %
  - b. Región ondulada 12 %
  - c. Región montañosa 14 %
8. Distancia de visibilidad de parada
  - a. Región llana 40 m

- b. Región ondulada 30 m
- c. Región montañosa 20 m

(Dirección General de Caminos, 2001)

9. Distancia de visibilidad de paso

- a. Región llana 180 m
- b. Región ondulada 110 m
- c. Región montañosa 50 m

Siempre y cuando el terreno lo permite se respetaron los parámetros anteriores sin sacrificar los aspectos de seguridad y comodidad de los usuarios. (Dirección General de Caminos, 2001)

## **5. Mantenimiento**

Conjunto de actividades programables cada cierto período, tendientes a recuperar la condición original del camino, que comprende la reposición a profundidad total, reconformación a todo el ancho y largo del afirmado mediante el escarificado con cuchilla, perfilado y recompactación a efecto de conseguir la restauración requerida del afirmado, reducir la rugosidad y el proceso de deterioro y mejorar el drenaje superficial y todas aquellas mejoras puntuales del trazo que fueran estrictamente necesarios. Al llover fuertemente se producirán fallas en los taludes, lo cual obstruye las cunetas, entonces el agua corre sobre el camino y erosiona el talud del terraplén. Los baches formados por el escurrimiento del agua la almacenan, en consecuencia, la

sección de la calzada y acelerará el daño estructural y dificultará el manejo del camino. (Keller & Sherar, 2004)

Aspectos clave del mantenimiento de caminos rurales:

Nivelar y conformar la superficie de la calzada para mantener bien definido un gradiente hacia adentro o hacia afuera o un coronamiento que permita desalojar el agua rápidamente, de la superficie de rodamiento. Compactar la superficie nivelada para mantener una superficie de rodamiento dura y evitar la pérdida de finos. Limpiar las cunetas y reconfigurarlas si es necesario para tener capacidad de flujo adecuado. Retirar los escombros de las entradas de las alcantarillas para evitar el taponamiento y desbordamiento. Sustituir o reparar el acorazamiento de roca, concreto o vegetación usado para protección de los taludes. Podar la vegetación de los lados del camino para mejorar la distancia de visibilidad. Sustituir las señales faltantes. (Keller & Sherar, 2004)

### **Mantenimiento rutinario**

Conjunto de actividades que se realizan en el camino permanentemente para que conserve su estado de transitabilidad y se evite su deterioro prematuro. (Keller & Sherar, 2004)

## **6. Viabilidad**

Un camino es viable si se puede transitar en cualquier época del año sin menoscabo de los vehículos que circulan y de las personas que son usuarios del camino. (Keller & Sherar, 2004)

## **7. Componentes de un camino**

Este es un conjunto de términos relacionados con lo que son los componentes de un camino y que es necesario conocer para una mejor comprensión de la investigación y la propuesta que se plantea. (Programa Past, Las Segovias Version 5, 2005)

### **Afirmado**

Capa de material natural selecto procesado o semiprocesado de acuerdo a diseño, que se coloca sobre la subrasante de un camino. Funciona como capa de rodadura y de soporte al tráfico en carreteras no pavimentadas. Estas capas pueden tener tratamiento para su estabilización. (Programa Past, Las Segovias Version 5, 2005)

### **Alcantarilla**

Es una obra de arte del sistema de drenaje de una carretera, construida en forma transversal al eje. Por lo general se ubica en quebradas, cursos de agua y en zonas que se requiere para el alivio de cunetas. (Programa Past, Las Segovias Version 5, 2005)

### **Badén:**

Estructura construida con piedra y/o concreto, permite el paso del agua, piedras y otros elementos sobre la superficie de rodadura. Se construyen en zonas donde existen quebradas cuyos flujos de agua son de tipo estacional. (Programa Past, Las Segovias Version 5, 2005)

**Balasto:**

Es un material selecto que se coloca sobre la subrasante con el objeto de protegerla y que sirva de superficie de rodadura; debe ser de calidad uniforme y exenta de residuos de madera, raíces o cualquier material perjudicial o extraño. (Programa Past, Las Segovias Version 5, 2005)

**Banqueta:**

Obra de estabilización de taludes consistente en la construcción de una o más terrazas sucesivas en el talud. También se usa el término banqueta para construir una terraza en el talud aledaño al camino destinada a que se cumpla el requisito de la distancia mínima de visibilidad de parada del vehículo. (SIECA, Marzo 2004)

**Berma**

Franja longitudinal paralela y adyacente a la calzada del camino. Que se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en emergencia y de confinamiento del pavimento. (SIECA, Marzo 2004)

### **Bm (bench mark)**

Referencia topográfica de coordenada y altimetría de un punto marcado en el terreno, destinado a servir como control de la elaboración y replanteo de los planos del proyecto de un camino. (SIECA, Marzo 2004)

### **Bombeo**

Inclinación transversal de la superficie de rodadura del camino, que facilita el drenaje superficial. Es la pendiente dada a la corona de las tangentes del alineamiento horizontal, hacia ambos lados del eje, evita la acumulación del agua sobre la superficie de rodadura. El bombeo adecuado es el que permite el drenaje de la superficie de la corona con el mínimo de pendiente (pendiente transversal de 3 a 5%) hacia ambos lados del eje de la tangente para tramos rectos y en un solo sentido en las curvas o en las sobreelevaciones que resulte. La sobreelevación mínima en las curvas horizontales es del 10%. (SIECA, Marzo 2004)

### **Calzada**

Superficie de la vía sobre la que transitan los vehículos, puede estar compuesta por uno o varios carriles de circulación. No incluye la berma (hombro). (SIECA, Marzo 2004)

### **Camino**

Franja longitudinal del terreno preparada para su uso por vehículos. (SIECA, Marzo 2004)

### **Camino de tierra**

Camino en que la superficie de rodadura es el terreno natural, nivelado y compactado mediante el uso de herramientas o maquinarias simples. (SIECA, Marzo 2004)

### **Camino vecinal**

Camino rural destinado fundamentalmente para acceso a las poblaciones pequeñas y a chacras o predios rurales.

### **Capacidad posible**

Es el máximo número de vehículos que pueden circular por una sección de un camino, durante un periodo de tiempo dado, bajo condiciones prevalecientes de la sección vial

estudiada. De no haber indicación en contrario, se expresa en términos de vehículos por hora. (SIECA, Marzo 2004)

### **Carril**

Parte de la calzada destinada a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito. (SIECA, Marzo 2004)

### **Coordenadas de referencia para el diseño**

Son las referencias ortogonales Norte-Sur adoptadas para elaborar los planos de topografía y de diseño del proyecto. (SIECA, Marzo 2004)

### **Corona**

Superficie comprendida entre las aristas superiores de los taludes del terraplén y/o las interiores de las cunetas de un corte. El ancho de 4 metros de la corona no permite el cruce o rebase de vehículos, entonces, para evitar accidentes de tránsito, así como propiciar el adecuado parqueo, maniobras de rebase o cruce, es necesario proyectar ensanchamientos a la corona con un ancho, longitud y distancias razonables, cuyo espaciamiento se determina en cada caso según lo accidentado del terreno, la visibilidad y el volumen de tránsito a que estará sujeto el camino. El ancho de la corona es de 4 metros. (John, 2002)

## **Cuneta**

Canal generalmente triangular o rectangular localizado al lado de la berma destinada a recolectar las aguas de lluvia o de otra fuente, que caen sobre la plataforma del camino.(John, 2002)

## **Curvatura**

El grado máximo de curvatura tiene un carácter de limitación y no se debe utilizar excesivamente debido a que produciría proyectos de baja calidad. La elección se centra en el trazo que permite aplicar menores grados de curvatura.

Sin embargo, no debe olvidarse que al decrecer los radios de curvatura aumentan los costos de operación entre otros factores. En función de la velocidad se recomiendan los siguientes radios de curvatura. (John, 2002) (Dirección General de Caminos, 2001)

Cuadro 1. Curvaturas de caminos rurales

| Tipo de Región | Velocidad | Pendiente | Radio Mínimo |
|----------------|-----------|-----------|--------------|
|----------------|-----------|-----------|--------------|

|           |         |     |           |
|-----------|---------|-----|-----------|
| Llana     | 40 km/h | 0%  | 47 metros |
| Ondulada  | 30 km/h | 8%  | 30 metros |
| Montañosa | 20 km/h | 12% | 18 metros |

(Macías, 2011)

### Curvas verticales

La longitud mínima de curvas horizontales es de dos estaciones de 20 metros. Sin embargo, como los caminos rurales son de un solo carril, y la curvatura vertical en cresta está dada en función de la visibilidad, la distancia de frenado y otros factores, entonces es necesario para el proyecto de curvas verticales tomar en cuenta la razonable seguridad. (Dirección General de Caminos, 2001)

Cuadro 2. Longitudes mínimas de curvas verticales cóncavas y convexas para visibilidad de parada.

| Velocidad de diseño en km/h | Distancia mínima de visibilidad de parada en metros | Cóncava K | Convexa K |
|-----------------------------|---|-----------|-----------|
| 30                          | 30  | 4         | 2         |

|    |    |    |    |
|----|----|----|----|
| 40 | 40 | 6  | 4  |
| 50 | 55 | 9  | 7  |
| 60 | 70 | 12 | 12 |

(Macías, 2011)

### **Curva horizontal**

Curva circular que une los tramos rectos de un camino o carretera en el plano horizontal. (Dirección General de Caminos, 2001)

### **Curva horizontal de transición**

Traza de una línea curva de radio variable en planta, que facilita el tránsito gradual desde una trayectoria rectilínea a una curva circular o entre dos curvas circulares de radio diferente. (Dirección General de Caminos, 2001)

### **Curva vertical**

Curva parabólica o similar en elevación que une las líneas rectas de las pendientes de un camino en el plano vertical. (Dirección General de Caminos, 2001)

### **Derecho de Vía**

Es la franja de terreno de dominio público, definida por autoridad competente a lo largo y a ambos lados del eje de la vía. En el derecho de vía se colocan las calzadas de circulación vehicular, las bermas, las estructuras complementarias de las vías, las áreas necesarias para las intersecciones viales, estacionamientos vehiculares, las estructuras de drenajes, y de estabilización de la plataforma del camino y de los taludes, la señalización vial del tránsito, las paradas de transporte público las áreas que permite tener la visibilidad segura para la circulación en general. (Consultores de Centroamérica S.A. (ICCA), 2000)

Dentro del ámbito del derecho de vía que es del dominio público no se permite colocar publicidad comercial en protección de la seguridad de la vía y del ambiente. En la introducción que se realizó anteriormente sobre la clasificación de las carreteras esta dimensionado el ancho del derecho de vía de acuerdo con cada tipo de carretera. En el caso de los caminos rurales es de 15 metros. (Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, Dirección General de Caminos, 2014)

### **Distancia de acarreo**

Distancia computable según normas, de recorrido del material que será utilizado en las obras, desde los bancos o canteras.

Distancia de visibilidad de adelantamiento: Distancia mínima de visibilidad necesaria para que en condiciones de seguridad un vehículo pueda adelantar a otro. (John, 2002)

### **Distancia de visibilidad**

Es la longitud continua hacia lo largo del camino, que es visible al conductor.

En el diseño se consideran tres distancias: La de visibilidad suficiente para detener el vehículo, la del vehículo para que adelante a otro que viaja a velocidad inferior en el mismo sentido y la distancia requerida para ingresar a un camino de mayor importancia. (Fienco J., Bravo M., & Jaramillo P. Edgar Fienco J., 2017)

### **Distancia de visibilidad de parada**

Distancia mínima que necesita ver el conductor de un vehículo, delante de su vehículo, para detenerlo al observar un obstáculo ubicado en su carril, para evitar impactarlo. En otras palabras, es la longitud mínima requerida para para que se detenga un vehículo que viaja a velocidad directriz antes de que alcance un objeto que se encuentra en su trayectoria. Para efecto de determinación de la distancia de visibilidad de parada se considera que el objeto tiene una altura de 0.60 m y que los ojos del conductor se aplican a 1.10 m por encima de la rasante del camino. (Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2018)

**Cuadro 3.** Distancia de visibilidad de parada (metros)

| Velocidad<br>Directriz<br>Km/h | Pendiente nula o en bajada |     |     |     | Pendiente en subida |     |     |
|--------------------------------|----------------------------|-----|-----|-----|---------------------|-----|-----|
|                                | 0%                         | 3%  | 6%  | 9%  | 3%                  | 6%  | 9%  |
| 20                             | 20                         | 20  | 20  | 20  | 19                  | 18  | 18  |
| 30                             | 35                         | 35  | 35  | 35  | 31                  | 30  | 29  |
| 40                             | 50                         | 50  | 50  | 53  | 45                  | 44  | 43  |
| 50                             | 65                         | 66  | 70  | 74  | 61                  | 59  | 58  |
| 60                             | 85                         | 87  | 92  | 97  | 80                  | 77  | 75  |
| 70                             | 105                        | 110 | 116 | 124 | 100                 | 97  | 93  |
| 80                             | 130                        | 138 | 144 | 154 | 123                 | 118 | 114 |

(Macías, 2011)

### **Eje del camino**

Línea longitudinal a lo largo del camino, que define el trazado en planta y perfil longitudinal de un camino. El eje está normalmente diseñado en el centro de la calzada. (Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2018)

## **Estacionamiento**

El estacionamiento es un conjunto de marcas, llamadas estaciones, que se hacen sobre el alineamiento horizontal, generalmente las estaciones tienen una separación de 20 metros entre ellas, cada estación se designa con la distancia en metros que hay entre ella hasta el primer punto del alineamiento. Para designar una estación no se utiliza la notación tradicional; se sustituye la coma de miles por un signo +, no es necesario que las estaciones cuenten con decimales, pero si es necesario que la cantidad de dígitos sea la misma para todas. (Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2018)

## **Explanación**

Zona de terreno realmente ocupada por el camino, en la que se ha modificado el terreno original. (Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2018)

## **Faja de propiedad restringida**

A cada lado del derecho de vía habrá una faja de propiedad restringida, la que se refiere a la prohibición de ejecutar construcciones permanentes que afecten la seguridad o la visibilidad y que afecten ensanches futuros del camino el cual será de 10 metros a cada lado del derecho de vía. (SIECA, Marzo 2004)

### **Impacto ambiental negativo**

Son aquellos daños a los que están expuestos la comunidad y el medio ambiente, como consecuencia de las obras de construcción, mejoramiento, rehabilitación, etc., de un camino. (Dirección General de Caminos, 2001)

### **Impacto ambiental positivo**

Son aquellos beneficios ambientales, sociales y económicos que logrará la comunidad con la ejecución de las obras del camino. (Keller & Sherar, 2004)

### **Línea de gradiente**

Procedimiento de trazado directo de una poligonal estacada en el campo, como eje preliminar con cotas que configuran una pendiente constante, hasta alcanzar un punto referencial de destino, de un trazo nuevo. (Dirección General de Caminos, 2001)

### **Mantenimiento periódico**

Conjunto de actividades programables cada cierto período, tendientes a recuperar la condición original del camino, que comprende la reposición a profundidad total, reconformación a todo el ancho y largo del afirmado mediante el escarificado con cuchilla, perfilado y recompactación a los efectos de conseguir la restauración requerido del afirmado reducir la rugosidad y el proceso de deterioro y mejorar el

drenaje superficial y mejoras puntuales del trazo que fueran estrictamente necesarios.

(Keller & Sherar, 2004)

### **Mantenimiento rutinario**

Conjunto de actividades que se realizan en el camino permanentemente para que conserve su estado de transitabilidad y se evite su deterioro prematuro. (Keller & Sherar, 2004)

### **Metrado**

Cálculo o la cuantificación por partidas de la cantidad de obra por ejecutar.

(Dirección General de Caminos, 2001)

### **Mitigación de los impactos negativos**

Son aquellas obras, diseñadas para mitigar los daños causados y/o mejorar el área y/o medio ambiente, en el que se ha realizado las obras propias del camino. Las obras de mitigación deben formar parte del expediente técnico del camino y de su presupuesto de inversión. (Fienco J., Bravo M., & Jaramillo P. Edgar Fienco J., 2017)

### **Pendiente del camino**

Inclinación del eje del camino, en el sentido de avance. La pendiente puede ser positiva o negativa si se considera el alineamiento vertical. La pendiente mínima para velocidades de diseño de 40 km/h es del 6% con una pendiente gobernadora del 4%, en terreno ondulado de 8% con pendiente gobernadora de 5% y en terreno montañoso de 12% con gobernadora del 7%. (John, 2002)

La pendiente máxima permisible debe aplicarse únicamente en tramos no mayores de 100 metros de longitud a menos que no exista otra solución. En tramos de corte colocar una pendiente mínima de 0.5% para facilitar el drenaje longitudinal. (Secretaria de Comunicaciones y Transporte, 1991)

### **Plataforma**

Superficie superior del camino, que incluye la calzada y las bermas. (John, 2002)

### **Progresiva replanteada (estaca)**

Referencias topográficas de menor orden del trazado de un camino, marcadas o colocadas en el terreno. (Programa Past, Las Segovias Version 5, 2005)

### **Proyecto**

Conjunto de estudios y planos de diseño, que definen las obras que serán construidas; el área del derecho de vía a ser utilizado; las partidas de construcción, sus

especificaciones técnicas, el análisis de los precios unitarios, el metrado de partidas de obra, el cálculo del presupuesto, etc.; y la memoria descriptiva de la naturaleza del conjunto de la obra; y las coordinaciones y aprobaciones obtenidas de las diversas autoridades involucradas en forma directa o indirecta con la obra por ejecutarse. (Keller & Sherar, 2004)

### **Sección transversal del camino**

Representación gráfica de cortes transversales a lo largo del eje del camino, a distancias regulares entre sí o a distancias específicas en casos necesario. Para establecer la dimensión de la sección transversal del camino tómesese en cuenta que los caminos de bajo tránsito solo requerirán lo siguiente:

Una calzada de circulación vehicular de dos carriles uno en cada sentido.

Para los caminos de menor volumen (caminos rurales) un solo carril de circulación, con plazoletas de cruce o de volteo cada cierta distancia. (Ministerio de Transportes, 2008)

El ancho del camino en la parte superior de la corona además de la calzada deberá tener un espacio adicional para bermas, señales y cunetas. La sección transversal es más amplia en las rectas por la mayor velocidad de diseño, en territorios ondulados

deberá restringirse lo más posible para minimizar los costos de construcción. (SIECA, Marzo 2004)

### **Sección transversal típica**

Representación gráfica de la plataforma del camino proyectado, según un corte ideal, transversal al eje del camino.

La sección típica de una carretera en un punto cualquiera de ésta es un corte transversal; normal al eje longitudinal.

En ella se define la disposición y las dimensiones de los elementos que la forman la estructura de la carretera en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural. (Dirección General de Caminos, 2001) y se toma en cuenta la importancia de la vía, el tipo de tránsito, las condiciones del terreno, los materiales por emplear en las diferentes capas de la estructura de pavimento u otros, de tal manera que la sección típica adoptada influye en las capacidades de la carretera, en los costos de adquisición de zonas, en la construcción, mejoramiento, rehabilitación, mantenimiento y en la seguridad de circulación.

Al tomar en cuenta las consideraciones anteriores, la información más relevante que se obtiene a partir de una sección transversal es el ancho de la

carretera en ese punto y la pendiente transversal o pendiente de bombeo. (Ministerio de Transportes, 2008)

### **Subrasante**

Capa superior de la plataforma a nivel de subrasante, sobre la que se construirá la estructura de la capa de rodadura. (Dirección General de Caminos, 2001)

### **Subrasante (nivel de)**

Representación altimétrica (cota) del eje del camino, antes de la colocación de la estructura de la capa de rodadura. La subrasante es una línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo del eje del camino, en el nivel al cual se encuentra el terreno natural después de hacer los cortes y rellenos necesarios en la superficie para la construcción de la carretera. (Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2018)

El nivel de la subrasante en cualquier punto es el nivel al cual se debe hacer llegar el terreno natural para poder colocar sobre él las capas que conforman el pavimento, se considera la pendiente de bombeo. (Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2018)

## **Taludes**

Un talud es la superficie vista en los cortes o rellenos también llamados terraplenes y su inclinación es expresada numéricamente por el recíproco de la pendiente. (John, 2002)

De tal manera que un talud de pendiente 1:2 está expresado en proporción horizontal-vertical, le corresponde una pendiente igual a 0.5 o una inclinación de 2. (John, 2002)

Los taludes se fijan de acuerdo con la altura de la subrasante hasta el terreno natural, la naturaleza del material que conforma la superficie, el diseño vertical de la carretera, el tipo de superficie sobre la cual son construidos y la información topográfica disponible. (John, 2002)

Por economía se busca que los taludes tengan la menor altura posible, a menor altura, menor volumen de corte o relleno. Lo anterior se puede lograr por medio del aumento en la inclinación de los taludes, pero esto los hace inestables y susceptibles a deslaves o derrumbes. (John, 2002)

## **Terraplén**

Cuerpo completo de la explanación sobre la que se desarrolla la plataforma del camino. (SIECA, Marzo 2004)

## **Tipos de superficie de rodadura**

Por la propuesta planteada en este trabajo de investigación se utilizarán los materiales para caminos de baja circulación vehicular clasificados como tipo “F”, los cuales son los siguientes:

### **Caminos de tierra y grava**

Caminos afirmados con material granular y/o estabilizados (SIECA, Marzo 2004)

Los criterios de selección del tipo de superficie de rodadura, establecen que a mayor tránsito pesado, medido en ejes equivalentes destructivos, se justificará utilizar afirmados de mayor rendimiento y que el alto costo de la construcción debe impulsar el uso de materiales locales para abaratar la obra, lo que en algún caso podrá justificar el uso de afirmados estabilizados. (SIECA, Marzo 2004)

También es importante reconocer que la presión de las llantas debe mantenerse debajo de las 80 (psi) de presión para evitar daños graves a la estructura de los afirmados. (SIECA, Marzo 2004)

### **Vado**

Tramo de un camino que cruza el lecho de un río, contiene fondo allanado, firme y poco profundo. (Keller & Sherar, 2004)

### **Velocidad directriz o de diseño**

Es la velocidad establecida en el proceso de planeamiento, para adoptar en el diseño, como elemento rector de las características geométricas del camino. La velocidad de diseño es la rapidez a la que un vehículo puede transitar la carretera en forma cómoda y segura. Esta velocidad determina el radio de curvatura, peraltes, y visibilidad factores propios de las carreteras. La velocidad de diseño disminuye en cuanto el terreno cambia su topografía. Se ha determinado desarrollar velocidades de 40, 30 y 20 kilómetros por hora para caminos ubicados en terrenos plano, ondulado y montañoso respectivamente. (SIECA, Marzo 2004)

Posterior al establecimiento de la velocidad de diseño, se procederá al diseño del eje del camino y sigue el trazado en planta compuesto por tramos rectos, en tangente, y por tramos de curvas circulares y espirales; similarmente el trazado vertical con tramos en pendientes rectas, con pendientes curvilíneas normalmente parabólicas. La velocidad de diseño esta igualmente relacionada con el ancho de los carriles de circulación y correlacionado con la sección transversal por adoptarse (Ministerio de Transportes, 2008).

La velocidad de diseño es la que establecerá las exigencias de distancias de visibilidad en la circulación y la seguridad de los usuarios del camino a lo largo del trazado. (Ministerio de Transportes, 2008)

En el caso de los caminos rurales que es el que nos ocupa la velocidad de diseño deberá adaptarse a la orografía y en algunos casos deberá ser bastante baja por tal situación.

### **Velocidad de circulación**

Esta velocidad corresponderá a la norma que se utilice para señalar el camino y limitar la velocidad máxima a la que debe circular el usuario y se indicará mediante la señalización correspondiente. (Keller & Sherar, 2004)

## **8. Materiales**

### **Material de cantera**

Es aquel material de características apropiadas para su utilización en las diferentes partidas de construcción de obra, que deben estar económicamente cercanas a las obras y en los volúmenes significativos de necesidad de la misma. (Programa Past, Las Segovias Version 5, 2005)

### **Material de préstamo lateral**

Es aquel material de características apropiadas para su uso en la construcción de las explanaciones, que proviene de bancos y canteras naturales adyacentes a la explanada del camino. (Programa Past, Las Segovias Version 5, 2005)

### **Material de préstamo propio**

Son aquellas que corresponden a compensaciones de materiales adecuados para su uso en las explanaciones, de corte con rellenos, en volúmenes transportados a lo largo del eje entre las diversas secciones del camino. (Programa Past, Las Segovias Version 5, 2005)

### **Balasto**

Es un material selecto que se coloca sobre la subrasante con el objeto de protegerla y que sirva como superficie de rodadura; debe ser de calidad uniforme y exento de residuos de madera, raíces o cualquier material perjudicial o extraño y debe cumplir con las siguientes especificaciones: Tamaño máximo del agregado del espesor de la capa de rodadura 7.5 cms. Valor soporte AASHTOTI93 (CBR) >90%, AASHTO 190 R>85. Limite líquido (LL) 25. Índice de plasticidad (IP) 6. (American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2011)

Conforme se termine de construir la subrasante, se colocarse la capa de balasto, no debe dejarse sin cubrir la subrasante en longitud mayor de dos kilómetros. El espesor total de la capa de balasto no debe ser menor de 100 mm ni mayor de 250 mm. Por supuesto que el balasto requiere de compactación la cual se puede lograr con el equipo adecuado. La compactación del suelo es el incremento artificial de su peso específico seo, por medios mecánicos. La selección del equipo correcto de compactación variará con el tipo de suelo: (Cárdenas, 2002)

Para suelos granulares: La compactación se logra con compactadores vibratorios, rodillos lisos de acero y compactadores neumáticos. Para suelos limosos: con equipo neumático o pata de cabra, compactadores de parrilla. Para suelos arcillosos: la mejor compactación se logra con compactadores pata de cabra o equipo neumático.

## **9. Especificaciones Técnicas del Diseño geométrico**

### **Sección I**

Características para el diseño geométrico de los caminos rurales:

#### **Especificación 1.01 Velocidad de diseño**

Esta disminuye conforme el terreno cambia en su topografía. Se han determinado velocidades de 40, 30 y 20 kilómetros por hora para caminos ubicados en terrenos plano, ondulado y montañoso, respectivamente. (camino, 2002)

### **Especificación 1.02 Pendiente**

La pendiente máxima para una velocidad de diseño de 40 Km/hora es de 6%, con una pendiente gobernadora de 4%; en terrenos ondulados de 8%, con gobernadora de 5% y en terrenos montañosos de 12%, con gobernadora de 7%. La pendiente máxima permisible, debe aplicarse únicamente en tramos no mayores de 100 metros de longitud, a menos que no haya otra solución. En este caso, debe empedrarse la superficie de rodadura a fin de evitar que los vehículos resbalen, sobre todo cuando la capa se encuentra húmeda y se trate de una zona en general lluviosa. El empedrado debería juntarse con cemento para pendientes mayores de 8%. (caminos, 2002)

### **Especificación 1.03 Curvatura**

El grado máximo de curvatura tiene un valor de carácter limitativo y su utilización no es rutinaria porque llevaría a proyectos de baja calidad.

Si se tiene varias alternativas de trazo, se elige aquella que, sin elevar los costos de construcción, permita aplicar menores grados de curvatura.

Sin embargo, no debe olvidarse que los costos de operación crecen, entre otros factores, con el decremento de los radios de las curvas. En función de la velocidad las curvaturas siguientes:

| Tipo de región | Velocidad | Pendiente | Radio mínimo |
|----------------|-----------|-----------|--------------|
| Llanas         | 40 km/h   | 6%        | 47 metros    |
| Ondulada       | 30 km/h   | 8%        | 30 metros    |
| Montañosa      | 20 km/h   | 12%       | 18 metros    |

Fuente: Manual de caminos rurales con impacto mínimo. (caminos, 2002)

### **Especificación 1.04 Bombeo**

Es la pendiente dada a la corona de las tangentes del alineamiento horizontal, hacia ambos lados del eje, su función es evitar la acumulación del agua sobre la superficie de rodadura.

El bombeo apropiado es aquel que permite un drenaje suficiente de la corona con la mínima pendiente. Para ello, es necesario una endiente transversal de 3% a 5% hacia ambos lados del eje tangente para tramos rectos y en un solo sentido en las curvas o la que resulte según la sobreelevación. (caminos, 2002)

## **Sección II**

### **Limpieza, chapeo y destronque**

#### **Especificación 2.01 Operación previa a la iniciación de los trabajos**

Son las operaciones de chapeo, tala, destronque, remoción y eliminación de toda clase de vegetación y desechos que estén dentro de los límites del derecho de vía y en las áreas de bancos de préstamo, excepto la vegetación que sea designada para que permanezca en su lugar preservándola, o que tenga que ser removida de acuerdo a las disposiciones especiales o los planos. (caminos, 2002)

#### **Especificación 2.02 Supervisión**

El supervisor de la obra debe designar los límites del área del derecho de vía que debe ser limpiada, chapeada y destroncada. Los árboles deben botarse hacia el centro del área a limpiar, de tal manera que no se dañen las propiedades adyacentes o los árboles que deben permanecer en su lugar. (caminos, 2002)

### **Especificación 2.03 Colocación de vegetación**

Con el objeto de evitar la erosión, el supervisor de la obra ordenara que vegetación deba permanecer en su lugar, dentro de los límites del derecho de vía, pero fuera del área de construcción; así mismo, puede ordenar la preservación de árboles u otra vegetación que estén fuera del área de construcción.

Cuando se establezca la necesidad de reforestación, el contratista debe efectuar estos trabajos de acuerdo con lo indicado en la sección 804, división 800, de las especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes (2001). (camino, 2002)

### **Sección III: Balasto**

#### **Especificaciones 3.01 Calidad**

Es un material selecto que se coloca sobre la subrasante con el objeto de protegerla y que sirva de superficie de rodadura; debe ser de calidad uniforme y exento de residuos de madera, raíces o cualquier material perjudicial o extraño y debe cumplir con las siguientes especificaciones:

Tamaño máximo del agregado del espesor de la capa de rodadura 7.5 cms

Valor soporte: AASHTO T 193 (CBR) > 90%, AASHTO 190R > 85

Límite líquido (LL) 25

Límite de plasticidad 6 (camino, 2002)

#### **Especificaciones 3.02 Suministros transporte y colocación**

Este trabajo consiste en el suministro, transporte y colocación del material con la humedad requerida; conformación y compactación de una capa de balasto, de acuerdo con el espesor total mostrado en la sección típica. (camino, 2002)

### **Especificaciones 3.03 Compactación**

Es una de las formas más importantes, simples, eficientes y de mínimo costo para mejorar las propiedades de material y la resistencia de suelos. Cuando se logra un 90-100% de densidad (del AASHTO t-99 Proctor estándar densidad máxima), como función del número de pasadas con el equipo de compactación, se nota un mejoramiento (aumento) significativo en la densidad (el peso unitario) en una gama de tipos de suelos; usualmente la resistencia de suelo o material es proporcional a la densidad. (camino, 2002)

Se entiende por compactación de los suelos, el incremento artificial de su peso específico seco, por medios mecánicos; se distingue de la consolidación de los suelos en que en este último proceso el peso específico del material crece gradualmente bajo la acción natural de sobrecargas impuestas que provocan la expulsión del agua por un proceso de difusión; ambos procesos involucran disminución del volumen, por lo que en el fondo son equivalentes. (camino, 2002)

La selección del equipo correcto de compactación variara con el tipo de suelo, con el objetivo de disminuir el esfuerzo requerido, para lograr la densidad deseada. El equipo de compactación que da los mejores resultados para los tipos de suelos más comunes es el siguiente.

- a) Suelos granulares: los compactadores vibratorios son los mejores para materiales con finos no plásticos, también resultan apropiados los rodillos lisos de acero y los compactadores neumáticos, especialmente cuando los finos son plásticos.

- b) Suelos limosos: estos pueden ser compactados con equipo neumático o de pata de cabra, en algunos casos los compactadores de parrilla (grid rollers) han dado resultados satisfactorios; debe tenerse presente que el control de humedad en este tipo de materiales es importante.
- c) Suelos arcillosos: la mejor compactación se puede lograr utilizando compactadoras de pata de cabra, pero también se logran buenos resultados utilizando los del tipo neumático. (camino, 2002)

### **Especificaciones 3.04 Cuidado**

Conforme se vaya terminando de construir la subrasante, debe colocarse la capa de balasto: no debe dejarse sin cubrir la subrasante, en una longitud mayor de 2 kilómetros. El espesor total de la capa de balasto no debe ser menor de 100 ni mayor de 250 milímetros.

En los lugares donde los materiales sean suaves o esponjosos, estos deben ser removidos en su totalidad y reemplazados con material apropiado. (camino, 2002)

### **Sección IV. Drenajes**

El sistema de drenajes es el aspecto más importante en el diseño y construcción de caminos por el impacto ambiental, costo de construcción, mantenimiento y reparación. Los principios para un sistema de drenaje para caminos son elementales, sin embargo, no son ampliamente dominados.

Los factores climatológicos y de suelo son los que determinan el diseño del sistema de drenaje e influyen en la erodabilidad del sitio, los estudios de campo deberían tomar en cuenta los conocimientos de la gente de la zona. Los objetivos básicos más importantes para el drenaje del camino son: (camino, 2002)

- A) Pasar con seguridad toda la cantidad de descarga que cruce el camino.
  - B) Remover el agua fuera de la superficie del camino sin hacer daño al camino y su estructura.
  - C) Prevenir impactos negativos al ambiente a los lados del camino.
  - D) Reducir al mínimo los cambios al patrón de drenaje natural.
  - E) Disminuir o reducir al mínimo la velocidad del agua y la distancia que el agua tiene que recorrer.
  - F) Remover el agua subterránea que se encuentre, cuando sea necesario.
- (caminos, 2002)

Hay muchas maneras o métodos para lograr el objetivo de drenaje un camino; los tipos de drenaje incluyen estructuras de drenaje transversales naturales, travesías drenajes de superficie y subdrenaje; estas estructuras sirven para dispersar, disminuir la velocidad o transportar el agua, evitar la acumulación y reducir la fuerza erosiva del agua. Un listado general, aunque sea parcial de las medidas es el siguiente:

(caminos, 2002)

- A) Dispersar el agua lo más rápido posible.
- B) Evitar pendientes fuertes y áreas planas (las pendientes deberán ser mayores a 2% y menores a 15% en la superficie del camino).
- C) Usar muchos drenajes transversales, en donde el volumen de agua exceda la capacidad de carga de la cuneta, se coloca otro desagüe transversal para ayudar a remover el agua.
- D) Reducir al mínimo el ancho del camino, la altura de corte y rellenos para reducir al mínimo el área de perturbación.
- E) Evitar la construcción del camino en áreas húmedas, inestables o con pendientes fuertes.

- F) Mantener una zona de protección o faja de protección a los lados de los causes y ríos.
- G) Colocar arbustos u otro tipo de vegetación al pie de los rellenos, así como en las salidas de alcantarillas.
- H) Usar bordillos para proteger la superficie del relleno.
- I) Escarificar sembrar y estabilizar las áreas de desechos, los bancos de préstamo y otras zonas perturbadas.
- J) Observar el camino durante una tormenta para ver cómo funcionan los drenajes y para observar los problemas que se tienen que corregir.
- K) Darles mantenimiento frecuente a las obras de drenaje por lo menos dos veces al año.
- L) Mantener el máximo de vegetación natural posible en los cortes y rellenos, así como en las salidas de alcantarillas.
- M) Utilizar subdrenaje en las áreas donde el agua subterránea afecta el camino o talud. (caminos, 2002)

#### **Sección 4.1: Cunetas**

La cuneta es una zanja de sección triangular o trapezoidal destinada a recoger y encausar hacia fuera del corte, el agua que escurre de la superficie del camino debido al bombeo, así como la que escurre por los taludes de los cortes; estas son construidas paralelamente al eje del camino y se aloja a partir de la corona.

Cuando se trata de una sección en balcón solamente se construye la cuneta del lado del corte; en caso sea necesario se construirán cunetas a ambos lados de la corona; las cunetas deberán estar revestida y con disipadores de energía cuando la pendiente sea mayor del 12% generalmente no se construyen en curvas y laderas, pues basta con dejar el bombeo hacia un solo lado. (caminos, 2002)

La mayoría de las cunetas en los caminos son de tierra o de piedra ligada con mortero; durante el proceso de mantenimiento de las cunetas no se debe quitar la

hierba ni la vegetación menor que protegen las cunetas de la acción erosiva del agua; en cambio, si se deben eliminar los arbustos que pueden restringir el flujo de agua.

Las salidas de agua o zanjias y los drenajes con pendientes mayores de un 10% deben llevar una forma de estabilización con disipadores de energía. Los desagües que se encuentran en terrenos muy inclinados requieren revestimiento o estabilización total, tal como concreto, o el uso de una canal con gradas y disipadores de energía. (caminos, 2002)

#### **Especificaciones 4.2 Alcantarillas**

Existe una gran gama de estructuras de drenaje y alcantarillas apropiadas para cruzar drenajes naturales, drenar las superficies de caminos y cunetas; incluyen tubos redondos y ovalados, alcantarillas de caja, arcos de bóvedas, y otros.

En el departamento técnico de ingeniería de la dirección General de Caminos se cuenta para consulta con detalle estructural para bóveda con un área de descarga desde 5 metros cuadrados hasta 23 metros cuadrados y relleno máximo de 9 metros, las cuales pueden ser utilizados en caminos rurales.

Estas estructuras de drenaje deben ser instaladas con las salidas revestidas a un nivel apropiado, normalmente al nivel de la superficie de la tierra o del cauce, con las salidas revestidas o de alguna manera protegidas de la fuerza del agua saliendo de los tubos. Los factores más significativos en la instalación y el uso de alcantarillas son los siguientes. (caminos, 2002)

- A) Usar el tipo de alcantarilla apropiada para el sitio, con la capacidad necesaria y de menos costo.
- B) Usar disipadores de energía como zampeado o cama de revestimiento a la salida de la tubería o muros y dientes para prevenir socavación.
- C) Mantener un desnivel mínimo de 2% para la tubería, o con una pendiente consistente con el patrón natural del drenaje.
- D) Colocar la tubería en medio del drenaje natural o usar varios tubos en los canales amplios.
- E) En tubería grande, usar estructuras de entrada, como muro de cabecera con aleros o conductores achaflanados para mejorar la capacidad de la tubería, para reducir al mínimo la erosión del relleno y para controlar el nivel de entrada de agua. (camino, 2002)
- F) Colocar la tubería sobre material bien compactado, el material de relleno debe compactarse por estratos durante su instalación. Es muy importante colocar una subrasante uniforme y bien compactada debajo de la tubería o el uso de una cama de relleno selecto en las áreas con suelo sueltos.
- G) Cuando se usen tubos de metal, particularmente arcos de metal, sobre material de relleno susceptible a erosión como arena y sedimento fino, se deben sellar las uniones de los tubos con un empaque de hule u otro material; las filtraciones o fugas de agua pueden causar escurrimiento o socavación y por último la falla de la estructura.

H) Se deben usar parrillas o rejillas contra basura en los drenajes y cauces que llevan mucho arrastre; se pueden construir estas mismas de pedazos de tubo, hierro o troncos, colocándolas aguas arriba o en la entrada de la tubería para atrapar el arrastre y evitar que se tapen. (camino, 2002)

#### Tipos comunes de alcantarilla y materiales

| Tipo de alcantarilla                                    | Materiales comunes  |
|---|---|
| Tubo sencillo o múltiple                                | Metal corrugado, concreto simple o reforzado, arcilla vitrificada   |
| Arco de tubo sencillo o múltiple                        | Metal corrugado   |
| Alcantarilla de caja, claro sencillo o múltiple         | Concreto reforzado  |
| Alcantarilla de puente, claro sencillo o claro múltiple | Concreto reforzado  |
| Arco, bóveda  | Concreto reforzado, metal corrugado o arco de mamposteía de piedra sobre cimentación de concreto reforzado. |

Fuente: Manual de caminos rurales con impactos mínimos (camino, 2002)

## Sección V: Mantenimiento

### Especificaciones 5.01 Limpieza del chapeo y derecho de vía y taludes

Una actividad importante en el mantenimiento de caminos rurales es la limpieza del derecho de vía y taludes, una práctica muy común es realizar la limpieza de manera indiscriminada, es decir a toda la vegetación que está a orillas de la carretera, esta limpieza debe ser selectiva con el fin de no cortar especies agradables al viajero o que tengan un valor ecológico. En cuanto a la limpieza del talud, debe eliminarse

únicamente la vegetación que cause problemas de visibilidad al conductor, no así aquella que protege los taludes. (camino, 2002)

### **Especificaciones 5.02 Bacheo y bancos de material**

Las labores de relleno de agujeros que se hacen sobre la ruta conllevan a tener un camino en buen estado, de tal manera que se reduzcan los costos de operación de los vehículos y la emisión de gases tóxicos a la atmósfera, por lo que el relleno es muy importante. Para la extracción del material utilizado para tal fin debe evitarse que sea de áreas protegidas o susceptibles. Debe evitarse la destrucción de vegetación que cubra estos bancos de material. (camino, 2002)

## **Sección VI. Especificaciones Técnicas Ambientales generales en la Construcción de caminos Rurales.**

### **Especificaciones 6.01 Protección de la vegetación**

El contratista protegerá toda la vegetación (árboles, arbustos, grama) y las áreas adyacentes al mismo, que no necesitan ser removidos o que no interfieran razonablemente con la ejecución de la obra, en el sitio de trabajo.

- A) El contratista eliminará los árboles y arbustos únicamente cuando le sean autorizados, por la autoridad forestal del país (Instituto Nacional de Bosques, Consejo Nacional de Áreas Protegidas y Municipales).
- B) El contratista tomará las medidas necesarias para la protección de los árboles y arbustos que quedaran en pie, lo cual incluye el corte necesario y técnico de la vegetación y el tratamiento de los cortes, para que la vegetación pueda resistir a los impactos de la construcción. (camino, 2002)

### **Especificaciones 6.02 Protección de fauna**

Se prohíbe la caza de animales silvestres y la extracción de la fauna.

### **Especificaciones 6.03 Ruido**

En áreas donde halla viviendas no se podrán ejecutar trabajos que generen ruidos mayores de 80 d BA, entre las de la noche (20 horas) y seis de la mañana (6 a.m.).

El contratista debe proporcionar protectores de audición a sus empleados, cuando estén expuestos a sonidos fuertes (mayores de 80 d BA) y deberá exigirles el uso de los mismos. (camino, 2002)

### **Especificaciones 6.04 Desechos sólidos**

Los desechos sólidos no deben ser arrojados en suelos, ríos ni en los drenajes naturales.

El contratista debe tomar las medidas necesarias respecto a los depósitos de desechos sólidos, para evitar la erosión, la contaminación química y física de los suelos y los cuerpos de agua. (camino, 2002)

### **Especificaciones 6.05 Taller mecánico**

El área de taller mecánico deberá tener un piso impermeable para impedir la entrada de sustancias de petróleo al suelo. Las pendientes deberán concurrir hacia colectores y finalizar en un separador de sustancias de petróleo. (camino, 2002)

### **Especificaciones 6.07 Campamentos**

El contratista evitara establecer campamentos cerca de los ríos o fuentes de agua superficial.

Los desechos domésticos del campamento recibirán un tratamiento previo antes de la descarga.

Los desechos sólidos tales como basura, deberán ser colocados en un depósito destinado para este fin.

Después del abandono, el área del campamento deberá ser integrada nuevamente al paisaje natural. En caso de que las medidas a implementar no se describan en detalle, el supervisor de la obra indicara cuales deben tomarse. (camino, 2002)

#### **Especificaciones 6.08 Banco de materiales**

Los bancos de materiales de corte de montaña deberán protegerse por canales y trampas de sedimentación, para disminuir los impactos de este sobre los ríos. Después del abandono, deberá deshacerse la estructura levantada en los ríos.

- A) Dar al terreno una pendiente para facilitar una escorrentía regular del agua superficial y evitar estacionamientos de esta.
- B) Crear barreras de sedimentación en caso de que exista erosión.
- C) La remoción de la tierra hasta una profundidad de 25cm.
- D) La fertilización de la tierra con material orgánico.
- E) Sembrar arbustos y árboles pioneros.
- F) El cierre de la entrada al sitio del banco. (camino, 2002)

#### **Especificaciones 6.09 Ampliación de la plataforma existente (ancho de terracería)**

Al existir necesidad de realizar ampliación al camino existente, el contratista tomara las siguientes medidas: a) evitar la destrucción la cobertura vegetal y la excavación de la misma fuera del derecho de vía y en lo posible dentro del mismo derecho de vía; b) preservar arboles de gran tamaño o de valor genético, ecológico o paisajístico, los árboles a talar y/o preservar serán identificados y claramente marcados por el Instituto Nacional de Bosques (INAB); c) los suelos orgánicos que necesariamente serian removidos, deberán acumularse y conservarse para utilizarlos posteriormente en la recomposición de la cobertura vegetal y d) durante la ejecución de los cortes del terreno estos deben ser diseñados adecuadamente de tal manera que los mismos no queden expuestos a erosión. (caminos, 2002)

#### **Especificaciones 6.10 Taludes y cunetas**

Todos los taludes y cunetas deben ser estables, no estar expuestos a erosión, desplazamiento en el corto o largo plazo. Para esto se adoptarán medidas de protección apropiadas (pendiente, revestimiento con materiales constructivos o cobertura vegetal).

Para proteger los terrenos de la erosión y los taludes de los terraplenes, independientemente de sus alturas se establecerá una cobertura vegetal permanente (gramíneas, plantas rastreras o arboles). (caminos, 2002)

Los taludes de terraplenes menores de un (1) de altura serán de proporción horizontal de 3 por 1 vertical, o más tendidos dependiendo del nivel de inclinación, del tipo y textura del suelo y de las condiciones climáticos del área.

Cuando sea necesario, debería buscarse la estabilidad a través de muros de contención gaviones de piedra (u otros materiales más apropiados) u otra tecnología más económica e igualmente eficaz.

Todas las cunetas (coronación, desmonte, contracunetas, protección de terraplenes) deberán estar protegidas con una cobertura vegetal permanente y rastrera u otros materiales.

La vegetación utilizada para proteger las cunetas, taludes o terraplenes deberán estar construidas de especies nativas. (camino, 2002)

### **Especificaciones 6.11 Protección del suelo fértil**

La capa del suelo fértil deberá apartarse y depositarse en un lugar señalado al efecto, para reutilizarlo sobre suelo donde ha sido extraído material de construcción. (camino, 2002)

### **Especificaciones 6.12 Suelos contaminados**

Es prohibido enterrar suelos contaminados.

El contratista deberá informar inmediatamente al supervisor de la obra cuando encuentre suelos contaminados. (Camino, 2002)

### **Especificaciones 6.13 Control de sedimentos**

Los trabajos de construcción, especialmente el movimiento de tierra al lado de los ríos, requieren de la aplicación de métodos de control de erosión. Los taludes deben ser protegidos contra la erosión lo más rápido posible. (camino, 2002)

### **Especificaciones 6.14 Depósitos intermedios**

Los depósitos intermedios de suelo, deberán ser protegidos de tal forma que no afecten arroyos por sedimentos.

### **Especificaciones 6.15 Limpieza general**

Durante la construcción de las obras, el contratista tiene la obligación de mantener en todo momento las áreas de trabajo y de almacenamiento, libres de acumulación de basura, materiales de desperdicio producto de los trabajos. (caminos, 2002)

### **Lineamientos para diseño geométrico del camino rural tipo "F"**

#### **Tipos de proyectos**

En carreteras existen cinco tipos de proyectos de acuerdo a las actividades que dichos proyectos involucran; estos proyectos son:

#### **Proyectos de construcción**

Comprende el conjunto de todas las obras que se ejecutan en un proyecto de carreteras.

Es un proyecto en el cual no existe ninguna vía o se va a continuar con la ya existente.

Este proyecto de construcción de carretera comprende las siguientes actividades.

(Cárdenas, 2002)

1. Desmonte y limpieza.
2. Explanación.
3. Obras de drenaje.

4. Subbase, base y carpeta de rodadura.
5. Tratamientos superficiales o riegos.
6. Señalización vertical.
7. Demarcación lineal.
8. Puentes.
9. Túneles
10. Obras de Contención (Keller & Sherar, 2004)

### **Proyectos de mejoramiento**

Son proyectos en los cuales se trata de modificar la geometría y dimensiones originales de la vía con el fin de mejorar su nivel de servicio y adecuarla a las

condiciones requeridas para el tránsito actual y futuro. Comprende los siguientes tipos de trabajos: ampliación, rectificación y pavimentación.

La ampliación se puede hacer sobre la calzada existente, también se puede tratar de la construcción de bermas o de ambas. En el caso de la rectificación se refiere al mejoramiento del alineamiento horizontal y vertical con el fin garantizar la velocidad de diseño adoptada. (Cárdenas, 2002)

La pavimentación se refiere al diseño y construcción de la estructura de pavimento.

Este tipo de proyecto requiere de diseño geométrico y as actividades principales son:

1. Ampliación de la calzada.
2. Construcción de nuevos carriles.
3. Construcción de bermas.
4. Rectificación (alineamiento horizontal y vertical)
5. Construcción e obras de drenaje y subdrenaje.
6. Construcción de estructuras de pavimento.
7. Estabilización de afirmados.
8. Tratamiento superficial o riego.
9. Señalización vertical.
10. Demarcación lineal.
11. Construcción del afirmado. (Keller & Sherar, 2004)

### **Proyectos de Rehabilitación**

Se refiere a la recuperación de las condiciones iniciales de un camino o carretera de tal manera que se cumplan las especificaciones técnicas del diseño inicial. Las actividades que comprende son las siguientes:

1. Construcción de obras de drenaje.
2. Recuperación de afirmado o capa de rodadura.
3. Reconstrucción de Subbase y/o base y/o capa de rodadura.
4. Obras de estabilización. (Keller & Sherar, 2004)

### **Proyectos de mantenimiento rutinario**

Son proyectos que se realizan en vías pavimentadas o no pavimentadas, se refiere a la conservación permanente a intervalos menores de un año de las zonas laterales y a intervenciones de emergencias de las carreteras con el fin de mantenerlas en condiciones óptimas. Para la circulación vehicular. Las principales actividades de este tipo de proyecto son: (Keller & Sherar, 2004)

1. Remoción de derrumbes.
2. Rocería.
3. Limpieza de obras de drenaje
4. Reconstrucción de cunetas.
5. Reconstrucción de zanjas de coronación.
6. Reparación de baches afirmados y/o bacheo de pavimento.
7. Perfilado y compactación de la superficie.
8. Riegos de vigorización de la capa de rodadura.
9. Limpieza y reparación de las señales. (Keller & Sherar, 2004)

### **Proyectos de mantenimiento periódico**

Este proyecto se realiza en vías pavimentadas y en afirmados. Comprende la realización de actividades de conservación a intervalos variables, relativamente

prolongados (3 a 5 años) destinados principalmente a recuperar el deterioro de la capa de rodadura ocasionado por el tránsito y por los efectos del clima. También puede comprender la construcción de obras de drenaje menores y de protección faltantes en la vía. Las principales actividades son: (Keller & Sherar, 2004)

1. Reconformación y recuperación de la plataforma.
2. Limpieza mecánica y reconstrucción de cunetas.
3. Escarificación del material de afirmado existente.
4. Extensión y compactación de material para recuperación de los espesores de afirmado iniciales.
5. Reposición del pavimento en algunos lugares.
6. Reconstrucción de obras de drenaje.
7. Construcción de obras de protección y drenajes menores.
8. Demarcación lineal.
9. Señalización vertical. (Keller & Sherar, 2004)

### **Estudios que realizar**

Un proyecto de carreteras involucra un conjunto interdisciplinario de profesionales así mismo un conjunto de estudios que condicionan o están condicionados por el trazado y diseño geométrico del proyecto. Los principales estudios que realizar son los siguientes anotados en el presente trabajo enumerativamente: (SIECA, Marzo 2004)

- Estudio de tránsito, capacidad y niveles de servicio.
- Estudio de señalización.
- Estudio de geología para ingeniería y geotecnia.
- Estudio de suelos para el diseño y fundaciones.
- Estudio de estabilidad y estabilización de taludes.
- Estudio geotécnico para el diseño de pavimentos.
- Estudios de hidrología, hidráulica y Socavación.
- Estudio estructural para el diseño de puentes.
- Estudio de impacto ambiental.
- Estudios Prediales.
- Evaluación socioeconómica (SIECA, Marzo 2004)

Sin ser menos importante ninguno de los estudios referidos en los incisos anteriores centraremos la atención en este trabajo sobre el estudio de suelos, ello para lograr mejor comprensión en lo que al diseño geométrico de carreteras se refiere.

### **Estudio de suelos para caminos rurales**

La importancia del estudio de suelos es grande debido a que es necesario conocer el tipo de suelo sobre el que se sustentará el proyecto. Los ensayos adecuados para el proyecto de construcción de un camino rural son los siguientes: (Dirección General de Caminos, 2001)

## **Límites de Attemberg**

Este es un ensayo que sirve para determinar las propiedades plásticas de los suelos arcillosos o limosos es decir los suelos de grano fino. Los suelos con algo de cohesión según su naturaleza y cantidad de agua pueden presentar propiedades que los incluyan en el estado sólido, semisólido, plástico o semi líquido. El contenido de agua al que se produce el cambio de estado varía de un tipo de suelo a otro. Los límites por considerar son los siguientes: (Dirección General de Caminos, 2001)

Límite entre los estados líquidos y plástico expresado en porcentaje.

Es el límite en el cual el suelo se comporta como pasta fluida. Se define específicamente como el contenido de agua necesario para que a un determinado número de golpes; generalmente 25 en la cuchara de Casagrande, se cierre 1.27 centímetros a lo largo de la ranura formada en un suelo remoldado (suelo cuya estructura natural ha sido modificada) cuya consistencia es la de pasta dentro de la cuchara de Casagrande. Particularmente es la división entre el estado casi líquido y el estado plástico. El límite líquido puede utilizarse para estimar asentamientos en problemas de consolidación, ambos límites juntos son útiles para predecir la máxima densidad en estudios de compactación. (Dirección General de Caminos, 2001)

El límite líquido es medida de la resistencia al corte de un suelo a determinado contenido de humedad. A medida que el tamaño de las partículas del suelo disminuye el límite líquido aumenta.

### **Límite plástico**

Límite entre los estados plásticos y semi sólido, expresado en porcentaje. Es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico; para este nivel de humedad el suelo está en el punto de cambio de comportamiento al dar un fluido viscoso. (Dirección General de Caminos, 2001)

### **Límite de contracción**

Humedad máxima de un suelo para la cual la reducción de la humedad no causa variación del volumen del suelo, expresado en porcentaje.

### **Índice plástico**

Es importante acotar que el índice de plasticidad se obtiene de la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico. Es así mismo el más importante y el más utilizado e indica el margen de humedades dentro del cual el suelo se encuentra en estado plástico, así lo definen los ensayos. Si el límite plástico es mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se considera no plástico.

Si el suelo presenta un índice plástico igual a cero, es no plástico, el índice es menor que 7, el suelo es de baja plasticidad; finalmente el índice plástico se encuentra entre 7 y 17 el suelo es medianamente plástico y si presenta un índice mayor que 17 es un suelo altamente plástico. (Dirección General de Caminos, 2001)

Cuadro 4. Clasificación del suelo por el IP

| Índice Plástico | Clasificación del suelo |
|-----------------|-------------------------|
| IP=0            | No plástico             |
| IP <7           | Baja Plasticidad        |
| 7<IP<17         | Medianamente plástico   |
| IP>17           | Altamente Plástico      |

Fuente: (Macías, 2011)

### **Granulometría**

Análisis que se basa en la norma AASHTO T- 27. Es la propiedad de los suelos que consiste en demostrar diferentes tamaños de partículas en su composición. Consiste en clasificar por el tamaño las partículas del suelo y visualizar los datos en forma

gráfica. En este ensayo se maneja el coeficiente de uniformidad que indica la variación en el tamaño de las partículas del suelo. (AASHTOO, 2011)

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \text{Donde } C_u \text{ es el coeficiente de uniformidad; } D_{60} \text{ es el diámetro del 60\%}$$

y  $D_{10}$  es el diámetro del 10%.

El coeficiente de graduación indica medida de la forma de la curva entre  $D_{60}$  y  $D_{10}$

$$C_g = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} \quad \text{Donde } C_g \text{ es el coeficiente de graduación, } D_{10}, D_{30} \text{ y } D_{60} \text{ son los}$$

correspondientes porcentajes.

Este análisis granulométrico se realiza por la vía húmeda. Los suelos que no son homogéneos presentan partículas de diversos tamaños, formas y composición.

El análisis granulométrico está condicionado por el comportamiento geotécnico del suelo y se realiza por tamizado y sedimentación. (AASHTOO, 2011)

### **Tamizado**

**Consiste** en pasar la muestra de suelo a través de tamices con ancho de malla decreciente y se pesa la cantidad contenida en cada uno de ellos. Se aplica a tamaños gruesos superiores a 0.1 mm. Las partículas se consideran de un tamaño igual a la abertura o ancho de la malla del menor tamiz que permite el paso. Esta prueba se realiza en seco.

## **Proctor modificado**

Este ensayo se rige por la norma AASHTO T -180 sirve básicamente para calcular la humedad óptima de compactación, que ocurre al alcanzar su máxima compactación. (SIECA, Marzo 2004)

El suelo está formado por partículas sólidas y vacías, estos pueden estar llenos de agua de aire o de ambos a la vez. Si el suelo es suelto tiene un mayor número de vacíos los que se reducen conforme el suelo se someta a compactación, hasta llegar a un mínimo. Dicho mínimo se establece si la muestra de suelo alcanza su menor volumen y mayor peso.; a este punto se le conoce como densidad máxima. Para alcanzar la densidad máxima es necesario que la muestra de suelo tenga humedad determinada la que se denomina humedad óptima. Al alcanzar el suelo su máxima densidad tendrá características adecuadas, tales como:

1. Reducción del volumen de vacíos y de la capacidad de absorción.
2. Aumenta la capacidad portante del suelo. (SIECA, Marzo 2004)

## **Breve descripción del ensayo Proctor modificado**

Consiste en tomar muestra, pasarla por el tamiz No. 4, añadirle agua y compactarla en un molde cilíndrico en tres capas con 25 golpes por cada capa con un martillo de compactación.

Posteriormente la muestra se remueve del molde y es demolida nuevamente para obtener pequeñas cantidades del suelo, que servirán para determinar su contenido de humedad en ese momento. Se añade más agua a la muestra para obtener muestra más húmeda y homogénea y se repite nuevamente el procedimiento de compactación. Este proceso se repite hasta obtener datos para elaborar la curva de densidad seca contra contenido de humedad. (SIECA, Marzo 2004)

Existe así mismo el Proctor Estándar pero en Guatemala se utiliza más el Proctor modificado ya que logra mejor acomodación de las partículas, lo cual reduce su volumen y aumenta su peso unitario o densidad; además representa economía en las operaciones de riego al tener humedad óptima más baja, lo que facilita la compactación. (SIECA, Marzo 2004)

### **Valor soporte del suelo (CBR)**

El procedimiento de este ensayo se rige por la norma AASHTI T-193. California Bearing Ratio determina la capacidad de soporte que posee un suelo compactado a su densidad máxima, en las peores condiciones de humedad que pueda tener en el futuro. Se expresa como un porcentaje del esfuerzo requerido para penetrar un pistón

estándar en la muestra de suelo, comparado con el patrón de piedra triturada de propiedades conocidas. Para este ensayo se debe conocer la humedad óptima y la humedad actual del suelo y así determinar la cantidad de agua que se añadirá a la muestra. (SIECA, Marzo 2004)

Los cilindros se compactan en cinco capas para 10, 30 y 65 golpes por cada capa. Para cada cilindro compactado se obtiene el porcentaje de compactación (%C) el porcentaje de expansión y el CBR. Después de lo anterior se sumerge en agua durante cuatro días, entonces se anotan lecturas cada veinte y cuatro horas. (SIECA, Marzo 2004)

### **Diseño geométrico**

El diseño de un camino responde a necesidad justificada social y económicamente. Ambos aspectos se correlacionan para establecer las características físicas y técnicas que debe tener el camino que se proyecta, para que los resultados buscados sean óptimos en beneficio de la comunidad que solicita el servicio normalmente en situaciones muy estrechas, de recursos locales y nacionales. La superficie geométrica se puede definir como un conjunto de puntos en el espacio. (Dirección General de Caminos, 2001)

Las especificaciones técnicas para la construcción de caminos rurales en Guatemala, caminos que sean ambientalmente compatibles, surgen como consecuencia de las necesidades constructivas en ese campo. Se hace urgente la necesidad de contar con

instrumentos que permitan la normalización de la ejecución de dichos caminos, y así mismo cuidar el impacto que los proyectos de construcción de caminos rurales causen en el medio ambiente, los beneficios que generan en cuanto a comunicación, movilidad de personas y productos de consumo. (Dirección General de Caminos, 2001)

Estos caminos en muchos casos accedan a lugares en donde la acción antropogénica es menor pero la riqueza natural y el patrimonio cultural son elevados. Dado que el proyecto que se presenta en este trabajo de investigación es el “Diseño Geométrico de un camino rural es imperante basar este diseño en la respectiva fundamentación teórico-científica. Entonces de ello se deriva la importancia de exponer las características para el diseño geométrico de caminos rurales. (Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2018)

El camino posee geometría que está definida por los siguientes aspectos:

1. La velocidad de diseño
2. La distancia de visibilidad necesaria
3. La estabilidad de la plataforma del camino, de las superficies de rodadura, taludes y demás estructuras.
4. La preservación del medio ambiente.

En la aplicación de los elementos mencionados se tiene como resultante el diseño final del camino estable y protegido contra las inclemencias del clima y del tránsito.

Para el buen diseño de un camino de bajo volumen de tránsito se consideran importantes las siguientes prácticas:

1. Limitar al mínimo indispensable el ancho del camino para restringir el área influenciada negativamente.
2. Evitar la alteración de los patrones naturales de drenaje.
3. Proporcionar drenaje superficial adecuado.
4. Evitar terrenos con taludes de más del 60%.
5. Evitar zonas inundadas o inestables.
6. Minimizar el contacto del camino con corrientes de agua.
7. Conseguir la superficie de rodadura del camino estable y con materiales físicamente sanos.
8. Instalar obras de subdrenaje donde se necesite por la ubicación de zonas activas durante la estación de lluvias.
9. Reducir la erosión al colocar cubiertas vegetales o físicas sobre cortes, terraplenes, salidas de drenajes y de cualquier zona expuesta a la erosión.
10. Usar ángulos de talud estables en cortes y rellenos.
11. Proporcionar un mantenimiento debidamente planificado y programado.

(Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2018)

### **Distancia de visibilidad**

Esta se conceptúa como la longitud continua hacia adelante del camino, que es visible para el conductor de un vehículo. En el diseño geométrico de carretera se consideran tres distancias; la de visibilidad suficiente para detener el vehículo, la distancia suficiente para que un vehículo adelante a otro que viaja a velocidad inferior en el mismo carril y la distancia necesaria para ingresar o cruzar un camino de mayor importancia. (John, 2002)

### **Distancia de visibilidad de parada**

Es la distancia mínima que se requiere para que pare un vehículo que se desplaza a la velocidad directriz, antes de que choque con un objeto que se encuentra en su trayectoria. Para la determinación de la velocidad de parada se considera que el objeto obstáculo tiene altura de 0.60 m y que los ojos del conductor se ubican a 1.10 m por encima de la rasante del camino. La pendiente ejerce fuerte influencia sobre la distancia de parada. Dicha influencia es de importancia práctica para valores de la pendiente ya sea en subida o en bajada iguales o mayores al 6% y para velocidades directrices mayores a 70 km/h. (John, 2002)

La distancia de visibilidad será igual o superior a la distancia de visibilidad de parada en todos los puntos de la carretera. En los caminos de muy bajo volumen de tránsito como el de clase “F” que es el que nos ocupa en el proyecto planeado de un solo carril y en tráfico en dos direcciones la distancia de visibilidad será por lo menos dos veces la correspondiente a la visibilidad de parada. (John, 2002)

Cuadro 5. Distancia de visibilidad de parada

| Velocidad |     | PNB | PNB | PNB | PS  | PS  | PS  |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Directriz |     | 3%  | 6%  | 9%  | 3%  | 6%  | 9%  |
| (km/h)    |     |     |     |     |     |     |     |
| 20        | 20  | 20  | 20  | 20  | 19  | 18  | 18  |
| 30        | 35  | 35  | 35  | 35  | 31  | 30  | 29  |
| 40        | 50  | 50  | 50  | 53  | 45  | 44  | 43  |
| 50        | 65  | 66  | 70  | 74  | 61  | 59  | 58  |
| 60        | 85  | 87  | 92  | 97  | 80  | 77  | 75  |
| 70        | 105 | 110 | 116 | 124 | 100 | 97  | 93  |
| 80        | 130 | 136 | 144 | 154 | 123 | 118 | 114 |

PNB: Pendiente nula de bajada PS: Pendiente de subida: Fuente:

(Macías, 2011)

### **Distancia de visibilidad de adelantamiento**

Es a mínima distancia que debe ser visible para que permita a un conductor sobrepasar a otro vehículo que viaja a velocidad de 15 km/h o menor, con comodidad, seguridad y sin causar alteración en la velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido contrario a la velocidad directriz. Dicho tercer vehículo debe ser visible al iniciar la maniobra de rebase. (SIECA, Marzo 2004)

La distancia de visibilidad de adelantamiento se determina por suposición de que el vehículo que viaja en sentido contrario es de 1.10 m de altura y que el ojo del conductor que realiza la maniobra de rebase está a 1.10 m. La visibilidad de adelantamiento debe asegurarse para la mayor longitud del camino si no hay impedimentos impuestos por el terreno y que se reflejaran en costos de construcción. La distancia de visibilidad de adelantamiento a tomarse en el proyecto varía con la velocidad directriz. (Programa Past, Las Segovias Version 5, 2005)

Cuadro 6. Distancia de visibilidad de adelantamiento

| Velocidad<br>directriz<br>(km/h) | Distancia de<br>visibilidad de<br>adelantamiento<br>(m) |
|----------------------------------|---|
| 30                               | 200   |

|    |     |
|----|-----|
| 40 | 270 |
| 50 | 345 |
| 60 | 410 |
| 70 | 485 |
| 80 | 540 |

Fuente: (Macías, 2011)

### **Alineamiento horizontal**

Este deberá permitir la circulación ininterrumpida de los vehículos, con desplazamiento a la misma velocidad directriz en la mayor longitud de la carretera que sea posible. El alineamiento de la carretera se hará tan directo como sea posible y conveniente; adecuándose a las condiciones del terreno se busca en la medida de lo posible minimizar los cambios de dirección. El trazado en planta de la carretera está compuesto de la adecuada sucesión de rectas (tangentes), curvas circulares y curvas de transición. (Programa Past, Las Segovias Version 5, 2005)

En general el radio de las curvas horizontales y de la velocidad directriz está determinados por el relieve del terreno. No se olvide que la velocidad directriz regula la distancia de visibilidad.

Los radios mínimos, calculados bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento lateral del vehículo se determinan en función de la velocidad directriz, la fricción transversal y el peralte máximo aceptable. (John, 2002)

En el alineamiento horizontal determinado por velocidad directriz específica se evitará utilizar los radios mínimos en las curvas, por el contrario, se buscará aplicar radios amplios, utilizándose los radios mínimos para las condiciones críticas. (Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 1991).

Se buscará un alineamiento horizontal homogéneo en el cual las rectas y las curvas se suceden armónicamente; sin tangentes demasiado largas para así evitar el encandilamiento nocturno y la fatiga y adormecimiento durante el día. (Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 1991)

Al final de la tangente los radios de curvatura serán amplios debido a que la velocidad de acercamiento generalmente será mayor que la velocidad directriz. (Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 1991)

Para que el alineamiento sea homogéneo deberá evitarse pasar bruscamente de curvas de radio amplio a otras de radios marcadamente menores. Los radios de las curvas en la medida de lo posible deben ser gradualmente decrecientes, antes de alcanzar el radio mínimo. Así mismo se deben evitar los cambios repentinos de la velocidad de diseño a lo largo de la carretera; estos cambios de decremento o incremento en la velocidad de diseño serán de 15 km/h. No se requiere curva horizontal para ángulos pequeños de deflexión. (Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 1991)

Cuadro 7. Ángulos de deflexión máximos para los que no se requiere curva horizontal

| Velocidad<br>directriz (km/h) | Deflexión máxima<br>aceptable sin curva<br>circular. |
|-------------------------------|--|
| 30                            | 2° 30´   |
| 40                            | 2° 15´   |
| 50                            | 1° 50´   |
| 60                            | 1° 30´   |
| 70                            | 1° 20´   |

Fuente: (Macías, 2011)

Para evitar un alineamiento que de la apariencia de quebrado a excepción de lo indicado en el cuadro anterior la longitud de las curvas aconsejable es por lo menos

de 150 m. Si la velocidad directriz es menor a 50 Km/h y el ángulo de deflexión es mayor que cinco grados se considera como longitud de curva mínima obtenida con la siguiente expresión:

$$L= 3V$$

Donde L es la longitud de la curva en metros y V es la velocidad de diseño. (Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 1991)

No es aconsejable tener curvas horizontales mayores a 800 m. Las curvas horizontales permitirán al menos la visibilidad igual a la distancia de parada. El proyectista evitará alineamientos reversos abruptos, porque dificultará a los conductores mantenerse en su carril. También se hace difícil peraltar adecuadamente

las curvas. La distancia entre curvas reversas será la necesaria para el desarrollo de las transiciones en el peralte.

No son aconsejables las curvas sucesivas en el mismo sentido al existir un tramo corto en tangente. Se podrá sustituir por sola curva o por transición en espiral dotada de peralte. (Dirección General de Caminos, 2001)

## **Curvas horizontales**

El radio mínimo de curvatura está determinado por el máximo peralte y el factor máximo de fricción y para velocidad directriz determinada.

Se denominan también como curvas circulares ya que son arcos de círculo los que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas.

Las curvas circulares pueden ser simples o compuestas, según se trate de un solo arco de círculo o de dos o más círculos sucesivos de radios diferentes. (Dirección General de Caminos, 2001)

Si dos tangentes consecutivas están unidas entre sí por curva circular esta se denomina curva simple, En el sentido del cadenamiento las curvas pueden ser derechas o izquierdas. Los elementos de curva circular y su cálculo son los siguientes: (Dirección General de Caminos, 2001)

Figura 1. Elementos de curva horizontal



E= External

M= Ordenada media

C= Cuerda

CM= Cuerda máxima

L= Longitud de la curva

**Grado de curvatura:** Es el ángulo subtendido por un arco de 20 metros:

$$G = \frac{1145.9156}{R}$$

Radio de la curva Circular:  $R = \frac{1145.9156}{G}$

Angulo de deflexión central ( $\Delta$ ): Es la deflexión entre la tangente de entrada y la tangente de salida. (Programa Past, Las Segovias Version 5, 2005)

Longitud de curva: Es la distancia de la curva desde PC al PT

$$L_c = \frac{20x\Delta}{G}$$

Subtangente: Es la distancia del PI al PC o principio de la curva y del PI al PT o principio de tangente, medida sobre la prolongación de las tangentes. Se representa como St.

$$St = \frac{RxTg\Delta}{2}$$

External: Es la distancia desde el PI al punto medio de la curva:

$$E = R\left(\sec \frac{\Delta}{2}\right) - 1$$

Cuerda máxima: Es la distancia en línea recta dese el PC al PT

$$Cm = 2R\left(\sen \frac{\Delta}{2}\right)$$

Ordenada Media: Es la distancia desde el punto medio de la curva y el punto medio de la cuerda máxima:

$$M = R\left(1 - \cos \frac{\Delta}{2}\right) \text{ (John, 2002)}$$

### **Curvas de transición**

Todo vehículo sigue la transición al entrar o salir de curva horizontal. No tienen efecto instantáneo el cambio de dirección y la consecuente ganancia o pérdida de las fuerzas laterales. Con el fin de pasar de la sección transversal con bombeo a los tramos en tangente, a la sección de los tramos en curva provistos de peralte y sobreechanco, es

necesario intercalar un elemento de diseño con longitud en la que se realice el cambio gradual al que se conoce como longitud de transición. Si el radio de las curvas horizontales es inferior a los señalados se usarán curvas de transición. Al utilizar curvas de transición, se recomienda el empleo de espirales que se aproximen a la curva de Euler o Clotoide. (Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, Dirección General de Caminos, 2014)

La utilización de curva de transición logrará que su longitud no será menor que  $L_{\min}$  ni mayor que  $L_{\max}$  de acuerdo con las siguientes expresiones:

$$L_{\min} = 0.0178 \frac{V^3}{R} \qquad L_{\max} = 5R^{0.5}$$

Donde R es el radio de la curvatura horizontal;  $L_{\min}$  es Longitud mínima de la curva de transición en metros;  $L_{\max}$  es la longitud máxima de la curva de transición en metros. (Dirección General de Caminos, 2001)

Cuadro 8. Longitud deseable de la curva de transición

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Radio de curva circular | Longitud deseable de la curva de transición en m |
|-------------------------|--|

|    |    |
|----|----|
| 20 | 11 |
| 30 | 17 |
| 40 | 22 |
| 50 | 28 |
| 60 | 33 |
| 70 | 39 |
| 80 | 44 |

Fuente: (Macías, 2011)

### **Curvas espirales de transición**

Como se estableció anteriormente, el alineamiento en planta de una vía consiste en el desarrollo geométrico de la proyección de su eje sobre un plano horizontal. Dicho alineamiento está formado por tramos rectos (tangentes) enlazados con curvas (circulares simples, circulares compuestas y espirales de transición). Tradicionalmente en nuestro medio se ha utilizado y se seguirá utilizando en muchos proyectos, el trazado convencional donde sólo se emplean tramos rectos empalmados con arcos circulares simples. (Cárdenas, 2002)

En estos diseños, la curvatura pasa bruscamente de cero en la recta a un valor constante  $1/R$  en la curva circular de radio  $R$ , tal como se Eventualmente, también en los trazados, se empalman los tramos rectos con curvas circulares compuestas de dos o más radios. En la Figura 3.76 se muestran dos casos muy comunes de curvas compuestas, como lo son las de dos y tres radios respectivamente.

Pero la experiencia demuestra que los conductores, sobre todo aquellos que circulan por el carril exterior, por comodidad tienden a cortar la curva circular. (Cárdenas, 2002)

Figura 2. Curvas en enlace de tramos rectos con una curva circular simple

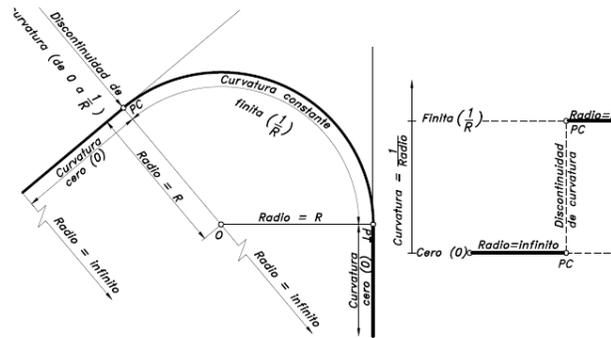


Figura 3.75 Curvatura en el enlace de tramos rectos con una curva circular simple

Figura 3. Curvas en enlace de tramos rectos con curvas circulares compuestas.

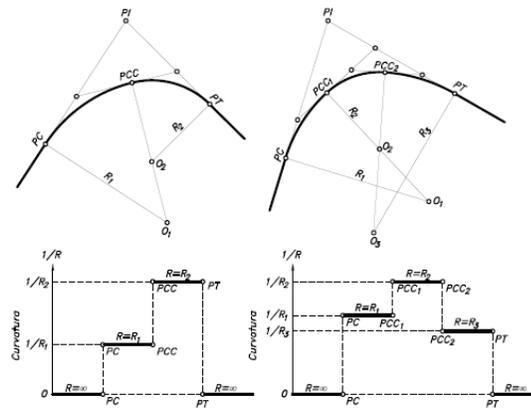


Figura 3.76 Curvatura en el enlace de tramos rectos con curvas circulares compuestas

(Cárdenas, 2002)

Figura 4. Trayectoria de los vehículos en una curva circular.

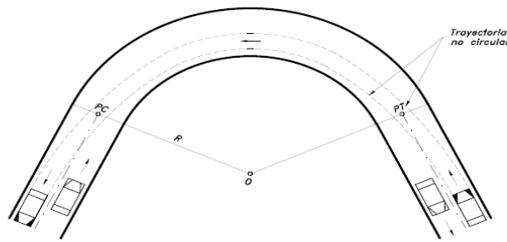


Figura 3.77 Trayectoria de los vehículos en una curva circular

(Cárdenas, 2002)

### **Distancia de visibilidad en curvas horizontales**

Un elemento de diseño del alineamiento horizontal es la distancia de visibilidad en el interior de las curvas horizontales.

Si existen obstrucciones a la visibilidad; taludes de corte, paredes o barreras longitudinales; por el lado interno de la curva horizontal se ajusta el diseño de la sección transversal normal o en el alineamiento si la obstrucción no puede ser removida. El ancho mínimo que quedará libre de obstrucciones a la visibilidad será el calculado por:

$$M = R - \cos \frac{28.65S}{R}$$

En donde M es la ordenada media o ancho mínimo libre, R es el radio de la curva horizontal y S distancia de visibilidad. (Fienco J., Bravo M., & Jaramillo P. Edgar Fienco J., 2017)

## **Curvas Compuestas**

En general se evitará el uso de curvas compuestas y se reemplazarán por una sola curva. En casos excepcionales se podrán utilizar curvas poli -céntricas de tres centros, en ese caso el radio no será mayor que 1.5 veces el radio de la otra. (Macías, 2011)

### **Curvas circulares compuestas**

Las curvas circulares compuestas son aquellas que están formadas por dos o más curvas circulares simples.

A pesar de que no son muy comunes, se pueden emplear en terrenos montañosos, cuando se quiere que la carretera quede lo más ajustada posible a la forma del terreno o topografía natural, lo cual reduce el movimiento de tierras. También se pueden utilizar cuando existen limitaciones de libertad en el diseño, como, por ejemplo, en los accesos a puentes, en los pasos a desnivel y en las intersecciones. (Grisales)

### **Curvas circulares compuestas de dos radios**

En la Figura 3.47 aparecen los diferentes elementos geométricos de una curva circular compuesta de dos radios, definidos como:

*PI* = Punto de intersección de las tangentes.

*PC* = Principio de la curva compuesta.

*PT* = Fin de la curva compuesta o principio de tangente.

*PCC* = Punto común de curvas o punto de curvatura compuesta. Punto donde termina la primera curva circular simple y empieza la segunda.

*R1* = Radio de la curva de menor curvatura o mayor radio.

*R2* = Radio de la curva de mayor curvatura o menor radio.

*O1* = Centro de la curva de mayor radio. 145

*O2* = Centro de la curva de menor radio.

$\Delta$  = Ángulo de deflexión principal.

$\Delta 1$  = Ángulo de deflexión principal de la curva de mayor radio.

$\Delta 2$  = Ángulo de deflexión principal de la curva de menor radio.

*T1* = Tangente de la curva de mayor radio.

*T2* = Tangente de la curva de menor radio.

*TL* = Tangente larga de la curva circular compuesta.

*TC* = Tangente corta de la curva circular compuesta. (Grisales)

Figura 5. Curva circular compuesta de dos radios. (Cárdenas, 2002)

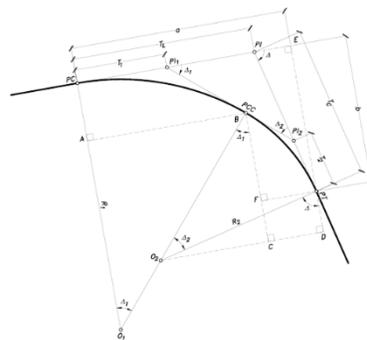


Figura 3.47 Curva circular compuesta de dos radios

## **Peralte**

La sobreelevación de la parte exterior de un tramo del camino en curva con relación a la parte interior se realiza con el fin de contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga, las curvas horizontales deberán ser peraltadas. El peralte máximo tendrá un valor máximo del 8% excepcionalmente el 10%. En carreteras afirmadas y bien drenadas

se aceptará hasta un máximo del 12% de peralte. (Fienco J., Bravo M., & Jaramillo P. Edgar Fienco J., 2017)

El radio mínimo de curvatura se limita por el valor del peralte máximo, el factor máximo de fricción y la velocidad directriz; según la expresión:

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(0.01e_{\max} + f_{\max})}$$

Cuadro 9. Fricción transversal máxima en curvas

| Velocidad directriz (km/h) | “f”  |
|----------------------------|------|
| 20                         | 0.18 |
| 30                         | 0.17 |
| 40                         | 0.17 |
| 50                         | 0.16 |
| 60                         | 0.15 |
| 70                         | 0.14 |
| 80                         | 0.14 |

Fuente: (Fienco J., Bravo M., & Jaramillo P. Edgar Fienco J., 2017)

En caminos cuyo tránsito de vehículos sea menor a 200 por día y la velocidad directriz sea igual o menor a 30 km/h el peralte de todas las curvas podría ser igual a 2.5 %.

En el siguiente cuadro se muestran las longitudes mínimas de transición de bombeo y de transición de peralte en función de la velocidad directriz y el valor del peralte.

(Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 1991)

Cuadro 10. Longitudes mínimas de transición de bombeo y transición de peralte.

| 1                          | 2                                      | 3  | 4  | 5  | 6   | 7   | 8                    |
|----------------------------|--|----|----|----|-----|-----|----------------------|
| Velocidad de diseño (km/h) | Valor del peralte                      |    |    |    |     |     | Transición de bombeo |
|                            | 2%                                     | 4% | 6% | 8% | 10% | 12% |                      |
|                            | Longitud de transición del peralte (m) |    |    |    |     |     |                      |
| 20                         | 9                                      | 18 | 27 | 36 | 45  | 54  | 9                    |
| 30                         | 10                                     | 19 | 29 | 38 | 48  | 57  | 10                   |
| 40                         | 10                                     | 21 | 31 | 41 | 51  | 62  | 10                   |
| 50                         | 11                                     | 22 | 32 | 43 | 54  | 65  | 11                   |
| 60                         | 12                                     | 24 | 36 | 48 | 60  | 72  | 12                   |
| 70                         | 13                                     | 26 | 39 | 52 | 66  | 79  | 13                   |

|    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 80 | 14 | 29 | 43 | 58 | 72 | 86 | 14 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|

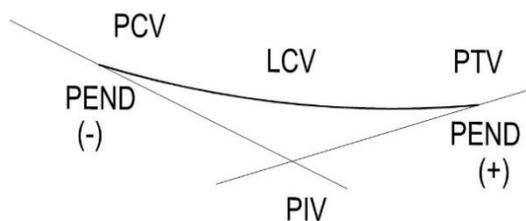
Fuente: (Fienco J., Bravo M., & Jaramillo P. Edgar Fienco J., 2017)

El giro del peralte se realiza alrededor del eje central de la calzada; en terreno muy plano si se desea resaltar la curva puede realizarse el giro alrededor del borde interior.

### 15. Alineamiento vertical

El alineamiento vertical o altimetría es la proyección sobre un plano vertical del eje de la carretera o camino; al eje de dicho camino o carretera se le da el nombre de línea subrasante. Este alineamiento vertical está integrado por tangentes y curvas verticales. (Programa Past, Las Segovias Version 5, 2005)

Figura 6. Elementos de curva vertical



Fuente: (Fienco J., Bravo M., & Jaramillo P. Edgar Fienco J., 2017)

PCV= Principio de curva vertical

PEND= Pendiente

PTV= Principio de tangente vertical

PIV= Principio de intersección vertical

LCV= Longitud de curva vertical

### **Tangente vertical**

Esta tangente se caracteriza por su pendiente y longitud y se limita por dos curvas sucesivas. Existe nomenclatura para identificar tales tangentes, la intersección de dos tangentes consecutivas se denomina “**PIV**” a la diferencia algebraica de las pendientes en ese punto de intersección se le identifica con la letra “**A**” (Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2018)

### **Pendiente máxima**

Como su nombre lo indica es la mayor pendiente que se permite en un proyecto. Ésta pendiente máxima queda definida por la configuración del treno y por la composición del tránsito previsto. (Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2018)

### **Pendiente mínima**

Es la menor tangente que se determina para permitir el drenaje del camino o carretera. En los terraplenes puede ser nula y en los cortes se sugiere un 0.5 % mínimo, esto para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas. Por la longitud de los cortes y por el índice de precipitación pluvial se puede aumentar ésta pendiente. (Macías, 2011)

### **16. Curva vertical**

Desde el punto de vista de la funcionalidad de carretera o camino es importante el diseño de curva vertical. El diseño de curvas verticales debe cumplir con las condiciones de servicio tales que el cambio de pendiente sea gradual de manera que no produzca molestias al conductor. (Macías, 2011)

La finalidad exacta de la curva vertical es tal que proporcione suavidad en el cambio de pendiente. Estas curvas verticales pueden ser circulares, parabólicas simples o parabólicas cúbicas. Comúnmente se utiliza la parabólica simple por la facilidad de su cálculo y su gran adaptabilidad a las condiciones de operación.

En el caso de las curvas verticales la longitud mínima permisible se calcula mediante la fórmula:

$$L = ka$$

En donde “L” es la longitud mínima de curva vertical (cóncava o convexa para la visibilidad). “k” es la constante que depende de la velocidad de diseño. “a” que es la diferencia algebraica de las pendientes. (Macías, 2011)

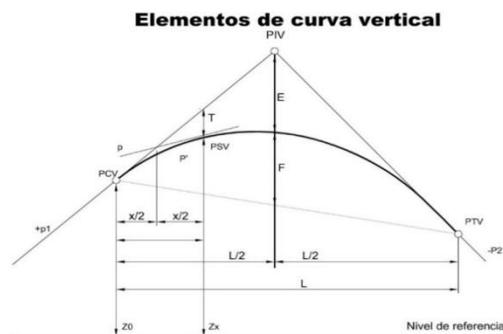
Cuadro 11. Valores de “k” según el tipo de curva

| Velocidad de diseño en Km /h | Valores de “k” según el tipo de curva |         |
|------------------------------|---------------------------------------|---------|
|                              | Cóncava                               | Convexa |
| 10                           | 1                                     | 0       |
| 20                           | 2                                     | 1       |
| 30                           | 4                                     | 2       |
| 40                           | 6                                     | 4       |
| 50                           | 9                                     | 7       |
| 60                           | 12                                    | 12      |
| 70                           | 17                                    | 19      |

|     |    |    |
|-----|----|----|
| 80  | 23 | 29 |
| 90  | 29 | 43 |
| 100 | 36 | 60 |

Fuente: (John, 2002).

Figura 7. Elementos de curva vertical



PIV= Punto de intersección de las tangentes verticales.

PSV= Punto cualquiera sobre la curva vertical

PCV= Punto en donde comienza la curva vertical

PTV= Punto donde termina la curva vertical

P1= pendiente de la tangente de entrada de la curva vertical en m/m

P2= Pendiente de la tangente de salida de la curva vertical en m/m

a= Diferencia algebraica de las pendientes

L= Longitud de la curva vertical en metros

K= Variación de la longitud por unidad de pendiente (parámetro)

X= Distancia del PCV a PSV en metros

P= Pendiente

P^= Pendiente de cuerda en metros

E= Externa en metros

F= Flecha en metros

T= Desviación de un PSV a la tangente de entrada en metros

Zo= Elevación del PCV en metros

Zx= Elevación de un PSV en metros.

### **Curva vertical en Cresta**

Para que estas curvas cumplan con la distancia de visibilidad necesaria, su longitud debe calcularse a partir de “k”, parámetro que se obtiene de la expresión:

$$K = \frac{D^2}{2(H^{1/2} + h^{1/2})^2}$$

Dónde: “D” es la distancia de visibilidad en metros, H es la altura del conductor (1.14 m) y h es la altura del objeto (0.15 m) (John, 2002)

### Curva vertical en columpio

Para que estas curvas cumplan con la distancia de visibilidad necesaria su longitud se calcula de acuerdo con “k” el cual se obtiene con la siguiente expresión:

$$k = \frac{D^2}{2(TD + H)}$$

En donde D es la distancia de visibilidad en metros, T pendiente del haz luminoso de los faros (0.0175) y H la altura de los faros (0.64)

La longitud de la curva vertical cóncava se calcula de la siguiente manera: (John, 2002)

$$LCV = A \left( \frac{S^2}{(122 + 3.5S)} \right)$$

La longitud de la curva vertical convexa se calcula de la siguiente manera:

$$LCV = \frac{AS^2}{426}$$

Donde “L” es la longitud de la curva vertical expresada en metros. “A” diferencia de pendientes expresada en porcentaje. “S” distancia de visibilidad de parada, expresada en metros.

De acuerdo con las fórmulas anteriores tenemos como resultado los siguientes cuadros tanto para curvas verticales convexas como cóncavas. (John, 2002)

Cuadro 12. Curvas verticales convexas mínimas

Caminos Rurales Fuente: (Macías, 2011)

| Velocidad de diseño en km/h | Distancia de visibilidad de parada "S" | Coeficiente $k=S^2/426$ |            |
|-----------------------------|--|-------------------------|------------|
|                             |  | Calculado               | Redondeado |
| 20                          | 20                                     | 0.94                    | 1          |
| 25                          | 25                                     | 1.47                    | 2          |
| 30                          | 30                                     | 2.11                    | 2          |
| 35                          | 35                                     | 2.88                    | 3          |
| 40                          | 40                                     | 3.76                    | 4          |
| 45                          | 50                                     | 5.87                    | 6          |
| 50                          | 55                                     | 7.1                     | 7          |

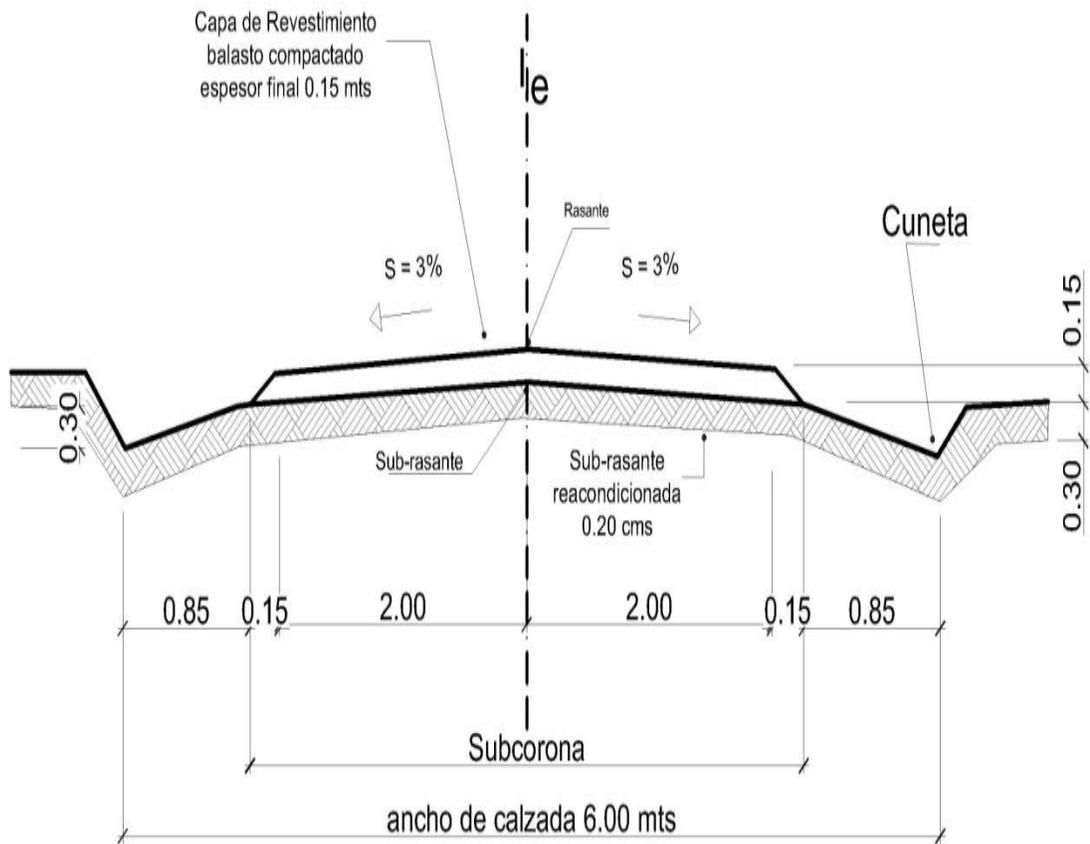
Cuadro 13. Curvas Verticales cóncavas mínimas

### Caminos Rurales

| Velocidad de<br>diseño en<br>km/h | Distancia de<br>visibilidad de parada<br>“S” | Coeficiente $k=S^2/122+3.5S$ |            |
|-----------------------------------|--|------------------------------|------------|
|                                   |  | Calculado                    | Redondeado |
| 20                                | 20   | 2.08                         | 2          |
| 25                                | 25   | 2.98                         | 3          |
| 30                                | 30   | 3.96                         | 4          |
| 35                                | 35   | 5.01                         | 5          |
| 40                                | 40   | 6.11                         | 6          |
| 45                                | 50   | 8.42                         | 8          |
| 50                                | 55   | 9.62                         | 10         |

Fuente: (Macías, 2011)

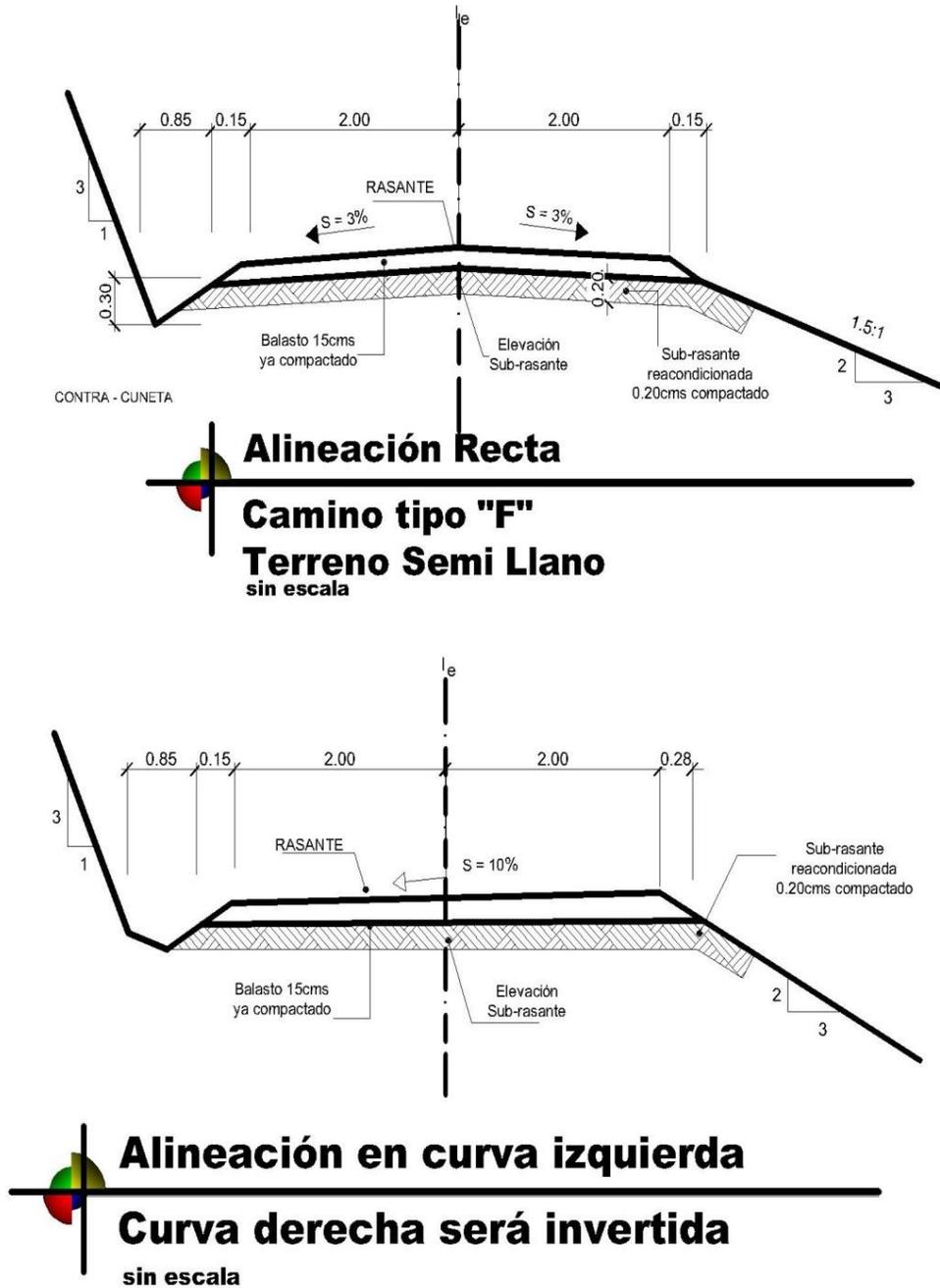
Figura 8. Sección Transversal



**Sección Transversal "Llanera"**  
**en Tangente para caminos Tipo "F"**  
 sin escala

Fuente: (Dirección General de Caminos, 2001)

Figura 9. Sección transversal para camino tipo "F"



Fuente: (Dirección General de Caminos, 2001)

### **Alineamiento transversal**

El alineamiento transversal posee elementos que definen el perfil del terreno en dirección normal al eje del alineamiento horizontal. En y sobre la sección transversal es posible definir posición y dimensiones de los elementos que conforman la carretera en cada sección.

### **Ancho de corona**

Esta superficie queda comprendida entre las aristas del terreno y los interiores de las cunetas. Este ancho de corona está definido por la rasante, ancho de calzada, pendiente transversal y hombros. (John, 2002)

### **Rasante**

Es la línea que se obtiene al proyectar sobre un plano vertical, el desarrollo de la corona en la parte superior de la base de rodadura.

### **Ancho de calzada**

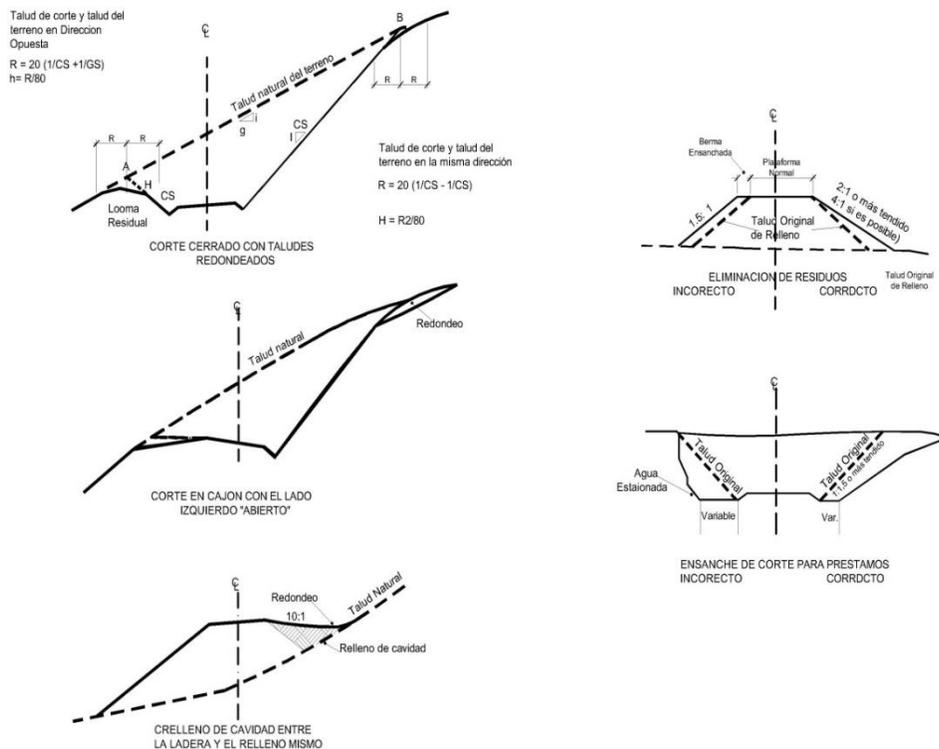
Es la parte del ancho de calzada destinada a la circulación de vehículos, constituido por uno o más carriles.

## Hombros

Un hombro es el área adyacente a ambos lados de la calzada que permite ventajas tales como conservación de la base de rodadura, protección contra la humedad y posibles erosiones de la calzada y adicionalmente proporciona al usuario el hecho de disponer de un área adicional al ancho de calzada para maniobras imprevistas o de descanso. (John, 2002)

Figura 10. Tratamiento de taludes tipo

### Tratamiento de taludes tipo



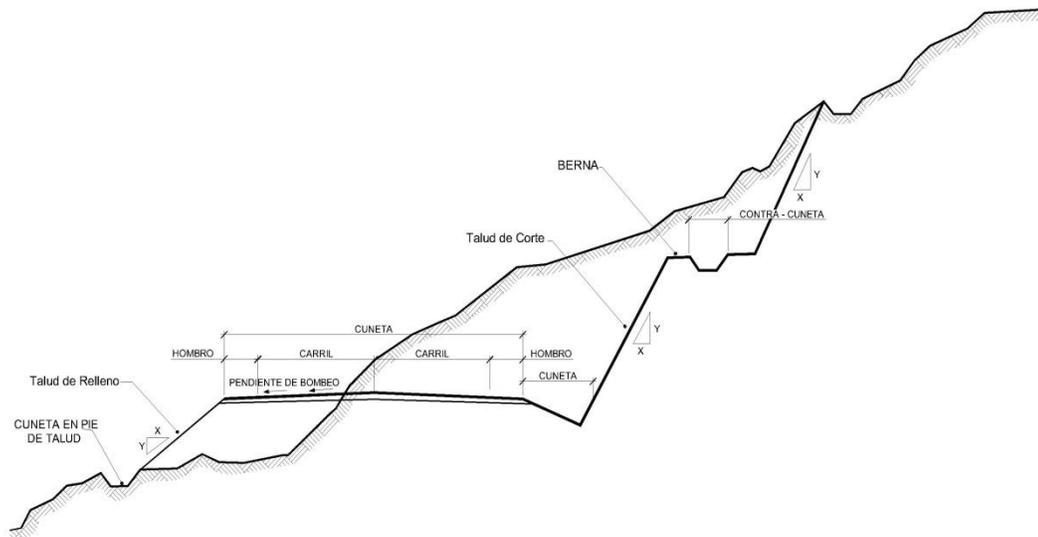
Fuente: (Dirección General de Caminos, 2001)

## **Taludes**

Es la inclinación de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte o terraplenes. Dicha inclinación es la tangente al ángulo formado por el plano de la superficie del terreno y la línea teórica horizontal. Los taludes para las secciones en corte variaran de acuerdo a las características geomecánicas del terreno, su altura, inclinación, y otros detalles de diseño se determinarán en función del estudio de mecánica de suelos o geológicos correspondientes, condiciones de drenaje superficial y subterráneo, con la finalidad de establecer las condiciones de estabilidad, aspecto que es prioritario para que no se presenten fallas geológicas o materiales inestables. (Cárdenas, 2002)

El talud es la superficie vista en los cortes o rellenos, así a un talud con pendiente de 1:2 en proporción horizontal- vertical, le corresponde pendiente numéricamente igual al 0.5 o una inclinación de  $2$  ( $2=1/0.5$ ). Los taludes se fijan de acuerdo con la altura desde la subrasante hasta el terreno natural, la naturaleza del material que conforma la superficie, el diseño vertical de la carretera el tipo sobre el cual son construidos y la información topográfica disponible. (Macías, 2011)

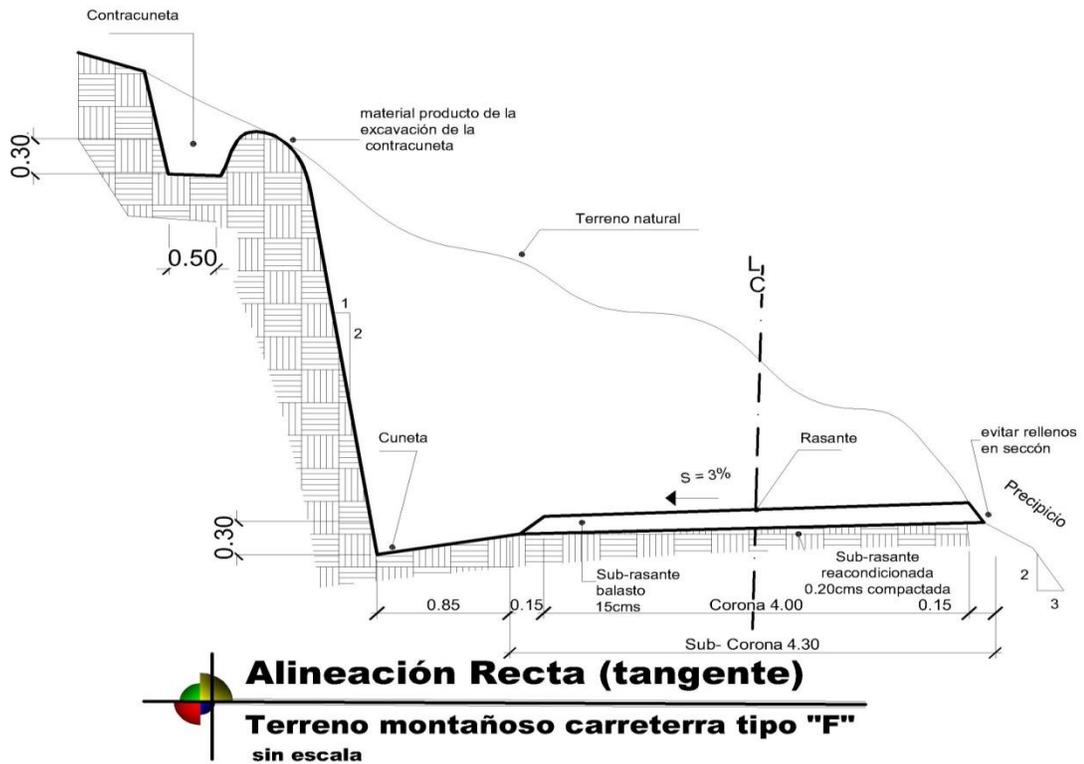
Figura 11. Partes de un talud



Fuente: (Keller & Sherar, 2004)

Por economía se seleccionan los taludes que tengan la menor altura posible menor altura menor volumen de corte o relleno. Lo anterior se puede lograr si se aumenta la inclinación de los taludes, pero esto los hace inestables y susceptibles a los deslaves o derrumbes, en caso de la susceptibilidad de los taludes es necesario construir bermas. Las bermas que son superficies dispuestas cada cierta altura sobre los taludes de corte, que son paralelas en línea horizontal a la carretera y que en sección típica describen línea horizontal. Las mismas hacen una especie de descanso para el talud, para que en vez de ser un talud peligrosamente alto se hagan varios taludes más cortos dispuestos el primero sobre el terreno cortado y los demás sobre las bermas sucesivas a este. (Dirección General de Caminos, 2001)

Figura 12. Alineación recta camino tipo “F”



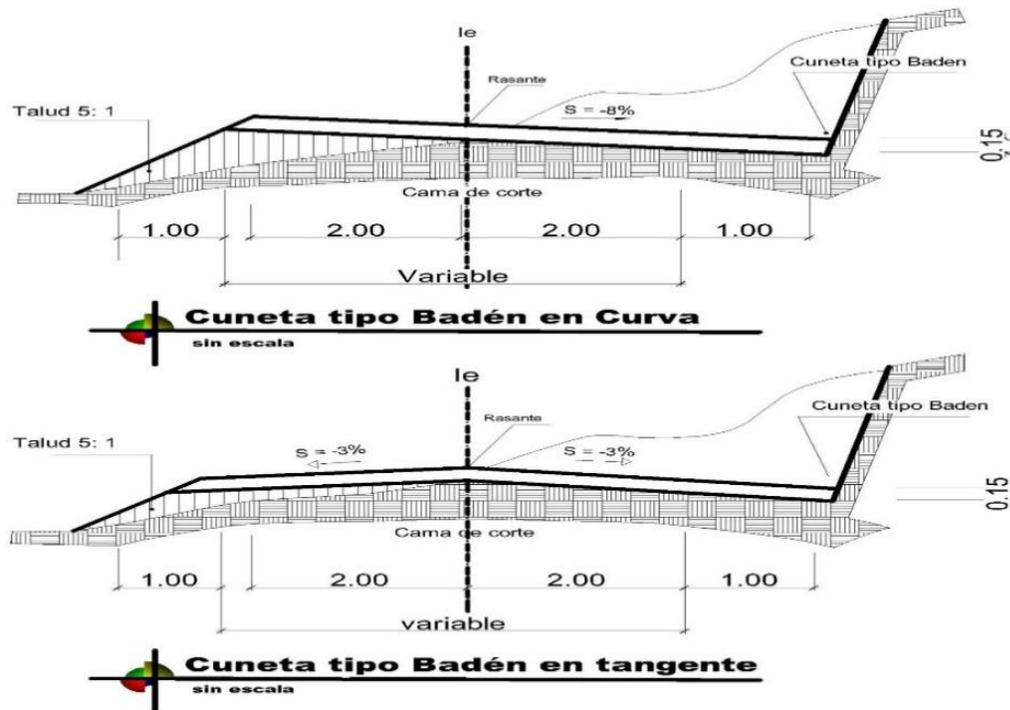
Fuente: (Dirección General de Caminos, 2001)

### Cunetas y contra cunetas

Las cunetas son zanjas que se construyen en los tramos en corte a uno o a ambos lados de la corona, contiguas a los hombros, con el objeto de recibir en ellas las aguas que escurren por la corona y los taludes de corte o de las contracunetas. Su sección transversal es variable, de acuerdo con la cantidad de agua a transportar, son

comunes las de forma triangular o trapezoidal, también las hay de sección semicircular y cuadradas. (Keller & Sherar, 2004)

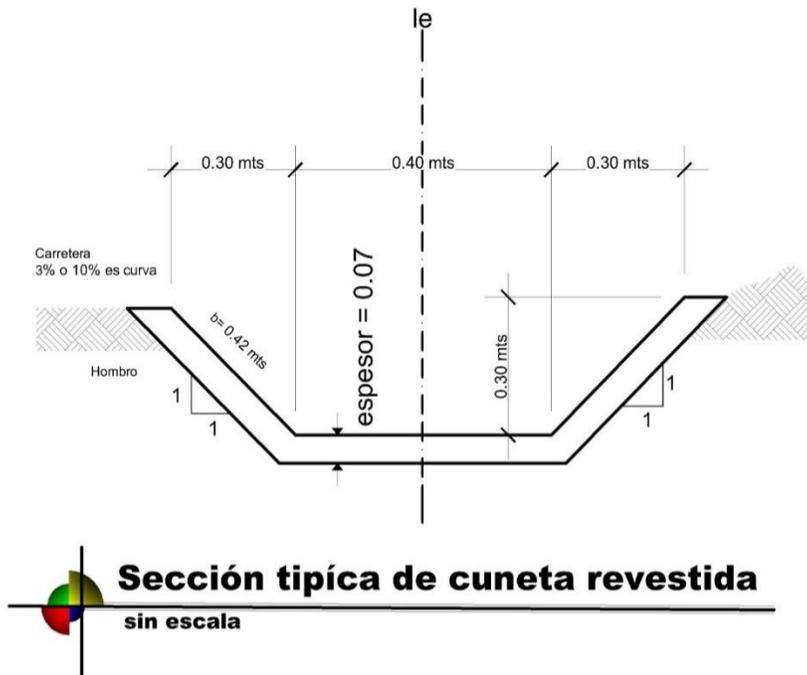
Figura 13. Cuneta tipo badén



(Dirección General de Caminos, 2001)

Las contra cunetas son zanjas generalmente paralelas al eje de la carretera construidas a distancia de 1.50 metros de la parte superior de un talud de corte y desfogarla después de un cuerpo receptor, un cauce de agua o cuneta. También protegen las cunetas de socavación que puede provocar el agua que cae a gran velocidad y proteger el talud de erosión al disminuir la caída y al mismo tiempo la velocidad del agua. (Keller & Sherar, 2004)

Figura 14. Cuneta Revestida



Fuente: (Dirección General de Caminos, 2001)

### Leyes

Los proyectos de construcción, rehabilitación y mantenimiento de caminos rurales tienen implicaciones de tipo ambiental, para tal efecto existen normas legales vigentes las cuales deben ser consideradas bajo estricto cumplimiento.

Inicialmente la Constitución Política de la República de Guatemala norma lo relativo a contratos y presupuestos; así mismo el Código de Procedimientos Administrativos establece que la Secretaría de Estado en el Despacho de

Comunicaciones y Obras Públicas se encarga del mantenimiento del sistema vial del país.

La Ley de Contrataciones del Estado, que norma lo relativo al renglón de contrataciones hechas por el Estado. (Congreso de la República de Guatemala, 1992)

La Secretaría de Planificación Económica (SEGEPLAN) deja claros los objetivos, metas y prioridades del desarrollo económico y social del país para un aprovechamiento óptimo de los recursos naturales.

### **Las leyes ambientales relacionadas con los proyectos de construcción.**

#### **Mantenimiento y rehabilitación de caminos rurales son las siguientes:**

##### **Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente**

El Decreto No. 68-86 del Congreso de la República de Guatemala, crea la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente de la cual se citan los considerandos y los primeros artículos: (Congreso de la República de Guatemala, 1986)

**Considerando A:** Que la protección y mejoramiento del medio ambiente y los recursos naturales y culturales es fundamental para el desarrollo social y económico del país de manera sostenida. (Congreso de la República de Guatemala, 1986)

**Considerando B:** Que Guatemala aceptó la declaratoria de principios y resoluciones de la histórica conferencia de las Naciones Unidas celebrada en Estocolmo Suecia en

el año de 1, 972, y en tal virtud debe integrarse a los programas mundiales para la protección y mejoramiento del medio ambiente y la calidad de vida en lo que a su parte territorial corresponde. Basado en ello el Congreso de la Republica fundamentado en el mandato Constitucional (Artículos 157 y 171) decretó la citada Ley la cual en el título I “Objetivos Generales ay aplicación de la Ley, capítulo I Principios Fundamentales establece: (Congreso de la República de Guatemala, 1986)

### **Artículo 1**

El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional, propiciarán el desarrollo social, económico, científico y tecnológico que prevenga la contaminación del medio ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Por lo tanto, la utilización y aprovechamiento de la fauna, flora, suelo y subsuelo, y el agua, deberá realizarse racionalmente. (Congreso de la República de Guatemala, 1986)

### **Artículo 8**

“Para todo proyecto, obra o industria o cualquier otra actividad que por sus características puede producir deterioro a los recursos naturales renovables o no, al ambiente o a introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente a su desarrollo un

estudio de evaluación de impacto ambiental realizado por técnicos en la materia y aprobado por la Comisión del Medio Ambiente. El funcionario que omitiere exigir el estudio de impacto ambiental de conformidad con este artículo será responsable personalmente por incumplimiento de deberes, así como el particular que omitiere cumplir con dicho estudio de Impacto Ambiental será sancionado con multa de Q.5, 000 a Q.100, 000. En caso de no cumplir con este requisito en el término de seis meses de haber sido multado, el negocio será clausurado en tanto no cumpla” (Congreso de la República de Guatemala, 1986)

### **Ley de Áreas Protegidas:**

El Decreto 4-89 del Congreso de la República de Guatemala crea la Ley de Áreas Protegidas la cual, en uno de sus considerandos, establece A)” Que la conservación, restauración y manejo de la fauna y flora silvestre de los guatemaltecos es fundamental para el logro del desarrollo social y económico sostenido del país. En el Capítulo II artículos 20 y 21 se establece lo siguiente:

### **Artículo 20:**

Actividades dentro de las áreas protegidas. Las empresas públicas y privadas que tengan actualmente o que en el futuro desarrollen instalaciones o actividades comerciales industriales, turísticas, pesqueras, forestales , agropecuarias experimentales o de transporte dentro del perímetro de áreas protegidas, celebraran

de mutuo acuerdo con el CONAP, un contrato en el que se establecerán las condiciones y normas de operación, determinadas por un estudio de impacto ambiental, presentado por el interesado y evaluado por el CONAP y bajo las cuales dichas empresas funcionarán, si y solo si su actividad sea compatible con los usos previstos en el plan maestro de la unidad de conservación de que se trate. (Congreso de la República de Guatemala, 1989)

#### **Artículo 12 Impacto Ambiental de Rutas:**

Si por cualquier razón las áreas protegidas tengan o deban construirse caminos ya sea para el transporte interno del área protegida o para transporte de uso general este debe ser construido solamente si se logra un estudio de impacto ambiental favorable presentado por el ente o empresa interesada en la construcción y aprobado por la CONAP. Al realizarse la construcción por un concesionario, este será el responsable de su construcción, modificaciones y mantenimiento por al menos el tiempo que dure la concesión salvo si en el contrato se especifica lo contrario. En el caso de Áreas Públicas, las rutas serán construidas y mantenidas por el Ministerio de Comunicaciones, Transporte y Obras Públicas. (Congreso de la República de Guatemala, 1989)

**Reglamento de la Agencia para el Desarrollo Internacional (AID):** El Código 22 del Reglamento de Gobierno de los Estados Unidos en su parte 216 establece los

procedimientos sobre el Medio Ambiente y un extracto de lo que interesa al presente trabajo de investigación relacionado con los caminos rurales es lo que sigue:

(1) asegurar que AID y el país anfitrión identifique y consideren las consecuencias que tendrán en el medio ambiente las actividades financiadas por AID; esto deberá hacerse antes de tomar la decisión de proseguir con las actividades para adoptar medidas adecuadas que protejan el medio ambiente.

(2) Ayudar a los países en vías de desarrollo a fortalecer su capacidad para que puedan apreciar y evaluar en forma activa, las posibles consecuencias que pudieran tener en el medio ambiente las estrategias y los proyectos de desarrollo propuesto; así como seleccionar, llevar a cabo y dirigir programas que sean efectivos para el medio ambiente. (3) Identificar los efectos en el medio ambiente que sean resultado de las acciones de AID, lo cual incluye aquellos aspectos de la biosfera que sean patrimonio cultural común de toda la humanidad.

(4) Definir los factores ambientales que limitan el desarrollo e identificar y llevar a cabo actividades que ayuden a restablecer la base renovable de los recursos, de la cual depende el desarrollo sostenido. Dentro de lo anterior la AID ha desarrollado lista de proyectos o acciones que tienen impactos significativos en el medio

ambiente y que requieren de evaluación del medio ambiente o evaluación de impacto ambiental:

Programa de desarrollo de cuencas

Proyectos de riego o control de agua, incluye presas y embalses

Proyectos de drenaje

Construcción y mejoramiento de caminos de penetración

Nivelación de tierras para uso agrícola

Mecanización agrícola a gran escala

Desarrollo de nuevas tierras y proyectos de colonización

Plantas generadoras e industriales

Proyectos de agua potable y alcantarillado a gran escala.

### **Ley de Contrataciones del Estado**

Esta ley regula todo lo relacionado con celebración de contratos, interpretación y ejecución de los contratos de construcción y otros; siempre el objetivo principal es el bien público. Los contratos que celebre el Estado para ejecutar obra deben cumplir con los requisitos ordenados por esta ley relativo a licitaciones públicas para seleccionar contratistas, adjudicar, celebrar contratos de construcción, supervisión y garantías y seguimiento hasta que la ejecución de la obra. (Congreso de la República de Guatemala, 1992)

## **Manual Centroamericano de mantenimiento de Carreteras Alcantarilla y Puentes:**

En este manual se especifican de manera detallada los aspectos técnicos relacionados con las diferentes tareas de mantenimiento vial, términos técnicos, características de suelos y sus pruebas, asaltos de las diferentes clases, alcantarillados, explosivos y operaciones de mantenimiento y reparación de alcantarillas, puentes y carreteras. (SIECA, 1974)

## **Leyes de las municipalidades:**

Las municipalidades están obligadas a elaborar planes reguladores para la distribución de la población, uso de la tierra, vías de circulación, servicios públicos, facilidades comunales y protección del medio ambiente.

## **Herramientas ambientales**

### **Prevención de impactos ambientales**

Con el objeto de mitigar el impacto en el medio ambiente que causa la construcción y mantenimiento de caminos rurales se organizó en la Dirección General de Caminos el Componente de Conservación del Medio Ambiente (CCMA) cuyo objetivo es primordialmente la evaluación del medio ambiente y abarca:

## **Análisis ambiental de las áreas de construcción de caminos rurales**

Identificación de las medidas de mitigación

Para asegurar protección ambiental de largo alcance en el área donde se construirá y brindará mantenimiento de caminos rurales. (Congreso de la República de Guatemala, 1986)

**Elaboración de lineamientos ambientales para futuros proyectos** de construcción y mantenimiento de caminos rurales.

**Ejecución de medidas y lineamientos ambientales** con el propósito de moderar los efectos al medio ambiente.

**Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales:** La variable ambiental debe ser considerada y evaluada previo a que cualquier otra acción de orden técnico y económico sea de tal magnitud que se comprometa o perjudique el proceso de toma de decisiones para el desarrollo de un proyecto. Estas estrategias están fundamentadas en la categorización de proyectos de acuerdo a su grado de impacto potencial en el ambiente. Esta categorización es sencilla y directa de la siguiente manera:

Categoría I: Proyectos que no tienen mayores impactos y no requieren de evaluación de impacto ambiental (EIA)

Categoría II: Proyectos que necesitan ser evaluados con mayor detalle por medio de evaluación de impacto ambiental (EIA).

Los caminos rurales son proyectos incluidos en la categoría II y están sujetos a estudio de impacto ambiental. (Congreso de la República de Guatemala, 1986)

### **III. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.**

Para la comprobación de la hipótesis la cual es “ El incremento en la cantidad de vehículos dañados al transitar por el actual camino entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez, durante los últimos cinco años, por camino angosto e intransitable, es debido a la inexistencia de proyecto para la construcción de camino rural tipo F.”

Se identificaron 2 poblaciones a encuestar; para lo cual se utilizó el método deductivo, de las cuales una población (pilotos que transitan en el actual camino entre las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiantinival) y se trabajó la técnica del muestreo, con el 95% del nivel de confianza y el 5% de error y se direccionó a obtener información sobre el efecto; la otra población de estudio (profesionales) se direccionó a obtener información sobre la causa de la problemática, mediante la técnica censal; mientras que para obtener información del diagnóstico de la problemática se identificó a las poblaciones descritas y se utilizó también la técnica del muestreo, con el 95% del nivel de confianza y el 5% de error.

Para responder efecto se trabajó con 79 pilotos que transitan en el actual camino entre las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiantinival.

Para responder causa se identificaron a 7 profesionales involucrados en el tema.

Para responder diagnóstico de la problemática, se trabajó con 79 pilotos que transitan en el actual camino entre las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiantinival más los 7 profesionales involucrados en el tema.

De la gráfica uno a la cinco se comprueba la variable Y o efecto principal; mientras que de la gráfica seis a la diez, se comprueba la variable X o causa.

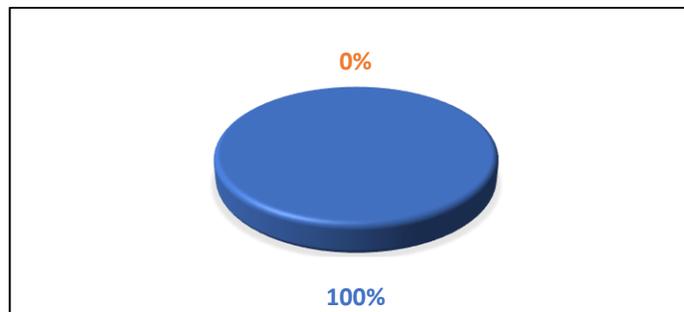
### III.1 Análisis de la boleta aplicada a la variable dependiente (Y)

**Cuadro 1.** Incremento en el número de vehículos dañados al transitar por el actual camino.

| Respuesta | Valor relativo | Valor absoluto |
|-----------|----------------|----------------|
| Si        | 79             | 100 %          |
| No        | 0              | 0              |
| Total     | 79             | 100 %          |

Fuente: Investigación propia obtenida de encuestas dirigidas a pilotos que transitan entre las aldeas; abril de 2018.

**Gráfica 1.** Incremento en el número de vehículos dañados al transitar por el actual camino



Fuente: Investigación propia obtenida de encuestas dirigidas a pilotos que transitan entre las aldeas; abril 2018.

Análisis:

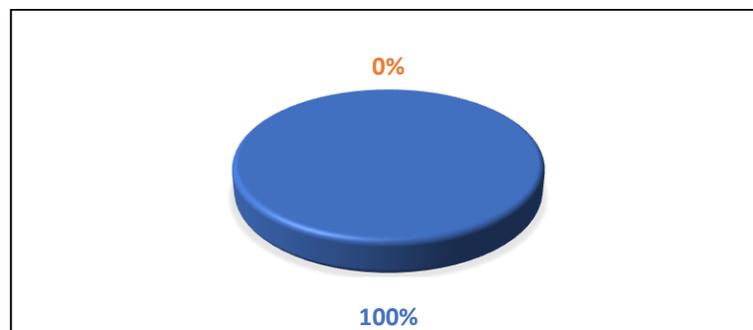
La totalidad de las personas entrevistadas confirmaron el incremento de vehículos dañados al transitar por el actual camino; con lo que se confirma el efecto.

**Cuadro 2.** El estado del actual camino es el causante del incremento de vehículos dañados.

| Respuesta | Valor relativo | Valor absoluto |
|-----------|----------------|----------------|
| Si        | 79             | 100 %          |
| No        | 0              | 0              |
| Total     | 79             | 100 %          |

Fuente: Investigación propia obtenida de encuestas dirigidas a pilotos que transitan entre las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival; abril 2018.

**Gráfica 2.** El estado del actual camino es el causante del incremento de vehículos dañados.



Fuente: Investigación propia obtenida de encuestas dirigidas a pilotos que transitan entre las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival; abril 2018.

Análisis:

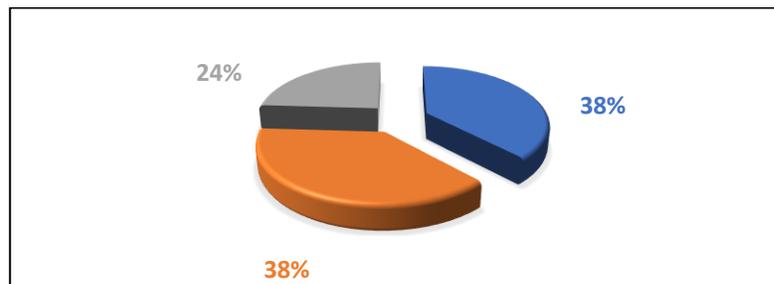
La totalidad de las personas entrevistadas confirmaron que el estado del camino es el causante del incremento de vehículos dañados; con lo que se confirma el efecto.

**Cuadro 3.** Desperfectos mecánicos más frecuentes por transitar en el actual camino son: Pinchazo de neumáticos, desajustes de piezas, deterioro de amortiguadores.

| Respuesta                   | Valor relativo | Valor absoluto | Valor absoluto acumulado |
|-----------------------------|----------------|----------------|--------------------------|
| Pinchazo de neumáticos      | 30             | 38 %           | 38 %                     |
| Desajustes de piezas        | 30             | 38 %           | 76 %                     |
| deterioro de amortiguadores | 19             | 24 %           | 100%                     |
| Total                       | 79             | 100 %          | 100%                     |

Fuente: Investigación propia obtenida de encuestas dirigidas a pilotos que transitan entre las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival; abril 2018.

**Grafica 3.** Desperfectos mecánicos más frecuentes por transitar en el actual camino son: Pinchazo de neumáticos, desajustes de piezas, deterioro de amortiguadores.



Fuente: Investigación propia obtenida de encuestas dirigidas a pilotos que transitan entre las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival; abril 2018.

Análisis:

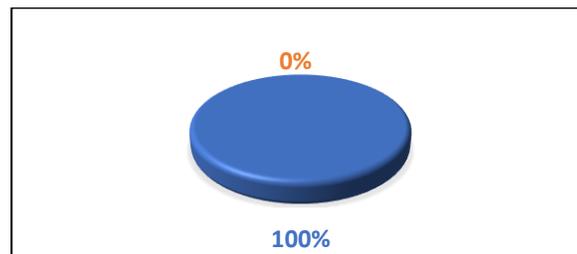
El 30% de las personas entrevistadas confirmaron que el pinchazo de neumáticos es uno de los defectos mecánicos más frecuentes, el otro 30% desajuste de piezas y el 19% deterioro de amortiguadores, con lo que se confirma el efecto.

**Cuadro 4.** Necesidad de Mejorar la construcción del camino que conecta las aldeas para mitigar la cantidad de vehículos dañados.

| Respuesta | Valor relativo | Valor absoluto |
|-----------|----------------|----------------|
| Si        | 79             | 100 %          |
| No        | 0              | 0              |
| Total     | 79             | 100 %          |

Fuente: Investigación propia obtenida de encuestas dirigidas a pilotos que transitan entre las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival; abril 2018.

**Grafica 4.** Mejorar la construcción del camino que conecta las aldeas para mitigar la cantidad de vehículos.



Fuente: Investigación propia obtenida de encuestas dirigidas a pilotos que transitan entre las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival; abril 2018.

Análisis:

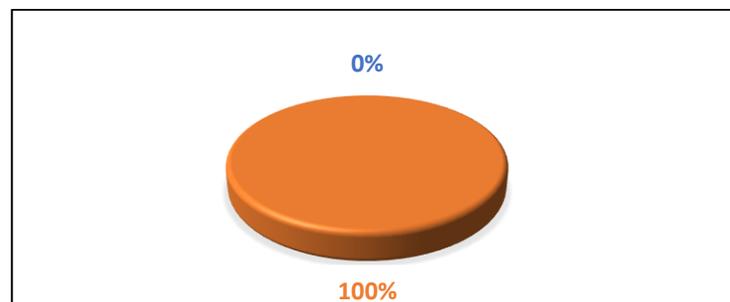
La totalidad de las personas entrevistadas confirmaron que mejorar la construcción del camino que conecta las aldeas es necesario para mitigar la cantidad de vehículos dañados, con lo que se confirma el efecto.

**Cuadro 5.** Existencia de algún proyecto para mejorar el estado actual del camino que conecta las aldeas, Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival.

| Respuesta | Valor relativo | Valor absoluto |
|-----------|----------------|----------------|
| Si        | 0              | 0              |
| No        | 79             | 100%           |
|           | Total          | 100 %          |

Fuente: Investigación propia obtenida de encuestas dirigidas a pilotos que transitan entre las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival; abril 2018.

**Grafica 5.** Existencia de algún proyecto para mejorar el estado actual del camino que conecta las aldeas, Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival.



Fuente: Investigación propia obtenida de encuestas dirigidas a pilotos que transitan entre las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival; abril 2018.

Análisis:

La totalidad de las personas entrevistadas confirmaron que no existe ningún proyecto para mejorar el actual camino que conecta las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, con lo que se confirma el efecto.

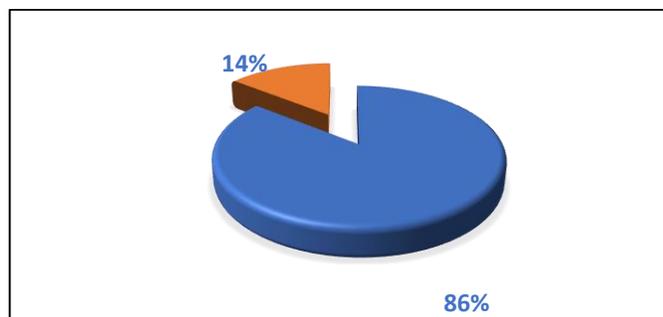
III.2 Análisis de la boleta aplicada a la variable independiente (X)

**Cuadro 6.** Inexistencia de proyecto para la construcción del actual camino, se debe a la falta de presupuesto.

| Respuesta | Valor relativo | Valor absoluto |
|-----------|----------------|----------------|
| Si        | 6              | 85.71%         |
| No        | 1              | 14.29%         |
|           | Total          | 100 %          |

Fuente: Investigación propia obtenida de encuestas dirigidas a miembros del Consejo Municipal de Desarrollo COMUDE; abril 2018.

**Grafica 6.** Inexistencia de proyecto para la construcción del actual camino, se debe a la falta de presupuesto.



Fuente: Investigación propia obtenida de encuestas dirigidas a miembros del Consejo Municipal de Desarrollo COMUDE; abril 2018.

Análisis:

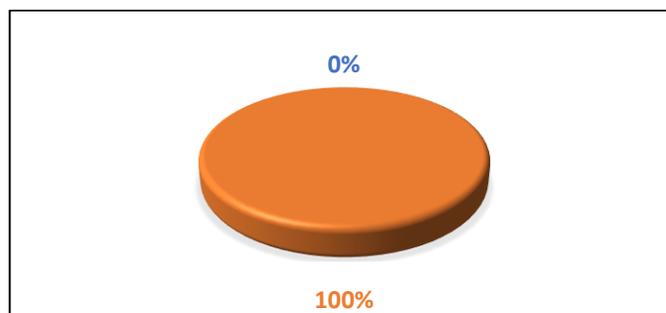
El 86% de las personas entrevistadas confirman que la inexistencia de un proyecto es por la falta de presupuesto y el 14% por otras razones, con lo que se confirma la causa.

**Cuadro 7.** Las autoridades municipales deben de planificar y ejecutar un proyecto de construcción del actual camino entre las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival.

| Respuesta | Valor relativo | Valor absoluto |
|-----------|----------------|----------------|
| Si        | 100            | 100%           |
| No        | 0              | 0%             |
|           | Total          | 100 %          |

Fuente: Investigación propia obtenida de encuestas dirigidas a miembros del Consejo Municipal de Desarrollo COMUDE; abril 2018.

**Grafica 7.** Las autoridades municipales deben de planificar y ejecutar un proyecto de construcción del actual camino entre las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival.



Fuente: Investigación propia obtenida de encuestas a miembros del Consejo Municipal de Desarrollo COMUDE; abril 2018

Análisis:

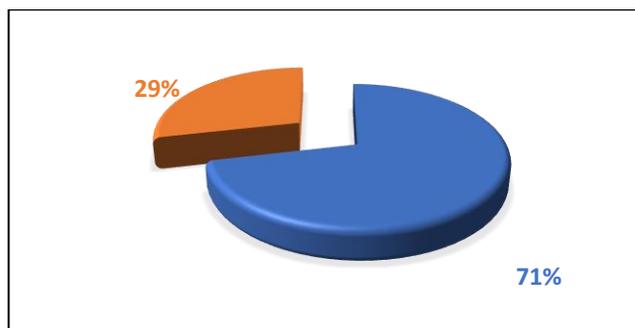
El 100% de las personas entrevistadas confirman que las autoridades municipales deben planificar y ejecutar proyecto de construcción del actual camino entre las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, con lo que se confirma la causa.

**Cuadro 8.** Inexistencia de proyecto para mejorar el camino actual se debe a la mala gestión de los COCODES.

| Respuesta | Valor relativo | Valor absoluto |
|-----------|----------------|----------------|
| Si        | 5              | 71.43%         |
| No        | 2              | 28.57%         |
|           | Total          | 100 %          |

Fuente: Investigación propia obtenida de encuestas a miembros del Consejo Municipal de Desarrollo COMUDE; abril 2018.

**Grafica 8.** Inexistencia de proyecto para mejorar el camino actual se debe a la mala gestión de los COCODES.



Fuente: Investigación propia obtenida de encuestas a miembros del Consejo Municipal de Desarrollo COMUDE; abril 2018.

Análisis:

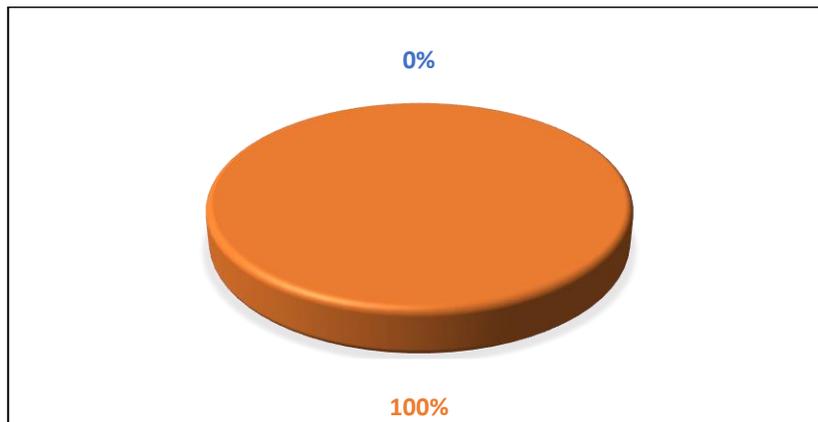
El 71% de las personas entrevistadas confirman que, si ha faltado gestión de parte de los COCODES y el 29% indican otras razones, con lo que se confirma la causa.

**Cuadro 9.** Priorización de proyecto para mejorar la construcción del actual camino.

| Respuesta | Valor relativo | Valor absoluto |
|-----------|----------------|----------------|
| Si        | 0              | 0%             |
| No        | 7              | 100%           |
|           | Total          | 100 %          |

Fuente: Investigación propia obtenida de encuestas a miembros del Consejo Municipal de Desarrollo COMUDE; abril 2018.

**Grafica 9.** Priorización de proyecto para mejorar la construcción del actual camino.



Fuente: Investigación propia obtenida de encuestas a miembros del Consejo Municipal de Desarrollo COMUDE; abril 2018.

Análisis:

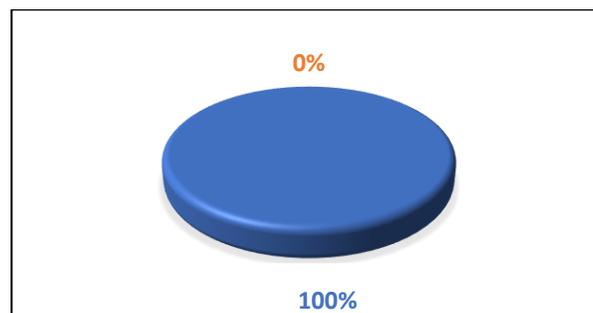
El 100% de las personas entrevistadas confirman que no hay ningún proyecto priorizado por los COCODES para mejoras del actual camino, con lo que se confirma la causa.

**Cuadro 10.** Planificar la implementación de mejora en la construcción del camino entre las aldeas.

| Respuesta | Valor relativo | Valor absoluto |
|-----------|----------------|----------------|
| Si        | 7              | 100%           |
| No        | 0              | 0%             |
|           | Total          | 100 %          |

Fuente: Investigación propia obtenida de encuestas dirigidas a miembros del Consejo Municipal de Desarrollo COMUDE; abril 2018.

**Grafica 10.** Planificar la implementación de mejora en la construcción del camino entre las aldeas



Fuente: Investigación propia obtenida de encuestas dirigidas a miembros del Consejo Municipal de Desarrollo COMUDE; abril 2018.

Análisis:

El 100% de las personas entrevistadas confirman que se tienen contemplada la planificación de mejora en la construcción del camino entre las aldeas, con lo que se confirma la causa.

## **IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Finalizada la investigación en cuanto a la problemática del camino rural entre las comunidades que es angostos e intransitables en época de invierno para los vehículos, se pudo lograr la recopilación de los datos obtenidos en el estudio de campo, se determinaron las conclusiones siguientes.

### **IV.1 Conclusiones**

1. Se comprueba la hipótesis “ El incremento en la cantidad de vehículos dañados al transitar por el actual camino entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez, durante los últimos cinco años, por camino angosto e intransitable, es debido a la inexistencia de proyecto para la construcción de camino rural tipo F”.
2. El camino que comunica las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival es angosto e intransitable por lo cual los pobladores no pueden extraer los productos agrícolas con facilidad.
3. Los pobladores con sus esfuerzos y necesidades de trasladar los productos agrícolas a mercados locales, nacionales e internacionales construyeron el actual camino angosto con pendiente elevadas.
4. Los pobladores no cuentan con presupuesto ni planificación para mejorar la construcción del actual camino rural.
5. Las autoridades municipales no han priorizado ni presupuestado en la cartera anual proyecto para mejorar la construcción de caminos rurales.

## **IV.2 Recomendaciones**

1. Ejecutar “Proyecto para la construcción de camino rural tipo F, entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez.
2. Desarrollar la ejecución del proyecto respetando el derecho de vía adecuados a la sección “F” para contar con camino ancho y transitable.
3. Realizar las mejoras en la construcción del actual camino con los parámetros y normas de diseño adecuadas.
4. Gestionar ante las autoridades Municipales el desarrollo del proyecto para mejorar la construcción del camino rural por medio de los Consejos Comunitario de Desarrollo COMUDE.
5. Concientizar al Consejo Municipal de la importancia de mejorar la construcción del camino rural que comunica las aldeas para la extracción de productos agrícolas.

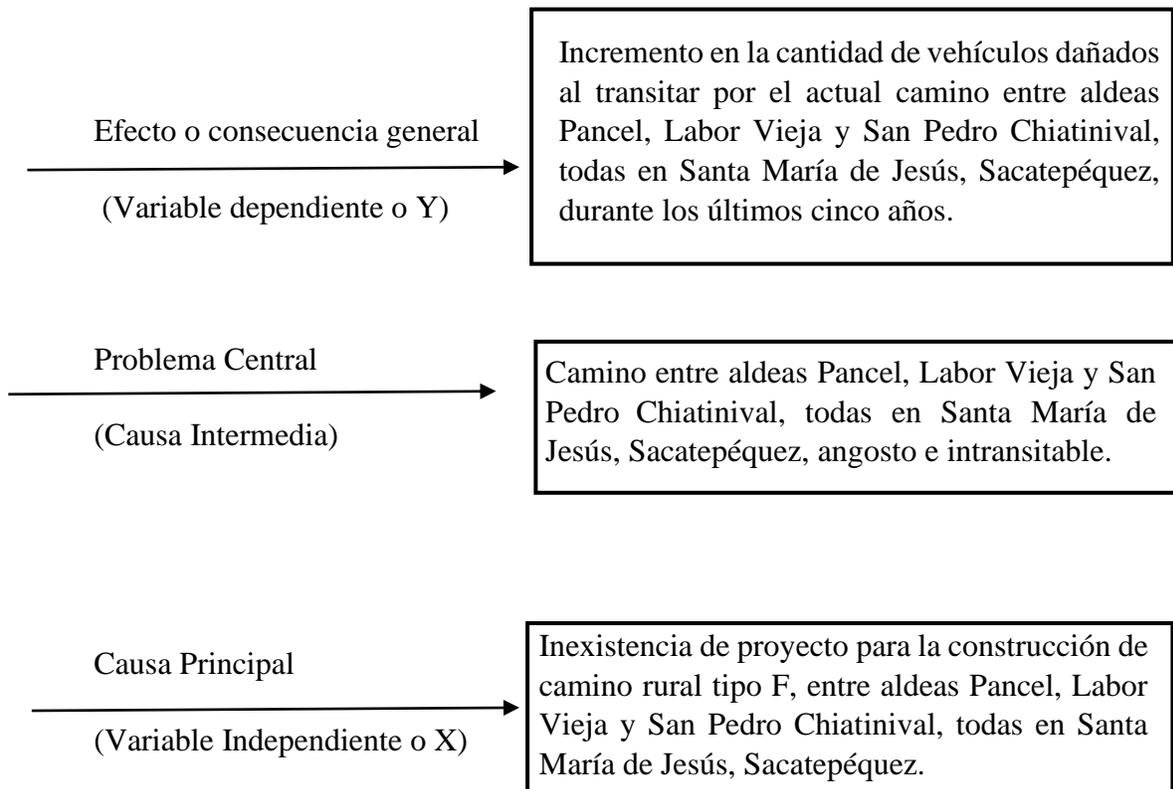
## BIBLIOGRAFÍA

- AASHTOO. (2011). *Norma T-27*. Columbia.
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). (2011). *Diseño Geométrico de Caminos y Calles*. Distrito de Columbia. USA.
- Cárdenas, J. (2002). *Diseño Geométrico de Carreteras*. Colombia: ECOE Ediciones.
- Congreso de la República de Guatemala. (1986). *Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente Decreto No. 68-86*. Guatemala: Jose de Pineda Ibarra.
- Congreso de la República de Guatemala. (1989). *Ley de Áreas Protegidas Decreto No. 4-89*. Guatemala: José de Pineda Ibarra.
- Congreso de la República de Guatemala. (1992). *Ley de Contrataciones del Estado Decreto No. 57-92*. Guatemala: José de Pineda Ibarra.
- Consultores de Centroamérica S.A. (ICCA). (2000). *Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes*. Guatemala: Dirección General de Caminos.
- Dirección General de Caminos, Zona Vial No. 12. (2017). *Archivo Distrito No. 1 Los Aposentos Chimaltenango*. Chimaltenango: Archivo.
- Dirección General de Caminos. (2001). *Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes*. Guatemala: Litografía Guatemalteca.
- Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018*. Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Fienco J., M., Bravo M., B., & Jaramillo P. Edgar Fienco J., V. (2017). *Elementos originales en el Diseño Geométrico de Carreteras*. Ecuador: Área de Innovación y Desarrollo "3 Ciencias".
- Gobierno de Guatemala. (2000). *Constitución Política de la República de Guatemala*. Guatemala: Imprenta Nacional José de Pineda Ibarra.

- Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar (IARNA- URL). (Junio 2013). *Manual para la planificación, diseño, construcción y mantenimiento de caminos rurales con enfoque de gestión y adaptación a la variabilidad y al cambio climático*. Guatemala: USAID (ONU).
- Jesús, C. d. (20 de Abril de 2018). Vehículos dañados. (L. E. Ramírez, Entrevistador)
- John, A. O. (2002). *Diseño Geométrico de Vías*. Medellín Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Keller, G., & Sherar, J. (2004). *Ingeniería de Caminos Rurales*. Mexico: USAID(ONU).
- Macías, E. (2011). *Vías de Comunicación*. Guayaquil\_Ecuador: Universidad de Guayaquil.
- Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, Dirección General de Caminos. (2014). *Red Vial de Guatemala, Año 2014*. Guatemala: Division de Planificación y Estudios, Departamento de Tránsito e Ingeniería.
- Ministerio de Transportes. (2008). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Colombia: Instituto Nacional de Vías.
- Programa Past, Las Segovias Version 5. (2005). *Manual para el Mejoramiento de Caminos Rurales con el uso de Mano de Obra Intensiva*. Segovia, Nicaragua: Programa para el Apoyo al Sector Transporte , Mejoramiento de Caminos Rurales- DANIDA.
- Secretaría de Comunicaciones y Transporte. (1991). *Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras*. Mexico.
- SIECA. (1974). *Manual Centroamericano de Mantenimiento de Carreteras Alcantarilla y Puentes*. Guatemala: Litografía Impcolor.
- SIECA. (Marzo 2004). *Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales*. Guatemala.
- Transportistas de Aldeas Pancel, L. V. (20 de Abril de 2018). Daños a Vehículos. (L. Chip Contreras, Entrevistador)

### **Anexo1: Árbol de problemas; Resumido y Comentado**

El árbol de problemas es resultado de la investigación de las posibles causas y efectos del incremento en la cantidad de vehículos dañados al transitar por el actual camino entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez.



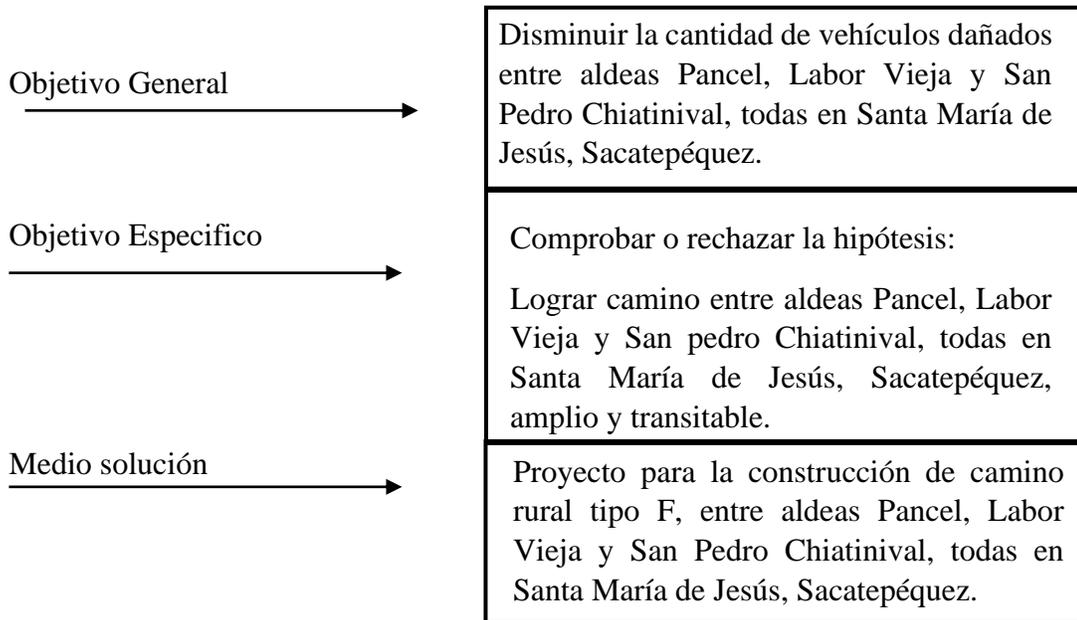
#### **Hipótesis de Trabajo:**

“ El incremento en la cantidad de vehículos dañados al transitar por el actual camino entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez, durante los últimos cinco años, por camino angosto e intransitable, es debido a la inexistencia de proyecto para la construcción de camino rural tipo F.”

¿Será la inexistencia de proyecto para la construcción de camino rural tipo F, la causa por la cual se incrementa la cantidad de vehículos dañados al transitar por el actual camino entre aldeas Pancel, ¿Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez, durante los últimos cinco años, por camino angosto e intransitable?

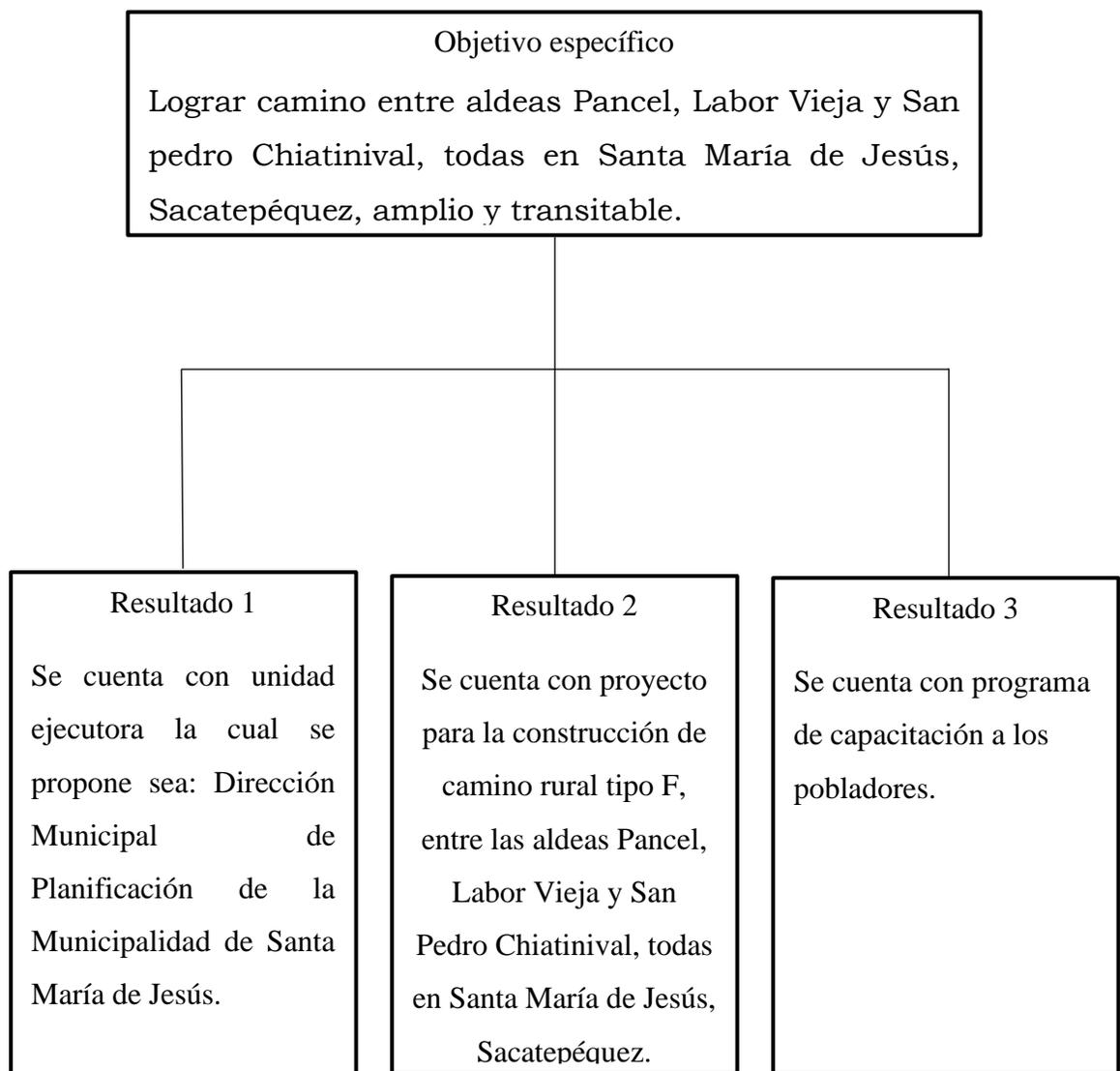
### **Arbol de objetivos; Resumido y Comentado**

El árbol de objetivos nos demuestra los parámetros, por medio de los cuales se pretende dar solución a la problemática identificada, el objetivo general es, Disminuir la cantidad de vehículos dañados entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez; por medio del objetivo específico el cual buscara: Lograr camino entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez, amplio y transitable.



## Anexo 2: Medios para solucionar la problemática

La importancia de realizar el proyecto para la construcción de un camino rural tipo “F”, Para las aldeas Pancel, Labor vieja, San Pedro Chiatinival de Santa María de Jesús en el Departamento de Sacatepéquez., minimizará la cantidad de vehículos dañados y también promoverá el desarrollo económico de los pobladores para ser más competitivos en mercados locales e internacionales.



### **Anexo 3. Boleta de investigación (variable dependiente)**

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable Dependiente

**Objetivo:** Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable dependiente siguiente: **“Incremento en la cantidad de vehículos dañados al transitar por el actual camino entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez, durante los últimos cinco años”**.

Esta boleta está dirigida a pilotos que transitan por el actual camino entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez; de acuerdo con el tamaño de la muestra que se calculó con el 95% del nivel de confianza y el 5% de error de muestreo, por el sistema de población finita cualitativa.

**Instrucciones:** A continuación, se le presentan varios cuestionamientos, a los que deberá responder marcando con una “X” la respuesta que considere correcta y razónela cuando se le indique.

1. ¿Considera usted que en los últimos cinco años se ha incrementado el número de vehículos dañados al transitar por el actual camino?  
Si\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_
2. ¿Considera usted que el estado del actual camino es el causante del incremento de vehículos dañados?  
Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

3. ¿Cree usted que los desperfectos mecánicos más frecuentes por transitar el actual camino son?

3.1 Pinchazo de neumáticos \_\_\_\_\_

3.2 Desajustes de piezas \_\_\_\_\_

3.3 Deterioro de amortiguadores \_\_\_\_\_

4. ¿Considera usted que es necesario mejorar la construcción del camino que conecta las aldeas para mitigar la cantidad de vehículos dañados?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

5. ¿Conoce la existencia de algún proyecto para mejorar el estado actual del camino que conecta las aldeas, Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Observaciones:

Lugar y fecha: \_\_\_\_\_

#### **Anexo 4. Boleta de investigación (variable independiente)**

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable Independiente

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable independiente siguiente: **“Inexistencia de proyecto para la construcción de camino rural tipo F, entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez”**.

Esta boleta censal está dirigida a los técnicos de las siguientes instituciones: presidente del COCODE de aldea Pancel; presidente del COCODE de aldea Labor Vieja; presidente del COCODE de aldea San Pedro Chiatinival; tres representantes municipales (alcalde y dos síndicos) y representante de cooperativas agrícolas.

**Instrucciones:** A continuación, se le presentan varios cuestionamientos, a los que deberá responder marcando con una “X” la respuesta que considere correcta y razónela cuando se le indique.

1. ¿Considera que la inexistencia de proyecto para la construcción del actual camino, se debe a la falta de presupuesto?  
Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_
2. ¿Cree usted que las autoridades municipales deben planificar y ejecutar un proyecto de construcción del actual camino entre las aldeas Pancel, Labor Vieja y San pedro Chiatinival?

Sí\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

3. ¿Considera usted que por la inexistencia de proyecto para mejorar el camino actual se debe a la mala gestión de los COCODES?

Si\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

4. ¿Cómo COCODES de las aldeas han priorizado proyecto para mejorar la construcción del actual camino?

Si\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

5. ¿Tiene contemplado dentro de su planificación la implementación de mejora en la construcción del camino entre las aldeas?

Si\_\_\_\_\_ No\_\_\_\_\_

Observaciones:

Lugar y fecha: \_\_\_\_\_

## **Anexo 5. Boleta de diagnóstico de problemática**

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable Dependiente

**Objetivo:** Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable dependiente siguiente: **“Camino entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez, angosto e intransitable.”.**

Esta boleta está dirigida a pilotos que transitan por el actual camino entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez; de acuerdo al tamaño de la muestra que se calculó con el 95% del nivel de confianza y el 5% de error de muestreo, por el sistema de población finita cualitativa.

**Instrucciones:** A continuación, se le presentan varios cuestionamientos, a los que deberá responder marcando con una “X” la respuesta que considere correcta y razónela cuando se le indique.

1. ¿Por qué motivos cree que el camino es angosto e intransitable?
  - 1.1. Indefinición de derecho de vía \_\_\_\_\_
  - 1.2. Mala gestión publica \_\_\_\_\_
  - 1.3. Falta de presupuesto \_\_\_\_\_

2. ¿Desde hace cuánto tiempo conoce usted que el camino es angosto e intransitable?

2.1 0 a 3 años \_\_\_\_\_

2.2 3 a 6 años \_\_\_\_\_

2.3 6 años en adelante \_\_\_\_\_

3. ¿Qué institución considera que sería la más idónea para arreglar el camino?

3.1. Municipalidad \_\_\_\_\_

3.2. Micivi \_\_\_\_\_

3.3. Gobierno Central \_\_\_\_\_

4. ¿Considera usted que la economía de los pobladores es afectada directamente por contar con un camino angosto e intransitable?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

5. ¿Cree que al actual camino podría dársele transitabilidad y ampliación?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Observaciones:

Lugar y fecha: \_\_\_\_\_

## Anexo 6: Cálculo del tamaño de la muestra

Para la población efecto se trabajó la técnica del muestreo, con el 95% del nivel de confianza y el 5% de error; lo anterior debido a que es población finita cualitativa de 100 pilotos que transitan en el actual camino entre las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiantinival de los cuales se obtuvo 79 personas para la muestra a encuestar.

Para corroborar lo anterior se presenta a continuación el cálculo estadístico numérico, mediante la fórmula Taro Yamane.

|                                     |            |                        |
|-------------------------------------|------------|------------------------|
| <b>N =</b>                          | <b>100</b> | <b>Población total</b> |
| Z =                                 | 1.96       | Valor de Z en la tabla |
| Z <sup>2</sup> =                    | 3.8416     |                        |
| p =                                 | 0.5        | % de éxito             |
| q =                                 | 0.5        |                        |
| d =                                 | 0.05       | error de muestreo      |
| d <sup>2</sup> =                    | 0.0025     |                        |
| NZ <sup>2</sup> pq =                | 96.04      |                        |
| Nd <sup>2</sup> =                   | 0.25       |                        |
| Z <sup>2</sup> pq =                 | 0.9604     |                        |
| Nd <sup>2</sup> + Z <sup>2</sup> pq |            |                        |
| =                                   | 1.2104     |                        |
| <b>n =</b>                          | <b>79</b>  | <b>Muestra</b>         |

Para la población causa se han identificado a 7 profesionales involucrados en la temática de la construcción de caminos rurales, y debido a que su número es reducido se utilizó la técnica del censo, con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error.

Para la población del diagnóstico de la problemática, se trabajó la técnica del muestreo, con el 95% del nivel de confianza y el 5% de error; lo anterior debido a que es población finita cualitativa de 100 pilotos que transitan en el actual camino entre las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiantinival, más los 7 profesionales involucrados en la temática de la construcción de caminos rurales.

Para corroborar lo anterior se presenta a continuación el cálculo estadístico numérico, mediante la fórmula Taro Yamane.

|                                       |            |                        |
|---------------------------------------|------------|------------------------|
| <b>N =</b>                            | <b>107</b> | <b>Población total</b> |
| Z =                                   | 1.96       | Valor de Z en la tabla |
| Z <sup>2</sup> =                      | 3.8416     |                        |
| p =                                   | 0.5        | % de éxito             |
| q =                                   | 0.5        |                        |
| d =                                   | 0.05       | error de muestreo      |
| d <sup>2</sup> =                      | 0.0025     |                        |
| NZ <sup>2</sup> pq =                  | 102.7628   |                        |
| Nd <sup>2</sup> =                     | 0.2675     |                        |
| Z <sup>2</sup> pq =                   | 0.9604     |                        |
| Nd <sup>2</sup> + Z <sup>2</sup> pq = | 1.2279     |                        |
| <b>n =</b>                            | <b>84</b>  | <b>Muestra</b>         |

$$\sum X=15$$

$$\sum XY=553$$

**Anexo No. 7 metodología comentado sobre el cálculo del coeficiente de correlación.**

Para la realización del cálculo del coeficiente de correlación, se utilizaron técnicas estadísticas por medio de encuestas a los pilotos que transitan por el actual camino.

Para medir la intensidad de la asociación de las variables dependiente (Y) la cual pertenece a la cantidad de vehículos afectados por el mal estado del camino, y la variable independiente (X) que corresponde al número de años evaluados en esta investigación, correspondiente a los últimos cinco años, lo que ha permitido la base para el cálculo con los siguientes datos.

Requisito: Coeficiente de correlación:  $> \pm 0.80 \leq 1$

| AÑO     | X años | Y (caso de vehículos dañados) | XY  | X <sup>2</sup> | Y <sup>2</sup> |
|---------|--------|-------------------------------|-----|----------------|----------------|
| 2015    | 1      | 25                            | 25  | 1              | 625            |
| 2016    | 2      | 27                            | 54  | 4              | 729            |
| 2017    | 3      | 28                            | 84  | 9              | 784            |
| 2018    | 4      | 35                            | 140 | 16             | 1225           |
| 2019    | 5      | 50                            | 250 | 25             | 2500           |
| Totales | 15     | 165                           | 553 | 55             | 5863           |

|   |                    |
|---|--------------------|
| $\sum X =$  | 15                 |
| $\sum X^2 =$  | 55                 |
| $\sum Y^2 =$  | 5863.00            |
| $\sum Y =$  | 165                |
| $n \sum XY =$   | 2765               |
| $\sum X * \sum Y =$   | 2475               |
| Numerador =   | 290                |
| $n \sum X^2 =$  | 275                |
| $(\sum X)^2 =$  | 225                |
| $n \sum Y^2 =$  | 29315.00           |
| $(\sum Y)^2 =$  | 27225.00           |
| $n \sum X^2 - (\sum X)^2 =$   | 50                 |
| $n \sum Y^2 - (\sum Y)^2 =$   | 2090               |
| $(n \sum X^2 -$<br>$(\sum X)^2) * (n \sum Y^2 -$<br>$(\sum Y)^2) =$ | 104500.00          |
| Denominador:  | 323.2645975        |
| <b>r =</b>  | <b>0.897097926</b> |

**Fórmulas:**

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X * \sum Y}{\sqrt{(n \sum X^2 - (\sum X)^2) * (n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

Análisis: se comprueba la relación entre las dos variables descritas en los cálculos del coeficiente de correlación, con base en ello fue posible establecer a través de este cálculo que el coeficiente de correlación corresponde a  $r = 0.89$  de similitud a la ecuación de la línea recta, por lo tanto, conviene proyectar por medio de la ecuación lineal.

### Anexo 8. Proyección de la línea recta.

La proyección por el método de la línea recta ( $Y = a + b x$ ), Las cantidades que se detallan en la columna que corresponde a la variable “Y” del cuadro, pertenecen al incremento por unidad anual de vehículos dañados durante los últimos cinco años.

| AÑO     | X años | Y (caso de vehículos dañados) | XY  | X <sup>2</sup> | Y <sup>2</sup> |
|---------|--------|-------------------------------|-----|----------------|----------------|
| 2020    | 1      | 25                            | 25  | 1              | 625            |
| 2021    | 2      | 27                            | 54  | 4              | 729            |
| 2022    | 3      | 28                            | 84  | 9              | 784            |
| 2023    | 4      | 35                            | 140 | 16             | 1225           |
| 2024    | 5      | 50                            | 250 | 25             | 2500           |
| Totales | 5      | 165                           | 553 | 55             | 5863           |

Los datos para la aplicación de la formula son los siguientes:

|                            |             |
|----------------------------|-------------|
| n=                         | 5           |
| $\sum X=$                  | 15          |
| $\sum XY=$                 | 553         |
| $\sum X^2=$                | 55          |
| $\sum Y^2=$                | 5863.00     |
| $\sum Y=$                  | 165         |
| $n\sum XY=$                | 2765        |
| $\sum X*\sum Y=$           | 2475        |
| Numerador de b:            | 290         |
| Denominador de b:          |             |
| $n\sum X^2=$               | 275         |
| $(\sum X)^2=$              | 225         |
| $n\sum X^2 - (\sum X)^2 =$ | 50          |
| b=                         | 5.8         |
| Numerador de a:            |             |
| $\sum Y=$                  | 165         |
| $b * \sum X =$             | <b>87</b>   |
| Numerador de a:            | <b>78</b>   |
| a=                         | <b>15.6</b> |

Fórmulas:

$$a = \frac{\sum y - b\sum x}{n}$$

Fórmulas:

$$b = \frac{n\sum XY - \sum X * \sum Y}{n\sum X^2 - (\sum X)^2}$$

Se proyecta el incremento de vehículos dañados del año 2020 al año 2024.

|           |      |   |     |   |
|-----------|------|---|-----|---|
| Y= (2020) | 15.6 | + | 5.8 | X |
| Y= (2020) | 15.6 | + | 5.8 | 6 |
| Y= (2020) | 50.4 |   |     |   |

Y (2020) = 51 vehículos dañados.

|           |      |   |     |   |
|-----------|------|---|-----|---|
| Y= (2021) | 15.6 | + | 5.8 | X |
| Y= (2021) | 15.6 | + | 5.8 | 7 |
| Y= (2021) | 56.2 |   |     |   |

Y (2021) = 57 vehículos dañados.

|           |      |   |     |   |
|-----------|------|---|-----|---|
| Y= (2022) | 15.6 | + | 5.8 | X |
| Y= (2022) | 15.6 | + | 5.8 | 8 |
| Y= (2022) | 62   |   |     |   |

Y (2022) = 62 vehículos dañados.

|           |      |   |     |   |
|-----------|------|---|-----|---|
| Y= (2023) | 15.6 | + | 5.8 | X |
| Y= (2023) | 15.6 | + | 5.8 | 9 |
| Y= (2023) | 67.8 |   |     |   |

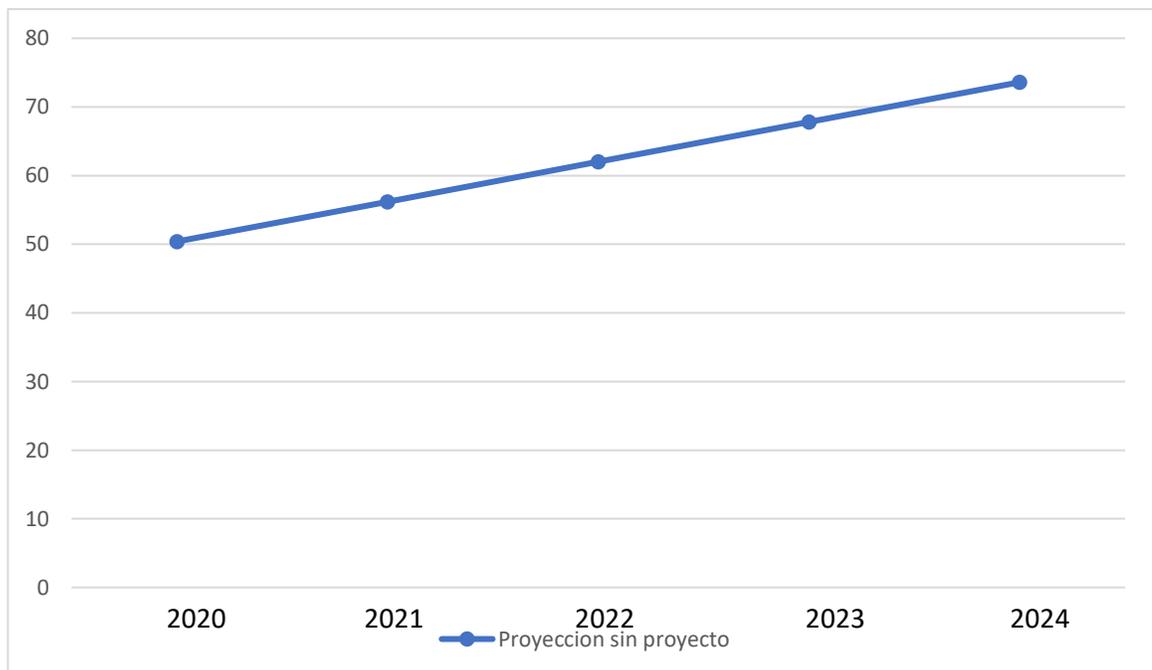
Y (2023) = 68 vehículos dañados.

|           |      |   |     |    |
|-----------|------|---|-----|----|
| Y= (2024) | 15.6 | + | 5.8 | X  |
| Y= (2024) | 15.6 | + | 5.8 | 10 |
| Y= (2024) | 73.6 |   |     |    |

Y (2022) = 74 vehículos dañados.

Los resultados obtenidos en la presente proyección, que corresponde a la cantidad de vehículos dañados que circulan entre las aldeas Pancel, Labor Vieja, San Pedro Chiatinival, en Santa María de Jesús del Departamento de Sacatepéquez, obedecen al cálculo proyectado con la ecuación de la línea recta, la cual fue utilizada debido a que el coeficiente de correlación nos da como resultado 0.90%, ya que como requisito para proyectar esta ecuación se debe obtener como dato mínimo 80%.

Gráfica 11: Comportamiento de la problemática a futuro, mediante la línea recta.



Análisis: La gráfica anterior muestra el aumento progresivo de vehículos dañados en los siguientes cinco años por lo que es necesario llevar a cabo el proyecto.

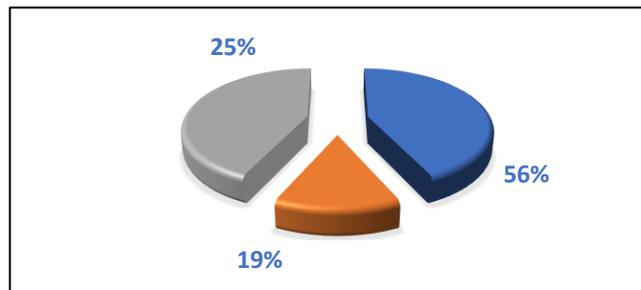
## Anexo No. 9 Diagnóstico de la problemática

**Cuadro 1.** Camino angosto e intransitable: indefinición de derecho de vía, Mala gestión pública, falta de presupuesto.

| Respuesta                      | Valor relativo | Valor absoluto | Valor absoluto acumulado |
|--------------------------------|----------------|----------------|--------------------------|
| Indefinición de derecho de vía | 20             | 25%            | 25%                      |
| Mala gestión pública           | 15             | 19%            | 44%                      |
| Falta de presupuesto           | 44             | 56 %           | 100%                     |
| Total                          | 79             | 100 %          | 100%                     |

Fuente: Investigación propia obtenida de encuestas dirigidas a pilotos que transitan entre las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival; abril 2018.

**Gráfica 1.** Camino angosto e intransitable: indefinición de derecho de vía, Mala gestión pública, falta de presupuesto.



Fuente: Investigación propia obtenida de encuestas dirigidas a pilotos que transitan entre las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival; abril 2018.

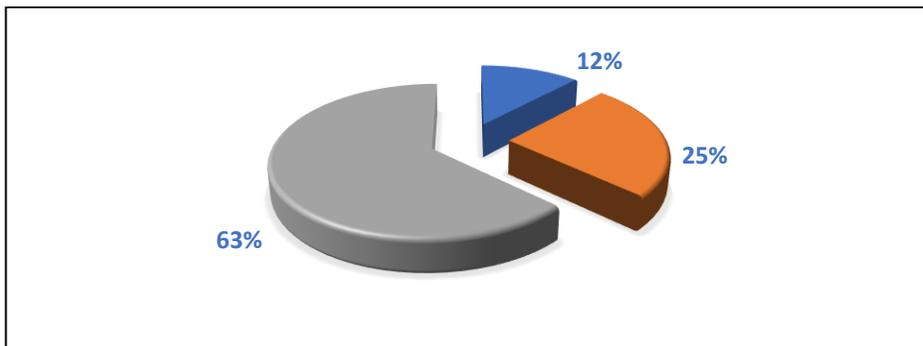
Análisis: El 25% de las personas entrevistadas confirmaron que la indefinición del derecho de vía es uno de los causantes de contar con camino angosto e intransitable, el otro 19 % por mala gestión pública y el 56 % por falta de presupuesto, con lo que se confirma el efecto.

**Cuadro 2.** Tiempo del camino angosto e intransitable de: 0 a 3 años, 3 a 6 años, 6 años en adelante.

| Respuesta        | Valor relativo | Valor absoluto | Valor absoluto acumulado |
|------------------|----------------|----------------|--------------------------|
| 0 a 3 años       | 9              | 12%            | 12%                      |
| 3 a 6 años       | 20             | 25%            | 37%                      |
| de 6 en adelante | 50             | 63 %           | 100%                     |
| Total            | 79             | 100 %          | 100%                     |

Fuente: Investigación propia obtenida de encuestas dirigidas a pilotos que transitan entre las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival; abril 2018.

**Grafica 2.** Tiempo del camino angosto e intransitable de: 0 a 3 años, 3 a 6 años, 6 años en adelante.



Fuente: Investigación propia obtenida de encuestas dirigidas a pilotos que transitan entre las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival; abril 2018.

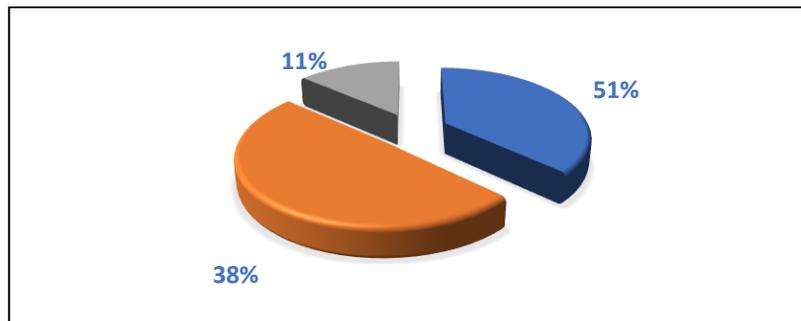
Análisis: El 12% de las personas entrevistadas confirmaron que el camino angosto e intransitable de 0 a 3 años, el otro 25 % de 3 a 6 años y el 63 % de 6 años en adelante, con lo que se confirma el efecto.

**Cuadro 3.** Institución idónea para arreglar el camino: Municipalidad, Micivi, Gobierno central.

| Respuesta        | Valor relativo | Valor absoluto | Valor absoluto acumulado |
|------------------|----------------|----------------|--------------------------|
| Municipalidad    | 40             | 51%            | 51%                      |
| MICIVI           | 30             | 38%            | 89%                      |
| Gobierno central | 9              | 11 %           | 100%                     |
| Total            | 79             | 100 %          | 100%                     |

Fuente: Investigación propia obtenida de encuestas dirigidas a pilotos que transitan entre las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival; abril 2018.

**Grafica 3.** Institución idónea para arreglar el camino: Municipalidad, MICIVI, Gobierno central.



Análisis: El 100% de las personas entrevistadas confirman que es la Municipalidad la institución idónea para arreglar el camino, con lo que se confirma el problema central.

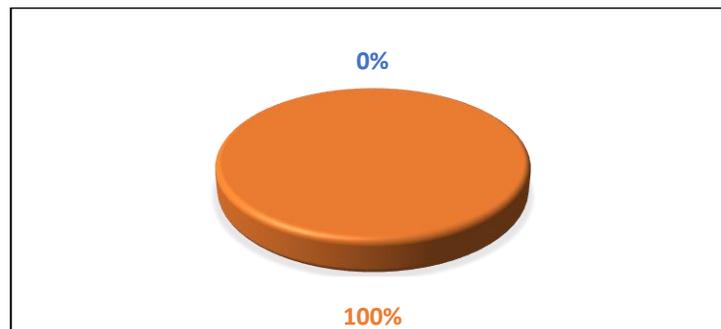
Análisis: El 51% de las personas entrevistadas confirmaron es la municipalidad es la institución idónea para la construcción del camino, el otro 38 % indica que es MICIVI y el 11 % Gobierno central, con lo que se confirma el efecto.

**Cuadro 4.** La economía de los pobladores es afectada directamente por contar con un camino angosto e intransitable.

| Respuesta | Valor relativo | Valor absoluto |
|-----------|----------------|----------------|
| Si        | 79             | 100%           |
| No        | 0              | 0%             |
|           | Total          | 100 %          |

Fuente: Investigación propia obtenida de encuestas dirigidas a pilotos que transitan entre las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival; abril 2018.

**Grafica 4.** La economía de los pobladores es afectada directamente por contar con un camino angosto e intransitable.



Fuente: Investigación propia obtenida de encuestas dirigidas a pilotos que transitan entre las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival; abril 2018.

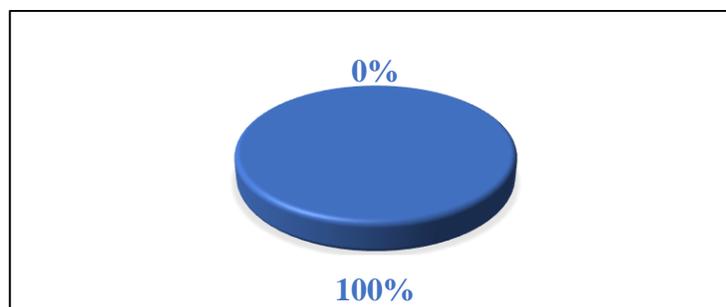
Análisis: El 100% de las personas entrevistadas confirman que la economía si es afectada directamente, con lo que se confirma el problema central.

**Cuadro 5.** Transitabilidad y ampliación al camino actual.

| Respuesta | Valor relativo | Valor absoluto |
|-----------|----------------|----------------|
| Si        | 79             | 100%           |
| No        | 0              | 0%             |
|           | Total          | 100 %          |

Fuente: Investigación propia obtenida de encuestas dirigidas a pilotos que transitan entre las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival; abril |2018.

**Grafica 5.** Transitabilidad y ampliación al camino actual.



Fuente: Investigación propia obtenida de encuestas dirigidas a pilotos que transitan entre las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival; abril 2018.

Análisis: El 100% de las personas entrevistadas confirman que, si se le puede dar transitabilidad y ampliación al camino actual, con lo que se confirma el problema central.

**Tomo II**

Lilian Aracely Chip Contreras

Luis Enrique Roche Ramírez

TOMO II

PROYECTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINO RURAL TIPO F,  
ENTRE ALDEAS PANCEL, LABOR VIEJA Y SAN PEDRO CHIATINIVAL,  
TODAS EN SANTA MARIA DE JESÚS, SACATEPEQUEZ.



Asesor General Metodológico

Ingeniero Carlos Alberto Pérez Estrada

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, abril de 2021

Este documento fue presentado por los autores,  
previo a obtener el título Universitario de Ingenieros Civiles  
en el grado de Licenciado(a).

## **Prólogo**

Como parte del programa de graduación y en cumplimiento con lo establecido por la Universidad Rural de Guatemala, se realizó la propuesta sobre **“Proyecto para la construcción de camino rural tipo F, entre aldeas Pancel, Labor Vieja, San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez”**.

Previo a optar al título universitario de Ingeniero Civil, en el grado académico de Licenciado, fue necesario realizar la investigación con los agricultores, pilotos de los vehículos que transitan por el camino que comunica las aldeas de Pancel, Labor Vieja, San Pedro Chiatinival de Santa María de Jesús del departamento de Sacatepéquez.

La elaboración de la propuesta sirve en primera instancia para aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniería civil, resolver la problemática planteada, el contenido se puede utilizar como fuente de consulta para otros estudiantes.

Por medio de la presente propuesta se pretende lograr la disminución de vehículos dañados en el traslado de productos agrícolas, camino entre las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, amplio y transitado, desarrollo económico, aumentos progresivos en la productividad agrícola, reducción costos de transporte brindándole el mantenimiento correspondiente, por las autoridades responsables.

Por lo cual es necesario implementar los medios de solución plasmados para resolver la problemática planteada.

## **Presentación**

La presente investigación se ajusta con los requerimientos y reglamentos de la Universidad Rural de Guatemala, la cual exige, al estudiante previo a obtener el grado académico de Licenciado en Ingeniería Civil, se elaboró el trabajo denominado **“Proyecto para la construcción de camino rural tipo F, entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez”**, Esta propuesta de proyecto servirá al ente ejecutor, propietarios de terrenos, estudiantes de ingeniería civil, como guía para el desarrollo de futuros proyectos.

La investigación se presenta conformada por cuatro capítulos:

#### Capítulo I

Se describe el planteamiento del problema, la hipótesis, objetivos y la justificación, en relacionado al incremento de vehículos dañados, la metodología y técnicas utilizadas.

#### Capítulo II

Se describen los temas investigados que presenta de manera general la relación existente entre los conceptos, definiciones, principios y categorías afines con el tema.

#### Capítulo III

En este capítulo, se realizó censo a los pilotos, para comprobar el efecto y a las autoridades municipales para comprobar la causa, los datos se tabularon y analizaron, como resultado de las preguntas para la comprobación de la hipótesis planteada.

#### Capítulo IV

Se presentan las conclusiones y recomendaciones concernientes a la investigación, así como bibliografía y anexo.

## I. RESUMEN

El camino que une las aldeas de Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival es angosto e intransitable, lo que da origen a los desperfectos mecánicos en los vehículos que se conducen por él. Los desperfectos mecánicos van desde daños en las llantas por la gran cantidad de baches que existen, daño en el sistema de dirección de los vehículos desajustes en el tren delantero, como rotura de flechas, rótulas, guardapolvos, ejes de transmisión, solamente pueden transitar vehículos de doble tracción aun con dificultad.

Esta situación dificulta el traslado de productos agrícolas de la región hacia los mercados locales como; (Santa María de Jesús, Antigua Guatemala, Ciudad Vieja) o hacia mercados como la terminal, las centrales de mayoreo en la ciudad capital.

Se propone una solución a la problemática con la propuesta **“Proyecto para la construcción de camino rural tipo F, entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez”**, por medio de la propuesta se desarrollará el diseño geométrico con los parámetros y normas apropiado para la mejora en la construcción del camino rural.

Esta propuesta deriva en tres resultados los cuales son:

Municipal de Planificación (DMP) de la municipalidad de Santa María de Jesús.

Resultado 2: Se cuenta con; “Proyecto para la construcción de camino rural tipo “F”, entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez”. En este resultado se desarrollará el diseño geométrico y planos de los 4 + 270 kilómetros de longitud del camino rural con los parámetros y normas requeridas para la construcción.

Resultado 3: Se cuenta con programa de capacitación a los pobladores. Se realizarán las capacitaciones a los pobladores, en el conocimiento para brindar mantenimiento para el buen funcionamiento del camino rural y así prolongar el tiempo de vida del proyecto.

En este trabajo se encontrarán los lineamientos necesarios para desarrollar el “Proyecto para la construcción de camino rural tipo F, entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez”. consistente en el diseño geométrico plasmado en planos de todo el proceso constructivo y cuantificaciones de movimientos de tierra cortes y rellenos.

## **II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Se comprueba la hipótesis de la investigación con el 95 % de confianza y 5% de error estadístico por lo tanto se recomienda la implementación del plan para la construcción en la mejora del camino rural respetando los parámetros de diseño geométrico.

### Conclusiones

Se comprueba la hipótesis “ El incremento en la cantidad de vehículos dañados al transitar por el actual camino entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez, durante los últimos cinco años, por camino angosto e intransitable, es debido a la inexistencia de proyecto para la construcción de camino rural tipo F”.

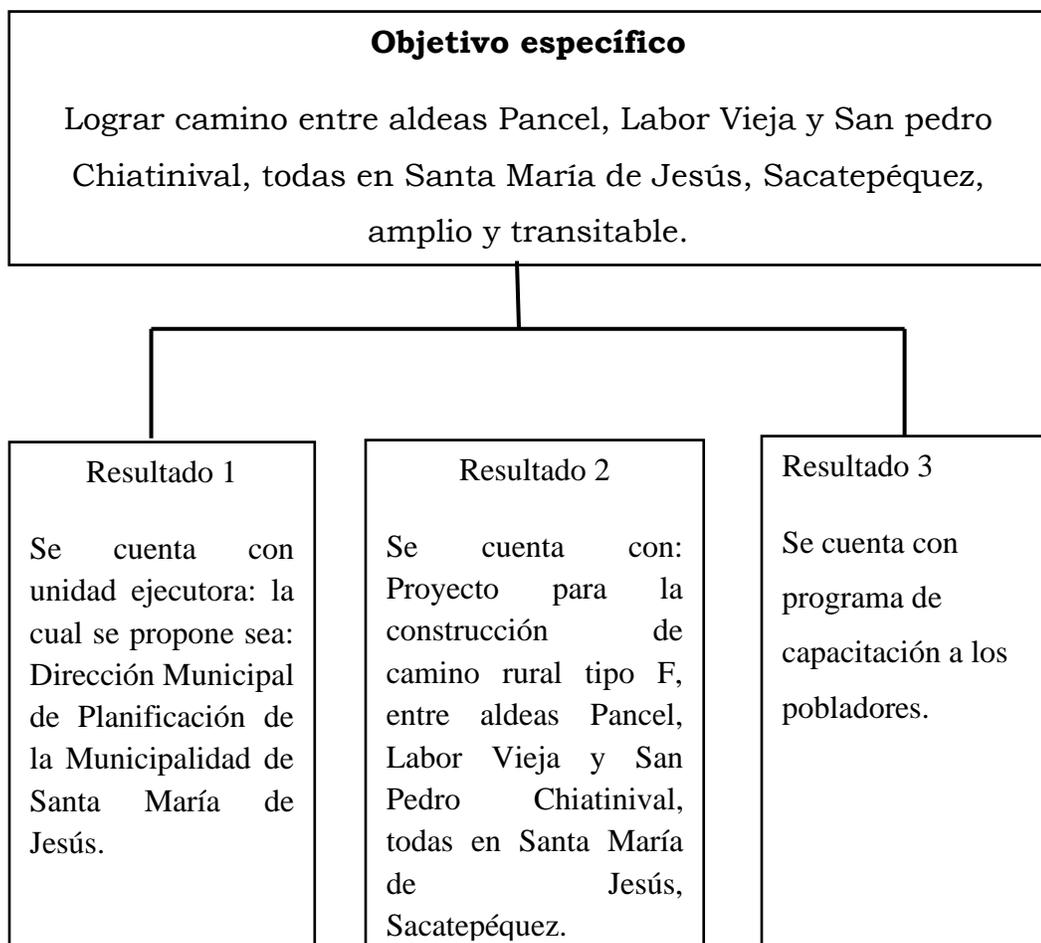
### Recomendaciones

Ejecutar “Proyecto para la construcción de camino rural tipo F, entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez.

## **ANEXOS**

## **Anexo I: Propuesta para solucionar la problemática**

La problemática presentada consiste en el camino que comunica las aldeas de Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival de Santa María de Jesús en el departamento de Sacatepéquez, es angosto e intransitable lo que genera desperfectos mecánicos en los vehículos, por lo anteriormente expuesto se propone elaborar “Proyecto para la construcción de camino rural tipo F, entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez”, El planteamiento de dicha propuesta deriva en los siguientes resultados que provienen directamente del Árbol de objetivo planteado.



**Resultado 1.** Se cuenta con la Unidad Ejecutora Dirección Municipal de Planificación.

La cual es la responsable de coordinar planes, programas y proyectos de desarrollo del municipio con apoyo sectorial de los ministerios del gobierno.

Las atribuciones de la Dirección Municipal de Planificación respecto al “Proyecto para la construcción de camino rural tipo F, entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez, se identifican como:

1. Priorización del proyecto por medio de los COCODES la Dirección Municipal de Planificación, debe cumplir y ejecutar las decisiones del consejo municipal en lo correspondiente a su responsabilidad.
2. La Dirección Municipal de Planificación es la encargada de elaborar el perfil y estudios de pre-inversión y factibilidad del proyecto a partir de la priorización del mismo.
3. La DMP por medio del Sistema Nacional de Inversión Pública establece la programación de las inversiones, la asignación de recursos a los proyectos que presenten la mayor rentabilidad social.
4. La asignación del presupuesto para la ejecución del proyecto se puede llevar a cabo por las diferentes fuentes internas y externas como: El presupuesto de gobierno central, recursos que capta el Estado a través de los impuestos que pagan los contribuyentes, el presupuesto de la entidad descentralizadas, impuesto o ingreso percibidos por los servicios prestados, el aporte de las municipalidades a través de los arbitrios por los servicios prestados y los recursos del 10 % constitucional que el gobierno central les transfiere,

contribución de las comunidades beneficiarias para la ejecución del proyecto en dinero, materiales y mano de obra.

5. La DPM debe supervisar la construcción del camino rural en todos los procesos con el profesional especializado en la materia. (Ingeniero Civil)

La DMP para la planificación y ejecución del proyecto debe contar con el siguiente personal:

- 1 Director de la Dirección de Planificación Municipal, coordinador de proyectos, asistente del director, secretaria, técnico en diseño y planificación, dibujante, técnico de campo, supervisor de obras que sea (Ingeniero Civil).

**Resultado 2.** Proyecto para la construcción de camino rural tipo F, entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez

Mediante la visita de campo correspondiente se estableció que el camino rural inicia en la bifurcación con la Ruta Departamental Sac. 01 (Bif. RN 10 Antigua Guatemala – Santa María de Jesús – Límite Sacatepéquez con Escuintla) Km. 55+625 igual a Km. 0+000 del Camino Rural y finaliza en el Km. 4+270.

Imagen 1. Fotografía que muestra la brecha del camino rural.



Fuente: (Dirección General de Caminos Zona Vial 12, 2017)

Se elabora la propuesta del resultado denominado Proyecto para la construcción de camino rural tipo F, entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez. La falta de un camino adecuado trae como consecuencia que los vehículos de los agricultores de dicha región sufran daños constantes debido a lo angosto e intransitable de la vía. Los agricultores manifiestan dificultades para desplazarse a la cabecera municipal, Santa María de Jesús, y comercializar sus productos agrícolas los cuales principalmente son café y hortalizas entre ellas alverja china. (Jesús, 2018)

Actualmente no se cuenta con un diseño geométrico adecuado para la construcción de dicho camino, si se cuenta con una brecha abierta por los campesinos la cual es de difícil tránsito en cualquier época del año y con muchas dificultades, por tener pendientes muy pronunciadas, ancho inadecuado y variable.

La siguiente propuesta consta de una descripción del camino que se proyecta y sus características físicas basadas en las normas de la Dirección General de Caminos, Norma Centroamericana de carreteras y caminos; y memoria de visitas de campo al área descrita en la investigación presente.

Se acudió al IGN (instituto Geográfico Nacional) y se obtuvo la Hoja Cartográfica correspondiente a la región de Santa María de Jesús.

De ello se derivó la elaboración del juego de planos correspondiente consistente en planos de ubicación de los 4.270 km de longitud del camino, secciones transversales a través de las cuales se calculó el movimiento de tierra consistente en corte y relleno y material de desperdicio, el diseño de los drenajes consistentes en cunetas y alcantarillas para finalizar con la descripción de las actividades a realizar y el

presupuesto de las mismas así como del plan de actividades del camino en cuestión tiene una longitud de 4,270 metros equivalentes a 4,270 Km.

Siempre que el terreno lo permite se respetan los parámetros técnicos sin sacrificar los aspectos de seguridad y comodidad de los usuarios.

Se toma como referencia la cartográfica de AMATITLAN Edición 4\_NIMA serie E754- Hoja 2059-II con hojas adyacentes 2059-III, 2059-I, 2959-IV, 2058-IV, 2058.1, 2158-IV, 2159\_III, 2159-IV; escala 1:50'000, para ubicar el sitio del proyecto y así realizar el diseño geométrico del camino tipo “F” entre las aldeas de Pancel, Labor Vieja, San Pedro Chiantinival y Santa María de Jesús en el Departamento de Sacatepéquez.

Realizar el diseño sobre una hoja cartográfica tiene la ventaja de, contar con datos referenciales de la zona en la cual se realiza el proyecto, el inconveniente podría estar en que, en Guatemala, el IGN y el MAGA, así como SEGEPLAN maneja hojas cartográficas elaboradas por el gobierno de Estados Unidos con fecha de edición del año 2000 y no son actuales, por lo cual se realizó un recorrido en la brecha actual para verificar el estado y obtener datos certeros.

1. Se procede a calcar las curvas de nivel, del área que permite crear una superficie en CIVIL CAD 3D.
2. Luego de tener las curvas en CIVILCAD 3D, se realiza el primer esquema del eje del camino para obtener la mejor alternativa del mismo. (Corne, 2017)
3. Se da geometría a las curvas horizontales con un radio mínimo de 15 m. que se diseña para los siguientes vehículos normados según el Libro Verde de la ASHTOO (referencia [1] en el capítulo 5) Camión tipo SU-9, longitud máxima total  $L_{\text{máx, tot}} = 9.14$  m; Bus tipo BUS-12, longitud máxima total

$L_{\text{máx, tot}} = 12.36 \text{ m}$ . Realizamos el caminamiento de 0+000 a 4+270 que es longitud del camino.

Con este alineamiento se realiza el perfil del mismo, para conocer el terreno donde pasará el camino. Este perfil permite que se proceda a trabajar con las pendientes del camino usando como mínimo -01% y un máximo de -20%. Se tiene por definida la rasante, se trabaja con las curvas verticales. Para crear una superficie del camino se necesita una sección típica "F". Con la cual se hace el proceso de realizar un corredor con el cual nos definirá el corte y relleno del camino a rediseñar.

Con las especificaciones de 30 km/h, ya que es un camino rural y con algunas pendientes altas, esto para la seguridad de los que transitan por el lugar. Con el trazo lo más optimizado posible se realizan las secciones transversales a cada 50 m, con lo cual obtenemos una vista del corte y relleno a realizar. Con estos datos se calculan los volúmenes de corte y relleno del camino. Con estos elementos se comienzan a elaborar los planos de planta-perfil.

Así como también los planos de las secciones transversales. Se realizan los detalles del paso de cuneta y así queda completamente diseñado el camino rural tipo "F".

Especificaciones para la construcción de carreteras en este caso particular un camino rural tipo "F".

En el libro azul de la Dirección General de Caminos hay un resumen de las especificaciones para carreteras en el cual se establecen las siguientes actividades:

Limpieza y chapeo, excavación no clasificada, de material de desperdicio materiales Inapropiados, capa de Rodadura, balasto, Construcción del Balasto, Terraplenes, Compactación de terraplenes, Estudio Hidrológico, El drenaje de un camino superficial y transversal.

### **Aforo Vehicular manual**

En el presente trabajo para determinar la cantidad de vehículos que transitan por el actual camino, se utilizó el método manual de aforo vehicular, se realizaron dos visitas de campo lo cual permitió ubicar un lugar específico para medir la cantidad y tipos de vehículos, que transitan por el actual camino en horario de 5:30 a 10:00 a.m.,

10: 00 a.m. a 1:00 p.m. y de 2: p.m. a 5:00 p.m. hora pico vehicular.

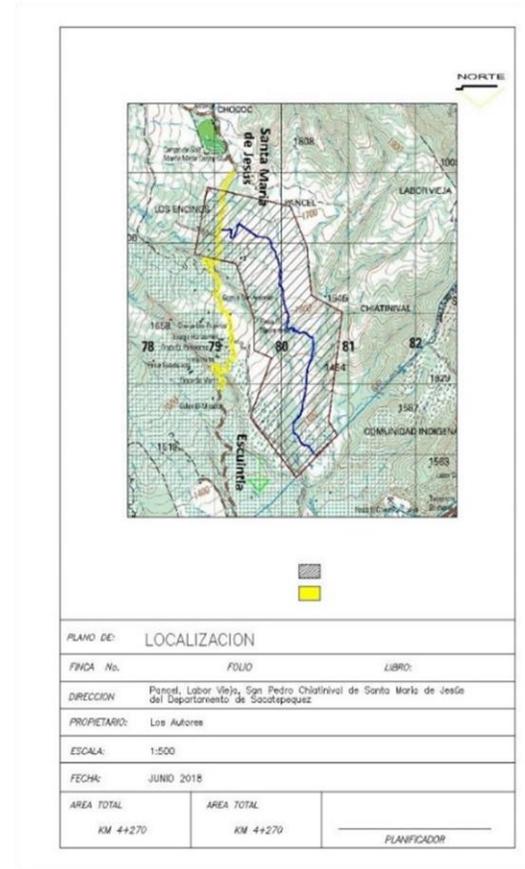
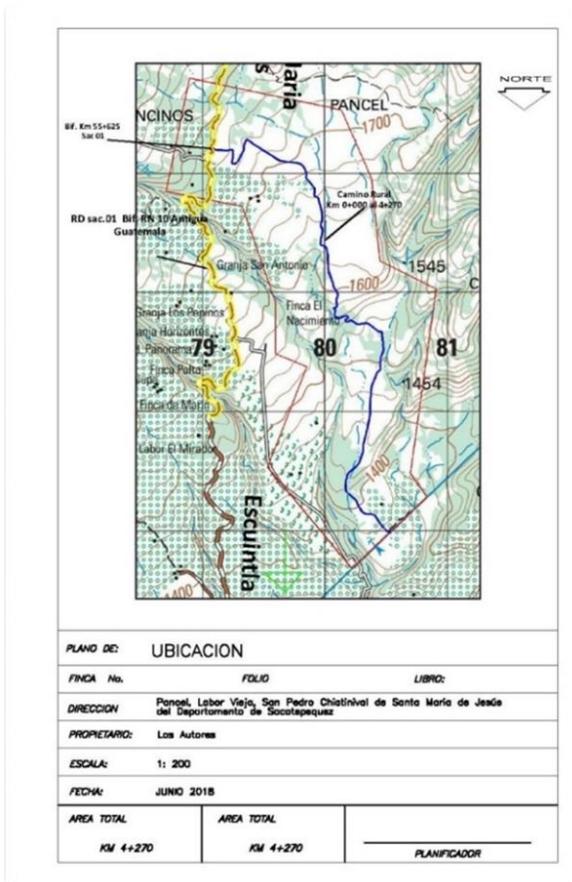
### **Transversales (alcantarillas)**

En el proceso se realizó una inspección ocular al actual camino en tiempo de lluvia verificando las escorrentías superficiales a lo largo de los 4+270 Km. Que tiene el actual camino para determinar el caudal y los puntos donde es necesitan colocar los transversales (Alcantarillas) y diámetros apropiados de tuberías para el funcionamiento correcto del camino rural.

Tomando en cuenta el ancho del caudal, la velocidad de la corriente y la profundidad.

Planos para desarrollar la propuesta

Imagen 2 y 3. Plano de Localización y Plano de Ubicación



Fuente: (Roche & Chip, 2018)

**Resultado 3.** Programa de capacitación a los pobladores.

El programa de capacitación a los pobladores se realizará con el objetivo de conocer los beneficios que les traerá la mejora en la construcción del camino rural y la contribución al mantenimiento del camino para prolongar a la vida útil.

se seleccionará a un grupo organizado de las aldeas Pancel, Labor Vieja y de San Pedro Chiatinival, para llevar a cabo las capacitaciones.

**La propuesta consta de las siguientes actividades.**

1. Capacitación sobre los beneficios de la construcción del camino rural.
2. Capacitación sobre donación de terrenos para el derecho de vía.
3. Capacitación colaboración en el mantenimiento del camino rural ya mejorado en los siguientes renglones.
  - a. Limpieza de tuberías cabezales y cunetas
  - b. Manejo de basura
  - c. Limpieza y chapeo del derecho de vía
  - d. Limpieza de la orilla del camino, para mantener la distancia visual.

El mantenimiento del camino es esencial para el buen funcionamiento y prolongación de la vida útil del mismo.

## Anexo 2. Matriz de la estructura lógica

| MATRIZ DE LA ESTRUCTURA LÓGICA  | INDICADORES   | METODOS O MEDIOS DE VERIFICACION  | SUPUESTOS  |
|---|---|---|--|
| <p><b>Objetivo General:</b><br/>Disminuir la cantidad de vehículos dañados entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez.</p> | <p>Al finalizar el quinto año se garantiza la disminución en la cantidad de vehículos dañados al transitar entre las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez.</p> | <p>Entrevistas a los pilotos que transitan entre las aldeas beneficiadas.</p>   | <p>Los pilotos de las aldeas de Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez. Transitan por el nuevo camino sin dificultad alguna.</p> |
| <p><b>Objetivo Específico:</b><br/>Lograr camino entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez, amplio y transitable.</p>     | <p>Al finalizar el segundo año se cuenta con un camino amplio y transitable.</p>  | <p>Solicitud de informe del proyecto ejecutado a la Oficina de Planificación Municipal de la municipalidad de Santa María de Jesús.</p> | <p>Se encuentra en funcionamiento el camino rural amplio y transitable.</p>  |

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| <p><b>Método de Solución:</b><br/> Resultado 1:<br/> Se cuenta con unidad ejecutora la cual se propone sea:<br/> Dirección Municipal de Planificación de la municipalidad de Santa María de Jesús</p> |  |  |  |
| <p>Resultado 2:<br/> Proyecto para la construcción de camino rural tipo F, entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez.</p>                 |  |  |  |
| <p>Resultado 3:<br/> Se cuenta con programa de capacitación a los pobladores.</p>   |  |  |  |

### Anexo 3. Ajustes de Costos y Tiempo del Resultado

| Ajustes de Costos y Tiempo del Resultado   |                                       |                 |                     |                       |                |
|--|---------------------------------------|-----------------|---------------------|-----------------------|----------------|
| Resultados y actividades   | Insumos Requeridos                    |                 |                     |                       |                |
|  | Descripción y Cantidad de los Insumos | Precio Unitario | Total, en Quetzales | Código Presupuestario | Tiempo (meses) |
| R-1 Se cuenta con Unidad Ejecutora   |                                       |                 |                     |                       |                |
|  | Director DMP (2 años)                 | 8,000.00        | 96,000.00           | O11                   | 12             |
|  | Coordinador de Proyectos              | 6,000.00        | 72,000.00           | O11                   | 12             |
|  | Asistente de director                 | 5,000.00        | 30,000.00           | O11                   | 6              |
|  | Secretaría                            | 3,500.00        | 21,000.00           | O11                   | 3              |
|  | Técnico                               | 3,500.00        | 21,000.00           | O11                   | 6              |
|  | Dibujante                             | 3,500.00        | 21,000.00           | O11                   | 6              |
|  | Técnico de campo                      | 4,000.00        | 48,000.00           | O11                   | 12             |
|  | Topógrafo                             | 5,000.00        | 5,000.00            | O29                   | 6              |
|  | Supervisor de Obras (Ing. Civil)      | 6,000.00        | 72,000.00           | O30                   | 6              |
|  | Computadora de escritorio             | 2,500.00        | 10,000.00           | 275                   | 12             |
|  | Impresora multifuncional              | 500.00          | 500.00              | 275                   | 12             |
|  | Resma de papel carta 80 gr.           | 50.00           | 50.00               | 250                   | 1              |
|  | Odómetro                              | 2,000.00        | 2,000.00            | 251                   | 6              |
|  | Cinta métrica de 100 mL               | 150.00          | 150.00              | 252                   | 12             |
|  | Nivel                                 | 1,000.00        | 1,000.00            | 253                   | 12             |
|  | Brújula                               | 1,500.00        | 1,500.00            | 254                   | 6              |
|  | Estación Total                        | 40,000.00       | 40,000.00           | 255                   | 6              |
|  | <b>Total</b>                          |                 | <b>441,200.00</b>   |                       |                |
| R-2: Proyecto para la construcción de camino rural tipo "F", entre las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez |                                       |                 |                     |                       |                |
| Descanso Plan 22   | Limpia, chapeo y destronque           | 81,591.64       | 114,228.30          |                       | 3 meses        |
|  | Topografía, trazo y replanteo         | 6,129.18        | 26,049.60           |                       | 0.32 meses     |
|  | Excavación no clasificada             | 35.61           | 929,482.49          |                       | 1 mes          |

|   |  |          |                     |  |            |
|---|--|----------|---------------------|--|------------|
|   |  |          |                     |  |            |
|   | Excavación no clasificada de material de desperdicio | 35.14    | 889,762.08          |  | 1 mes      |
|   | Terraplén  | 49.47    | 294,329.93          |  | 0.64 meses |
|   | Nivelación de subrasante y compactado                | 5.76     | 171,252.00          |  | 0.68 meses |
|   | Colocado de base de balasto y compactado E= 15 cm.   | 206.83   | 1,246,008.72        |  | 1.36 meses |
|   | Excavación para alcantarilla y Baden                 | 282.93   | 51,858.00           |  | 1 mes      |
|   | Tubo PVC D=36"                                       | 290.33   | 13,936.00           |  | 0.18 meses |
|   | Concreto ciclópeo para cabezales                     | 600.34   | 28,816.67           |  | 0.64 meses |
|   | Fundición de cuneta tipo L                           | 165.05   | 1,336,944.80        |  | 3.64 meses |
|   | Señalización y limpieza                              | 6000.00  | 120,000.00          |  | 2 meses    |
|   | <b>Total</b>   |          | <b>5,128,057.32</b> |  |            |
| R-3: Programa de capacitación a los pobladores  |  |          |                     |  |            |
| Se realizarán dos capacitaciones a los pobladores: cuando se haya ejecutado el 75 % de la obra y cuando hayan transcurrido 6 meses después de terminada la obra |  |          |                     |  |            |
|   | 4 capacitadores                                      | 1,000.00 | 4,000.00            |  | 2 días     |
|   | Salón municipal para talleres                        |          |                     |  | 2 días     |
|   | Alquilar cañonera                                    | 250.00   | 500.00              |  | 2 días     |
|   | Impresora multifuncional                             | 400.00   | 400.00              |  | 1 mes      |
|   | Resma de papel carta 80 gr.                          | 50.00    | 50.00               |  | 1 mes      |
|   | Material para taller                                 | 1,000.00 | 1,000.00            |  | 1 mes      |
|   | Refacción  | 20.00    | 1,000.00            |  | 2 días     |
|   | <b>Total</b>   |          | <b>6,950.00</b>     |  |            |
|   | <b>Gran Total:</b>                                   |          | <b>5,576,207.32</b> |  |            |

Cuadro de análisis e integración de costos

|                                      |                                  |
|--------------------------------------|----------------------------------|
| Renglón: Limpia, chapeo y destronque | Cantidad: 1.40 Ha (4250X3/10000) |
|--------------------------------------|----------------------------------|

| Maquinaria, herramienta y equipo (1)    |          |        |                 |              |
|---|----------|--------|-----------------|--------------|
| Descripción                             | cantidad | unidad | precio unitario | precio total |
| Machete                                 | 30.00    | Unidad | 187.50          | 5,625.00     |
| Motosierra                              | 2.00     | Unidad | 12,750.00       | 25,500.00    |
| Azadón                                  | 16.00    | Unidad | 225.00          | 3,600.00     |
|   |          |        |                 |              |
|   |          |        | Subtotal        | 34,725.00    |
| Materiales (2)                          |          |        |                 |              |
| Descripción                             | cantidad | unidad | precio unitario | precio total |
| Nylon                                   | 280.00   | yarda  | 12.00           | 3,360.00     |
| Pintura                                 | 4.00     | galón  | 240.00          | 960.00       |
|   |          |        |                 |              |
|   |          |        | Subtotal        | 4,320.00     |
| Mano de obra (3)                        |          |        |                 |              |
| Descripción                             | cantidad | unidad | precio unitario | precio total |
| Caporal                                 | (3) 66   | días   | 200.00          | 13,200.00    |
| Ayudantes                               | (15) 330 | días   | 100.00          | 33,000.00    |
| *Incluye prestaciones laborales         |          |        |                 |              |
|   |          |        |                 |              |
|   |          |        | subtotal        | 46,200.00    |
| Costo directo (1) +(2) +(3)             |          |        | 85,245.00       |              |
| Administración (4)                      |          | 5%     | 4,262.25        |              |
| Supervisión (5)                         |          | 5%     | 4,262.25        |              |
| Utilidades e impuestos (6)              |          | 20%    | 17,049.00       |              |
| Imprevistos (7)                         |          | 4%     | 3,409.80        |              |
| Costo indirecto (4) +(5) +(6)+(7)       |          |        | 28,983.30       |              |
| Total: directos + indirectos            |          |        | 114,228.30      |              |
| Precio Unitario: Total /cantidad; Q/ Ha |          |        |                 | 81,591.64    |

| Cuadro de análisis e integración de costos  |          |        |                    |              |
|---|----------|--------|--------------------|--------------|
| Renglón: topografía, trazo y replanteo      |          |        | Cantidad: 4.250 km |              |
| <b>MAQUINARIA, HERRAMIENTA Y EQUIPO (1)</b> |          |        |                    |              |
| Descripción                                 | cantidad | unidad | precio unitario    | precio total |
| Estación total                              | 7.00     | día    | 750.00             | 5,250.00     |
|   |          |        |                    |              |
|   |          |        |                    |              |
|   |          |        | Subtotal           | 5,250.00     |
| <b>MATERIALES (2)</b>                       |          |        |                    |              |
| Descripción                                 | cantidad | unidad | precio unitario    | precio total |
| Estacas                                     | 170.00   | unidad | 18.00              | 3,060.00     |
| Pintura                                     | 4.00     | galón  | 240.00             | 960.00       |
| Clavos                                      | 40.00    | libra  | 9.00               | 360.00       |
| Crayones                                    | 2.00     | caja   | 90.00              | 180.00       |
| Marcadores                                  | 2.00     | caja   | 90.00              | 180.00       |
|   |          |        |                    |              |
|   |          |        | Subtotal           | 4,740.00     |
| <b>MANO DE OBRA (3)</b>                     |          |        |                    |              |
| Descripción                                 | cantidad | unidad | precio unitario    | precio total |
| Caporal                                     | 7.00     | día    | 200.00             | 1,400.00     |
| Topógrafo                                   | 7.00     | día    | 250.00             | 1,750.00     |
| Cadenero                                    | 21.00    | día    | 200.00             | 4,200.00     |
| Ayudante                                    | 21.00    | día    | 100.00             | 2,100.00     |
|   |          |        |                    |              |
| *Incluye prestaciones laborales             |          |        |                    |              |
|   |          |        |                    |              |
|   |          |        | Subtotal           | 9,450.00     |
| Costo directo (1) +(2) +(3)                 |          |        | 19,440.00          |              |
| Administración (4)                          |          | 5%     | 972.00             |              |
| Supervisión (5)                             |          | 5%     | 972.00             |              |
| Utilidades e impuestos (6)                  |          | 20%    | 3,888.00           |              |
| Imprevistos (7)                             |          | 4%     | 777.60             |              |
| Costo indirecto (4) +(5) +(6) +(7)          |          |        | 6,609.60           |              |
| Total: directos + indirectos                |          |        | 26,049.00          |              |
| Precio Unitario: Total /cantidad; Q/km      |          |        |                    | 6,129.18     |

Cuadro de análisis e integración de costos

Renglón: Excavación no clasificada CANTIDAD: 26107.85 m<sup>3</sup>

| Maquinaria, herramienta y equipo (1)   |          |        |                 |              |
|--|----------|--------|-----------------|--------------|
| Descripción                            | cantidad | unidad | precio unitario | precio total |
| Tractor D-6                            | 160.00   | hora   | 825.00          | 132,000.00   |
| Excavadora 310                         | 160.00   | hora   | 825.00          | 132,000.00   |
| Carreta                                | 10.00    | unidad | 367.00          | 3,670.00     |
| Camión de volteo (16 m3)               | 1,500.00 | viaje  | 225.00          | 367,141.64   |
|  |          |        | Subtotal        | 634,811.64   |
| Materiales (2)                         |          |        |                 |              |
| Descripción                            | cantidad | unidad | precio unitario | precio total |
| Combustible (3,8 gl/hr)                | 1,216.00 | galón  | 27.00           | 32,832.00    |
|  |          |        | Subtotal        | 32,832.00    |
| Mano de obra (3)                       |          |        |                 |              |
| Descripción                            | cantidad | unidad | precio unitario | precio total |
| Operador                               | (2) 40   | día    | 250.00          | 10,000.00    |
| Ayudante                               | (4)160   | día    | 100.00          | 16,000.00    |
|  |          |        |                 |              |
| *Incluye prestaciones laborales        |          |        |                 |              |
|  |          |        | Subtotal        | 26,000.00    |
| Costo directo (1) +(2) +(3)            |          |        | 693,643.64      |              |
| Administración (4)                     |          | 5%     | 34,682.18       |              |
| Supervisión (5)                        |          | 5%     | 34,682.18       |              |
| Utilidades e impuestos (6)             |          | 20%    | 138,728.73      |              |
| Imprevistos (7)                        |          | 4%     | 27,745.76       |              |
| Costo indirecto (4) +(5) +(6) +(7)     |          |        | 235,838.85      |              |
| Total: directos + indirectos           |          |        | 929,482.49      |              |
| Precio Unitario: Total /cantidad; Q/m3 |          |        |                 | 35.61        |

Cuadro de análisis e integración de costos

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Reglón: excavación no clasificada de material de desperdicio | Cantidad: 25317.85 m3 |
|--|-----------------------|

| Maquinaria, herramienta y equipo (1) |          |        |                 |              |
|--------------------------------------|----------|--------|-----------------|--------------|
| Descripción                          | cantidad | unidad | precio unitario | precio total |
| Tractor D-6                          | 60.00    | hora   | 825.00          | 132,000.00   |
| Excavadora 310                       | 160.00   | hora   | 825.00          | 132,000.00   |
| Carreta                              | 10.00    | unidad | 367.00          | 3,670.00     |
| camión de volteo (16 m3)             | ,500.00  | viaje  | 225.00          | 337,500.00   |
|                                      |          |        | Subtotal        | 605,170.00   |
| Materiales (2)                       |          |        |                 |              |
| Descripción                          | cantidad | unidad | precio unitario | precio total |
| Combustible (3,8 gl/hr)              | 216.00   | galón  | 27.00           | 32,832.00    |
|                                      |          |        | Subtotal        | 32,832.00    |
| Mano de obra (3)                     |          |        |                 |              |
| Descripción                          | cantidad | unidad | precio unitario | precio total |
| Operador                             | (2) 40   | día    | 250.00          | 10,000.00    |
| Ayudante                             | (4)160   | día    | 100.00          | 16,000.00    |
|                                      |          |        |                 |              |
| *Incluye prestaciones laborales      |          |        |                 |              |
|                                      |          |        | Subtotal        | 26,000.00    |

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| Costo directo (1) +(2) +(3) | 64,002.00 |
|-----------------------------|-----------|

|                            |     |            |
|----------------------------|-----|------------|
| Administración (4)         | 5%  | 33,200.00  |
| Supervisión (5)            | 5%  | 33,200.00  |
| Utilidades e impuestos (6) | 20% | 132,800.00 |
| Imprevistos (7)            | 4%  | 26,560.08  |

|  |            |
|--|------------|
| Costo indirecto (4) +(5)+(6)+(7)       | 225,760.08 |
| Total: Directos + indirectos           | 889,762.08 |
| Precio Unitario: Total /cantidad; Q/m3 | 35.14      |

|  |
|--|
| Cuadro de análisis e integración de costos |
|--|

|                    |  |
|--------------------|--|
| Renglón: terraplén | cantidad: 5950 m <sup>3</sup> (4250x7x.20) |
|--------------------|--|

| Maquinaria, herramienta y equipo (1)     |          |        |                 |              |
|--|----------|--------|-----------------|--------------|
| Descripción                              | cantidad | unidad | precio unitario | precio total |
| Cargador frontal (62 m <sup>3</sup> /hr) | 96.00    | hora   | 675.00          | 64,800.00    |
| rodo vibratorio                          | 96.00    | hora   | 400.00          | 38,400.00    |
| Camión de volteo                         | 374.00   | viaje  | 225.00          | 84,150.00    |
|  |          |        |                 |              |
|  |          |        | Subtotal        | 187,350.00   |

| Materiales (2)          |          |        |                 |              |
|-------------------------|----------|--------|-----------------|--------------|
| Descripción             | cantidad | unidad | precio unitario | precio total |
| Combustible (3.8 gl/hr) | 729.60   | galón  | 27.00           | 19,699.20    |
|                         |          |        |                 |              |
|                         |          |        | Subtotal        | 19,699.20    |

| Mano de obra (3)                |          |        |                 |              |
|---------------------------------|----------|--------|-----------------|--------------|
| Descripción                     | cantidad | unidad | precio unitario | precio total |
| Operador                        | (2) 28   | día    | 250.00          | 7,000.00     |
| Ayudante                        | (4) 56   | día    | 100.00          | 5,600.00     |
|                                 |          |        |                 |              |
| *Incluye prestaciones laborales |          |        |                 |              |
|                                 |          |        |                 |              |
|                                 |          |        | Subtotal        | 12,600.00    |

|                             |            |  |
|-----------------------------|------------|--|
| Costo directo (1) +(2) +(3) | 219,649.20 |  |
|-----------------------------|------------|--|

|                            |     |           |  |
|----------------------------|-----|-----------|--|
| Administración (4)         | 5%  | 10,982.46 |  |
| Supervisión (5)            | 5%  | 10,982.46 |  |
| Utilidades e impuestos (6) | 20% | 43,929.84 |  |
| Imprevistos (7)            | 4%  | 8,785.97  |  |

|                                    |            |  |
|------------------------------------|------------|--|
| Costo indirecto (4) +(5) +(6) +(7) | 74,680.73  |  |
| Total: Directos + indirectos       | 294,329.93 |  |

|  |  |       |
|--|--|-------|
| Precio Unitario: Total /cantidad; Q/m <sup>3</sup> |  | 49.47 |
|--|--|-------|

Cuadro de análisis e integración de costos

|   |   |
|---|---|
| Reglón: nivelación de subrasante y compactado | Cantidad: 29750 m <sup>2</sup> (4250X7) |
|---|---|

| Maquinaria, herramienta y equipo (1) |          |        |                 |              |
|--------------------------------------|----------|--------|-----------------|--------------|
| Descripción                          | cantidad | unidad | precio unitario | precio total |
| Patrol                               | 120.00   | hora   | 750.00          | 90,000.00    |
| Estación Total                       | 15.00    | día    | 500.00          | 7,500.00     |
|                                      |          |        |                 |              |
|                                      |          |        |                 |              |
|                                      |          |        | Subtotal        | 97,500.00    |

| Materiales (2) |          |        |                 |              |
|----------------|----------|--------|-----------------|--------------|
| Descripción    | cantidad | unidad | precio unitario | precio total |
| Trompos        | 600.00   | unidad | 18.00           | 10,800.00    |
|                |          |        |                 |              |
|                |          |        | Subtotal        | 10,800.00    |

| Mano de obra (3)                |          |        |                 |              |
|---------------------------------|----------|--------|-----------------|--------------|
| Descripción                     | cantidad | unidad | precio unitario | precio total |
| Operador                        | 15.00    | día    | 250.00          | 3,750.00     |
| Topógrafo                       | 15.00    | día    | 250.00          | 3,750.00     |
| Cadenero                        | 45.00    | día    | 200.00          | 9,000.00     |
| Ayudante                        | 30.00    | día    | 100.00          | 3,000.00     |
| *Incluye prestaciones laborales |          |        |                 |              |
|                                 |          |        |                 |              |
|                                 |          |        | Subtotal        | 19,500.00    |

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| Costo directo (1) +(2) +(3) | 127,800.00 |
|-----------------------------|------------|

|                            |  |     |           |  |
|----------------------------|--|-----|-----------|--|
| Administración (4)         |  | 5%  | 6,390.00  |  |
| Supervisión (5)            |  | 5%  | 6,390.00  |  |
| Utilidades e impuestos (6) |  | 20% | 25,560.00 |  |
| Imprevistos (7)            |  | 4%  | 5,112.00  |  |

|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| Costo indirecto (4) +(5) +(6) +(7) | 43,452.00  |
| Total: directos + indirectos       | 171,252.00 |

|  |      |
|--|------|
| Precio Unitario: Total /cantidad; Q/m <sup>2</sup> | 5.76 |
|--|------|

Cuadro de análisis e integración de costos

REGLON: Colocado de base de balasto y compactado E= 15 cm. CANTIDAD: 6024.38 m<sup>3</sup> (4250X7X.15x1.35)

| Maquinaria, herramienta y equipo (1) |          |        |                 |              |
|--------------------------------------|----------|--------|-----------------|--------------|
| DESCRIPCION                          | CANTIDAD | UNIDAD | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
| Cargador frontal                     | 240.00   | hora   | 675.00          | 162,000.00   |
| Excavadora                           | 240.00   | hora   | 825.00          | 198,000.00   |
| Patrol                               | 240.00   | hora   | 750.00          | 180,000.00   |
| Pipa                                 | 30.00    | día    | 800.00          | 24,000.00    |
| Camión de volteo (12m3)              | 502.00   | viaje  | 225.00          | 112,950.00   |
|                                      |          |        | Subtotal        | 676,950.00   |

| MATERIALES (2)           |          |                |                 |              |
|--------------------------|----------|----------------|-----------------|--------------|
| DESCRIPCION              | CANTIDAD | UNIDAD         | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
| Combustible (3.8 gal/hr) | 2,736.00 | galón          | 27.00           | 73,872.00    |
| selecto                  | 5,801.25 | m <sup>3</sup> | 22.00           | 132,536.36   |
|                          |          |                | Subtotal        | 206,408.36   |

| MANO DE OBRA (3)                |          |        |                 |              |
|---------------------------------|----------|--------|-----------------|--------------|
| DESCRIPCION                     | CANTIDAD | UNIDAD | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
| Operador                        | 90.00    | día    | 250.00          | 22,500.00    |
| Ayudante                        | 180.00   | día    | 100.00          | 18,000.00    |
| Caporal                         | 30.00    | día    | 200.00          | 6,000.00     |
| *Incluye prestaciones laborales |          |        |                 |              |
|                                 |          |        | Subtotal        | 46,500.00    |
| COSTO DIRECTO (1) +(2) +(3)     |          |        | 929,858.36      |              |

|                            |  |     |            |  |
|----------------------------|--|-----|------------|--|
| Administración (4)         |  | 5%  | 46,492.18  |  |
| Supervisión (5)            |  | 5%  | 46,492.18  |  |
| Utilidades e impuestos (6) |  | 20% | 185,971.67 |  |
| Imprevistos (7)            |  | 4%  | 37,194.33  |  |

|                                 |  |  |            |  |
|---------------------------------|--|--|------------|--|
| COSTO INDIRECTO (4)+(5)+(6)+(7) |  |  | 316,150.36 |  |
|---------------------------------|--|--|------------|--|

|                              |  |  |              |  |
|------------------------------|--|--|--------------|--|
| TOTAL: Directos + indirectos |  |  | 1,246,008.72 |  |
|------------------------------|--|--|--------------|--|

|  |  |  |  |        |
|--|--|--|--|--------|
| Precio Unitario: Total /cantidad; Q/m <sup>2</sup> |  |  |  | 206.83 |
|--|--|--|--|--------|

|  |
|--|
| Cuadro de análisis e integración de costos |
|--|

|  |                     |
|--|---------------------|
| REGLON: Excavación para alcantarilla y Baden | CANTIDAD: 183.29 m3 |
|--|---------------------|

| Maquinaria, herramienta y equipo (1) |          |        |                 |              |
|--------------------------------------|----------|--------|-----------------|--------------|
| DESCRIPCION                          | CANTIDAD | UNIDAD | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
| Piochas                              | 16.00    | unidad | 75.00           | 1,200.00     |
| Palas con cabo                       | 16.00    | unidad | 75.00           | 1,200.00     |
|                                      |          |        |                 |              |
|                                      |          |        | Subtotal        | 2,400.00     |

| MATERIALES (2) |          |        |                 |              |
|----------------|----------|--------|-----------------|--------------|
| DESCRIPCION    | CANTIDAD | UNIDAD | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
|                |          |        |                 |              |
|                |          |        |                 |              |
|                |          |        | Subtotal        | -            |

| MANO DE OBRA (3)                |          |        |                 |              |
|---------------------------------|----------|--------|-----------------|--------------|
| DESCRIPCION                     | CANTIDAD | UNIDAD | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
| Caporal                         | 22.00    | día    | 250.00          | 5,500.00     |
| Ayudante                        | 176.00   | día    | 100.00          | 17,600.00    |
| Albañil                         | 88.00    |        | 150.00          | 13,200.00    |
|                                 |          |        |                 |              |
| *Incluye prestaciones laborales |          |        |                 |              |
|                                 |          |        |                 |              |
|                                 |          |        | Subtotal        | 36,300.00    |

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| COSTO DIRECTO (1) +(2) +(3) | 38,700.00 |
|-----------------------------|-----------|

|                            |  |     |          |  |
|----------------------------|--|-----|----------|--|
| Administración (4)         |  | 5%  | 1,935.00 |  |
| Supervisión (5)            |  | 5%  | 1,935.00 |  |
| Utilidades e impuestos (6) |  | 20% | 7,740.00 |  |
| Imprevistos (7)            |  | 4%  | 1,548.00 |  |

|                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| COSTO INDIRECTO (4) +(5) +(6) +(7) | 13,158.00 |
|------------------------------------|-----------|

|                              |           |
|------------------------------|-----------|
| TOTAL: Directos + indirectos | 51,858.00 |
|------------------------------|-----------|

|  |        |
|--|--------|
| Precio Unitario: Total /cantidad; Q/m <sup>2</sup> | 282.93 |
|--|--------|

|  |
|--|
| Cuadro de análisis e integración de costos |
|--|

|                        |                 |
|------------------------|-----------------|
| REGLON: Tubo PVC D=36" | CANTIDAD: 48 mL |
|------------------------|-----------------|

| Maquinaria, herramienta y equipo (1) |          |        |                 |              |
|--------------------------------------|----------|--------|-----------------|--------------|
| DESCRIPCION                          | CANTIDAD | UNIDAD | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
|                                      |          |        |                 |              |
|                                      |          |        |                 |              |
|                                      |          |        |                 |              |
|                                      |          |        | Subtotal        | -            |

| MATERIALES (2)     |          |        |                 |              |
|--------------------|----------|--------|-----------------|--------------|
| DESCRIPCION        | CANTIDAD | UNIDAD | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
| Tubo ribloc de 36" | 4.00     | unidad | 1,950.00        | 7,800.00     |
|                    |          |        |                 |              |
|                    |          |        | Subtotal        | 7,800.00     |

| MANO DE OBRA (3)                |          |        |                 |              |
|---------------------------------|----------|--------|-----------------|--------------|
| DESCRIPCION                     | CANTIDAD | UNIDAD | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
| Caporal                         | 4.00     | día    | 250.00          | 1,000.00     |
| Ayudante                        | 16.00    | día    | 100.00          | 1,600.00     |
|                                 |          |        |                 |              |
|                                 |          |        |                 |              |
| *Incluye prestaciones laborales |          |        |                 |              |
|                                 |          |        | Subtotal        | 2,600.00     |

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| COSTO DIRECTO (1) +(2) +(3) | 10,400.00 |
|-----------------------------|-----------|

|                            |     |          |  |
|----------------------------|-----|----------|--|
| Administración (4)         | 5%  | 520.00   |  |
| Supervisión (5)            | 5%  | 520.00   |  |
| Utilidades e impuestos (6) | 20% | 2,080.00 |  |
| Imprevistos (7)            | 4%  | 416.00   |  |

|                                    |          |
|------------------------------------|----------|
| COSTO INDIRECTO (4) +(5) +(6) +(7) | 3,536.00 |
|------------------------------------|----------|

|                              |           |
|------------------------------|-----------|
| TOTAL: Directos + indirectos | 13,936.00 |
|------------------------------|-----------|

|  |        |
|--|--------|
| Precio Unitario: Total /cantidad; Q/mL | 290.33 |
|--|--------|

| Cuadro de análisis e integración de costos  |          |        |                 |              |
|---|----------|--------|-----------------|--------------|
| RENGLON: Concreto y ciclópeo para cabezales |          |        | CANTIDAD: 48 mL |              |
| Maquinaria, herramienta y equipo (1)        |          |        |                 |              |
| DESCRIPCION                                 | CANTIDAD | UNIDAD | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
|   |          |        |                 |              |
|   |          |        |                 |              |
|   |          |        |                 |              |
|   |          |        | Subtotal        | -            |

| MATERIALES (2) |          |        |                 |              |
|----------------|----------|--------|-----------------|--------------|
| DESCRIPCION    | CANTIDAD | UNIDAD | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
| Piedra bola    | 7.00     | m3     | 225.00          | 1,575.00     |
| Cemento        | 76.00    | saco   | 80.00           | 6,080.00     |
| arena de río   | 9.00     | m3     | 150.00          | 1,350.00     |
| tabla          | 4.00     | docena | 800.00          | 3,200.00     |
| paral          | 4.00     | docena | 750.00          | 3,000.00     |
|                |          |        |                 |              |
|                |          |        | Subtotal        | 15,205.00    |

| MANO DE OBRA (3)                       |          |        |                 |              |
|--|----------|--------|-----------------|--------------|
| DESCRIPCION                            | CANTIDAD | UNIDAD | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
| Caporal                                | 14.00    | día    | 200.00          | 2,800.00     |
| Ayudante                               | 14.00    | día    | 100.00          | 1,400.00     |
| albañil                                | 14.00    | día    | 150.00          | 2,100.00     |
|  |          |        |                 |              |
| *Incluye prestaciones laborales        |          |        |                 |              |
|  |          |        |                 |              |
|  |          |        | Subtotal        | 6,300.00     |
| COSTO DIRECTO (1) +(2) +(3)            |          |        | 21,505.00       |              |
| Administración (4)                     |          | 5%     | 1,075.25        |              |
| Supervisión (5)                        |          | 5%     | 1,075.25        |              |
| Utilidades e impuestos (6)             |          | 20%    | 4,301.00        |              |
| Imprevistos (7)                        |          | 4%     | 860.20          |              |
| COSTO INDIRECTO (4)+(5)+(6)+(7)        |          |        | 7,311.70        |              |
| TOTAL: Directos + indirectos           |          |        | 28,816.67       |              |
| Precio Unitario: Total /cantidad; Q/mL |          |        |                 | 600.34       |

Cuadro de análisis e integración de costos

| RENGLON: Fundición de cuneta tipo L         |          |                | CANTIDAD: 8100 mL |              |
|---|----------|----------------|-------------------|--------------|
| <b>Maquinaria, herramienta y equipo (1)</b> |          |                |                   |              |
| DESCRIPCION                                 | CANTIDAD | UNIDAD         | PRECIO UNITARIO   | PRECIO TOTAL |
| carreta                                     | 20.00    | unidad         | 367.50            | 7,350.00     |
| pala  | 20.00    | unidad         | 112.50            | 2,250.00     |
| piocha                                      | 20.00    | unidad         | 112.50            | 2,250.00     |
| bote  | 20.00    | unidad         | 37.50             | 750.00       |
| concretera                                  | 180.00   | día            | 525.00            | 94,500.00    |
|   |          |                |                   |              |
|   |          |                | Subtotal          | 107,100.00   |
| <b>MATERIALES (2)</b>                       |          |                |                   |              |
| DESCRIPCION                                 | CANTIDAD | UNIDAD         | PRECIO UNITARIO   | PRECIO TOTAL |
| Piedrín                                     | 460.00   | m <sup>3</sup> | 350.00            | 161,000.00   |
| Cemento                                     | 3,600.00 | saco           | 80.00             | 288,000.00   |
| Arena de río                                | 430.00   | m <sup>3</sup> | 150.00            | 64,500.00    |
| Tabla                                       | 20.00    | docena         | 576.00            | 11,520.00    |
| Regla                                       | 16.00    | docena         | 400.00            | 6,400.00     |
| Combustible                                 | 800.00   | gal            | 27.00             | 21,600.00    |
|   |          |                |                   |              |
|   |          |                | Subtotal          | 553,020.00   |
| <b>MANO DE OBRA (3)</b>                     |          |                |                   |              |
| DESCRIPCION                                 | CANTIDAD | UNIDAD         | PRECIO UNITARIO   | PRECIO TOTAL |
| Caporal                                     | 80.00    | día            | 200.00            | 1,600.00     |
| Ayudante                                    | 1,920.00 | día            | 100.00            | 192,000.00   |
| Albañil                                     | 960.00   | día            | 150.00            | 144,000.00   |
|   |          |                |                   |              |
| *Incluye prestaciones laborales             |          |                |                   |              |
|   |          |                |                   |              |
|   |          |                | Subtotal          | 337,600.00   |
| <b>COSTO DIRECTO (1) +(2) +(3)</b>          |          |                | 997,720.00        |              |
| Administración (4)                          |          | 5%             | 49,886.00         |              |
| Supervisión (5)                             |          | 5%             | 49,886.00         |              |
| Utilidades e impuestos (6)                  |          | 20%            | 199,544.00        |              |
| Imprevistos (7)                             |          | 4%             | 39,908.80         |              |
| <b>COSTO INDIRECTO (4) +(5) +(6) +(7)</b>   |          |                | 339,224.80        |              |
| <b>TOTAL: Directos + indirectos</b>         |          |                | 1,336,944.80      |              |
| Precio Unitario: Total /cantidad; Q/mL      |          |                |                   | 165.05       |

### Anexo 4. Plan de Trabajo

| No. | Resultado   | Mes |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|     |   | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| R-1 | <b>R1. Se cuenta con Unidad Ejecutora.</b>  |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| R-2 | <b>Proyecto para la construcción de camino rural tipo "F", entre las aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival, todas en Santa María de Jesús, Sacatepéquez-</b> |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| R-3 | <b>Programa de capacitación para los pobladores</b>   |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

## Anexo 5. Presupuesto

| No. | Proyecto para la construcción de camino rural tipo F, entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival. | Total, en quetzales   |
|-----|---|-----------------------|
| 1   | Se cuenta con Unidad Ejecutora  | <b>Q. 441,200.00</b>  |
| 2   | Proyecto para la construcción de camino rural tipo F, entre aldeas Pancel, Labor Vieja y San Pedro Chiatinival. | <b>Q.5,128,057.32</b> |
| 3   | Programa de capacitación a los pobladores   | <b>Q. 6,950.00</b>    |
|     | <b>TOTAL</b>  | <b>Q.5,576,207.32</b> |

## Anexo 6: Otros anexos

### Levantamiento topográfico

| No. De Registro | Distancia (m) | Azimut          |
|-----------------|---------------|-----------------|
| 1               | 78.35         | 99° 16' 55.83"  |
| 2               | 32.84         | 83° 16' 02.64"  |
| 3               | 61.33         | 190° 40' 37.53" |
| 4               | 16.35         | 42° 54' 25.72"  |
| 5               | 39.97         | 358° 58' 7.97"  |
| 6               | 234.49        | 126° 08' 20.78" |
| 7               | 119.80        | 95° 30' 48.38"  |
| 8               | 76.17         | 169° 06' 24.84" |
| 9               | 74.70         | 145° 20' 39.23" |
| 10              | 23.01         | 180° 01' 24.38" |
| 11              | 9.35          | 129° 50' 42.77" |
| 12              | 49.88         | 161° 05' 42.48" |
| 13              | 123.02        | 197° 00' 50.60" |
| 14              | 73.17         | 113° 20' 51.10" |
| 15              | 176.66        | 192° 09' 50.51" |
| 16              | 155.71        | 154° 04' 19.05" |
| 17              | 92.87         | 182° 25' 28.72" |
| 18              | 35.92         | 206° 18' 11.54" |
| 19              | 59.78         | 83° 42' 52.69"  |
| 20              | 4.97          | 249° 20' 47.97" |
| 21              | 39.89         | 85° 30' 48.24"  |
| 22              | 69.63         | 110° 31' 34.52" |
| 23              | 6.35          | 85° 18' 39.41"  |
| 24              | 99.76         | 158° 05' 51.10" |
| 25              | 148.95        | 174° 27' 47.25" |
| 26              | 47.46         | 199° 27' 44.85" |
| 27              | 264.37        | 180° 48' 56.80" |

Fuente: (Roche & Chip, 2018)

### Resumen de Curvas Verticales

| No. | PC       | Elevación.<br>-i | LCV   | RCV    | PT       | Elevación<br>-f | Pendiente<br>de<br>Entrada<br>% | Pendiente<br>de salida<br>% |
|-----|----------|------------------|-------|--------|----------|-----------------|---------------------------------|-----------------------------|
| 1   | 0+120.02 | 1762.92          | 5.95  | 147.40 | 0+125.92 | 1762.15         | -11                             | -15                         |
| 2   | 0+170.34 | 1755.49          | 19.39 | 148.62 | 0+189.66 | 1753.84         | -15                             | -02                         |
| 3   | 0+209.88 | 1753.44          | 5.99  | 149.73 | 0+215.87 | 1753.20         | -02                             | -06                         |
| 4   | 0+250.18 | 1751.14          | 13.41 | 148.22 | 0+263.52 | 1749.74         | -06                             | -15                         |
| 5   | 0+288.96 | 1745.92          | 17.90 | 148.53 | 306.79   | 1744.32         | -15                             | -03                         |
| 6   | 0+438.75 | 1740.36          | 5.99  | 299.32 | 0+444.74 | 174.12          | -03                             | -05                         |
| 7   | 0+539.78 | 1735.37          | 14.95 | 298.23 | 0+554.69 | 1734.25         | -05                             | -10                         |
| 8   | 0+655.40 | 1724.18          | 5.96  | 147.84 | 0+661.31 | 1723.47         | -10                             | -14                         |
| 9   | 0+684.59 | 1720.63          | 4.97  | 98.66  | 0+686.52 | 1720.06         | --14                            | -09                         |
| 10  | 0+800.07 | 1709.84          | 2.98  | 98.90  | 0+803.03 | 1709.53         | -09                             | -12                         |
| 11  | 0+844.20 | 1704.59          | 5.97  | 99.15  | 0+850.14 | 1704.06         | -12                             | -06                         |
| 12  | 0+947.92 | 1698.19          | 5.97  | 199.02 | 0+951.90 | 1697.91         | -06                             | -08                         |
| 13  | 1+016.90 | 1692.70          | 7.96  | 197.98 | 1+024.82 | 1691.92         | -08                             | -12                         |
| 14  | 1+137.18 | 1678.44          | 5.97  | 197.80 | 1+143.12 | 1677.81         | -12                             | -09                         |
| 15  | 1+367.61 | 1657.61          | 5.97  | 197.80 | 1+373.55 | 1656.99         | -09                             | -12                         |
| 16  | 1+449.90 | 1647.82          | 11.95 | 198.31 | 1+461.80 | 1646.75         | -12                             | -06                         |
| 17  | 1+540.57 | 1642.03          | 5.99  | 298.52 | 1+546.54 | 1641.61         | -06                             | -08                         |
| 18  | 1+664.42 | 1632.18          | 9.98  | 199.34 | 1+674.39 | 1631.63         | -08                             | -03                         |
| 19  | 1+763.15 | 1628.97          | 4.49  | 49.94  | 1+767.65 | 1629.03         | -03                             | -06                         |
| 20  | 1+785.28 | 1630.09          | 5.49  | 49.92  | 1+790.77 | 1630.12         | -06                             | -05                         |
| 21  | 1+997.80 | 1619.80          | 4.97  | 49.45  | 2+002.16 | 1619.30         | -05                             | -15                         |
| 22  | 2+061    | 1610.44          | 6.46  | 49.54  | 2+067.69 | 1609.89         | -15                             | -02                         |
| 23  | 2+138.47 | 1608.48          | 7.98  | 99056  | 2+146.44 | 1608.00         | -02                             | -10                         |

|    |          |         |      |       |          |         |     |     |
|----|----------|---------|------|-------|----------|---------|-----|-----|
| 24 | 2+220.68 | 1600.57 | 4.96 | 98.43 | 2+225.61 | 1599.96 | -10 | -15 |
| 25 | 2+365.76 | 1578.94 | 4.92 | 97.00 | 2+370.61 | 1578.09 | -15 | -20 |
| 26 | 2+440.34 | 1564.14 | 7.92 | 49.14 | 2+448.21 | 1561.35 | -20 | -04 |
| 27 | 2+470.89 | 1562.29 | 7.92 | 49.14 | 2+478.75 | 1561.35 | -04 | -20 |
| 28 | 2+545.46 | 1548.00 | 5.93 | 48.96 | 2+551.34 | 1547.18 | -20 | -08 |
| 29 | 2+689.91 | 1536.10 | 4.95 | 49.11 | 2+694.83 | 1535.46 | -08 | -18 |
| 30 | 2+785.07 | 1519.21 | 5.95 | 49.21 | 2+790.98 | 1518.50 | -18 | -06 |
| 31 | 3+320.49 | 1486.71 | 3.99 | 99.34 | 3+324.92 | 1486.39 | -06 | -10 |
| 32 | 3+431.80 | 1475.70 | 3.99 | 99.34 | 3+435.78 | 1476.38 | -10 | -06 |
| 33 | 3+681.59 | 1460.63 | 5.00 | 99.85 | 3+686.59 | 1460.46 | -06 | -01 |
| 34 | 3+817.40 | 1459.15 | 5.00 | 99.85 | 3+822.39 | 1458.98 | -01 | -06 |
| 35 | 4+139.34 | 1439.96 | 6.96 | 99.05 | 4+146.28 | 1439.30 | -06 | -13 |
| 36 | 4+262.91 | 1424.14 | 3.29 | 29.79 | 4+266.18 | 1423.89 | -13 | -02 |

Fuente: (Roche & Chip, 2018)

Memoria de cálculo corte Camino Rural “Tipo F”

| No. Seccion | Area m <sup>2</sup> | distancia | Volumen m <sup>3</sup> |       |       |    |         |
|-------------|---------------------|-----------|------------------------|-------|-------|----|---------|
| 0+000       | 2.55                | 50        | 175                    | 1+500 | 3.78  | 50 | 174.5   |
| 0+050       | 4.45                | 50        | 196.75                 | 1+550 | 3.2   | 50 | 159     |
| 0+100       | 3.42                | 50        | 216.75                 | 1+600 | 3.16  | 50 | 115.25  |
| 0+150       | 5.25                | 50        | 226.5                  | 1+650 | 1.45  | 50 | 36.25   |
| 0+200       | 3.81                | 50        | 202                    | 1+700 | 0     | 50 | 116     |
| 0+250       | 4.27                | 50        | 234                    | 1+750 | 4.64  | 50 | 248.5   |
| 0+300       | 5.09                | 50        | 186                    | 1+800 | 5.3   | 50 | 300.25  |
| 0+350       | 2.35                | 50        | 212                    | 1+850 | 6.71  | 50 | 308.25  |
| 0+400       | 6.13                | 50        | 257                    | 1+900 | 5.62  | 50 | 252.5   |
| 0+450       | 4.15                | 50        | 214.5                  | 1+950 | 4.48  | 50 | 201     |
| 0+500       | 4.43                | 50        | 157.75                 | 2+000 | 3.56  | 50 | 209.5   |
| 0+550       | 1.88                | 50        | 177.5                  | 2+050 | 4.82  | 50 | 346.75  |
| 0+600       | 5.22                | 50        | 243.75                 | 2+100 | 9.05  | 50 | 325.5   |
| 0+650       | 4.53                | 50        | 156.75                 | 2+150 | 3.97  | 50 | 255.25  |
| 0+700       | 1.74                | 50        | 155.75                 | 2+200 | 6.24  | 50 | 281     |
| 0+750       | 4.49                | 50        | 196                    | 2+250 | 5     | 50 | 256.75  |
| 0+800       | 3.35                | 50        | 258.75                 | 2+300 | 5.27  | 50 | 282.5   |
| 0+850       | 7                   | 50        | 267                    | 2+350 | 6.03  | 50 | 309     |
| 0+900       | 3.68                | 50        | 193.25                 | 2+400 | 6.33  | 50 | 320.5   |
| 0+950       | 4.05                | 50        | 165.5                  | 2+450 | 6.49  | 50 | 1280.5  |
| 1+000       | 2.57                | 50        | 155.25                 | 2+500 | 44.73 | 50 | 3201.75 |
| 1+050       | 3.64                | 50        | 158.5                  | 2+550 | 83.34 | 50 | 2802.25 |
| 1+100       | 2.7                 | 50        | 145.25                 | 2+600 | 28.75 | 50 | 974.25  |
| 1+150       | 3.11                | 50        | 182                    | 2+650 | 10.22 | 50 | 303     |
| 1+200       | 4.17                | 50        | 189                    | 2+700 | 1.9   | 50 | 144.25  |
| 1+250       | 3.39                | 50        | 204                    | 2+750 | 3.87  | 50 | 159.75  |
| 1+300       | 4.77                | 50        | 248                    | 2+800 | 2.52  | 50 | 162.5   |
| 1+350       | 5.15                | 50        | 204.5                  | 2+850 | 3.98  | 50 | 292     |
| 1+400       | 3.03                | 50        | 197.25                 | 2+900 | 7.7   | 50 | 528.25  |
| 1+450       | 4.86                | 50        | 216                    |       |       |    |         |

Fuente: (Roche & Chip, 2018)

|              |       |    |                 |
|--------------|-------|----|-----------------|
| 3+000        | 18.41 | 50 | 626.75          |
| 3+050        | 21.3  | 50 | 673.5           |
| 3+100        | 17.49 | 50 | 486.75          |
| 3+150        | 14.06 | 50 | 392.25          |
| 3+200        | 15.45 | 50 | 427             |
| 3+250        | 11.86 | 50 | 356.75          |
| 3+300        | 4.61  | 50 | 115.25          |
| 3+350        | 4.88  | 50 | 122             |
| 3+400        | 4.13  | 50 | 103.25          |
| 3+450        | 7.91  | 50 | 197.75          |
| 3+500        | 2.29  | 50 | 57.25           |
| 3+550        | 3.71  | 50 | 92.75           |
| 3+600        | 5.32  | 50 | 133             |
| 3+650        | 2.65  | 50 | 66.25           |
| 3+700        | 4.44  | 50 | 111             |
| 3+750        | 9.83  | 50 | 245.75          |
| 3+800        | 6.21  | 50 | 155.25          |
| 3+850        | 1.84  | 50 | 46              |
| 3+900        | 4.77  | 50 | 119.25          |
| 3+950        | 6.09  | 50 | 152.25          |
| 4+000        | 5.81  | 50 | 145.25          |
| 4+050        | 6.66  | 50 | 166.5           |
| 4+100        | 5.64  | 50 | 141             |
| 4+150        | 1.98  | 50 | 49.5            |
| 4+200        | 1.63  | 50 | 40.75           |
| 4+250        | 1.63  | 50 | 40.75           |
| 4+270        | 2.41  | 20 | 24.1            |
| <b>TOTAL</b> |       |    | <b>26107.85</b> |

Fuente: (Roche & Chip, 2018)

Memoria de cálculo relleno Camino Rural “Tipo F”

| No. Seccion | Area m <sup>2</sup> | distancia | Volumen m <sup>3</sup> |       |       |    |     |
|-------------|---------------------|-----------|------------------------|-------|-------|----|-----|
| 0+000       | 0                   | 50        | 0                      | 1+500 | 0     | 50 | 0   |
| 0+050       | 0                   | 50        | 0                      | 1+550 | 0     | 50 | 0   |
| 0+100       | 0                   | 50        | 0                      | 1+600 | 0     | 50 | 0   |
| 0+150       | 0                   | 50        | 0                      | 1+650 | 0     | 50 | 381 |
| 0+200       | 0                   | 50        | 0                      | 1+700 | 15.24 | 50 | 381 |
| 0+250       | 0                   | 50        | 0                      | 1+750 | 0     | 50 | 0   |
| 0+300       | 0                   | 50        | 7.75                   | 1+800 | 0     | 50 | 0   |
| 0+350       | 0.31                | 50        | 7.75                   | 1+850 | 0     | 50 | 0   |
| 0+400       | 0                   | 50        | 0                      | 1+900 | 0     | 50 | 0   |
| 0+450       | 0                   | 50        | 0                      | 1+950 | 0     | 50 | 0   |
| 0+500       | 0                   | 50        | 0                      | 2+000 | 0     | 50 | 0   |
| 0+550       | 0                   | 50        | 0                      | 2+050 | 0     | 50 | 0   |
| 0+600       | 0                   | 50        | 0                      | 2+100 | 0     | 50 | 0   |
| 0+650       | 0                   | 50        | 0.5                    | 2+150 | 0     | 50 | 0   |
| 0+700       | 0.02                | 50        | 0.5                    | 2+200 | 0     | 50 | 0   |
| 0+750       | 0                   | 50        | 0                      | 2+250 | 0     | 50 | 0   |
| 0+800       | 0                   | 50        | 0                      | 2+300 | 0     | 50 | 0   |
| 0+850       | 0                   | 50        | 0.25                   | 2+350 | 0     | 50 | 0   |
| 0+900       | 0.01                | 50        | 0.25                   | 2+400 | 0     | 50 | 0   |
| 0+950       | 0                   | 50        | 0                      | 2+450 | 0     | 50 | 0   |
| 1+000       | 0                   | 50        | 0                      | 2+500 | 0     | 50 | 0   |
| 1+050       | 0                   | 50        | 0                      | 2+550 | 0     | 50 | 0   |
| 1+100       | 0                   | 50        | 0                      | 2+600 | 0     | 50 | 0   |
| 1+150       | 0                   | 50        | 0                      | 2+650 | 0     | 50 | 0   |
| 1+200       | 0                   | 50        | 0                      | 2+700 | 0     | 50 | 0   |
| 1+250       | 0                   | 50        | 0                      | 2+750 | 0     | 50 | 0   |
| 1+300       | 0                   | 50        | 0                      | 2+800 | 0     | 50 | 0   |
| 1+350       | 0                   | 50        | 0                      | 2+850 | 0     | 50 | 0   |
| 1+400       | 0                   | 50        | 0                      | 2+900 | 0     | 50 | 0   |
| 1+450       | 0                   | 50        | 0                      | 2+950 | 0     | 50 | 0   |
|             |                     |           |                        | 3+000 | 0     | 50 | 0   |

Fuente: (Roche & Chip, 2018)

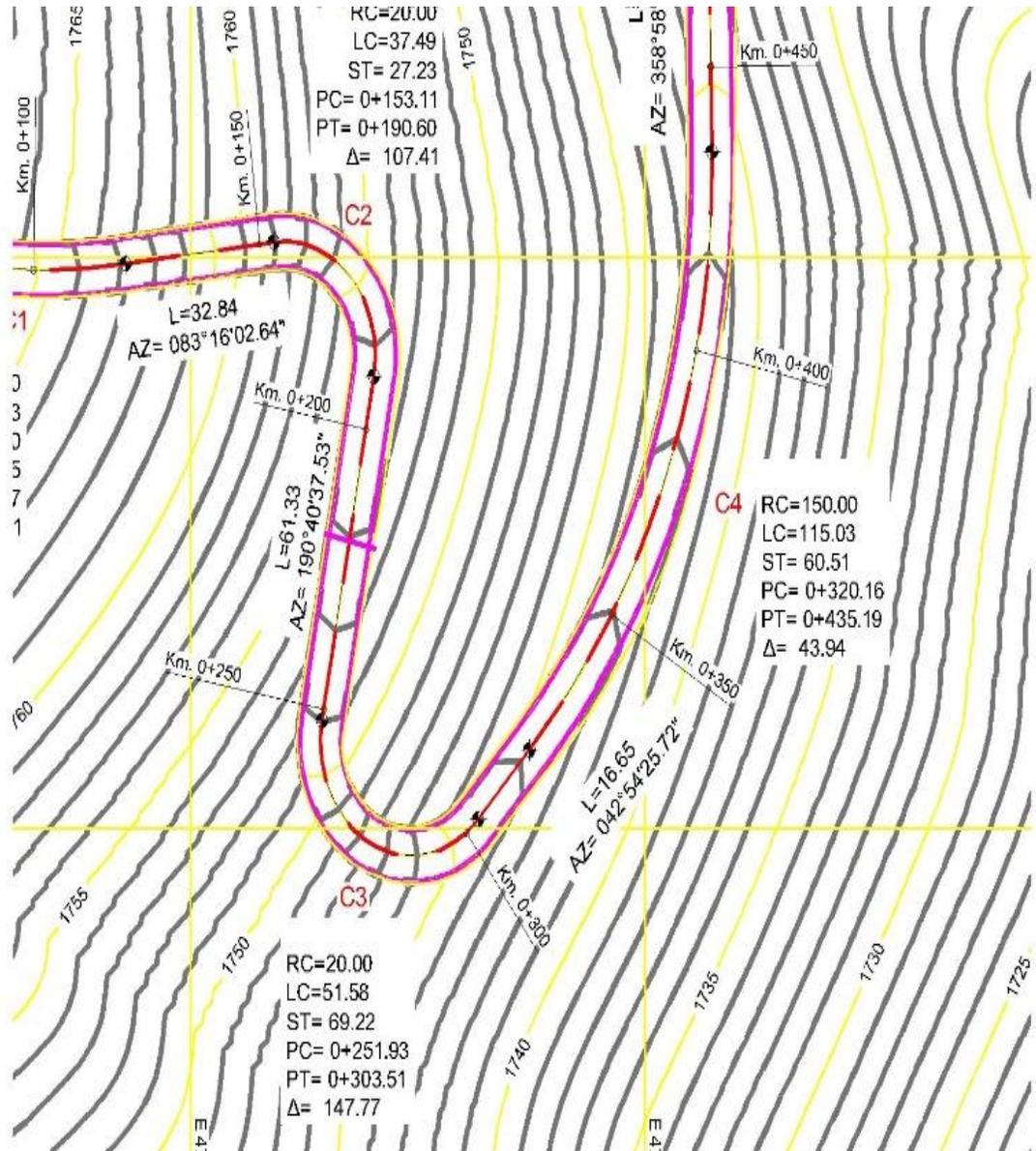
|              |      |    |              |
|--------------|------|----|--------------|
| 3+000        | 0    | 50 | 0            |
| 3+050        | 0    | 50 | 0            |
| 3+100        | 0    | 50 | 0            |
| 3+150        | 0    | 50 | 0            |
| 3+200        | 0    | 50 | 0            |
| 3+250        | 0    | 50 | 0            |
| 3+300        | 0    | 50 | 0            |
| 3+350        | 0    | 50 | 0            |
| 3+400        | 0    | 50 | 0            |
| 3+450        | 0    | 50 | 0            |
| 3+500        | 0    | 50 | 0            |
| 3+550        | 0    | 50 | 0            |
| 3+600        | 0    | 50 | 0            |
| 3+650        | 0    | 50 | 0            |
| 3+700        | 0    | 50 | 0            |
| 3+750        | 0    | 50 | 0            |
| 3+800        | 0    | 50 | 0            |
| 3+850        | 0    | 50 | 0            |
| 3+900        | 0    | 50 | 0            |
| 3+950        | 0    | 50 | 0            |
| 4+000        | 0    | 50 | 0            |
| 4+050        | 0    | 50 | 0            |
| 4+100        | 0    | 50 | 0            |
| 4+150        | 0    | 50 | 0            |
| 4+200        | 0    | 50 | 0            |
| 4+250        | 0    | 50 | 0            |
| 4+270        | 0.15 | 20 | 1.5          |
| <b>TOTAL</b> |      |    | <b>780.5</b> |

Fuente: (Roche & Chip, 2018)

Detalle de curva horizontal según diseño  
según tabla datos No. 3

| DATOS CURVAS HORIZONTALES |        |        |        |          |          |        |
|---------------------------|--------|--------|--------|----------|----------|--------|
| C#                        | RC     | LC     | ST     | PC       | PT       | Δ      |
| 1                         | 150.00 | 41.93  | 21.10  | 0+078.35 | 0+120.27 | 16.01  |
| 2                         | 20.00  | 37.49  | 27.23  | 0+153.11 | 0+190.60 | 107.41 |
| 3                         | 20.00  | 51.58  | 69.22  | 0+251.93 | 0+303.51 | 147.77 |
| 4                         | 150.00 | 115.03 | 60.51  | 0+320.16 | 0+435.19 | 43.94  |
| 5                         | 30.00  | 66.59  | 60.40  | 0+475.16 | 0+541.75 | 127.17 |
| 6                         | 225.00 | 120.27 | 61.61  | 0+776.23 | 0+896.5  | 60.63  |
| 7                         | 50.00  | 64.22  | 37.40  | 1+016.30 | 1+080.52 | 73.59  |
| 8                         | 50.00  | 20.74  | 10.52  | 1+156.69 | 1+177.43 | 23.76  |
| 9                         | 50.00  | 30.26  | 15.61  | 1+252.12 | 1+282.39 | 34.68  |
| 10                        | 50.00  | 43.79  | 23.41  | 1+305.40 | 1+349.19 | 50.18  |
| 11                        | 50.00  | 27.27  | 13.98  | 1+358.54 | 1+385.81 | 31.25  |
| 12                        | 100.00 | 62.69  | 32.41  | 1+435.69 | 1+498.38 | 35.92  |
| 13                        | 30.00  | 43.81  | 26.85  | 1+621.41 | 1+665.21 | 83.67  |
| 14                        | 75.00  | 103.17 | 61.62  | 1+738.38 | 1+841.55 | 78.82  |
| 15                        | 115.00 | 76.46  | 39.70  | 2+018.21 | 2+094.66 | 38.09  |
| 16                        | 50.00  | 27.74  | 12.63  | 2+250.37 | 2+275.11 | 28.35  |
| 17                        | 50.00  | 20.84  | 10.57  | 2+367.99 | 2+388.83 | 23.88  |
| 18                        | 20.00  | 42.79  | 36.52  | 2+424.75 | 2+467.54 | 122.59 |
| 19                        | 15.00  | 43.36  | 119.00 | 2+527.31 | 2+570.68 | 165.63 |
| 20                        | 15.00  | 42.89  | 105.62 | 2+575.64 | 2+618.53 | 163.83 |
| 21                        | 50.00  | 21.83  | 11.09  | 2+658.42 | 2+680.25 | 25.01  |
| 22                        | 50.00  | 21.13  | 10.73  | 2+749.89 | 2+771.02 | 24.22  |
| 23                        | 30.00  | 37.59  | 21.71  | 2+777.37 | 2+814.96 | 71.79  |
| 24                        | 300.00 | 85.69  | 43.14  | 2+914.72 | 3+000.41 | 16.37  |
| 25                        | 300.00 | 130.90 | 66.51  | 3+149.36 | 3+280.26 | 25.00  |
| 26                        | 300.00 | 97.63  | 49.25  | 3+327.71 | 3+425.35 | 18.65  |
| 27                        | 300.00 | 115.12 | 58.28  | 3+689.72 | 3+804.84 | 21.99  |
| 28                        | 30.00  | 11.63  | 5.89   | 4+008.15 | 4+019.79 | 22.22  |
| 29                        | 20.00  | 34.30  | 17.86  | 4+109.69 | 4+149.99 | 39.31  |

Detalle de curva horizontal según diseño



Fuente: (Roche & Chip, 2018)

## Anexo 7

### Cálculo de Curva Horizontal:

Como ejemplo de dicho cálculo se toma la curva No. "6"

Datos:

$$R=225\text{m}$$

$$L_c= 120.27\text{m}$$

$$St=61.61\text{m}$$

$$PC=k0+776,23$$

$$PT=k0+896.50$$

$$\Delta=30.63^\circ$$

$$L=234.49\text{m}$$

$$Az_1=126^\circ 08' 20.78''$$

$$L=119.80\text{m}$$

$$Az_2=95^\circ 30' 48.36''$$

Elementos geométricos que caracterizan la curva

$$G_c = \sin^{-1} \left( \frac{c}{2R} \right)$$

$$G_c = \sin^{-1} \left( \frac{20}{2(225)} \right) = 5.095^\circ = 5^\circ 5' 40.69''$$

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

$$T = 225 \tan \left( \frac{\Delta 30.63}{2} \right) = 61.61\text{m}$$

$$Lc = \frac{c\Delta}{G}$$

$$Lc = \frac{20(30.63)}{5.095} = 120.27\text{m}$$

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

$$= 225 \left( \frac{1}{\cos\left(\frac{30.63}{2}\right)} - 1 \right) = 8.84\text{m}$$

$$M = R \left( 1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right) \right)$$

$$M = 225 \left( 1 - \cos\left(\frac{30.63}{2}\right) \right) = 7.990\text{m}$$

$$Cl = 2R \sin \frac{\Delta}{2}$$

$$Cl = 2(225) \sin \frac{30.63}{2} = 118.93\text{m}$$

Abcisa del punto PT=PC+LC

$$PT = k0776.23 + 120.27$$

$$PT = k0 + 896.5$$

Coordenadas de PC:

$$Az_1 = 126^{\circ}08'20.78''$$

$$Az_2 = 95^{\circ}30'48.36''$$

PC: (E189.371, S138.295)

PI: (E23915, S174.6301)

PT:(E300.45, S 168.715)

Deflexiones por metro

$$d_{10} = \frac{G_c}{c}$$

$$d_{10} = \frac{5.095}{20} = 0^{\circ}15'17.1''/\text{m}$$

$$\frac{G_c}{2} = 5.095/2 = 2^{\circ}32'51''$$

Deflexión por cuerda adyacente a PC:

Longitud de subcuerda:  $-k_0+776.23+k_0+780 = 3.77\text{m}$

Deflexión de subcuerda:  $(3.77) (0.254890) = 0.9604 = 0^{\circ}57'37.47''$

Deflexión de la cuerda adyacente al punto PT

$K_0+896.5-k_0+890 = 6.5\text{m}$

Deflexión de la subcuerda:  $(6.5\text{m}) (0^{\circ}15'17.1'') = 1^{\circ}39'21.15''$

Deflexiones cada 10m= $2^{\circ}32'51''$

Hoja de cálculo de curva horizontal No. 6

| No | Estación | Abscisa | Deflexión              | Elementos              | Az.                    | Anotaciones |
|----|----------|---------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------|
| 1  |          | 960     |                        |                        |                        |             |
| 2  |          | 940     |                        |                        |                        |             |
| 3  |          | 920     |                        |                        |                        |             |
| 4  | PT       | 896.5   | $30^{\circ}53'19.62''$ | $\Delta=30.63^{\circ}$ | $95^{\circ}30'48.36''$ | ⊙           |
| 5  |          | 890     | $29^{\circ}13'58.47''$ | R=225m                 |                        |             |
| 6  |          | 880     | $26^{\circ}41'7.47''$  | c=20                   |                        |             |
| 7  |          | 870     | $23^{\circ}53'16.47''$ | cuerda/10<br>m         |                        |             |
| 8  |          | 860     | $21^{\circ}20'25.47''$ | $G_c=5.095^{\circ}$    |                        |             |
| 9  |          | 850     | $18^{\circ}47'34.47''$ | T=61.61m               |                        |             |
| 10 |          | 840     | $16^{\circ}14'43.47''$ | Lc=120.27<br>m         |                        |             |

|    |    |        |                           |               |                            |   |
|----|----|--------|---------------------------|---------------|----------------------------|---|
| 11 |    | 830    | 13 <sup>0</sup> 41'52.47" | CL=118.9<br>3 |                            |   |
| 12 |    | 820    | 11 <sup>0</sup> 09'1047"  | E=8.284m      |                            |   |
| 13 |    | 810    | 8 <sup>0</sup> 36'10.47"  | M=7.990<br>m  |                            |   |
| 14 |    | 800    | 6 <sup>0</sup> 03'19.47"  |               |                            |   |
| 15 |    | 790    | 3 <sup>0</sup> 30'28.47"  |               |                            |   |
| 16 |    | 780    | 0 <sup>0</sup> 57'37.47"  |               |                            |   |
| 17 | PC | 776.23 | 0 <sup>0</sup> 00'00"     |               | 126 <sup>0</sup> 08'20.78" | ↻ |
| 18 |    | 770    |                           |               |                            |   |
| 19 |    | 750    |                           |               |                            |   |

Fuente: (Roche & Chip, 2018)

## **Anexo 8:**

### **Cálculo de Curva Vertical:**

Curva Vertical No. 4

Pendiente de entrada -6%

Pendiente de salida -15%

Estación inicial k0+250.18

Estación final: k0+263.52

Cota inicial 1751.14

Cota final 1749.74

Cota PIV 1753.54

Lcv 13.41

RCV 148.22

Peralte = 6%

Fricción = 0.28

Distancia de parada 25 m

Para una velocidad de 25 km/hr

$$LCV = i^2/426$$

$$LCV = 9 \cdot 25^2 / 426 = 13.21 \text{ m}$$

$$i = -6 - (-15) = 9$$

$$k = LCV/i$$

$$k = 13.41/9 = 1.49 \text{ por lo que la curva es convexa } i > 0$$

Criterios de diseño:

Criterio de seguridad  $LCV = k \cdot i$   $LCV = 1.48 \cdot 9 = 13.41$  cumple

Criterio de apariencia  $LCV/i > 30$   $13.41/9$  no es mayor a 30 no cumple

Criterio de comodidad  $LCV/i = v^2/395$   $13.41/9$  no es igual a  $25^2/395$  no cumple.

Criterio de drenaje  $LCV/i < 43$   $13.41/9 < 43$  cumple

Cálculos con abscisas cada 10 metros

h.PCV

$$= 0.06 \cdot 40 = 2.40$$

$$h_1 = 0.06 \cdot 30 = 1.80$$

$$h_2 = 0.06 \cdot 20 = 1.20$$

$$h_3 = 0.06 \cdot 10 = 0.6$$

Cotas en tangente: entrada

$$\text{Cota PCV} = 1753.54 - 2.40 = 1751.14$$

$$\text{Cota 1} = 1753.54 - 1.80 = 1751.74$$

$$\text{Cota 2} = 1753.54 - 1.20 = 1752.34$$

$$\text{Cota 3} = 1753.54 - 0.6 = 1752.94$$

$$h_4 = 0.15 \cdot 10 = 1.5$$

$$h_5 = 0.15 \cdot 20 = 3$$

$$h_6 = 0.15 \cdot 30 = 4.5$$

$$h_{PTV} = 0.15 \cdot 40 = 6$$

Cotas en tangente: salida

$$\text{Cota 4} = 1753.54 - 1.5 = 1752.04$$

$$\text{Cota 5} = 1753.54 - 3 = 1750.54$$

$$\text{Cota 6} = 1753.54 - 4.5 = 1749.04$$

$$\text{Cota PTV} = 1753.54 - 6 = 1747.54$$

$$y = \left( \frac{i}{2LCV} \right) x^2$$

$$y_{PCV} = \left( \frac{9}{2 \cdot 13.41} \right) 40^2 = 5.44$$

Ala derecha

$$Y_{p1} = 3.06$$

$$Y_{p2} = 1.36$$

$$Y_{p3} = 0.34$$

Ala izquierda por ser simétrica

$$Y_{p4} = 1.36$$

$$Y_{p5} = 3.06$$

$$Y_{p6} = 5.44$$

$$Y_{PTV} = 0.34$$

Cotas en curva:

$$\text{Cota PCV} = 1751.14 - 5.44 = 1745.70$$

$$\text{Cota 1} = 1751.74 - 3.06 = 1748.68$$

$$\text{Cota 2} = 1752.34 - 1.36 = 1750.98$$

$$\text{Cota PIV} = 1752.94 - 0.34 = 1752.60$$

$$\text{Cota 4} = 1752.04 - 1.36 = 1750.68$$

$$\text{Cota 5} = 1750.54 - 3.06 = 1747.48$$

$$\text{Cota 6} = 1749.04 - 5.44 = 1743.60$$

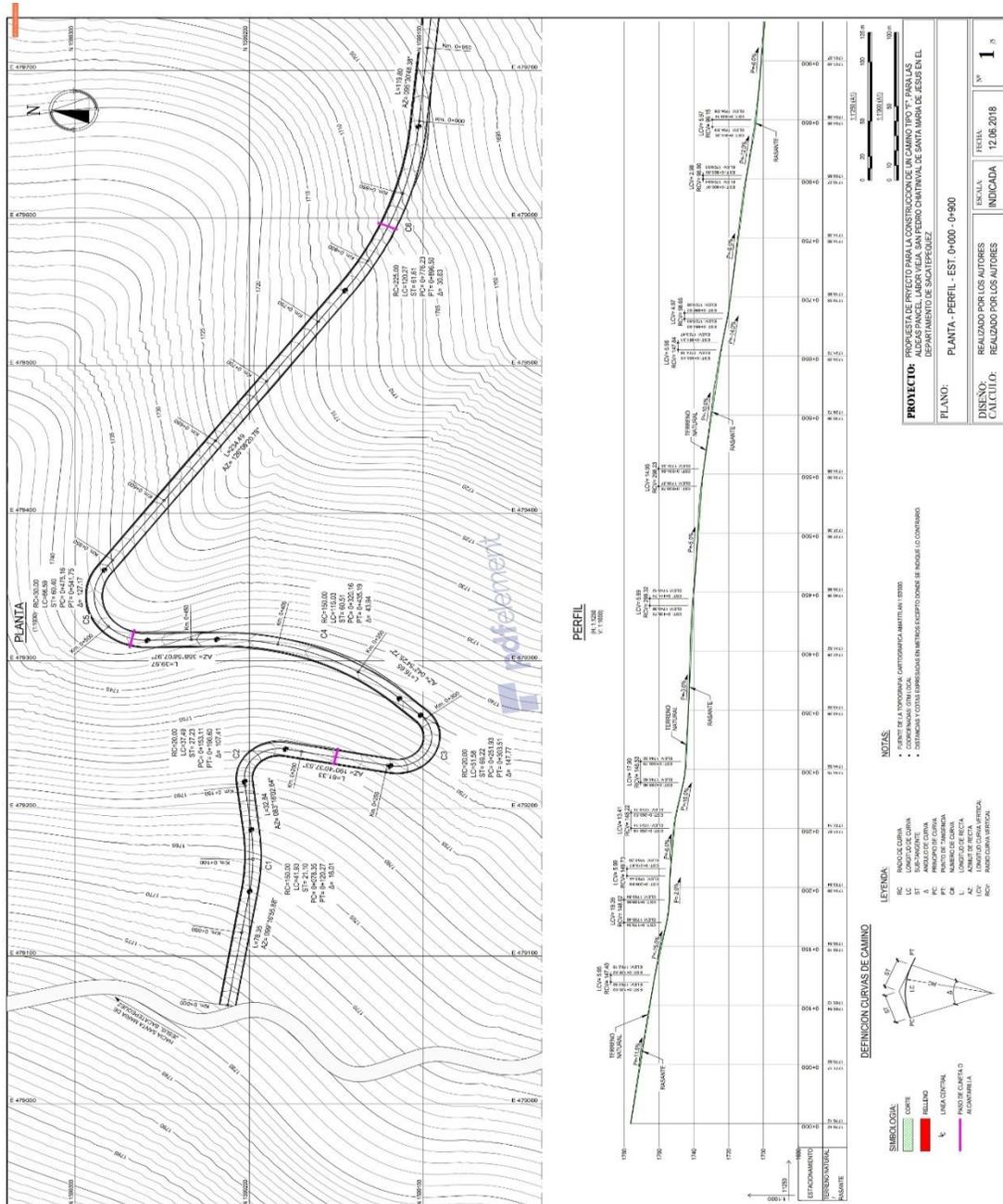
$$\text{Cota PTV} = 1753.54 - 0.34 = 1753.20$$

$$\text{Peralte} = 6\%$$

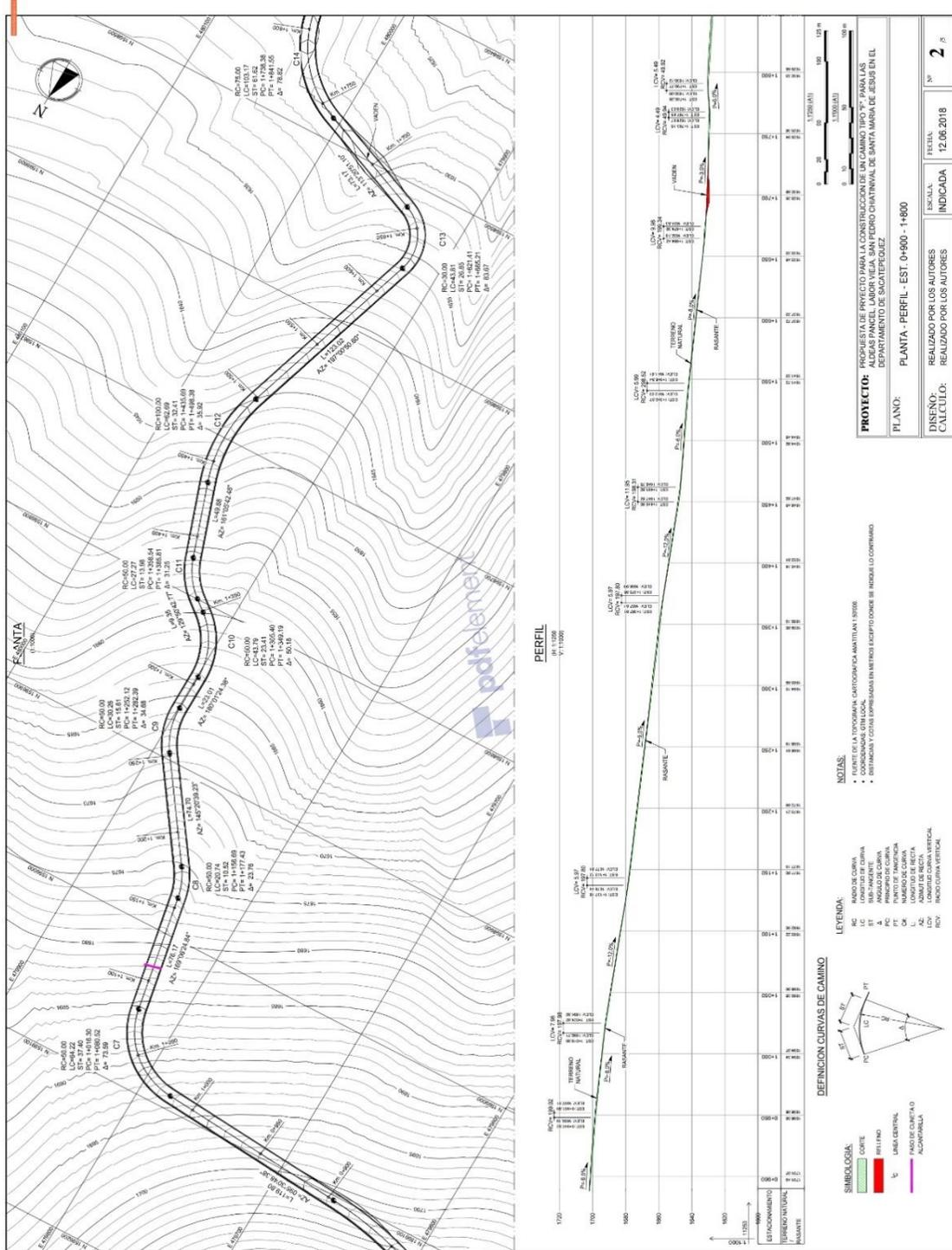
$$\text{Fricción} = 0.28$$

# Anexo 9: planimetría

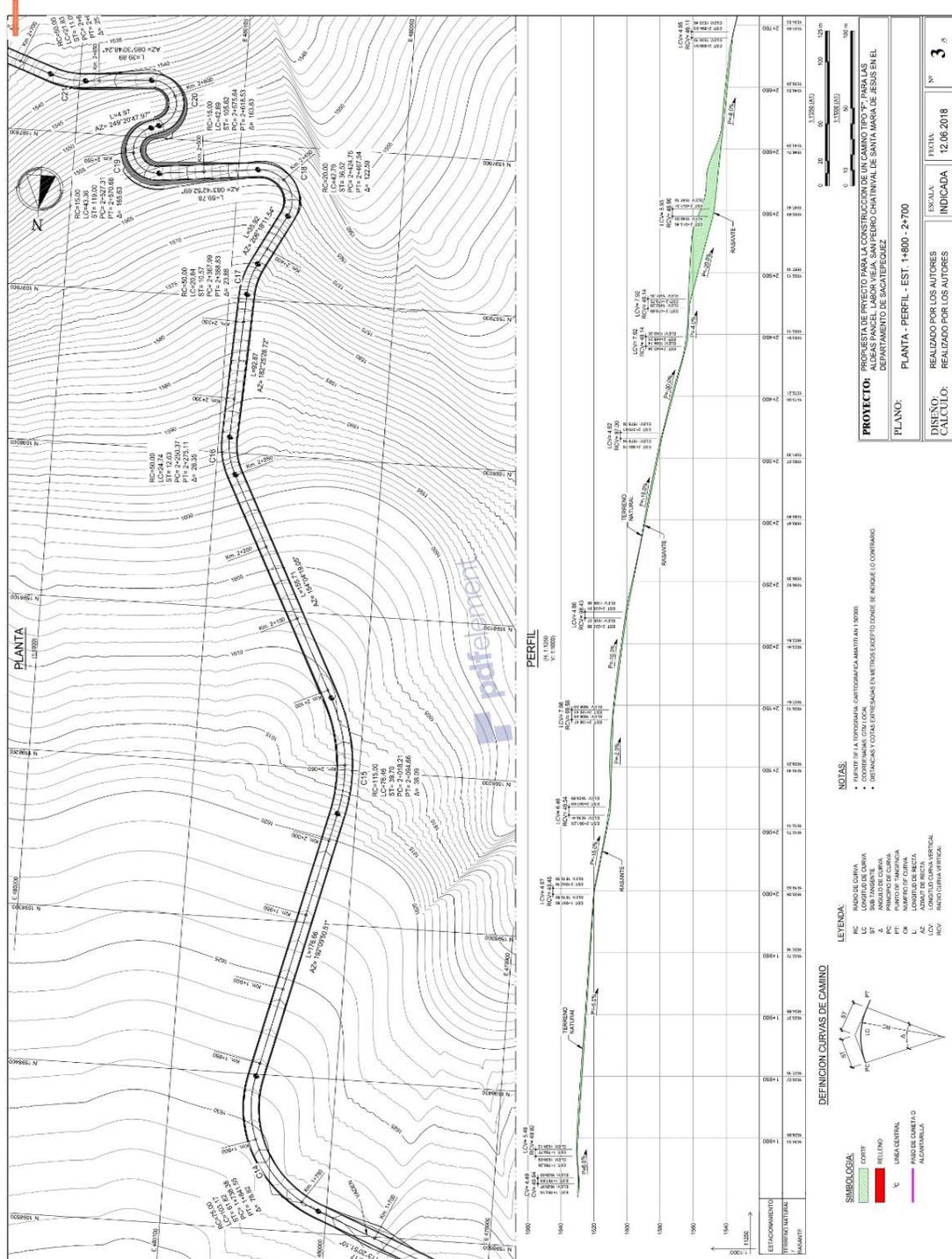
## Plano 1



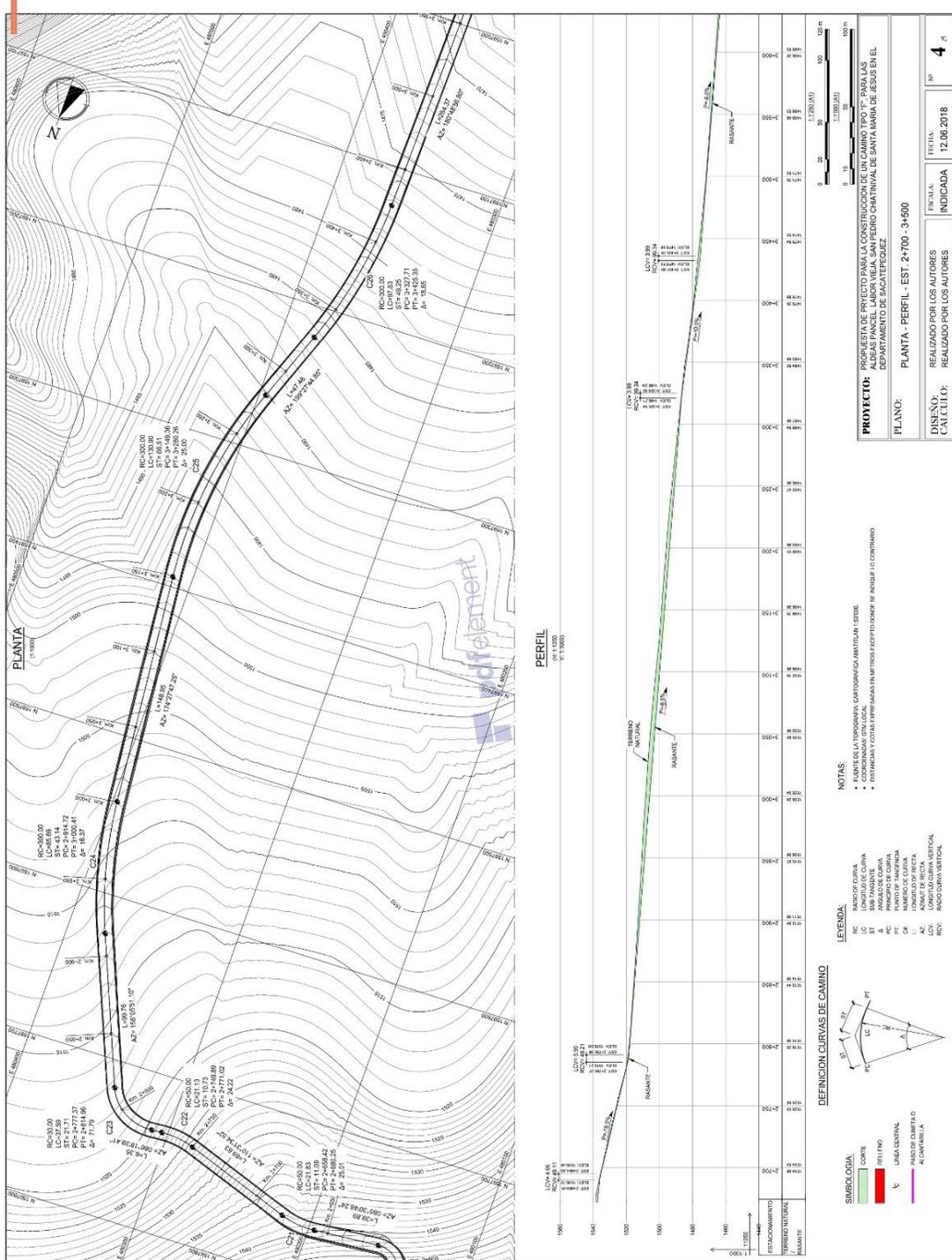
# Plano 2:



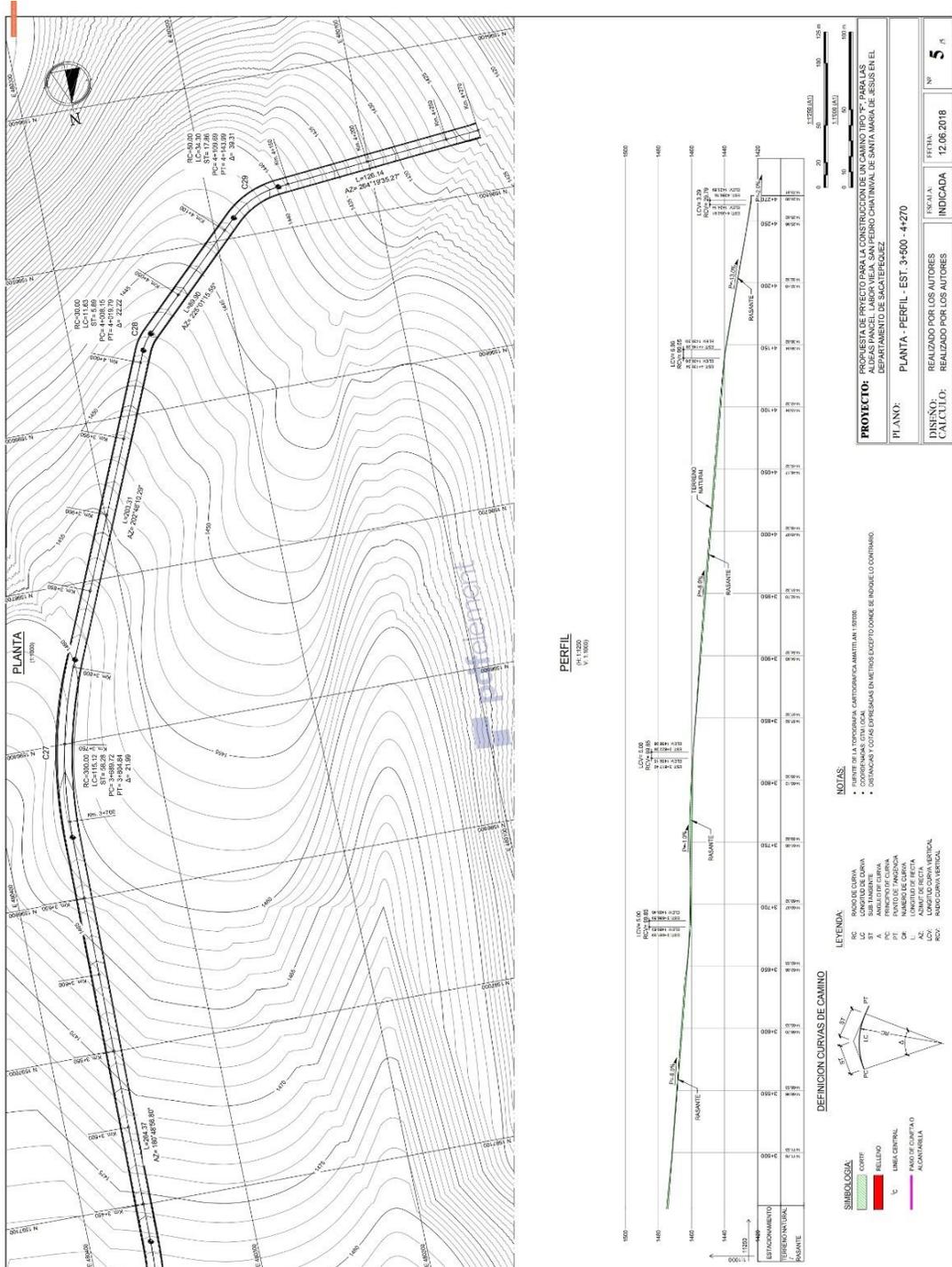
# Plano 3:



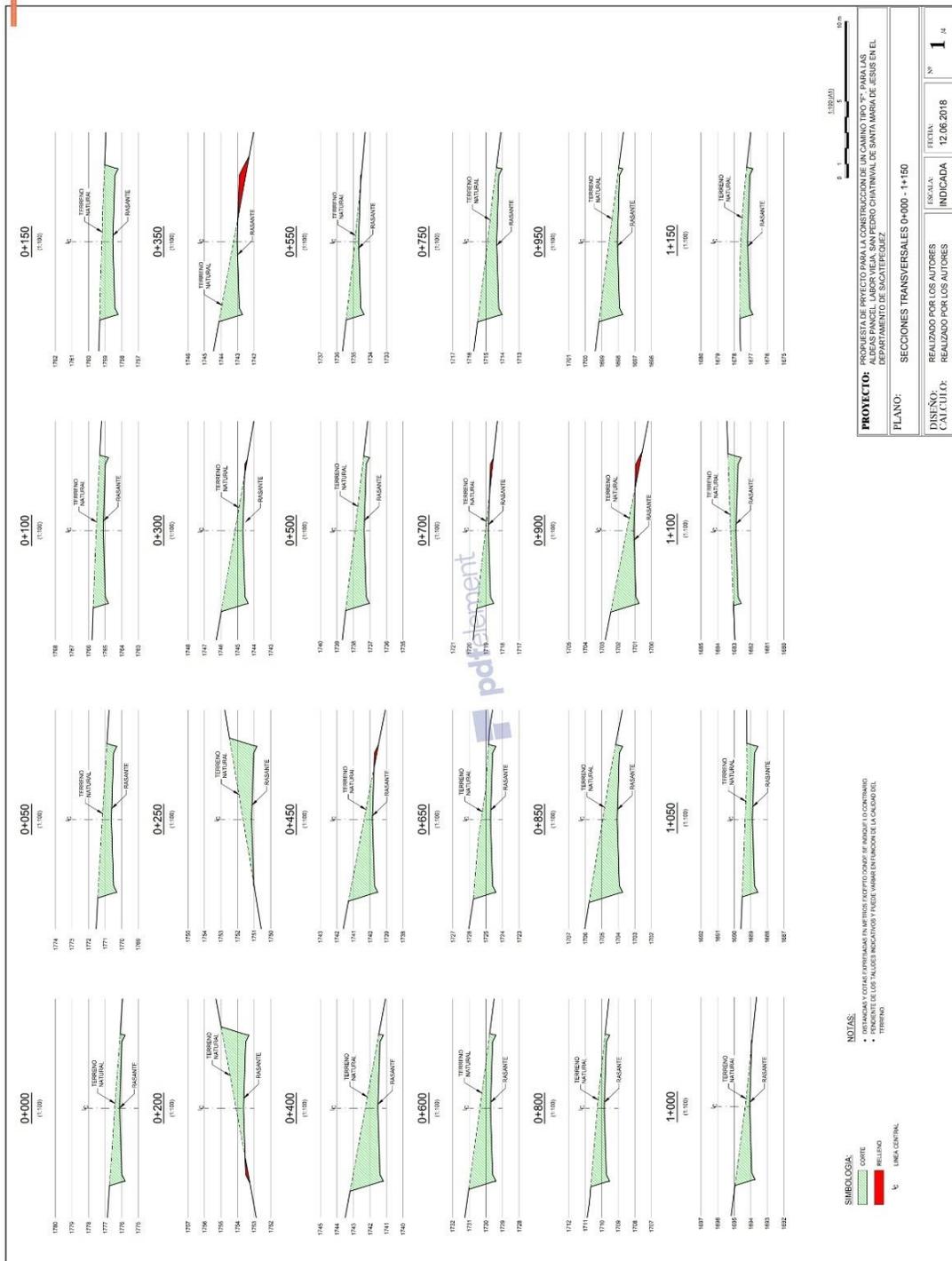
# Plano 4



# Plano 5:



# Plano 6:

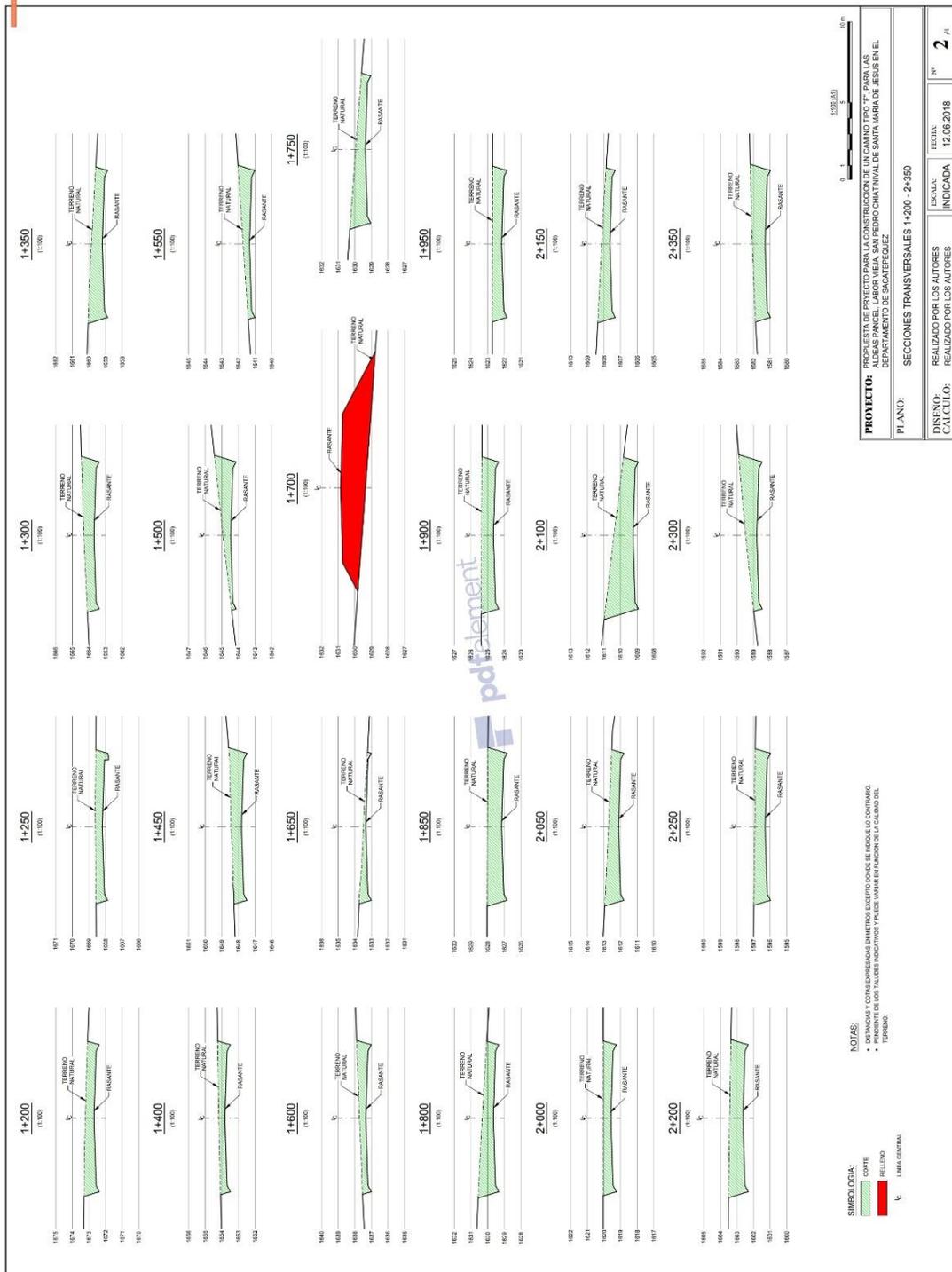


**SIMBOLOGIA:**  
 ■ CORTE  
 ■ RELLENO  
 ☒ LINEA CENTRAL

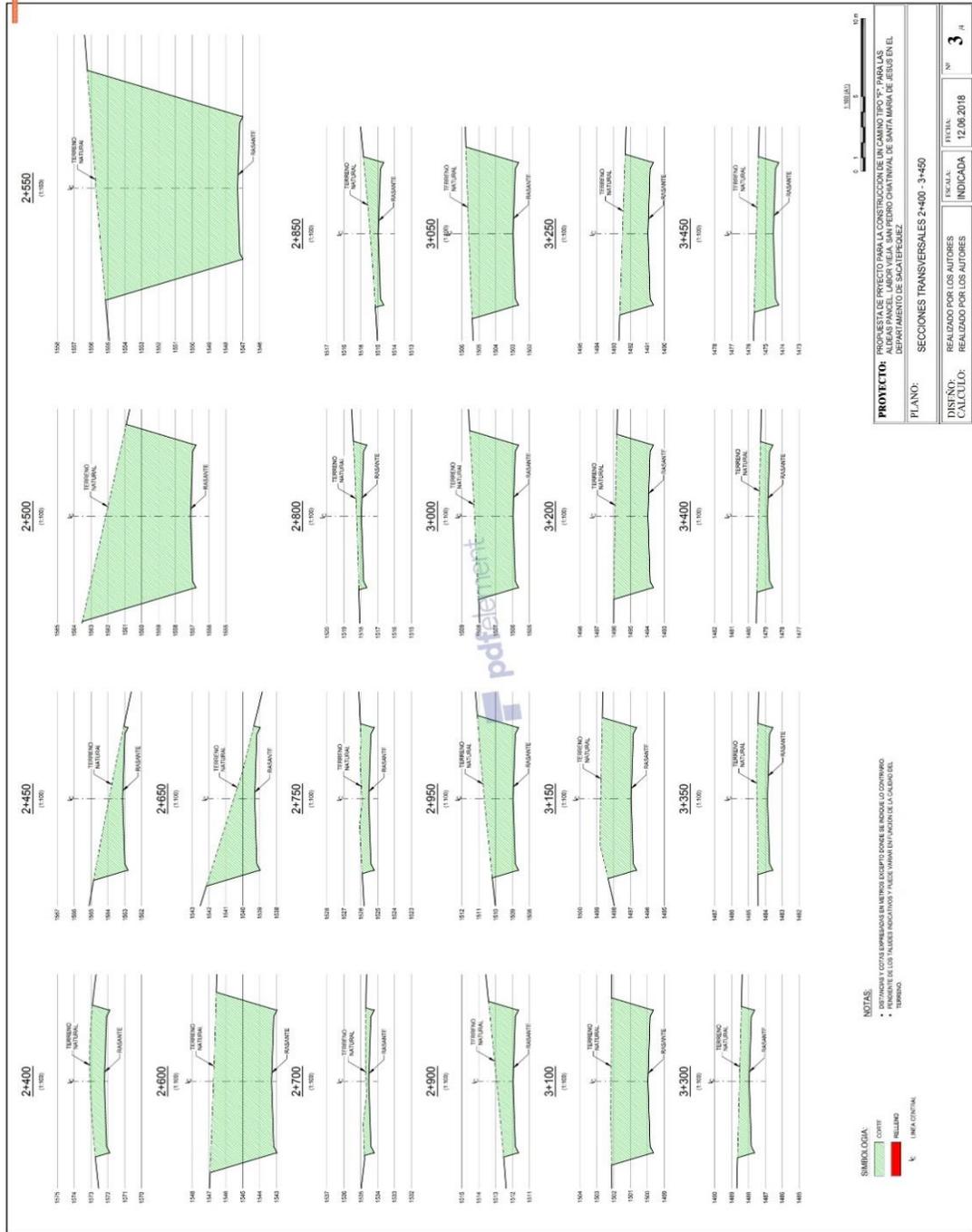
**NOTAS:**  
 • DISTANCIAS Y COTAS EXPRESADAS EN METROS (PROFITO COMPLETO)  
 • PERMITE DE LOS TALUDES INDICATIVOS Y FUERE VARIAR EN FUNCION DE LA CALIDAD DEL TIENNO

|   |                          |
|---|--------------------------|
| <b>PROYECTO:</b> PROYECTO DE PAVIMENTO PARA LA CONEXION DE UN CAMINO TIPO "B" PARA LAS ALDAS PANCEL LABOR VIEJA SAN PEDRO CHINTIVAL DE SANTA MARIA DE JESUS EN EL DEPARTAMENTO DE SICATIPQUEZ |                          |
| <b>PLANO:</b> SECCIONES TRANSVERSALES 0+000 - 1+150   |                          |
| <b>DISEÑO:</b> REALIZADO POR LOS AUTORES  | <b>ESCALA:</b> INDICADA  |
| <b>CALCULO:</b> REALIZADO POR LOS AUTORES   | <b>FECHA:</b> 12.06.2018 |
|   | <b>Nº 1</b>              |

# Plano 7



# Plano 8:



**PROYECTO:** PROPUESTA DE PROYECTO PARA LA CONSTRUCCION DE UN CAMINO TIPO "F", PARALAS ALDEAS PANCEL, LAGOA VIEJA, SAN PEDRO CHANTINVAL DE SANTA MARIA DE JESUS EN EL DEPARTAMENTO DE SAPOTEPEQUE.

**PLANO:** SECCIONES TRANSVERSALES 2+400 - 3+450

**DISEÑO:** REALIZADO POR LOS AUTORES

**CALCULO:** REALIZADO POR LOS AUTORES

ESCALA: INDICADA

FECHA: 12.06.2018

Nº: 3

**NOTAS:**

- DISTANCIAS Y COTAS EXPRESADAS EN METROS EXCEPTO DONDE SE INDICALO CONTRARIO.
- MATERIAL DE LOS TALLERES INDICATIVOS Y PUEDE VARIAR EN UNIDAD DE LA CALIDAD DEL TERRENO.

**LEGENDA:**

- TERRENO NATURAL
- CORTE
- ALCANTE
- MARK CENTER

1:100

# Plano 9:

