

Marcelo Armando Chojolán Zorín

PROPUESTA DE PROYECTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO  
RÍGIDO DEL CAMINO LA TRANSVERSAL, ALDEA PASAC PRIMERO,  
CANTEL, QUETZALTENANGO.



Asesor General Metodológico:  
Ingeniero Ambiental José Luis Iquique Socoy

Universidad Rural de Guatemala  
Facultad de Ingeniería

Guatemala, septiembre de 2021

Informe final de graduación

PROPUESTA DE PROYECTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO  
RÍGIDO DEL CAMINO LA TRANSVERSAL, ALDEA PASAC PRIMERO,  
CANTEL, QUETZALTENANGO.



Presentado al honorable tribunal examinador por:

Marcelo Armando Chojolán Zorín

En el acto de investidura previo a su graduación como Ingeniero Civil  
con Énfasis en Construcciones Rurales en el grado académico de Licenciado

Universidad Rural de Guatemala  
Facultad de Ingeniería

Guatemala, septiembre de 2021

Informe final de graduación

PROPUESTA DE PROYECTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO  
RÍGIDO DEL CAMINO LA TRANSVERSAL, ALDEA PASAC PRIMERO,  
CANTEL, QUETZALTENANGO.



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, septiembre de 2021

Esta tesis fue presentada por el autor,  
previo a obtener el título universitario de  
Ingeniero Civil con énfasis en  
Construcciones Rurales en el grado  
académico de Licenciado.



F-14-04-2020-15  
UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA  
PROGRAMA DE GRADUACIÓN  
Experto Metodológico  
ACUERDO DE ASIGNACIÓN DE PUNTEO  
08.09.2021.134

El Evaluador Final del Trabajo de Graduación de la  
Universidad Rural de Guatemala,

**CONSIDERANDO:**

Que el Metodólogo 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 y uno (71) sobre la base de aprobación de puntos sobre la base de cien sobre cien (100/100) al trabajo de graduación denominado: "PROPUESTA DE PROYECTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO DEL CAMINO LA TRANSVERSAL, ALDEA PASAC PRIMERO, CANTEL, QUETZALTENANGO." Formulado por Marcelo Armando Chojolán Zorín, carné 12-003-0244; 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 08 de septiembre de 2021.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Pablo', is positioned above the typed name of the signatory.

Pablo Ismael Carbajal Estevez  
Ingeniero Ambiental  
Experto Metodológico

**Pablo Ismael Carbajal Estevez**  
**Ingeniero Ambiental**  
**Colegiado No. 6,483**



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 normativa aplicable,

ACUERDA:

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

4. Aprobar en forma preliminar el trabajo de graduación denominado: **“Propuesta de proyecto para la construcción de pavimento rígido del camino La Transversal, aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango.”** formulado por **Marcelo Armando Chojolán Zorín** titular del carné **12-003-0244** inscrito en la Facultad de **Ingeniería** de ésta Universidad.
5. Trasladar el expediente al Experto Metodólogo designado para que le confiera la calificación que de acuerdo a los criterios técnicos considere conveniente.
6. Notifíquese.

Dado en la ciudad de Guatemala el 15 de febrero de 2021

Ingeniero Ambiental José Luis Iquique Socoy  
Metodólogo

*José Luis Iquique Socoy*  
INGENIERO AMBIENTAL  
COLEGIADO No. 6,707



UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA

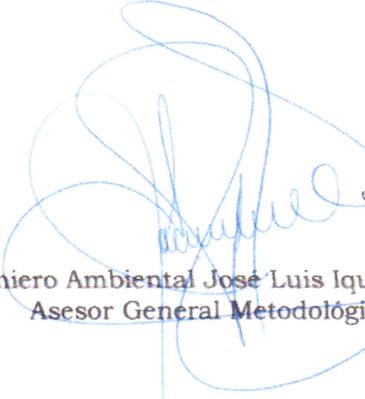
F-18-06-2018-01  
Universidad Rural de Guatemala  
Programa de Graduación  
Carta de aprobación  
Asesor General Metodológico  
Chimaltenango 23 de octubre 2020

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: "Propuesta de proyecto para la construcción de pavimento rígido del camino La Transversal, aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango.", a cargo del estudiante: Marcelo Armando Chojolán Zorín; Carné: 12-003-0244; perteneciente al grupo: 02-717-003-20; 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.

  
INGENIERO AMBIENTAL  
COLEGIADO No. 6,707  
Ingeniero Ambiental José Luis Iquique Socoy  
Asesor General Metodológico

C.C. Archivo personal

Señor  
Coordinador General  
Programa de Graduación  
Universidad Rural de Guatemala  
Presente

## **Prólogo**

Como parte del programa de graduación y en cumplimiento a lo establecido por la Universidad Rural de Guatemala se elaboró el trabajo denominado: “Propuesta de un proyecto para la construcción de pavimento rígido del camino La Transversal ubicado en la aldea Pasac Primero, municipio de Cantel, Quetzaltenango” por lo que fue necesario realizar un estudio para evaluar las condiciones de la capa de rodadura del camino La Transversal de la aldea Pasac Primero del municipio de Cantel y analizar la magnitud de la problemática identificada, causas, efectos y medios de solución.

Algunos aspectos importantes que caracterizan el camino La Transversal, es que se encuentra ubicada en una zona productiva de maíz y madera al sur este del municipio de Cantel, en donde habitantes propios de la aldea y de otras comunidades utilizan esta vía de conexión para intercambio comercial y productivo.

La propuesta para la construcción de pavimento rígido del camino La Transversal, pretende aportar al desarrollo en infraestructura de los habitantes de la aldea Pasac Primero del municipio de Cantel, disminuyendo el deterioro masivo de los vehículos con la mejora de la capa de rodadura, que en la actualidad presenta daños severos en su estructura.

La presente investigación y la propuesta además de ser un requisito de graduación, es un aporte significativo a la población de la aldea Pasac Primero, Cantel y sus alrededores. La cual tendrá una vía en mejores condiciones y de buena calidad basados en normas y especificaciones técnicas para la construcción de caminos.

Adicional traslada al futuro profesional al área de trabajo por el cual se ha preparado académicamente.

## **Presentación**

De conformidad a los estatutos establecidos por la Universidad Rural de Guatemala previo a optar el título de Ingeniero Civil en el grado académico de Licenciatura se presenta el trabajo denominado “Propuesta de un proyecto para la construcción de pavimento rígido del camino La Transversal ubicado en la aldea Pasac Primero, municipio de Cantel, Quetzaltenango”

El camino La Transversal, es un paso importante que permite la conexión de 3 aldeas de las 9 existentes en el municipio de Cantel. Cabe resaltar que además de ser una ruta vehicular y peatonal, es un camino que conduce a las montañas más grandes del municipio, por donde un alto porcentaje de habitantes traslada leña para consumo doméstico e industrial, con animales de carga y vehículos, además de ser una de las zonas con mayor producción de maíz.

Con el presente estudio se estableció que la capa de rodadura del camino La Transversal de la aldea Pasac Primero se encuentra con daños, el cual provoca deterioro de los vehículos que transitan por el lugar.

La propuesta del proyecto es un aporte intencionado a mejorar la calidad de vida de la población de la aldea Pasac Primero, municipio de Cantel, Quetzaltenango, disminuir de manera significativa el deterioro de vehículos, ahorro en el tiempo de viaje entre aldeas y crecimiento de la plusvalía del área, entre otros beneficios que impactaran de manera positiva en la economía de los habitantes.

## Índice

No.	Contenido	Página
I.	INTRODUCCIÓN .....	1
I.1	Planteamiento del problema.....	3
I.2	Hipótesis .....	4
I.3	Objetivos.....	4
I.3.1	General.....	4
I.3.2	Específico.....	4
I.4	Justificación .....	5
I.5	Metodología.....	6
I.5.1	Métodos .....	6
I.5.2	Técnicas.....	8
II.	MARCO TEORICO .....	11
II.1	Aspectos Conceptuales.....	11
II.2	Aspectos Socioeconómicos .....	58
III.	COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	64
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	77
IV.1.	Conclusiones.....	77
IV.2.	Recomendaciones .....	78
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

## Índice de cuadros

No.	Contenido	Página
1.	Localización en el mapa.....	59
2.	Calificación de las personas del estado del camino La Transversal. ....	65
3.	Encuestados que indican mayor cantidad de vehículos que transitan por el camino La Transversal, del día de hoy en comparación hace 5 años. ....	66
4.	Personas que consideran que su vehículo se deteriora por la mala condición del camino La Transversal. ....	67
5.	Calificación de las personas del daño que sufre los vehículos por la mala condición del camino. ....	68
6.	Las personas se ven afectado económicamente por la mala condición del camino.....	69
7.	Pobladores consideran que existe un aumento en el número de vehículos dañados en la aldea Pasac Primero Cantel. ....	70
8.	Encuestados consideran necesario darle mantenimiento al camino La Transversal.....	71
9.	Instituciones que cuentan con proyecto de pavimento para el camino La Transversal. ....	72
10.	Censados consideran la existencia de un proyecto de construcción de pavimento rígido aceleraría la ejecución del proyecto para el camino La Transversal. ....	73
11.	Instituciones cuentan con una solicitud por parte de los vecinos para la construcción de pavimento del camino La Transversal. ....	74
12.	Censados consideran necesario la construcción de pavimento para el camino La Transversal. ....	75
13.	Instituciones tienen conocimiento del número aproximado de vehículos que transitan diariamente por el camino La Transversal.....	76

## Índice de gráficas

No.	Contenido	Página
1.	Calificación de las personas del estado del camino La Transversal.....	65
2.	Encuestados que indican mayor cantidad de vehículos que transitan por el camino La Transversal, del día de hoy en comparación hace 5 años. ....	66
3.	Personas que consideran que su vehículo se deteriora por la mala condición del camino La Transversal. ....	67
4.	Calificación de las personas del daño que sufre los vehículos por la mala condición del camino. ....	68
5.	Las personas se ven afectado económicamente por la mala condición del camino.....	69
6.	Pobladores consideran que existe un aumento en el número de vehículos dañados en la aldea Pasac Primero Cantel. ....	70
7.	Encuestados consideran necesario darle mantenimiento al camino La Transversal.....	71
8.	Instituciones que cuentan con proyecto de pavimento para el camino La Transversal. ....	72
9.	Censados consideran la existencia de un proyecto de construcción de pavimento rígido aceleraría la ejecución del proyecto para el camino La Transversal. ....	73
10.	Instituciones cuentan con una solicitud por parte de los vecinos para la construcción de pavimento del camino La Transversal. ....	74
11.	Censados consideran necesario la construcción de pavimento para el camino La Transversal. ....	75
12.	Instituciones tienen conocimiento del número aproximado de vehículos que transitan diariamente por el camino La Transversal.....	76

## Índice de mapas

<b>No.</b>	<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
1.	Municipio de Cantel – Departamento de Quetzaltenango Año 2005 .....	59

## Índice de imágenes

<b>No.</b>	<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
1.	Estructura del pavimento según la AASHTO 93, 98 Y PCA 84 .....	43

## I. INTRODUCCIÓN

Los caminos son para el servicio de las personas en particular y a la comunidad en general; los caminos resuelven necesidades de comunicación de tránsito. Los caminos rurales son bienes de dominio nacional y de aprovechamiento común que facilita la comunicación y el intercambio de productos, la integración territorial; son los caminos de penetración, que unen poblaciones más pequeñas y menos desarrolladas de los municipios en todo el país.

En Guatemala los caminos y carreteras son la vía de comunicación hoy por hoy más importante, disminuyen costos en las mercaderías y tiempo en la entrega de las mismas, por lo anterior es de vital importancia mantener caminos en buen estado para disminuir el deterioro masivo de los vehículos de carga y la seguridad de los peatones.

En este tipo de caminos existe una gran diferencia de tránsito pasante; el transporte de carga que transmite elevada carga a la carpeta de rodamiento dejando grandes ahuellamientos y además en algunas vías con un carril de circulación que imposibilita el sobrepaso o el entrecruzamiento con vehículos que circulan en sentido contrario, determinando puntos de intersección conflictivos.

El mantenimiento del camino ayudara a mejorar el flujo vehicular y minimizar los daños a los vehículos, pero lo recomendable es mejorar la capa de rodadura con pavimento rígido acorde al lugar. La realización de este tipo de actividad dotara al camino existente de mejores condiciones físicas y operativas de las que disponía anteriormente, para ampliar su capacidad o simplemente ofrecer un mejor nivel de servicio.

La presente investigación ayudará a conocer a través del marco teórico los fundamentos del diseño de pavimento rígido de caminos, requisitos, causas que

provocan las fallas, efectos y la mejora de la misma, en cuanto al pavimento rígido se presenta un diseño contextualizado, planos y presupuesto de la misma. Se dará a conocer los fines principales de un proyecto de camino con pavimento rígido, la inversión para el proyecto y los beneficios.

Por último, con el desarrollo de este tema se darán a conocer las especificaciones técnicas y disposiciones especiales, que son necesarias; para la construcción de pavimento rígido en un camino, vigentes en Guatemala.

El documento contiene 4 capítulos que son;

Capítulo I. Introducción

Capítulo II. Marco Teórico

Capítulo III. Comprobación de la Hipótesis

Capítulo IV Conclusiones y Recomendaciones

Asimismo, contempla una propuesta de solución integrado por los resultados siguientes:

- 1.- Se fortalece a la unidad ejecutora, Dirección Municipal de Planificación Cantel, Quetzaltenango.
- 2.- Propuesta de proyecto para la construcción de pavimento rígido del camino La Transversal, aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango
- 3.- Se formula programa de capacitación a personal técnico de la Dirección Municipal de Planificación.

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

En la aldea de Pasac Primero del municipio de Cantel, se encuentra ubicado el camino La Transversal, una vía importante para la población local, aldeas aledañas y visitantes al lugar, un camino utilizado para el intercambio comercial y transporte de productos como madera y maíz, el cual presenta daños severos en la capa de rodadura que durante los últimos cinco años ha aumentado a 140 el número de vehículos dañados, en la aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango, surge este trabajo de investigación relacionado al deterioro de la capa de rodadura del camino.

La cantidad de baches y asentamientos de la capa, el aumento de vehículos que transitan por el camino, falta de mantenimiento y condiciones climatológicas deterioran más la capa de rodadura, de esta manera se evidencia la falta de una propuesta para la construcción de pavimento rígido del camino.

Por medio del método de marco lógico se identificó la problemática de estudio, el aumento del tránsito en el lugar agrava aún más este problema, tanto población como autoridades del municipio no le han dado la importancia que este camino representa sobre todo que esté en condiciones óptimas para el tránsito vehicular y peatonal. Se comprobó a través de este método que la causa radica en la falta de propuesta para la construcción de pavimento rígido en el camino.

Se evidencia el efecto, en el incremento del número de vehículos dañados que transitan en el lugar en los últimos cinco años sin que se dé una solución al problema de estudio.

## **I.2 Hipótesis**

Del análisis de la problemática, surge la siguiente hipótesis:

“El incremento en el número de vehículos dañados en aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango en los últimos 5 años; es debido a la inexistencia de un proyecto para la construcción de pavimento rígido del camino La Transversal”.

¿Será la inexistencia de un proyecto para la construcción de pavimento rígido del camino La Transversal y el deterioro de la capa de rodadura la que provoca el incremento del número de vehículos dañados en aldea Pasac Primero, Cantel Quetzaltenango en los últimos 5 años?

## **I.3 Objetivos**

Para revertir la situación actual en cuanto al deterioro de vehículos que transitan por el camino La Transversal de la aldea Pasac Primero del municipio de Cantel se debe alcanzar los siguientes objetivos:

### **I.3.1 General**

Disminuir el número de vehículos dañados en aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango.

### **I.3.2 Específico**

Mejorar la capa de rodadura del camino La Transversal, aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango.

#### **I.4 Justificación**

Como en la gran mayoría de caminos de las áreas rurales del país, muchas de ellas son únicamente peatonales y los caminos que son ampliados se realizan con mano de obra de los vecinos y en otros casos que se tiene apoyo de alguna institución se realiza con equipo especial, quedando únicamente estabilizada la capa de rodadura. Con el aumento de tránsito vehicular, factores naturales como la lluvia, madrigueras de animales y la falta de mantenimiento, las calles sufren daños severos y la formación de baches.

El área de estudio es una vía muy importante dentro de la población cantelense debido a la ubicación geográfica que cuenta el camino la Transversal, el cual comunica a 3 aldeas del municipio de manera directa y 5 de manera indirecta, a través de ella se transportan varios vehículos de la localidad y otros de las aldeas vecinas que se dedican al comercio de artesanías y a la producción de madera y maíz, esto convierte el camino La Transversal en un medio determinante para el desarrollo de la comunidad.

Ante esta situación se ha determinado la mejora significativa del camino La Transversal de la aldea Pasac Primero del municipio de Cantel, de esa manera reducir el aumento de vehículos dañados en dicho lugar.

Al no implementar esta propuesta, se proyecta que para el año 2024 el número de vehículos dañados será de 231, así mismo de implementarse la propuesta el número de vehículos dañados al final del año 2024 podría disminuir a 0.

## **I.5 Metodología**

Los métodos y técnicas empleadas para la elaboración del presente trabajo, se exponen a continuación:

### **I.5.1 Métodos**

Los métodos utilizados para la formulación y comprobación de la hipótesis fueron los siguientes: Método científico, método deductivo, método del marco lógico, método inductivo, método estadístico y método analítico.

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

Para la formulación de la hipótesis, los métodos utilizados fueron los siguientes: Método científico, Método deductivo en conjunto con el método del marco lógico para formular la hipótesis y los objetivos de la investigación.

##### **Método científico**

Este método se utilizó en la presente investigación mediante la observación del deterioro de la capa de rodadura del camino, seguidamente se dio paso al planteamiento de la hipótesis, misma que fue comprobada mediante encuestas sobre las variables efecto y causa. Estas fueron analizadas, tabuladas y graficadas para posteriormente concluir y recomendar las propuestas de solución.

##### **Método deductivo**

Para la formulación de la hipótesis el método principal fue el deductivo, el cual permitió conocer aspectos generales del área territorial de la aldea Pasac Primero del municipio de Cantel. Así también se delimitó la población para posteriormente elaborar las estrategias para resolver la problemática y la formulación de la hipótesis.

Método del marco lógico

Con la aplicación de este método se conjugo todo el desarrollo de la solución a la problemática identificada y priorizada a través del efecto cascada. La concatenación de estos dos métodos permitió formular la hipótesis y los objetivos de la investigación, plasmados en el árbol de problemas y objetivos, mismos que fueron apoyados por otros métodos y técnicas.

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

Para la comprobación de la hipótesis, el método utilizado fue el inductivo, que fue apoyado por los métodos: estadístico, análisis y síntesis.

Método Inductivo

Para la comprobación de la hipótesis, el método principal utilizado, fue el método inductivo, con el que se pudo obtener resultados específicos de la problemática identificada, lo cual sirvió para diseñar las conclusiones.

Método estadístico

De acuerdo a la necesidad, se decidió efectuar un muestreo estadístico que representó a la población a estudiar, el cual estaba constituida por 75 vehículos tipo pickup que conforman la Asociación de Fleteros y 65 vehículos particulares de los vecinos de la aldea Pasac Primero quienes transitan constantemente por el camino La Transversal, unidad fundamental para la presente investigación; por lo que para obtener una información confiable, se aplicó la formula estadística de Taro Yamané para población finita cualitativa, nivel de confianza del 90%; con la que se obtuvo una cifra de 46 unidades de vehículos.

Después de recabar la información contenida en las boletas, se procedió a tabularlas; para cuyo efecto se utilizó el método estadístico y el método de análisis, que consistió en la interpretación de los datos tabulados, en valores absolutos y relativos, obtenidos

después de la aplicación de las boletas de investigación, para la comprobación de la hipótesis previamente formulada.

Una vez interpretada la información, se utilizó el método de síntesis, a efecto de obtener las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación.

#### Método analítico

Este método ayuda a desmembrar en diferentes partes el problema, lo que generó analizar y observar la causa que se refiere a la inexistencia de un proyecto para la construcción de pavimento rígido en el camino La Transversal de la aldea Pasac Primero del municipio de Cantel.

### **I.5.2. Técnicas**

Las técnicas utilizadas para la formulación y comprobación de la hipótesis fueron las siguientes: Observación directa, investigación documental, lluvia de ideas, muestreo, diseño de boletas, encuestas, censo, correlación y proyección lineal.

#### **I.5.2.1 Técnicas utilizadas para la formulación de la hipótesis**

Las técnicas empleadas, en la formulación de la hipótesis, fueron: La observación directa, la investigación documental y lluvia de ideas;

##### Observación directa

Esta técnica se utilizó directamente en el área del camino La Transversal, donde se pudo observar la forma en que los vehículos pasan y sufren golpes por los baches existentes.

##### Investigación documental

Esta técnica se utilizó para determinar si existía documentos similares o relacionados con la problemática a investigar, con el objetivo de no duplicar esfuerzos en cuanto al

trabajo académico que se desarrolló; De ahí obtener información y puntos de vista de otros investigadores en relación al tema.

Lluvia de ideas

En reunión con líderes de la comunidad, COCODES, alcalde Comunitario, Confraternidad de ministros Evangélicos y Asociación de Fleteros, se llevó a cabo una lluvia de ideas para conocer la problemática y las posibles soluciones. Con la Técnica de lluvia de ideas se fue depurando hasta formular la hipótesis del presente trabajo de investigación.

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

Las técnicas empleadas, en la comprobación de la hipótesis, fueron: El muestreo, diseño de boletas, encuesta, censo, correlación y proyección lineal;

Muestreo

El muestreo es la técnica para la selección o referencia de una población, en el presente trabajo se llevó a cabo posterior a determinar la población afectada se estableció una muestra, con el cual se trabajaría la obtención de información para comprobación de la hipótesis.

Diseño de las boletas

Esta técnica se utilizó para determinar el instrumento necesario y acorde al contexto de la investigación.

Encuesta

La técnica de la encuesta es una serie de preguntas que se realiza con el fin de recolectar información a un grupo de personas sobre un tema. Se inició con la elaboración de varios cuestionamientos, luego se depuro hasta alcanzar un número adecuado y sobre todo que logran recabar la información esencial para fundamentar y comprobar la hipótesis.

### Censo

A través del censo se tomó en cuenta a toda la población involucrada en la investigación. Durante esta fase se desarrolló la técnica de censo para obtener información de las organizaciones existentes en la Aldea.

### Correlación

Es una técnica estadística usada para determinar la relación entre dos o más variables. Con esta técnica pudimos determinar la relación entre la variable independiente y dependiente con ello hallar un valor a y b que nos permitió proyectar el aumento o disminución de la problemática.

### Proyección Lineal

Esta técnica permite establecer la relación de dos variables y proyectar una cantidad en los siguientes periodos. Con esta técnica y la ayuda de la correlación nos permitió proyectar la cantidad de vehículos dañados en los próximos cinco años, así también proyectar la disminución de casos en los siguientes años de implementarse la propuesta establecida en la presente investigación.

## **II. MARCO TEORICO**

### **II.1 Aspectos Conceptuales**

#### Transporte

Es aquel medio por el cual se tiene como objetivo el traslado de personas, mercancías, de un lugar a otro, ya sea por vehículos, animales de carga, vehículos de locomoción, ferrocarriles, aeronaves, u otros. “El termino de transporte proviene de los vocablos del latín trans, que significa al otro lado y portare, llevar” (Conceptos, 2019). Es un medio de traslado de personas o mercancías de un lugar a otro, y está considerado como una actividad del sector terciario. El transporte permite el crecimiento económico y las posibilidades de desarrollo de una nación.

#### División del transporte terrestre

##### Transporte Particular

Es el medio de transporte que no es utilizado con fines puramente lucrativos, utilizado por personas que tiene la posibilidad de auto desplazarse dentro de su vehículo propio (Buzo, 1996, p.18).

##### Transporte Público Extraurbano

Es aquel tipo de transporte, el cual se efectúa entre una población urbana, y otra o viceversa (Martínez, 2006, p. 9).

##### Transporte Público Urbano

Es el servicio público de transporte el cual se efectúa dentro del perímetro urbano, dado en zonas, colonias (Martínez, 2006, p. 9).

##### Transporte de Carga

Es aquel tipo de transporte el cual se efectúa en, furgones, auto tanques, ferrocarriles, camiones, pick-ups, carretas entre otros (Martínez, 2006, p. 9).

## Transporte Mixto de Pasajeros

Es aquel tipo de transporte el cual se efectúa en camionetas, ferrocarriles (Martínez, 2006, p. 9).

## Carreteras

La carretera no es más que un trecho de asfalto o de cemento que se realiza de forma paralela a los centros urbanísticos, o a los alrededores de las montañas o empinadas con el fin de que transiten todo tipo de vehículos. “De aquí que las carreteras solamente sean vías de conducción vial, en el caso de que sea permitido el paso peatonal, se realizan caminamientos con sus barandas para la división y plena señalización” (Scribd.com, 2017).

“Una carretera o ruta es una vía de dominio y uso público, proyectada y construida fundamentalmente para la circulación de vehículos automóviles. Existen diversos tipos de carreteras, aunque coloquialmente se usa el término carretera para definir a la carretera convencional que puede estar conectada, a través de accesos, a las propiedades colindantes, diferenciándolas de otro tipo de carreteras, las autovías y autopistas, que no pueden tener pasos y cruces al mismo nivel. Las carreteras se distinguen de un simple camino porque están especialmente concebidas para la circulación de vehículos de transporte” (Webscolar.com, 2014).

## Clasificación de las carreteras en Guatemala

La clasificación de las carreteras está en función de la importancia que esta representara para las poblaciones en conexión. “En Guatemala existen carreteras tipo A, B, C, D, E y F dependiendo del número de vehículos que transitan diariamente, así como del tipo de región que atravesara” (Orozco, 2013).

“La Clasificación de carreteras es la distinta tipología de vías (en función del número de carriles, diseño geométrico, ancho de la calzada, tráfico) que existe dentro de la red

vial de un territorio. En general todos los países consideran una primera categoría de vías con tráficos nacionales y otra categoría de vías secundarias con tráficos comarcales (entre pueblos de la misma comarca) o tráficos locales. Con la aparición de las vías de doble calzada a principios del siglo XX aparecieron un nuevo tipo de vías que se acabarían convirtiendo en los ejes principales de cualquier país desarrollado” (Webscolar.com, 2014).

#### Carretera tipo A

Estas carreteras son llamadas también calzadas y están diseñadas para un tráfico promedio diario de 3000 a 5000 vehículos. La capa de recubrimiento de la calzada podrá ser de hormigón o concreto asfáltico. “El diseño de drenajes en este tipo de carretera 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” (Orozco, 2013).

#### Carretera tipo B

“Están diseñadas para un tráfico promedio diario de 1500 a 3000 vehículos. La capa de recubrimiento podrá ser de concreto asfáltico o tratamiento superficial doble. El ancho de la calzada es de 7.20 metros y el derecho de vía es de 25 metros” (Orozco, 2013).

#### Carretera tipo C

“Están diseñadas para un tráfico promedio diario de 900 a 1500 vehículos. La capa de recubrimiento podrá ser de concreto asfáltico o tratamiento superficial doble. El ancho de la calzada es de 6.50 metros y el derecho de vía está conformado por 25 metros” (Orozco, 2013).

#### Carretera 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 6.00 metros y el derecho de vía lo constituyen 25 metros” (Orozco, 2013).

#### Carretera tipo E

“Estas carreteras están diseñadas para un tráfico promedio diario de 100 a 500 vehículos. De estos se nota que la carretera tiene una importancia menos con relación al flujo de tránsito canalizado en las tipo, A, B, C y D. la capa de recubrimiento de las carreteras tipo E se elabora en base a un tratamiento superficial doble. El ancho de la calzada es de 5.50 metros y el derecho de vía es de 15 metros” (Orozco, 2013).

#### 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 balasto. El ancho de la calzada es de 5.50 metros y el derecho de vía es de 15 metros” (Orozco, 2013).

Las normas geométricas de las carreteras clasificadas de acuerdo al inciso anterior, varían según las características topográficas del terreno que atraviesen. Se considerarán los siguientes tipos de terreno:

#### Plano

“Tiene pendientes transversales al eje de la vía menores de cinco grados ( $5^\circ$ ). Exige el mínimo movimiento de tierras durante la construcción por lo que no presenta dificultad ni en su trazado ni en su explanación. Sus pendientes longitudinales son normalmente menores de tres por ciento (3%). Conceptualmente, este tipo de carreteras se definen como la combinación de alineamientos horizontal y vertical que

permite a los vehículos pesados mantener aproximadamente la misma velocidad que la de los vehículos livianos” (Instituto Nacional de Vías, s.f.)

#### Ondulado

“Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre seis y trece grados ( $6^{\circ}$  -  $13^{\circ}$ ). Requiere moderado movimiento de tierras durante la construcción, lo que permite alineamientos más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado y en la explanación. Sus pendientes longitudinales se encuentran entre tres y seis por ciento (3% - 6%)” (Instituto Nacional de Vías, s.f.).

#### Montañoso

“Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre trece y cuarenta grados ( $13^{\circ}$  -  $40^{\circ}$ ). Generalmente requiere grandes movimientos de tierra durante la construcción, razón por la cual presenta dificultades en el trazado y en la explanación. Sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre seis y ocho por ciento (6% - 8%)” (Instituto Nacional de Vías, s.f.).

#### Camino

Son todas aquellas vías que no estén pavimentadas, es decir de terracería, de uno o dos sentidos de circulación sin restricción de número o ancho de carriles. “También aquellas vías pavimentadas que no sean calles de circulación controlada y que tengan menos de 5.00 metros de ancho” (Acuerdo Gubernativo 499-97, 1997).

“Unen aldeas y a las poblaciones más pequeñas de un mercado regional, y son los caminos terciarios, secundarios y de penetración estos caminos no son pavimentados, son angostos, las curvas en ellos son cerradas y con más pendientes que las carreteras principales” (Orellana, 2014).

Podemos tomar en cuenta como definición de caminos rurales a aquellas vías de tierra cuya finalidad principal es la de facilitar la circulación de vehículos livianos o pesados y equipos para el transporte de bienes o personas para uso comercial y social.

“En este tipo de caminos existe una gran diferencia de tránsito pasante; el transporte de carga que transmite elevada carga a la carpeta de rodamiento dejando grandes ahuellamientos y además en algunas vías con un carril de circulación que imposibilita el sobrepaso o el entrecruzamiento con vehículos que circulan en sentido contrario, determinando puntos de intersección conflictivos” (Moreda, 2019).

#### Caminos rurales

“Son aquellos de titularidad y competencia municipal que facilitan la comunicación directa con pueblos limítrofes, con pequeños núcleos urbanos o con fincas, y que sirven a los fines de la agricultura y la ganadería. De tal manera que, dentro del concepto de caminos rurales cabría distinguir entre caminos vecinales (que enlazan unas vecindades con otras), de los rurales en sentido estricto: ambos son caminos públicos a efectos de su conservación” (Fernández, 2016).

#### Tipos de caminos rurales

##### Caminos de tierra

En ellos los vehículos circulan prácticamente sobre el terreno natural, libre de materia vegetal. “En ocasiones se encuentran revestimientos muy ligeros en ellos, y su alineamiento y sistema de drenaje es muy deficiente, debido a esto la circulación en estos caminos solo es posible durante el verano o con vehículos de doble tracción. El componente principal es estos caminos lo constituye el suelo natural libre de vegetación y compactado, el cual es la subrasante” (Orellana, 2014).

#### Caminos de terracería

“Son aquellos donde los vehículos circulan sobre la superficie recubierta con balastro, en estado natural o seleccionado. Por lo general poseen alguna conformación con su respectivo bombeo y cunetas. Algunas veces su alineamiento ha sido mejorado y se proyectan alcantarillas, lo que mejora el camino ya que los hace transitables durante todas las épocas del año” (Orellana, 2014).

#### Caminos revestidos con material de base

“En estos caminos circulan mayor cantidad de vehículos, por lo cual se debe disponer de una mejor superficie de rodadura. Por lo general cuentan con mayor derecho de vía, mejor alineamiento horizontal y vertical, el sistema de drenaje es el adecuado y su condición se mantiene estable durante todo el año, ya que sus componentes principales son la subrasante, la sub base y la base, que a su vez constituyen la superficie de rodadura” (Orellana, 2014).

#### Elementos que componen un camino

“Los caminos para un adecuado funcionamiento requieren de una serie de trabajos en los diferentes elementos que lo componen. La mayoría de las veces se le da importancia solo a la capa de rodadura y se descuidan sus demás elementos, pero se debe recordar que el estado de la capa de rodadura depende en gran manera, del estado de las otras partes que conforman el camino tales como el derecho de vía, subdrenajes, taludes, cunetas, cabezales y alcantarillas” (Orellana, 2014).

#### Derecho de vía

“Es el área o superficie de terreno, propiedad del estado, destinada al uso de una carretera o camino, con zonas adyacentes utilizadas para todas las instalaciones y obras complementarias, delimitadas a ambos lados por linderos de las propiedades colindantes. El derecho de vía es una parte importante en un camino, ya que influye en la seguridad de los conductores al trasladarse por ella. El ancho del derecho de vía

está entre 6 a 10 metros, cuando hay condiciones especiales se establecen ya sea anchos mayores o menores, según la ubicación del camino rural” (Orellana, 2014).

#### Sistema de drenaje para caminos rurales

“Los drenajes controlan las condiciones de flujo de agua en los caminos y mejoran las condiciones de estabilidad en cortes y terraplenes. Tienen la finalidad de evitar que el agua pluvial o el agua proveniente de corrientes superficiales, como ríos, llegue al camino. Las obras de drenaje son elementos estructurales que eliminan la inaccesibilidad de un camino, provocada por el agua o la humedad. De la construcción del sistema de drenaje, dependerá en gran parte la facilidad de acceso y la vida útil del camino, por ello es tan importante realizarles mantenimiento a los drenajes de los caminos rurales” (Orellana, 2014).

“Para que un camino tenga un buen drenaje debe evitarse que el agua circule en cantidades excesivas por el mismo. Debe evitarse también que los cortes, formados por materiales de mala calidad, se saturen de agua con peligro de derrumbes o deslizamientos, es de suma importancia tomar en cuenta el estado de los drenajes, cuando se le realiza mantenimiento a un camino rural para su perfecto funcionamiento. El aspecto más importante a tomar en cuenta por el impacto ambiental, costo de construcción, mantenimiento y rehabilitación, es la ubicación y el diseño del sistema hidráulico” (Orellana, 2014).

“Los objetivos básicos más importantes, para el sistema de drenaje, de los caminos rurales son:

- a) Pasar con seguridad, toda la cantidad de descarga que cruce el camino.
- b) Remover el agua fuera de la superficie del camino, para evitar daño al camino y su estructura
- c) Prevenir impactos negativos al ambiente.
- d) Reducir al mínimo los cambios al patrón de drenaje.

- e) Reducir la velocidad del agua y la distancia que el agua tiene que recorrer.
- f) Remover, cuando sea necesario, el agua subterránea que se encuentre” (Orellana, 2014).

“Tanto el drenaje como el subdrenaje son imprescindibles para el buen funcionamiento de una carretera, pues sirven para proteger el camino canalizando los escurrimientos superficiales de agua y evitando situaciones que pueden resultar riesgosas tanto para la estructura del pavimento como para los usuarios. El exceso de agua u otros fluidos en los suelos o en la estructura de una carretera, afecta sus propiedades geomecánicas, los mecanismos de transferencia de carga, presiones de poros, subpresiones de flujos, presiones hidrostáticas, e incrementa la susceptibilidad a los cambios volumétricos” (blog.vise.com, 2020).

“El diseño y construcción de un sistema de drenaje requiere la realización de estudios del clima, suelo, hidrología y geología. Los objetivos básicos para el drenaje de los caminos son la preservación de la carretera, debido a la función social y económica que representa y el elevado costo de construcción; la prevención del impacto negativo al ambiente con la reducción al mínimo de los cambios al patrón de drenaje natural y disminución de la acción erosiva producida por el cambio de cauce de su transporte. Los tipos de drenajes incluyen estructuras transversales, naturales, travesías, superficie y subdrenajes” (blog.vise.com, 2020).

“Estas estructuras sirven para dispersar, para disminuir la velocidad o transportar el agua y para evitar la acumulación y reducir la fuerza erosiva del agua. Para que un camino tenga buen drenaje debe evitarse que el agua circule en cantidades excesivas provocando la destrucción del pavimento y originando la formación de baches, así como también que el agua que debe escurrir por las cunetas se estanque y reblandezca las terracerías originando pérdidas de estabilidad de las mismas con sus consiguientes asentamientos perjudiciales” (blog.vise.com, 2020).

“El prever un buen drenaje es uno de los factores más importantes en el proyecto de un camino y por lo tanto debe preverse desde la localización misma tratando de alojar siempre el camino sobre suelos estables, permanentes y naturalmente drenados” (blog.vise.com, 2020).

### Cuneta

“Son los canales, situados en uno o ambos lados de la línea central de la carretera con el propósito de conducir hacia los drenajes, las aguas provenientes de la corona y los taludes, donde no provoque daños, su diseño se basa en los principios de los canales abiertos, su misión es la de recibir y canalizar las aguas provenientes del camino donde son evacuadas, a través del bombeo y de la escorrentía superficial del talud de desmonte si este existe” (Orellana, 2014).

“Existen diversos tipos de secciones empleadas en la construcción de cunetas, si bien es cierto que existen algunas secciones hidráulicamente mejores que otras, no es este el único cometido que debe procurar la geometría de una cuneta, su sección transversal es variable, según sea la sección de diseño. Se pueden construir de forma trapezoidal, triangular y cuadrada, siendo común la de forma triangular ya que facilita su limpieza por medios mecánicos, por razones de seguridad son deseables las cunetas de forma trapezoidal con taludes suaves, fondos amplios y aristas redondeadas. La función principal de las cunetas es servir de canal para evacuar el agua de lluvia proveniente del camino” (Orellana, 2014).

“Además de esta función principal, las cunetas presentan otro tipo de funciones útiles para el correcto funcionamiento del camino, como lo son:

- a) Control del nivel freático.
- b) Evacuación de las aguas infiltradas tanto en la carpeta de rodadura como en el terreno circundante

- c) Servir de almacén eventual de deslaves o correntadas que se produzcan de deslaves de taludes” (Orellana, 2014).

“El revestimiento de las cunetas puede hacerse utilizando diferentes materiales como piedra bola o de canto rodado, las superficies de las piedras se deben lavar antes de su colocación, para quitar la tierra, arcilla o cualquier materia extraña, estas piedras son ligadas con mortero de arena y cal, o de arena y cemento, la separación entre piedra y piedra no debe ser menor de treinta milímetros ni mayor de cincuenta milímetros, las cuales deben quedar completamente llenas de mortero, también se puede utilizar para su revestimiento placas de concreto hidráulico prefabricadas o fundidas en el lugar, concreto simple fundido en sitio o mezcla asfáltica” (Orellana, 2014).

#### Alcantarillas

“Son los conductos que se construyen por debajo de la subrasante de un camino u otras obras viales, con el objetivo de evacuar las aguas superficiales y profundas, en las obras de drenaje transversal están comprendidas las alcantarillas, estas pueden ser de distintos tipos de materiales, de concreto, metal corrugado o de material plástico. Un cronograma de mantenimiento debe ser establecido para que las alcantarillas y cunetas de drenaje, sean inspeccionadas periódicamente y limpiadas de material cuando estén obstruidas” (Orellana, 2014).

“Las recomendaciones técnicas para la construcción de las alcantarillas son las siguientes:

Diámetro mínimo 30”.

Pendiente de la tubería de 2 a 3 %, la cual se puede aumentar según la topografía del terreno.

- a) Compactar inicialmente los lados, sin tocar la tubería.
- b) La compactación sobre la tubería se debe hacer cuando se tenga una capa de 20 centímetros, sobre su corona.

- c) Preparar la zanja de la alcantarilla con un ancho igual al diámetro externo de la tubería más 30 centímetros como mínimo, a ambos lados.
- d) Cimentar la alcantarilla a una profundidad igual al diámetro externo de la tubería más 60 centímetros mínimo, de relleno sobre la corona de la tubería.
- e) Construir adecuadamente la cama en la cual se cimentará la tubería” (Orellana, 2014).

“Con el fin de garantizar el perfecto funcionamiento de las alcantarillas se debe verificar lo siguiente:

- a) Alineamiento horizontal y vertical.
- b) Posibles problemas de erosión y sedimentación.
- c) Capacidad hidráulica de la tubería.
- d) Agrietamientos de las paredes de la tubería” (Orellana, 2014).

#### Cabezales

“Son las estructuras de concreto ciclópeo, mampostería de piedra, mampostería de ladrillo, colocadas en los extremos de las alcantarillas, en la entrada y en la salida, para encauzar el agua y protección del camino. Para el buen funcionamiento de los cabezales y garantizar su vida útil se deben seguir las siguientes consideraciones técnicas:

- a) Las dimensiones de los cabezales deben ser tales que impidan el deslizamiento de los taludes inmediatos hacia el canal de la corriente
- b) La excavación requerida debe quedar prevista, durante la colocación de las alcantarillas
- c) La altura de los cabezales y demás dimensiones dependen además de la profundidad a la cual se encuentra el terreno firme, o de la necesidad de dar consistencia al talud inmediato, en la salida de la alcantarilla

- d) La construcción se debe realizar inmediatamente después de la colocación de las alcantarillas; con el fin de evitar el desacomodo de los tubos” (Orellana, 2014).

### Subdrenaje

“Son los drenajes de aguas subterráneas, que se construyen de tuberías perforadas, geotextiles y materiales pétreos para filtro, geo compuestos o simplemente materiales pétreos, el cual se conoce como drenaje francés. Para la construcción del filtro se acostumbra el uso de un material granular uniforme de mayor capacidad filtrante, como: piedra, ductos porosos o perforados, geotextiles o la combinación de algunos de estos componentes” (Orellana, 2014).

“El subdrenaje será conformado por una zanja de sesenta centímetros de ancho y una profundidad condicionada a la situación requerida. Esta profundidad deberá ser mayor de un metro. Sobre el suelo de la zanja se colocan quince centímetros de material granular sobre el cual descansará un tubo perforado de 6” de diámetro. Luego el tubo será recubierto por el mismo tipo de material granular. Este subdrenaje capta el flujo lateral que emerge hacia la parte superior de la capa de rodadura” (Orellana, 2014).

Es preciso recalcar la importancia del conocimiento tanto de la profundidad, como del material a utilizar, para que el subdrenaje capte como se requiere.

### Estructura que conforma un camino rural

#### Subrasante

“Es la línea trazada en perfil que define los volúmenes de corte o relleno que conformarán las pendientes del terreno, a lo largo de su trayectoria, la subrasante está ubicada debajo del balastro en proyectos de terracería. Un buen criterio para diseñar la subrasante es obtener la más económica” (Orellana, 2014).

“Subrasante se denomina al suelo que sirve como fundación para todo el paquete estructural de un pavimento. En la década del 40, el concepto de diseño de pavimentos estaba basado en las propiedades ingenieriles de la subrasante. Estas propiedades eran la clasificación de suelos, plasticidad, resistencia al corte, susceptibilidad a las heladas y drenaje. Desde las postrimerías de la década del 50, se puso más énfasis en las propiedades fundamentales de la subrasante y se idearon ensayos para caracterizar mejor a estos suelos” (libro-pavimentos.blogspot.com, 2010).

#### Carpeta de rodadura

“Las terracerías del camino pueden reunir características favorables para ser utilizadas como superficie de rodamiento, ya sea en su estado natural, o bien, mezcladas con algún material que, modificando sus características, las hagan aceptables como superficies de rodamiento. Sin embargo, estas condiciones son excepcionales por lo que en general se requiere protegerlas, a fin de que, bajo la acción del tránsito y las precipitaciones pluviales, no experimenten un rápido deterioro. Esta protección se efectúa mediante una capa de balasto de espesor variable; entre diez a veinticinco centímetros, para lo cual se utilizan materiales seleccionados de acuerdo con las especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes de la Dirección General de Caminos” (Orellana, 2014).

#### Balastro

“Es el material adecuado, que cumpla con especificaciones según el laboratorio de suelos. El cual se coloca sobre la subrasante terminada de una terracería, con el objetivo de protegerla y que sirva de superficie de rodadura, para permitir el libre tránsito durante todas las épocas del año. Este se compone de un material bien graduado, es decir, que consta de material fino y grueso” (Orellana, 2014).

“Anteriormente se colocaba el balastro directamente sobre la terracería del camino, lo cual ocasionaba frecuentemente la incrustación del balastro por ascensión de material fino o ambas cosas, cuando el material constituyente de dichas terracerías era fino

como limos o arcillas. La práctica anterior unida a la compactación insuficiente, era común que en las terracerías de los caminos rurales se produjeran muchas veces problemas de estabilidad, sobre todo si se piensa que el balastro, por su naturaleza muy permeable permitía el paso del agua hacia las terracerías” (Orellana, 2014).

“Es un material clasificado que se coloca sobre la subrasante terminada de un camino, con el objetivo de protegerla y de que sirva de superficie de rodadura.

Características necesarias para el balasto:

- a) Debe ser de calidad uniforme y estar exento de residuos de madera, raíces o cualquier material perjudicial o extraño.
- b) Debe tener un peso unitario suelto, no menor de 1,450 Kg/m<sup>3</sup> determinado por la Norma AASHTO T19.
- c) El tamaño máximo del agregado grueso del balasto, no debe exceder 2/3 del espesor de la capa y en ningún caso debe ser mayor de 100 milímetros” (Orellana, 2014).

“Para la colocación del balasto no se debe dejar de cubrir la subrasante, en una longitud mayor de 2 kilómetros.

El espesor total de la capa de balasto no debe ser menor de 100 milímetros ni mayor de 250 milímetros” (Orellana, 2014).

“Cuando la capa de balasto se deba colocar sobre una subrasante existente, esta debe ser previamente conformada, escarificada y compactada superficialmente.

Las capas de balasto se deben compactar como mínimo al 95 % de la densidad máxima determinada por el método AASHTO T 180.

La capa debe ser nivelada con equipo apropiado para asegurar una compactación uniforme” (Orellana, 2014).

## Fallas comunes en los caminos

### Falla

Condiciones que se presentan en la estructura del camino desde la capa de rodadura hasta la subrasante, cuando este pierde las características de servicio para las que fue diseñado (Hun, 2003).

### Tipos de fallas

#### Falla estructural

“Es una deficiencia del pavimento que ocasiona, de inmediato o posteriormente, una reducción en la capacidad de carga de este. En su etapa más avanzada la falla estructural se manifiesta en la obstrucción generalizada del pavimento, a la que se asocia precisamente el índice de servicio, no necesariamente implica una falla estructural inmediata, ya que lo primero es consecuencia de su incapacidad para soportar las cargas del proyecto” (Villacinda, 2016).

“La identificación de una falla, que es definir su tipo y la causa que lo ha provocado, a veces una cosa relativamente sencilla y obvia para personas experimentadas en el ramo de la construcción de carreteras. En otros casos es necesario llevar a cabo un reconocimiento completo de la zona fallada, que abarque las distintas partes que forman la estructura de la obra y hacer una serie de estudios y sondeos, recabar antecedentes de la construcción. Para así definir el origen de los deterioros y corregir oportunamente” (Villacinda, 2016).

“Las fallas las podemos clasificar tomando en cuenta el elemento estructural donde se originan:

- a) Fallas atribuidas a la carpeta.
- b) Fallas originadas en la interface, carpeta – base como consecuencia de una interacción inadecuada, esto es, un mal acoplamiento entre el material base y la carpeta.

- c) Fallas originadas en la base, sub – base o terracerías, como consecuencia de la inestabilidad de una o varias de estas capas.
- d) Fallas originadas por la repetición de cargas.
- e) Fallas ocasionadas por los agentes climatológicos.
- f) Fallas ocasionadas por hormigueros.
- g) Fallas ocasionadas por madrigueras de algunos animales” (Villacinda, 2016).

#### Falla Funcional

“Los aspectos más importantes del pavimento que intervienen en el valor del índice de servicio actual son:

- a) Las ondulaciones longitudinales.
- b) Las deformaciones transversales.
- c) La textura de la superficie.
- d) El porcentaje de baches y áreas reparadas” (Villacinda, 2016).

“La falla funcional en sí, consiste en deficiencias superficiales del pavimento a las que se asocian precisamente el índice de servicio, que afectan en mayor o menor grado la capacidad del camino en proporcionar al usuario un tránsito cómodo y seguro” (Villacinda, 2016).

Los dos tipos de fallas no están necesariamente relacionados, pero pueden establecerse que cuando se presenta una falla estructural, también ocurrirá en un plazo más o menos corto la falla funcional. “En ocasiones una falla funcional que no se atiende a su debido tiempo puede también conducir a una falla estructural” (Biblioteca central univesitario, s.f.)

## Deterioro de vehículos

### Deterioro

La palabra deterioro tuvo su origen etimológico en el latín “deteriorare”, derivado del adjetivo “deterior” con el significado de peor. “El deterioro es el desgaste que se produce por obra del uso, de fenómenos climáticos, accidentes, hechos voluntarios, o del paso del tiempo que afecta tanto a las cosas animadas como inanimadas.

El deterioro es un concepto negativo que indica que la apariencia o la función de algo o alguien es menor con referencia a otro estado anterior” (Riveros & Gaitan, 2019).

El deterioro puede ser súbito o repentino, y quedar en ese estado; o ser progresivo, lo que hace que cada vez esté el objeto o sujeto más estropeado. “En el caso específico de un vehículo, el motor, la batería, la bomba o los inyectores diésel son algunos de los elementos que más se deterioran con el uso y el paso del tiempo. No obstante, un indebido mantenimiento del vehículo, las condiciones adversas, y sobre todo el mal estado de los caminos, son factores que aceleran el origen de las averías” (Economista.es, 2018).

Si no se les presta atención a los vehículos, el deterioro aumenta. Esto provoca averías que en muchas ocasiones no tienen una solución rápida y económica.

### Neumáticos

“Es el único elemento del coche que está directamente en contacto con la capa de rodadura, por lo que son los primeros en verse afectados por una superficie en mal estado. Los problemas derivados de esta causa son:

- a) Desgaste prematuro.
- b) Mayor riesgo de sufrir un 'reventón' al topar con un bache, lo que terminará produciendo el conocido 'llantazo'. En este caso, la propia llanta puede llegar a deformarse” (Economista.es, 2018).

- c) Mayor riesgo de sufrir un 'reventón' al topar con un bache, lo que terminará produciendo el conocido 'llantazo'. En este caso, la propia llanta puede llegar a deformarse” (Economista.es, 2018).

### Suspensión

“Es una de las partes del automóvil que más sufre sobre carreteras en mal estado. Si acostumbra a circular sobre vías indebidamente asfaltadas, debe prestar especial atención al mantenimiento en general y al cambio de amortiguadores en especial, ya que sus componentes están pensados para absorber las irregularidades de la capa de rodadura” (Economista.es, 2018).

### Transmisión

“Es el sistema encargado de transmitir el movimiento del motor a las ruedas motrices, y presentará los siguientes desperfectos:

Deterioro de las juntas homocinéticas-desgaste de la transmisión.

Deformación de los rodamientos de las ruedas” (Economista.es, 2018).

### Dirección

“Las manos del conductor controlan directamente este elemento, que transmite 'sus deseos' a las ruedas. En caso de que la carretera esté en malas condiciones, provocará: Holguras en la rótula de dirección.

Pérdida de paralelismo en las ruedas” (Economista.es, 2018).

“Aunque no afecta a nuestra seguridad, es algo muy molesto que tendremos que ‘soportar’ cada vez que utilicemos el vehículo. Conducir por pavimentos deteriorados provocará la pronta aparición de ruidos y vibraciones provocarán el desajuste de los sistemas de fijación de varios elementos, como el salpicadero, las puertas y ventanas, etcétera” (Economista.es, 2018).

### Mantenimiento de caminos rurales

“Una vez que se ha ejecutado un diseño apropiado de un camino, el mantenimiento apropiado del mismo es necesario, para que dicho camino funcione de acuerdo al diseño. El mantenimiento es un conjunto de tareas de limpieza, reemplazo y reparación que se realizan de manera regular y ordenada en una carretera, para asegurar su buen funcionamiento y la prolongación de su vida de servicio” (Orellana, 2014).

“Se deben realizar este tipo de actividades para dotar a una carretera existente de mejores condiciones físicas y operativas de las que disponía anteriormente, para ampliar su capacidad o simplemente ofrecer un mejor nivel de servicio. A continuación se dan una serie de especificaciones para el mantenimiento vial de los caminos rurales, las especificaciones son normas generales y técnicas de mantenimiento, contenidas en un documento, las cuales se aplican en las actividades y en las obras de mantenimiento” (Orellana, 2014).

### Limpieza del derecho de vía, reconfiguración de cunetas y remoción de derrumbes menores en terracería

“En este trabajo se realiza el corte de maleza, recolección, extracción y remoción de todo tipo de basura o desecho que se encuentre dentro del derecho de vía, en un ancho mínimo de dos metros a cada lado de la vía hasta donde exista cerco o lindero de propiedad, conformación a mano de cunetas y remoción de derrumbes menores. No es aplicable cuando exista proyecto de limpieza en el tramo al cual se le está dando mantenimiento” (Orellana, 2014).

“Si el derrumbe cubre parte de la superficie de rodamiento, se debe remover el mismo con equipo mayor. Los materiales, basura y desperdicios deben ser retirados del lugar y depositados en sitios autorizados, donde no puedan ser arrastrados al sistema de drenaje de la vía. En caso de suelos orgánicos o materiales vegetales, estos pueden ser

depositados sobre los taludes de los rellenos a fin de aprovechar este material como abono orgánico, para el crecimiento de plantas que puedan protegerlos contra la erosión. No se permite la incineración de maleza o basuras producto del corte y limpieza, para controlar el crecimiento de maleza” (Orellana, 2014).

#### Bacheo manual en terracería

“Esta actividad de conservación de un camino rural consiste en corregir puntos críticos o puntuales en la superficie de rodamiento, agregando balastro. El bacheo también se puede usar para reparar zonas desgastadas o erosionadas, o se puede usar para restaurar zonas que se reblandecen durante el invierno. En este tipo de mantenimiento se pretende reparar zonas pequeñas del camino que presentan grandes dificultades al transitar. El bacheo se usa para corregir, hundimientos profundos, ahuellamientos, reblandecimientos, surcos por erosión, entre otros” (Orellana, 2014).

“El bacheo se debe realizar siempre que aparezcan asentamientos u otra deficiencia en la superficie de rodadura, que no permita la buena circulación del tránsito, o que provoquen la acumulación de agua en la superficie de rodadura. El material balastro se debe descargar a mano, o es volcado en el hombro adyacente al lugar donde es necesario el bacheo. No se debe dejar material sobre el camino. El material suelto y el agua estancada, ubicados en el bache deben ser eliminados” (Orellana, 2014).

“Los baches que sean muy grandes y muy profundos se deben recortar para que tengan sus paredes verticales, y estas deben llegar a material sano. El contenido de humedad del material se puede verificar con pruebas de laboratorio. El llenado del bache se hace en capas, de espesor no mayor de 15 centímetros cada una. Para finalizar el área bacheada se llena por igual con el balastro, hasta un nivel de unos 3 centímetros por encima del nivel de la superficie y se reparte y rastrilla hasta dejarlo en forma correcta” (Orellana, 2014).

“El bache se compacta con el rodillo o con el apisonador mecánico, para dar una superficie que esté ligeramente por encima del nivel de la parte de camino circundante. Se debe tener presente que un bache no se debe dejar abierto durante la noche por ningún motivo” (Orellana, 2014).

#### Limpieza de estructuras de drenaje

“Este trabajo consiste en la recolección, extracción y remoción de todo tipo de basura o desecho, que se encuentre depositado dentro de todas las alcantarillas y sus cajas, desfogues y puentes, existentes” (Orellana, 2014).

“Frecuentemente la limpieza puede ser realizada con mano de obra y herramientas manuales, pero si hay razones especiales donde sea necesario, algún tipo de equipo mecánico debe ser utilizado. Los materiales, basura y desperdicios deben ser retirados del lugar y depositados en sitios autorizados; donde no puedan ser arrastrados al sistema de drenaje de la vía. Se debe tomar en cuenta que no se permite la incineración del producto de la limpieza” (Orellana, 2014).

#### Reparación de zonas inestables

“Consiste en la reconstrucción de aquellas zonas que, por cualquier razón, presenten problemas de inestabilidad de manera puntual a lo largo de la carretera, dicha reconstrucción debe realizarse excavando todo el material inestable del área a reparar y sustituyendo el material excavado, por un material seleccionado y extraído de un banco de préstamo, cuyas características mejoren las condiciones previamente existentes y compactándolo hasta obtener la estabilidad necesaria. El material utilizado es seleccionado, que puede ser balastro y/o piedra, de características aceptables, el cual se obtiene en los lugares cercanos al camino” (Orellana, 2014).

“Se procede a la ejecución de la excavación y retiro de todo el volumen de material inestable, hasta la profundidad en donde se encuentre una superficie lo

suficientemente rígida, para asegurar la estabilidad deseada. Cuando se termina la excavación, se procede a compactar la superficie del área excavada por la presencia de materiales sueltos y proporcionar con ello, una fundición lo suficientemente sólida al material de reemplazo, para asegurar que esto se cumple, se deben realizar pruebas de carga usando un camión cargado o cualquier otro equipo disponible” (Orellana, 2014).

“Luego se debe comenzar el proceso de relleno de la zona de trabajo con el material que ha sido aprobado, y esta operación se debe hacer esparciendo y humedeciendo capas de espesor uniforme, cuya dimensión esté de acuerdo a la capacidad de compactación del equipo disponible para ello. Durante el proceso de relleno deben realizar pruebas de laboratorio para identificar con ellas la densidad en el sitio del mismo, se pueden realizar repeticiones de las pruebas de cargas cuantas veces sea necesario, en la medida que el relleno del área avance en altura hasta llegar a la cota final fijada, y esta debe coincidir con los niveles de la superficie de rodadura existente” (Orellana, 2014).

“Cuando se está desarrollando esta actividad y la inestabilidad haya sido provocada por la presencia de aguas superficiales, se debe proporcionar el avenamiento necesario para evitar la saturación del área en cuestión y construir los canales necesarios, para asegurar que el drenaje persistirá aun después de que el trabajo haya sido concluido. Cuando la inestabilidad haya sido provocada por la presencia de aguas subterráneas, se debe construir un subdrenaje, el cual, en este caso sería necesario” (Orellana, 2014).

#### Conformación

“Este trabajo consiste en conformar la superficie de rodadura y cunetas en caminos rurales no pavimentados, que posean como mínimo 15 centímetros de espesor de balasto existente, cuyo objetivo es mantener el perfil del camino en condiciones de transitabilidad” (Orellana, 2014).

“Comprende los trabajos que se describen a continuación:

Escarificación, homogenización, conformación, compactación y afinamiento de la superficie de rodadura. Se debe escarificar, mezclar, regar con agua para alcanzar la humedad óptima y conformar para obtener el bombeo especificado en la sección típica aprobada. La escarificación se hará de 15 centímetros como mínimo, cuando el espesor de balasto existente sea de ese espesor o mayor. Una vez realizada la escarificación, todas las partículas mayores de tres pulgadas existentes en el material suelto deberán ser eliminadas” (Orellana, 2014).

“El material resultante se debe mezclar, humedecer, conformar, afinar y compactar hasta obtener una densidad mínima del 95 % respecto a la densidad máxima. Se deberá realizar un tramo de prueba al inicio de los trabajos de conformación de al menos 500 metros de longitud, en el cual se contabilizará el número de pasadas que se requieren, de acuerdo al equipo que se está utilizando para alcanzar los valores especificados de compactación. Se deben realizar las pruebas de laboratorio para los chequeos de densidad en tres puntos alternos en este tramo de prueba, se puede realizar en las orillas del camino, y al centro del mismo” (Orellana, 2014).

“La conformación de la superficie de rodadura, se ejecutará acomodándose a las dimensiones de la sección existente del camino como son el alineamiento, las pendientes, bombeo y peraltes. El bombeo será de un 3 a un 5 %. Conformación, construcción o reconstrucción y limpieza de cunetas. Debe realizarse de acuerdo a las dimensiones de la sección típica especificada. Deben conformarse y limpiarse las cunetas existentes para permitir el libre paso de las aguas y deben construirse cunetas donde no existan” (Orellana, 2014).

“Deberán reconstruirse cunetas en los sitios en que las cunetas originales, estén deformadas o no cumplan con las dimensiones indicadas en la sección típica seleccionada. Donde existan cunetas erosionadas o azolvadas, que no cumplan con la

profundidad de las cunetas que aparecen en la sección típica seleccionada, se deberán reconstruir con el equipo adecuado” (Orellana, 2014).

“Durante el proceso constructivo o reconstrucción de las cunetas erosionadas, el material a agregarse deberá ser aprobado según especificaciones y deberá humedecerse a la humedad óptima y compactarse, hasta lograr una densidad mínima del 95 %, mediante el ensayo Proctor modificado. La construcción o reconstrucción de cunetas erosionadas debe hacerse en forma conjunta con la construcción o mejoramiento del resto de la superficie de rodadura, considerando ambas como un solo cuerpo para la definición correcta de la sección típica especificada” (Orellana, 2014).

#### Reposición de capa de balastro

“El balastro es un material clasificado o triturado que se coloca sobre la subrasante terminada de una carretera, con el objetivo de protegerla y que sirva de superficie de rodadura. Este material se coloca en todos aquellos tramos donde se haya perdido la capa de revestimiento, con que fue construido el camino originalmente. Este tipo de trabajo consiste en el suministro, transporte, acarreo, escarificación de la superficie, donde se colocará y colocación del material de préstamo con la humedad requerida, homogenización o mezcla su conformación, humedecimiento, compactación y afinamiento de la superficie de rodadura incluyendo cunetas” (Orellana, 2014).

#### Pavimento

“Un pavimento es una estructura cuya función fundamental es distribuir las cargas concentradas de las ruedas de los vehículos, de manera que el suelo subyacente pueda soportarlas sin falla o deformación excesiva. Las condiciones que debe reunir un pavimento son: una superficie lisa, no resbaladiza, que resista la intemperie y finalmente debe proteger al suelo de la pérdida de sus propiedades, por efecto del sol, las lluvias y el frío” (Gaspar, 2010).

“Es toda estructura que descansa sobre el terreno de fundación o subrasante, formado por las diferentes capas que lo constituyen, las cuales son subbase, base y carpeta de rodadura. Tiene el objetivo de distribuir y transmitir adecuadamente las cargas generadas por el tránsito, de tal forma que las capas inferiores no se deformen de manera inadmisibles, al menos durante el período de diseño adoptado y bajo cualquier condición meteorológica. Además de sus características de resistencia, el pavimento debe poseer propiedades que garanticen la seguridad y comodidad de los usuarios de forma duradera” (Gaspar, 2010).

“El funcionamiento de los pavimentos apoyados continuamente sobre el suelo está estrechamente ligado a las propiedades del mismo, por lo tanto, el diseño de estos pavimentos está íntimamente ligado a los principios y procedimientos de la mecánica de suelos” (Gaspar, 2010).

#### Tipos de pavimentos

“Históricamente hay dos tipos clásicos de pavimento, el rígido y el flexible, siendo la principal diferencia entre los dos. la forma en que distribuyen la carga” (Gaspar, 2010).

#### Pavimentos flexibles

“Este tipo de pavimentos está constituido por asfaltos en los cuales, la carpeta de rodadura produce una mínima distribución de cargas. Éstas se distribuyen por el contacto de partícula a partícula, en todo el espesor del pavimento como una carga puntual” (Gaspar, 2010).

#### Pavimentos rígidos

“Un pavimento rígido consta de una losa de concreto de cemento Portland que se apoya sobre una capa de sub-base (se puede omitir esta última capa cuando el material de la subrasante es granular). La losa posee características de viga que le permiten

extenderse de un lado a otro de las irregularidades en el material subyacente. Cuando se diseñan o construyen con propiedad, los pavimentos rígidos proporcionan muchos años de servicio con un mantenimiento relativamente bajo” (Gaspar, 2010).

“El pavimento es una estructura que descansa sobre la subrasante o terreno de fundación, conformada por las diferentes capas de sub-base, base y carpeta de rodadura. Tiene como objetivo distribuir las cargas unitarias del tránsito sobre el suelo para disminuir su esfuerzo, proporcionando una superficie de rodadura suave para los vehículos y que proteja al suelo de los efectos adversos del clima, los cuales afectan su resistencia y durabilidad” (Gaspar, 2010).

“Para determinar el espesor de la losa, es necesario conocer los esfuerzos combinados de la subrasante y la base ya que mejoran la estructura del pavimento rígido. El éxito de un diseño de pavimento rígido se basa en un buen estudio de suelos, ya que estos nos dan como resultado la capacidad de absorber esfuerzo de deformación y valor soporte tanto de la sub-base como los de la base y así poder diseñar el espesor adecuado de la carpeta de rodadura del pavimento rígido” (Gaspar, 2010).

“Un pavimento rígido consiste básicamente en una losa de concreto simple o armado, apoyada directamente sobre una base o subbase. La losa, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen sobre el pavimento lo que produce una buena distribución de las cargas de rueda, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante. se compone de losas de concreto hidráulico que en algunas ocasiones presenta un armado de acero, tiene un costo inicial más elevado que el flexible, su periodo de vida varía entre 20 y 40 años” (alicaresp.com, 2019).

## Estructura del pavimento rígido

### Subrasante

“Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño” (Gaspar, 2010).

“El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad, por consiguiente, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante” (Gaspar, 2010).

“La subrasante es el soporte natural, preparado y compactado, en la cual se puede construir un pavimento. La función de la subrasante es dar un apoyo razonablemente uniforme, sin cambios bruscos en el valor soporte, es decir, mucho más importante es que la subrasante brinde un apoyo estable a que tenga una alta capacidad de soporte. Por lo tanto, se debe tener mucho cuidado con la expansión de suelos” (alicaresp.com, 2019).

“Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño” (alicaresp.com, 2019).

### Sub-base

“Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la sub-base.

La sub-base debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento” (Gaspar, 2010).

“La capa de subbase es la porción de la estructura del pavimento rígido, que se encuentra entre la subrasante y la losa rígida. Consiste de una o más capas compactas de material granular o estabilizado; la función principal de la subbase es prevenir el bombeo de los suelos de granos finos. La subbase es obligatoria cuando la combinación de suelos, agua, y tráfico pueden generar el bombeo. Tales condiciones se presentan con frecuencia en el diseño de pavimentos para vías principales y de tránsito pesado” (alicaresp.com, 2019).

“Cumple una cuestión de economía ya que nos ahorra dinero al poder transformar un cierto espesor de la capa de base a un espesor equivalente de material de sub-base (no siempre se emplea en el pavimento), impide que el agua de las terracerías ascienda por capilaridad y evitar que el pavimento sea absorbido por la subrasante. Deberá transmitir en forma adecuada los esfuerzos a las terracerías” (alicaresp.com, 2019).

### Base

“Para el pavimento de concreto no es común, pero podría darse el caso en situaciones extremas. En ese caso la base constituye la capa intermedia entre la sub-base y la carpeta de rodadura y utiliza materiales granulares de excelente graduación” (Gaspar, 2010).

“Constituye la capa intermedia entre la capa de rodamiento y la subbase. Esta capa permite reducir los espesores de carpeta, dada su función estructural importante al reducir los esfuerzos cortantes que se transmite hacia las capas inferiores. Además, cumple una función drenante del agua atrapada dentro del cuerpo del pavimento” (Gaspar, 2010)

“Estas bases pueden ser de materiales granulares tales como piedra o grava triturada, de arena y grava, de mezcla o estabilizaciones mecánicas de suelos y agregados, o bien suelo-cemento o estabilización con cal, e inclusive de productos bituminosos y agregados pétreos. Entre las principales funciones de la base se encuentran:

- a) Prevenir el bombeo
- b) Ayudar a controlar los cambios de volumen (hinchamiento y retracción) en suelos de las capas inferiores susceptibles a sufrir este tipo de cambios.
- c) Proporcionar una superficie uniforme para el soporte de la carpeta de rodadura.
- d) Aumentar la capacidad estructural del pavimento” (Gaspar, 2010)

“Es la capa de material que se construye sobre la subbase. los materiales con los que se construye deben ser de mejor calidad que los de la subbase y su función es la de tener la resistencia estructural para soportar las presiones transmitidas por los vehículos. Tener el espesor suficiente para que pueda resistir las presiones transmitidas a la sub base. Aunque exista humedad la base no debe de presentar cambios volumétricos perjudiciales” (alicaresp.com, 2019).

#### Carpeta de rodadura

“Es la capa sobre la cual se aplican directamente las cargas del tránsito. Se coloca encima de la base o sub-base y está formada por una mezcla bituminosa, si el pavimento es flexible. Si es pavimento rígido o por adoquines, un pavimento semiflexible, está formada por una losa de concreto de cemento Portland. Esta capa protege a las capas inferiores de los efectos del sol, las lluvias y las heladas. Además,

resiste con un desgaste mínimo los esfuerzos producidos por el tránsito” (Gaspar, 2010).

“Es la capa superior de la estructura de pavimento, construida con concreto hidráulico, por lo que, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, más que en la capacidad de la subrasante, dado que no usan capa de base. La losa es de concreto de cemento portland. El factor mínimo de cemento debe determinarse en base a ensayos de laboratorio y por experiencia previas de resistencia y durabilidad. Se deberá usar concreto con aire incorporado donde sea necesario proporcionar resistencia al deterioro superficial debido al hielo-deshielo, a las sales o para mejorar la trabajabilidad de la mezcla” (alicaresp.com, 2019).

#### Juntas transversales y longitudinales

“Es necesario para controlar la fisuración en la losa y permitir el movimiento relativo entre paños adyacentes. Las juntas son longitudinales y transversales y tienen el rol de inducir fisuras por contracción del concreto, aislar el movimiento de los paños de elementos ajenos al pavimento, como buzones, por ejemplo, y siendo incluso parte del procedimiento constructivo” (Gaspar, 2010).

“La función de las juntas consiste en mantener las tensiones de la losa provocadas por la contracción y expansión del pavimento dentro de los valores admisibles del concreto; o disipar tensiones debidas a agrietamientos inducidos debajo de las mismas losas. Son muy importantes para garantizar la duración de la estructura, siendo una de las pautas para calificar la bondad de un pavimento. Por otro lado, deben ser rellenadas con materiales apropiados, utilizando técnicas constructivas específicas. En consecuencia, la conservación y oportuna reparación de las fallas en las juntas son decisivas para la vida útil de un pavimento” (alicaresp.com, 2019).

“De acuerdo a su ubicación respecto de la dirección principal o eje del pavimento, se denominan como longitudinales y transversales. Según la función que cumplen se les denomina de contracción, articulación, construcción expansión y aislamiento. Según la forma, se les denomina, rectas, machimbradas y acanaladas” (alicaresp.com, 2019).

#### Texturizado

“El objetivo de texturizar la superficie del concreto es entregarle al pavimento las cualidades necesarias para el contacto pavimento – neumático que permita el tránsito de los vehículos en condiciones seguras. Pueden ser de dos tipos: micro y macro texturizado. El micro texturizado es el que se logra aplicando una llana húmeda sobre la superficie del pavimento. El macro texturizado se logra mediante herramientas mecánicas, como peines con cerdas metálicas o aparatos más sofisticados que pueden ser incorporados en el tren de pavimentado” (Gaspar, 2010).

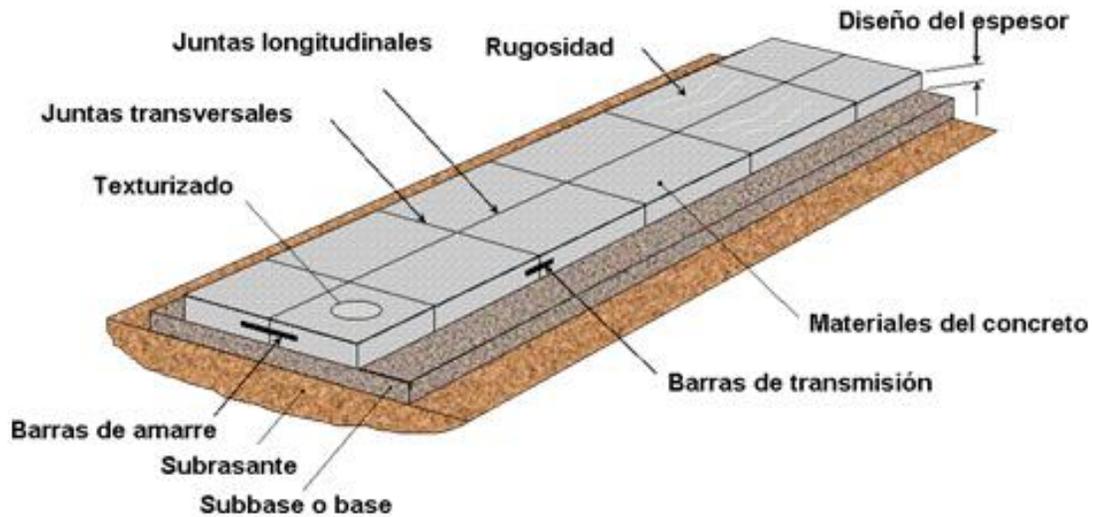
#### Barras de amarre

Son barras de acero corrugadas que controlan el movimiento lateral de los carriles, las mismas que sirven de anclaje. Las barras de amarre en los pavimentos de concreto, son varillas de acero de refuerzo corrugado colocadas en las juntas longitudinales del pavimento y a la mitad del espesor, para proveer unidad estructural entre las losas adyacentes del pavimento y evitar que la junta longitudinal se separe (AASHTO, 1993).

#### Barras de transmisión

Los pasadores son barras de acero lisas y con los bordes redondeados que se colocan en el plano perpendicular al corte de la junta transversal. Deben estar centrados con respecto al espesor de la losa y permitir el movimiento entre paños adyacentes, no deben restringir su movimiento (AASHTO, 1993).

Imagen No. 1. Estructura del pavimento según la AASHTO 93, 98 Y PCA 84



*Fuente:* Tesis Diseño del Pavimento Rígido del camino que conduce a la aldea el Guayabal, municipio de Estanzuela del departamento de Zacapa, 2010

### Estudios para un proyecto de pavimento rígido

Para que un proyecto de pavimento rígido cumpla con las condiciones óptimas y el diseño sea acorde al lugar es importante realizar estudios básicos, antes y durante la ejecución de la obra, el cual se detalla a continuación (Roger, 2010).

### Levantamiento topográfico

“La planimetría y altimetría son bases fundamentales para todo tipo de proyecto vial, en su aplicación determinamos la libreta de campo y planos para obtener las condiciones necesarias del lugar de ejecución del proyecto. Cuando se prepara un levantamiento topográfico, la regla fundamental es proceder de lo general a lo particular. Se debe tener presente el trabajo en su conjunto cuando se dan los primeros pasos. Los diferentes tipos de levantamientos topográficos requieren precisiones

diversas, pero es importante determinar con la mayor precisión posible los primeros puntos de cada levantamiento” (Roger, 2010).

“Es una herramienta muy importante para la realización de cualquier trabajo de edificación. El levantamiento topográfico permite elaborar con precisión un mapa del terreno. Y en él situar los puntos y marcas que sirven como guía a la construcción. Pero también puede ser de gran utilidad en trabajos arqueológicos. Para tener un conocimiento detallado y preciso de la dimensión y los elementos que pueden encontrarse en un yacimiento” (globalmediterranea.es, 2020).

“Así pues, podemos decir que el levantamiento topográfico es un término que utilizamos para referirnos al estudio técnico y descriptivo de un terreno. Consiste básicamente en la recopilación de datos para poder realizar, con posterioridad, un plano que refleje con exactitud los elementos y parámetros del terreno sobre el que queremos actuar. Por un lado, el levantamiento topográfico describe la planimetría del terreno. Es decir, las posiciones relativas a varios puntos en el plano horizontal. Y por otro, la nivelación directa, la altura entre varios puntos tomando como referencia el plano horizontal” (globalmediterranea.es, 2020).

### Planimetría

“En el área de la topografía podemos encontrar muchos instrumentos de gran importancia para el hombre. Al ser la ciencia que se encarga de estudiar los procesos para poder representar de forma gráfica la superficie de la tierra, detallando su forma para poder ubicarnos en un determinado lugar. Abarca todos los trabajos ejecutados para obtener la representación gráfica de un terreno, proyectado sobre un plano horizontal; por lo tanto, la planimetría está en dos dimensiones” (Roger, 2010).

## Altimetría

“La altimetría (también llamada hipsometría) es la rama de la topografía que estudia el conjunto de métodos y procedimientos para determinar y representar la altura o "cota" de cada punto respecto de un plano de referencia. Es la medición de la altura de una superficie de la tierra, con el fin de representarlas gráficamente, para que juntamente con la planimetría, se define la superficie en estudio, se representa en tres dimensiones” (Gaspar, 2010).

## Propiedades del trazo

### Curvas horizontales

“Una curva horizontal consta de una parte de un círculo tangente a dos secciones rectas sobre la alineación horizontal. De preferencia, el radio de una curva debe ser suficientemente grande como para que los conductores no se sientan forzados a disminuir la velocidad de sus vehículos. Sin embargo, ese radio no siempre es factible, a causa de que la alineación debe de combinarse en forma armoniosa con la topografía existente” (Figueroa, 2006).

### Curvas verticales

“Estas se usan como transición en donde la alineación vertical cambia el declive o pendiente. Las curvas verticales se diseñan para combinarse lo mejor que se pueda con la topografía existente, considerándose la velocidad especificada de diseño, los aspectos económicos y la seguridad. Las tangentes a una curva parabólica, conocidas como declives, pueden influir sobre el tráfico de muchas maneras; por ejemplo, pueden influir sobre la velocidad de los remolques con tractor grande y anular la distancia de visión” (Figueroa, 2006).

El criterio utilizado en este proyecto para determinar la longitud de las curvas verticales es el criterio de apariencia, se aplica el proyecto de curvas verticales con

visibilidad completa, o sea al de curvas cóncavas, para evitar al usuario la impresión de un cambio súbito de pendiente.

$$A = P_s - P_e$$

Donde:

$P_s$  = Pendiente de salida.

$P_e$  = Pendiente de entrada.

Ensayos de laboratorio de suelos

“En todo proyecto de pavimentación a realizar se debe tener conocimiento de las características del suelo. El diseño del pavimento se basa en los resultados de los ensayos de laboratorio efectuados con material de suelo del lugar del proyecto” (Gaspar, 2010).

Son procedimientos científicos que permiten caracterizar los suelos en función de sus propiedades físicas, químicas o mecánicas, para establecer una división sistemática, según similitud de caracteres físicos y propiedades mecánicas. Una adecuada clasificación permite una idea del comportamiento del suelo como cimiento de un pavimento. Los ensayos más utilizados que definen las principales propiedades de los suelos en carreteras son:

- a) Análisis granulométrico
- b) Límites de Atterberg
- c) Proctor estándar y modificado
- d) Determinación de la capacidad portante, mediante el índice de CBR

Ensayo de granulometría

“La granulometría es la propiedad que tienen los suelos naturales para demostrar diferentes tamaños en su composición. Este ensayo consiste en clasificar las partículas de suelo por tamaños, representándolos luego en forma gráfica. El conocimiento de la

composición granulométrica de un suelo grueso, sirve para discernir sobre la influencia que puede tener en la densidad del material compactado. El análisis granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad en porcentaje de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo” (Gaspar, 2010).

#### Límites de Atterberg

Pueden definirse como los límites de los contenidos de humedad que caracterizan los cuatro estados de consistencia de un suelo de grano fino: estado sólido, estado semisólido, estado plástico y estado semilíquido o viscoso. El límite entre los estados sólido y semisólido se denomina límite de retracción, el límite entre los estados semisólido y plástico se llama límite plástico y el límite entre los estados plástico y semilíquido, límite líquido. Sirven para determinar, las propiedades plásticas de suelos arcillosos o limosos. Los límites de Atterberg de los suelos, están representados por su contenido de humedad, y se conocen como: límite líquido y límite plástico (Gaspar, 2010).

#### Límite líquido

El límite líquido es una medida de la resistencia al corte del suelo a un determinado contenido de humedad. Las investigaciones muestran que el límite líquido aumenta a medida que el tamaño de los granos o partículas presentes en el suelo disminuyen. El procedimiento analítico para la determinación de este límite, se basa en la norma AASHTO T-89, teniendo como obligación hacerlo sobre una muestra preparada en húmedo. Se define como el contenido de agua necesario para que, a un determinado número de golpes (normalmente 25 golpes), se cierre a lo largo de una ranura formada en un suelo moldeado, cuya consistencia es la de una pasta dentro de la copa. Para ello se utiliza el aparato propuesto por Artur Casagrande, llamado la copa Casagrande (Gaspar, 2010).

### Límite plástico

“Es el estado límite de suelo ya un poco endurecido, pero sin llegar a ser semisólido. El límite plástico es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. A este nivel de contenido de humedad, el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al dar un fluido viscoso” (Gaspar, 2010).

### Índice plástico

“El índice plástico es el más importante y el más usado. Es simplemente la diferencia numérica entre el límite plástico y el límite líquido. Indica el margen de humedades dentro de las cuales se encuentra en estado plástico, tal como lo definen los ensayos. Si el límite plástico es mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se considera no plástico. Tanto el límite líquido como el límite plástico, dependen de la calidad y del tipo de arcilla. Sin embargo, el índice de plasticidad depende, generalmente, de la cantidad de arcilla en el suelo” (Gaspar, 2010).

“Cuando un suelo tiene un índice plástico (IP) igual a cero el suelo es no plástico; cuando el índice plástico es menor de 7, el suelo es de baja plasticidad; cuando el índice plástico está comprendido entre 7 y 17 se dice que el suelo es medianamente plástico; y cuando el suelo presenta un índice plástico mayor de 17 se dice que es altamente plástico” (Gaspar, 2010).

### Ensayo de compactación o Proctor

“Se entiende por compactación de los suelos al mejoramiento artificial de sus propiedades mecánicas por medios mecánicos. La importancia de la compactación de los suelos estriba en el aumento de resistencia y disminución de capacidad de deformación que se obtienen al sujetar al suelo a técnicas convenientes que aumenten su peso específico seco disminuyendo sus vacíos” (Gaspar, 2010).

“Para determinar la densidad máxima, se hace por el método Proctor. Este método consiste en la determinación del peso por unidad de volumen de un suelo que ha sido compactado por un procedimiento definido para diferentes contenidos de humedad y tiene dos formas de ensayo: Proctor Estándar y Proctor Modificado. Para carreteras en Guatemala se utiliza generalmente el Proctor Modificado, según AASHTO T-180. Éste sirve para calcular la humedad óptima de compactación, que es cuando alcanzará su máxima compactación” (Gaspar, 2010).

“La prueba de Proctor Modificado según la norma A.A.S.T.H.O. T-180, se refiere a la determinación del peso por unidad de volumen de un suelo que ha sido compactado por un procedimiento definido para diferentes contenidos de humedad. La prueba de Proctor reproduce en el laboratorio el tipo de compactación uniforme de la parte inferior hacia la superficie de la capa compactada. En todos los suelos, al incrementarse su humedad se aplica un medio lubricante entre sus partículas que permite un cierto acomodo de éstas cuando se sujetan a un esfuerzo de compactación” (Figueroa, 2006).

“Si se sigue incrementando la humedad empleando el mismo esfuerzo de compactación, se llega a obtener el mejor acomodo de las partículas del suelo, y por consecuencia el mayor peso volumétrico seco con cierta humedad llamada humedad óptima. A esta humedad deberá procurarse siempre efectuar la compactación en el camino, calle o aeropuerto o lugar de que se trate, ya que facilita el acomodo de las partículas con el menor trabajo del equipo de compactación. Si se aumenta o disminuye la humedad para llegar a obtener el mismo peso sería necesario aumentar el trabajo de las máquinas de compactación” (Figueroa, 2006).

“Si a partir de esta condición de humedad óptima y peso volumétrico seco se hacen incrementos de humedad, se provoca un aumento del volumen de los huecos, ocasionándose una sustitución sucesiva de partículas de suelo por agua, en virtud de

que el volumen de aire atrapado entre las partículas de suelo no puede ser disminuido apreciablemente con ese mismo esfuerzo de compactación, obteniéndose por tanto pesos volumétricos secos que van siendo menores a medida que la humedad aumenta” (Figueroa, 2006).

#### Ensayo de valor soporte CBR

“El ensayo conocido como Californian Bearing Ratio (CBR) es un índice de la resistencia del suelo al esfuerzo cortante, en condiciones determinadas de compactación y humedad. Se expresa como un porcentaje del esfuerzo requerido para hacer penetrar un pistón en el suelo que se ensaya, en relación con el esfuerzo requerido para hacer penetrar el mismo pistón hasta la misma profundidad de una muestra patrón de piedra triturada bien graduada. Generalmente se determina para 0.1” y 0.2” de penetración; es decir, dividiendo el esfuerzo para cada penetración entre un esfuerzo de 1000 PSI y uno de 1500 PSI respectivamente. De estos valores se usa el mayor, generalmente de 0.1” de penetración” (Gaspar, 2010).

#### Tránsito promedio diario

“El principal factor en la determinación del espesor de un pavimento es el tránsito promedio diario que pasará sobre éste. Por eso es necesario conocer los siguientes datos.

TPD: tránsito promedio diario en ambas direcciones de todos los vehículos.

TPDC: tránsito promedio diario de camiones en ambas direcciones, carga por eje de camiones.

El TPDC puede ser expresado como un porcentaje de TPD o como un valor aparte. El dato del TPD se obtiene de contadores especiales de tránsito o por cualquier otro método de conteo” (Gaspar, 2010).

“El período de diseño para un camino varía dependiendo, generalmente, de aspectos económicos. Un período de diseño muy largo podría incrementar los costos a tal punto

que sea mejor económicamente construir otro dispositivo durante este período. De esta forma se invertiría menos en dos dispositivos cuyos períodos de diseño sumen el período del primer dispositivo” (Gaspar, 2010).

#### Métodos de diseño de pavimento rígido

“Existen diversos métodos de diseño de pavimentos que se pueden clasificar en dos categorías: analíticos y empíricos. Los métodos analíticos se basan en la formulación de hipótesis previas, para posteriormente abordar cálculos de las tensiones y deformaciones producidas por las cargas del tránsito y por las variaciones térmicas y climáticas, comparando los resultados obtenidos con los admisibles en cada caso” (Fuentes, 2011).

“Los métodos empíricos proporcionan, para cada combinación posible de los factores básicos de dimensionamiento, soluciones que se han obtenido por acumulación de experiencias, sobre el comportamiento normal de los pavimentos, en tramos con tránsito real, tramos experimentales con tránsito especial o pistas de ensayos” (Fuentes, 2011).

#### Método AASHTO 93

Para calcular el espesor de la carpeta de rodadura, la fórmula de diseño del método AASTHO es la siguiente:

#### Fórmula de diseño del método AASHTO 93

(Coronado, 2002, p. 51).

En donde:

- a)  $W_{82}$  = número previsto de ejes equivalente de 8,2 toneladas métricas, equivalente a 18 000 libras o 82 kN.
- b)  $Z_r$  = desviación normal estándar.

- c)  $S_0$  = error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento.
- d)  $D$  = espesor de pavimento de concreto, en milímetros.
- e)  $\Delta PSI$  = diferencia entre los índices de servicio inicial y final.
- f)  $P_t$  = índice de serviciabilidad o servicio final.
- g)  $M_r$  = resistencia media del concreto (en megapascales) a flexotracción a los 28 días (método de carga en los tercios de la luz).
- h)  $C_{dx}$  = coeficiente de transmisión de cargas en las juntas.
- i)  $E_c$  = módulo de elasticidad del concreto, en megapascales.
- j)  $k$  = módulo de reacción, dado en megapascales sobre metro de la superficie (base, subbase o subrasante) en la que se apoya el pavimento de concreto (Coronado, 2002).

El procedimiento de diseño normal es suponer un espesor de pavimento e iniciar a realizar tanteos, con el espesor supuesto calcular los ejes equivalentes y posteriormente evaluar todos los factores adicionales de diseño, si se cumple el equilibrio en la ecuación, el espesor supuesto es el resultado del problema. En caso de no haber equilibrio en la ecuación se deberán seguir haciendo tanteos, tomando como valor el resultado del tanteo anterior (Coronado, 2002, p. 51).

#### Método PCA

Para el dimensionamiento del espesor de losas de un pavimento rígido la Portland Cement Association (PCA) ha elaborado dos métodos para el cálculo del espesor de pavimentos rígidos, el método de capacidad y el método simplificado (Coronado, 2002, p. 67).

Método de capacidad: es el procedimiento de diseño aplicado cuando hay posibilidades de obtener datos de distribución de carga por eje de tránsito. Este

método asume datos detallados por carga por eje, que son obtenidos de estaciones representativas (Coronado, 2002, p. 67).

Método simplificado: es aplicado cuando no es posible obtener datos de carga por eje y se utilizan tablas basadas en distribución compuesta de tráfico clasificado en diferentes categorías de carreteras y tipos de calles. Las tablas de diseño están calculadas para una vida útil proyectada del pavimento de veinte años y se basan solamente en el tránsito estimado en la vía (Coronado, 2002, p. 67).

El método simplificado utiliza datos de tabla para cuatro categorías de tránsito, que se muestran en la tabla XII. Estas están diseñadas para un período de diseño de 20 años. Además, el método simplificado de la PCA permite el uso o no, de hombros o bordillos de concreto. El uso de hombros o bordillos es recomendable por el hecho de ser útil en reparación o prevención de accidentes en la carretera, además de reducir el espesor de la losa en algunos casos. La función del bordillo es servir como viga lateral para aumentar la resistencia del concreto a esfuerzos de flexión, disminuyendo grandemente el efecto de la tensión en el concreto (Coronado, 2002, p. 67).

#### Diseño de mezcla de concreto hidráulico

“El proporcionamiento de la mezcla se refiere al proceso de determinación de las cantidades de los ingredientes del concreto, usando materiales locales, para que se logren las características especificadas. El diseño de la mezcla puede hacerse utilizando dos métodos según el American Concrete Institute (ACI). Estos son el método del peso (basado en un peso estimado del concreto por volumen unitario) y del volumen absoluto (basado en el cálculo del volumen absoluto ocupado por los componentes del concreto)” (Figueroa, 2006).

“La teoría de la relación agua-cemento establece que para una combinación dada de materiales (y mientras se obtenga una consistencia de trabajabilidad), la resistencia

del concreto a cierta edad depende de la relación del peso del agua de la mezcla al peso del cemento. En otras palabras, si la relación de agua-cemento es fija, la resistencia del concreto a una determinada edad también es esencialmente fija, mientras la mezcla sea plástica y manejable y el agregado sólido, durable y libre de materiales dañinos” (Figuroa, 2006).

“Una vez que se ha establecido la relación agua-cemento y seleccionado la manejabilidad y consistencia que se necesite para el diseño específico, el resto será simple manejo de tablas basadas en resultados de numerosos ensayos de laboratorio que ayudan a obtener mezclas con las características deseadas. Cuando no se dispongan datos de resistencia de una determinada mezcla de concreto para una resistencia requerida  $f'_{cr}$ , puede obtenerse de la tabla” (Figuroa, 2006).

“Los materiales que se utilizan en la construcción de este pavimento deben llenar fundamentalmente los requisitos y normas siguientes:

#### Cemento Pórtland

“El cemento Pórtland debe corresponder a los tipos I y II, de acuerdo a AASHTO M 85-63” (Figuroa, 2006).

#### Agregados

“Los agregados ocupan típicamente las tres cuartas partes del volumen en el concreto, deben estar libres de suciedad, ser durables y no deben tener sustancias que reaccionen químicamente con el cemento. Se clasifican en agregado grueso (piedrín o grava) y agregado fino (arena de río, de mina o triturada). Las principales características de los agregados que afectan la calidad del concreto son: forma geométrica, granulometría, propiedades mecánicas e interacción química con la pasta” (Chután, 2004).

“La clasificación entre agregado fino y agregado grueso, se realiza con base a su tamaño de la siguiente manera: el fino es el que pasa a través del tamiz número 4 (4.75 mm.), según la ASTM C-33 y el agregado grueso es el que queda retenido en dicho tamiz. Una adecuada distribución granulométrica del agregado, debe lograr el máximo acomodamiento y por lo tanto alta compactación de las partículas para obtener la máxima densidad unitaria y un mínimo consumo de agua, así como una mayor contribución a la capacidad resistente. Normas de distintos países establecen límites de graduación continua completa como la ASTM C-33” (Chután, 2004).

“La forma ideal de los agregados es la redondeada para los cantos rodados y la cúbica para los triturados. Estos últimos tienen una mayor adherencia, aunque los lisos redondeados requieren menos agua para obtener un concreto de elevada fluidez” (Chután, 2004).

#### Agregado fino

“Deben consistir en arena natural o de trituración, compuesta de partículas duras y durables de acuerdo a AASHTO M6, exceptuando el ensayo de desintegración al sulfato de sodio y la pérdida de peso no sea mayor del 15% después de cinco ciclos conforme AASHTO T-104. El módulo de finura no debe ser menor de 2.3 ni mayor de 3.1 la graduación del agregado debe estar dentro de los límites” (Figueroa, 2006).

#### Agregado grueso

“Debe consistir en grava triturada, procesada adecuadamente para formar un agregado clasificado que cumpla con los requisitos de AASHTO M-80; excepto que no se aplicara el ensayo de congelamiento y deshielo alternos, y que el ensayo de desintegración al sulfato de sodio y pérdida de peso no sea mayor del 15% después de cinco ciclos conforme AASHTO T-104. Además, el porcentaje de desgaste no debe ser mayor de 50% después de 500 revoluciones en el ensayo de abrasión (los Ángeles). AASHTO T-96” (Figueroa, 2006).

“El porcentaje de partículas desmenuzables no debe exceder del 56% en peso, el contenido de terrones de arcilla no debe ser mayor de 0.25% en peso. El agregado grueso a utilizar va a ser de 1½” dado que es bastante resistente al desgaste, y por esto es utilizado en pavimentos rígidos” (Figueroa, 2006).

#### Agua

“El agua para mezclado y curado del concreto o lavado de agregados debe ser limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceite, ácidos, álcalis, azúcar, sales como cloruros o sulfatos, material orgánico y otras sustancias que pueden ser nocivas al concreto. El agua debe analizarse de acuerdo a AASHTO T-26. En ningún caso la cantidad de impurezas en el agua debe ser tal, que cause un cambio en el tiempo de fraguado del cemento Pórtland en más del 25% o una reducción de más del 10% en la resistencia a compresión en morteros de cemento Pórtland a 7 y 28 días” (Figueroa, 2006).

“En relación a la resistencia obtenida con morteros hechos con agua potable, de acuerdo a AASHTO T-106. El agua proveniente de abastecimiento o cisternas de distribución de agua potable, puede usarse sin ensayos previos” (Figueroa, 2006).

“La planta y equipo para producción del concreto, debe estar en el sitio de la obra en condiciones óptimas de servicio, debe ser inspeccionado y aprobado antes de que inicien las operaciones de construcción. El agua puede medirse por peso o volumen. El equipo para medir el agua debe tener una exactitud de  $\pm 0.5$  % de la capacidad del tanque y debe ser adoptado de manera que la exactitud de dicha medida no sea afectada por las variaciones de presión en la red de suministro de agua (Figueroa, 2006).

“Cuando el cemento se dosifique en sacos, no se requiere el pesado del mismo, puede medirse con base en el peso marcado de fábrica en los sacos. El agregado grueso y

fino podrá medirse por volumen, contando en el sitio de la obra con moldes de un volumen definido y conocido y también por peso, cuando se cuente en el sitio de la obra con un equipo de capacidad y exactitud suficiente para la operación” (Figueroa, 2006).

#### Aditivos Químicos

##### Aditivo súper plastificante/reductor de agua de alta actividad

“Los aditivos basados en naftalen-sulfonatos (como el Rhebuild 1000) o los condensados de melamina (como el Rhebuild 2500), no ofrecen suficiente poder reductor de agua y en consecuencia, los tipos utilizables son los basados en éter policarboxílico modificado (Glenium SCC), capaces de reducir agua en valores superiores al 35%. Independientemente del poder reductor de agua, las características del aditivo deben ajustarse a las de cada aplicación (en función de si se demanda elevada resistencia inicial, prolongado mantenimiento de la consistencia, etc.) y en correspondencia al tipo de cemento, adición y áridos empleados” (Chután, 2004).

“En este aspecto, si se emplean las adiciones más adecuadas para cada aplicación el efecto del aditivo sobre el desarrollo de resistencias o sobre el fraguado no es tan acusado, especialmente en el caso de emplear cenizas, donde éstas colaboran de forma muy importante en el mantenimiento de la consistencia y dejan las particularidades del aditivo en segundo plano. Este razonamiento no es válido en los casos donde se demanda elevada resistencia inicial. Ante estas situaciones las particularidades del aditivo en el desarrollo de resistencia si son muy trascendentes” (Chután, 2004).

##### Aditivo modulador de viscosidad

“Los aditivos moduladores de viscosidad son productos que confieren cohesión interna a la masa sin pérdidas de fluidez. El uso del modulador de viscosidad ofrece grandes resultados como elemento tolerador de las variaciones en las características de los materiales. Por ejemplo, si el árido puede ofrecer ligeras variaciones en su

contenido de humedad (hecho que podría implicar obtener concretos con insuficiente fluidez en el caso del defecto de concretos totalmente disgregados en el caso del exceso), al emplear modulador de viscosidad estas variaciones pueden ser toleradas, obteniendo resultados más uniformes y seguros, independientemente de las ligeras variaciones de las características de los materiales empleados” (Chután, 2004).

## **II.2 Aspectos Socioeconómicos**

En este capítulo se analizan las variables sociales y económicas más importantes del municipio de Cantel para así conocer las circunstancias que lo rodean.

### Marco general

“El departamento de Quetzaltenango es el punto de partida para conocer el municipio de Cantel, posteriormente se describe la localización, extensión, clima y orografía” (Colop, 2017).

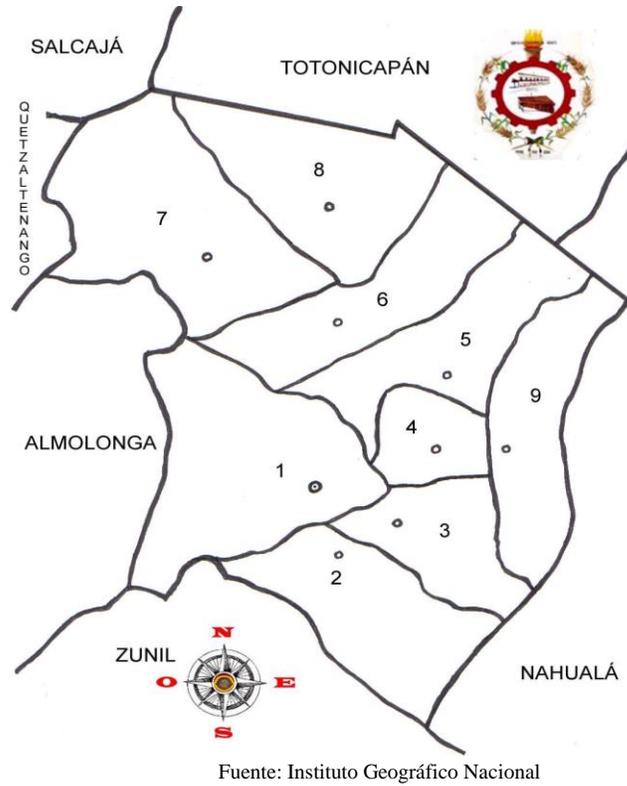
### Descripción Geográfica

“Cuenta con 22 kilómetros cuadrados de extensión territorial, dividida por una depresión con salida al pacífico producida por el río Samalá al pie de la Sierra Madre” (Colop, 2017).

### Coordenadas

“Se encuentra al lado este del departamento de Quetzaltenango, colinda al norte con los municipios de Salcajá y San Cristóbal Totonicapán, al este con los municipios de Santa Catarina Ixtahuacán y Nahualá, al sur con Zunil y al oeste con Almolonga, específicamente a 2370 metros sobre el nivel del mar, latitud 14 grados, 28 minutos y 36 segundos, longitud 91 grados, 27 minutos y 18 segundos, magnitudes tomadas al frente de la iglesia de la población” (Ramírez, 2012).

Mapa No. 1. Municipio de Cantel – Departamento de Quetzaltenango Año 2005



Cuadro No. 1. Localización en el mapa

Localización en el mapa		
1.- Cantel	4.- Chuisuc	7.- Urbina
2.- Pasac II	5.-La Estancia	8.- Chirijquiac
3.- Pasac I	6.- Pachaj	9.- Xecam

Fuente: Instituto Geográfico Nacional

### Población

Según el Censo de Población de 1994 el total de habitantes es de 23,180, según el Censo de 2002 la población de Cantel es de 30,888 por lo que en 2020 se estima en 52,137 con una tasa de crecimiento del 3.65% con un promedio de cinco personas por

familia y una densidad poblacional de 2,364 personas por kilómetro cuadrado (INE, 2020).

#### Clima

“En general es frío, principalmente en los meses de diciembre a febrero, la temperatura registra un descenso en promedio hasta cinco grados bajo cero. Se trata de un clima húmedo, la neblina cubre las montañas por las tardes, noches y madrugadas, el viento es fuerte y provoca remolinos en las aldeas de Urbina, Chirijquiac, Estancia y Xecam” (Colop, 2017).

#### Precipitación Pluvial

“Las lluvias de gran intensidad son comunes durante el invierno y causan daños locales serios. Los períodos de dos o tres días de lluvia continua se llaman localmente “temporales”, ocurren aproximadamente cada 10 años, sin embargo, en la última década ocurrieron con mayor frecuencia, se registran desde los 2,400 hasta los 4,000 milímetros anuales de lluvia” (Hurtarte, 2008).

#### Orografía

“A Cantel lo rodean majestuosos cerros que componen la Sierra Madre, entre los cuales están el K’iyacal norte, al este el Parraxquim, el Jolom y el Icham, al sur los cerros de Chicovix y el Purjá y al oeste los cerros de Chonimjyub” (Hurtarte, 2008).

#### Vías de comunicación

“La principal vía de acceso es la carretera que conduce de Quetzaltenango a Retalhuleu, de la Cabecera Municipal a la carretera hay un camino asfaltado de dos kilómetros y medio, del entronque a la Ciudad de Quetzaltenango existe una distancia de seis kilómetros, las aldeas de Pasac I y Pasac II se encuentran a la orilla de la carretera a unos kilómetros respectivamente, de la bifurcación hacia el pueblo de Cantel. El 45% de los caminos se encuentra en condiciones aceptables, el resto es de

terracería por lo que en verano se desprende mucho polvo y en invierno hay lodo en Urbina, Chirijquiac, Pachaj y Xecam parcialmente están adoquinadas o asfaltadas las calles principales de las aldeas de Pasac I, Pasac II y Chuisuc” (Hurtarte, 2008).

#### Servicios básicos y su infraestructura

Cantel cuenta con los servicios básicos para cubrir las necesidades de la población, sin embargo, debe generar mayores cambios a fin de lograr una mejor calidad de vida. A continuación, se describen los diferentes servicios de que dispone el Municipio.

#### Energía eléctrica

“Existen dos tipos de servicio, el de la Empresa Municipal de Quetzaltenango y el de la Distribuidora de Electricidad de Occidente, S.A. (DEOCSA), entre ambas instituciones cubren el 98% del Municipio. De esa oferta tiene una participación del 15% la primera y 85% la segunda. DEOCSA cobra según kilovatio consumido, de acuerdo a un sistema de tarifa nacional, mientras la Empresa Municipal realiza un cobro de Q35.00 por el consumo de energía” (Hurtarte, 2008).

#### Agua entubada

“No existe tratamiento del agua, se transporta por gravedad, no hay cloración, el 95% de la población tiene acceso al vital líquido. El caudal ha variado de 1994 cuando se tenía el servicio las 24 horas. En 1994 existía una menor cobertura (49%), en 2005 mejoró la cobertura, aunque disminuyó la cantidad de horas de servicio. El valor del servicio es de 36 quetzales al año. La instalación domiciliar del servicio de agua entubada es de Q2,500.00, entregándose el título respectivo, el consumo mensual es de Q3.00” (Hurtarte, 2008).

#### Salud

“En el Municipio hay un Centro de Salud tipo B y dos Puestos de Salud para atender a los más de 50,00 habitantes del Municipio. En la Cabecera atiende únicamente un

médico y dos enfermeras el Centro de Salud. En los Puestos de Salud atienden los días martes y jueves. Existen cuatro clínicas particulares y cuatro sanatorios para atender a la población que pueda costear el tratamiento” (Hurtarte, 2008).

“La cobertura en atención médica, asciende al 80% ya que las entidades de salud no atienden en todo el Municipio, únicamente en la Cabecera Departamental, en las Aldeas de Chuisuc, La Estancia, Pasac I, Pasac II, Pachaj, Llanos de Urbina, así como en los caseríos de Chuisacab, Chuzuribal y Xejuyub. Lo anterior se determinó con relación al total de habitantes del Municipio y la cantidad de habitantes de cada uno de los lugares donde si hay cobertura” (Hurtarte, 2008).

#### Educación

Cantel cuenta con nivel de educación pre-primaria, primaria, primaria para adultos, básicos y bachillerato por madurez. Cada aldea tiene escuela oficial primaria con un total de 45 centros educativos en el área urbana y rural del sector privado y oficial.

#### Cobertura por nivel educativo

“Se refiere a la cantidad de estudiantes con edad escolar que el Ministerio de Educación presta el servicio por nivel educativo. La tasa de cobertura es la relación de los estudiantes que en forma efectiva están inscritos sobre el total con edad escolar, expresada en porcentajes” (Hurtarte, 2008).

#### Mercados

“En el Municipio hay tres mercados que se ubican en: La Estancia en un área descubierta, en Pasac I, a la orilla de la carretera y en la Cabecera Municipal está a tres cuerdas de la plaza, cerca de la Iglesia y la Municipalidad rumbo a lo que se conoce como el Cementerio Viejo, se trata de un área de 800 metros cuadrados, de los cuales el 60% está techado, ubicándose en su interior un promedio de 100 vendedores a los que se les cobra la cantidad de Q5.00 por día, en la parte de afuera sobre la calle

y parte de la avenida que viene de la plaza se ubican más o menos 150 vendedores que cancelan Q2.50 por el derecho al puesto. En el mercado puede encontrarse artículos de cocina, cítricos, verduras, carnes de cerdo, res y pollo, jarcia, sombreros, ropa y especies” (Hurtarte, 2008).

#### Transporte

“El transporte colectivo lo conforman 25 camionetas en Cantel, con un precio de Q3.00, cada aldea cuenta con sus respectivas unidades así como la conveniencia de utilizar los buses de Zunil y la costa sur que los utilizan las personas de la Fábrica y de las aldeas de Pasac I y II, el servicio es normal entre semana pero muy irregular los domingos y días festivos en los cuales las personas utilizan el servicio de pickups fletados para trasladarse a la cabecera municipal o entre aldeas con valor de Q1.00” (Hurtarte, 2008).

#### Organización social

“La organización social es de mejor calidad que la productiva, en las entrevistas se pudo observar que el 90% de la población está dispuesta a formar parte directa o indirecta en los comités de desarrollo ya sea con trabajo, dinero o materiales. En el Municipio hay 70 comités pro mejoramiento de caminos, introducción de drenajes y agua entubada, todos ellos con la ayuda de los alcaldes comunitarios y con la formación de COCODES, quienes reciben formación en aspectos administrativos y de participación por lo que cada vez son más conscientes del papel que deben formar en sus comunidades” (Hurtarte, 2008).

#### Organización productiva

“La cooperativa Bienestar RL, se dedica al ahorro y al crédito de los productores del Municipio, cobra intereses a razón del 17%, que representa una ventaja con respecto a los bancos de sistema, además de ser más rápidos en la entrega del efectivo. La Cooperativa artesanal de vidrio soplado de Cantel (Copavic)” (Hurtarte, 2008).

### **III. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

En la aldea Pasac Primero del municipio de Cantel, Quetzaltenango se realizó una encuesta dirigida a pobladores de la aldea y un censo a grupos organizados, en relación a la propuesta de proyecto para la construcción de Pavimento Rígido del camino La Transversal, Aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango, con el objetivo de comprobar la hipótesis; “El incremento en el número de vehículos dañados en aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango en los últimos 5 años; es debido a la inexistencia de un proyecto para la construcción de pavimento rígido del camino La Transversal”.

La presente información se obtuvo en base a los resultados de la variable Y, efecto Incremento en el número de vehículos dañados en aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango en los últimos 5 años y la variable X, causa Inexistencia de proyecto para la construcción de pavimento rígido del camino La Transversal en aldea Pasac, Primero, Cantel, Quetzaltenango.

Para la comprobación de la variable dependiente Y, se realizó 46 encuestas a pobladores de la aldea Pasac Primero. Con el objetivo de conocer la problemática que se tiene en el camino La Transversal.

Para la comprobación de la variable independiente X, se realizó un censo a 6 organizaciones que tienen intervención en el municipio con objetivos relacionados al desarrollo integral.

En base a las respuestas de las personas que están siendo afectadas de forma directa, se plantean las siguientes gráficas con sus respectivos análisis e interpretación según respuestas obtenidas de las encuestas de la variable Y, y la variable X.

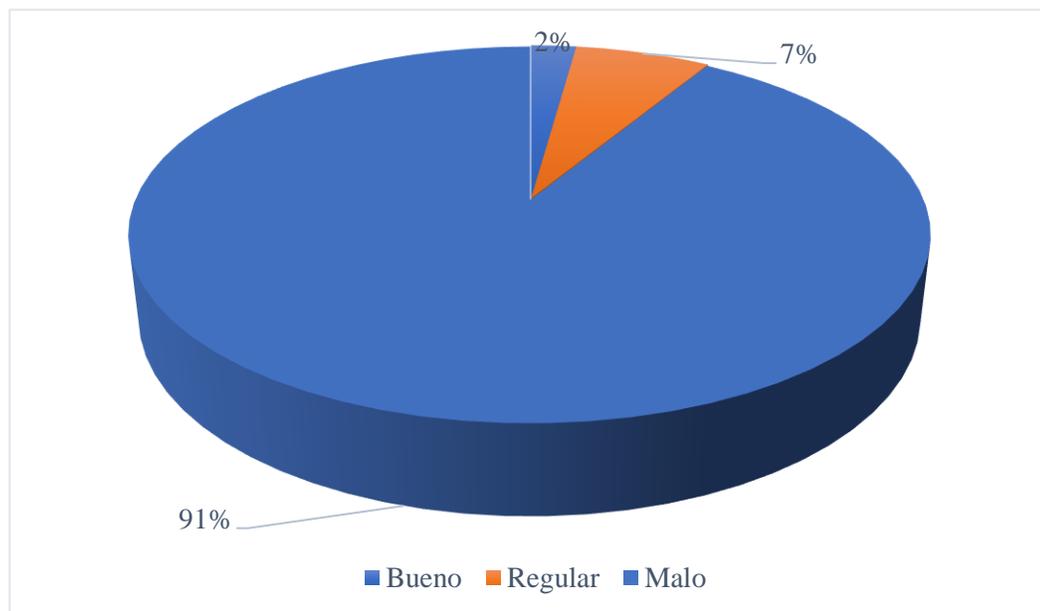
Cuadros y gráficas para la comprobación del efecto  
variable dependiente Y

Cuadro No. 2. Calificación de las personas del estado del camino La Transversal.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo
Bueno	1	2%
Regular	3	7%
Malo	42	91%
TOTAL	46	100%

Fuente: Encuesta realizada a la población del área de influencia, aldea Pasac Primero, Cantel Quetzaltenango; abril 2020.

Gráfica No. 1. Calificación de las personas del estado del camino La Transversal.



Fuente: Encuesta realizada a la población del área de influencia, aldea Pasac Primero, Cantel Quetzaltenango; abril 2020.

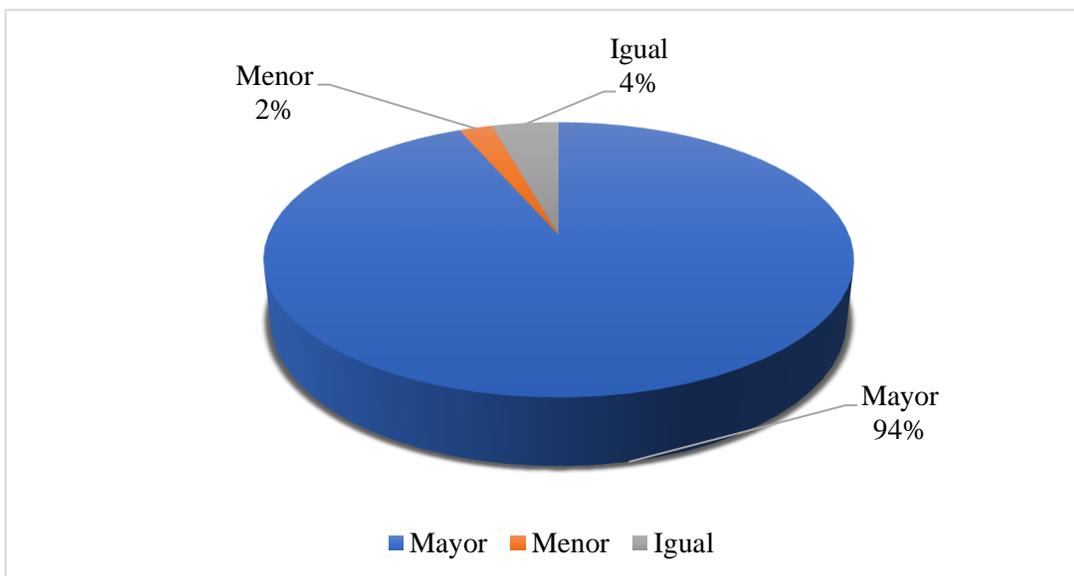
Análisis: Un alto porcentaje de las personas encuestadas afirman que el camino denominado La Transversal de la aldea Pasac Primero del municipio de Cantel se encuentra en mal estado.

Cuadro No. 3. Encuestados que indican mayor cantidad de vehículos que transitan por el camino La Transversal, del día de hoy en comparación hace 5 años.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo
Mayor	43	94%
Menor	1	2%
Igual	2	4%
TOTAL	46	100%

Fuente: Encuesta realizada a la población del área de influencia, aldea Pasac Primero, Cantel Quetzaltenango; abril 2020.

Gráfica No. 2. Encuestados que indican mayor cantidad de vehículos que transitan por el camino La Transversal, del día de hoy en comparación hace 5 años.



Fuente: Encuesta realizada a la población del área de influencia, aldea Pasac Primero, Cantel Quetzaltenango; abril 2020.

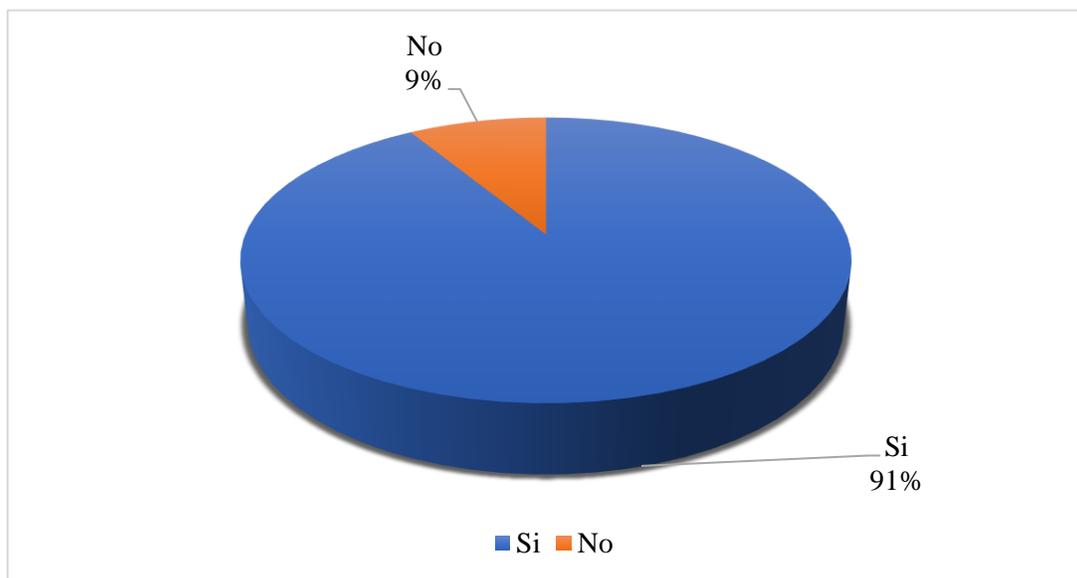
Análisis: En el cuadro y la gráfica se evidencia la opinión de las personas encuestadas que consideran que existe un aumento significativo de la cantidad de vehículos que transitan por el camino La Transversal al día de hoy, en comparación hace 5 años.

Cuadro No. 4. Personas que consideran que su vehículo se deteriora por la mala condición del camino La Transversal.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo
Si	42	91%
No	4	9%
TOTAL	46	100%

Fuente: Encuesta realizada a la población del área de influencia, aldea Pasac Primero, Cantel Quetzaltenango; abril 2020.

Gráfica No. 3. Personas que consideran que su vehículo se deteriora por la mala condición del camino La Transversal.



Fuente: Encuesta realizada a la población del área de influencia, aldea Pasac Primero, Cantel Quetzaltenango; abril 2020.

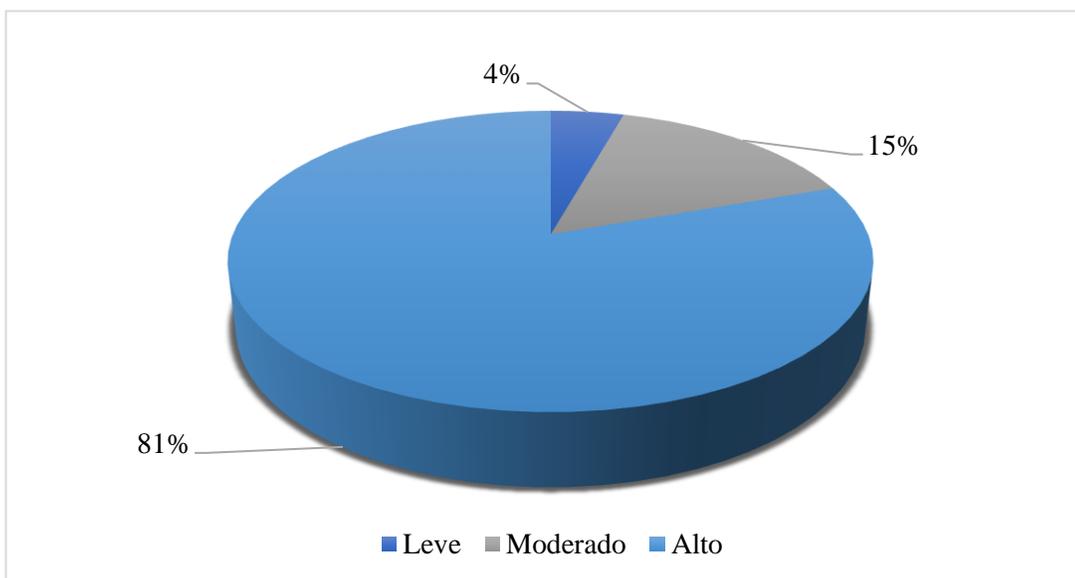
Análisis: La mayoría de las personas encuestadas afirman que el mal estado del camino La Transversal, es determinante en el deterioro de sus vehículos, daña el sistema de suspensión (amortiguadores, rotulas, varilla de dirección) llantas y la estructura en general se desajusta.

Cuadro No. 5. Calificación de las personas del daño que sufre los vehículos por la mala condición del camino.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo
Leve	2	4%
Moderado	7	15%
Alto	37	81%
TOTAL	46	100%

Fuente: Encuesta realizada a la población del área de influencia, aldea Pasac Primero, Cantel Quetzaltenango; abril 2020.

Gráfica No. 4. Calificación de las personas del daño que sufre los vehículos por la mala condición del camino.



Fuente: Encuesta realizada a la población del área de influencia, Pasac Primero, Cantel Quetzaltenango; abril 2020.

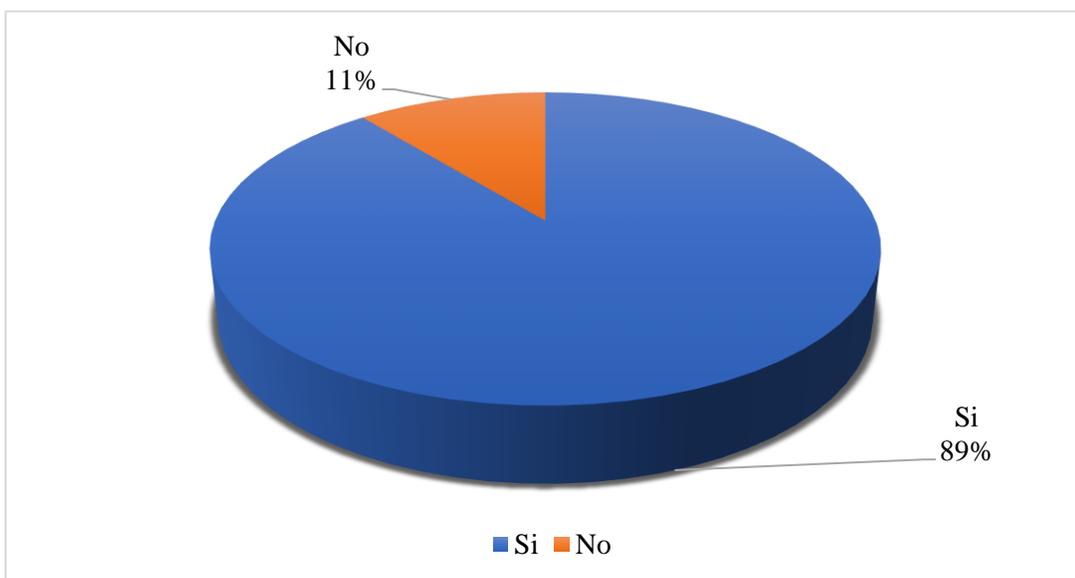
Análisis: Las personas encuestadas afirman que los daños ocasionados a sus vehículos al transitar por el camino La Transversal, es muy alto debido al mal estado del camino.

Cuadro No. 6. Las personas se ven afectado económicamente por la mala condición del camino.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo
Si	41	89%
No	5	11%
TOTAL	46	100%

Fuente: Encuesta realizada a la población del área de influencia, aldea Pasac Primero, Cantel Quetzaltenango; abril 2020.

Gráfica No. 5. Las personas se ven afectado económicamente por la mala condición del camino.



Fuente: Encuesta realizada a la población del área de influencia, aldea Pasac Primero, Cantel Quetzaltenango; abril 2020.

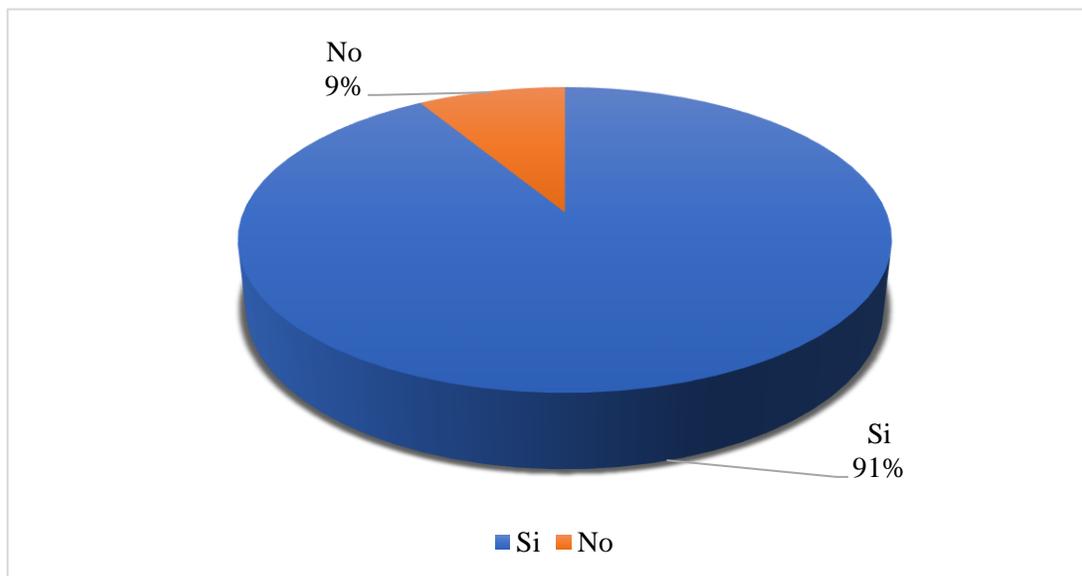
Análisis: La mayoría de las personas encuestadas consideran que ven afectado su presupuesto debido a las reparaciones constantes que realizan a los vehículos debido a la mala condición de camino.

Cuadro No. 7. Pobladores consideran que existe un aumento en el número de vehículos dañados en la aldea Pasac Primero Cantel.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo
Si	42	91%
No	4	9%
TOTAL	46	100%

Fuente: Encuesta realizada a la población del área de influencia, aldea Pasac Primero, Cantel Quetzaltenango; abril 2020.

Gráfica No. 6. Pobladores consideran que existe un aumento en el número de vehículos dañados en la aldea Pasac Primero Cantel.



Fuente: Encuesta realizada a la población del área de influencia, aldea Pasac Primero, Cantel Quetzaltenango; abril 2020.

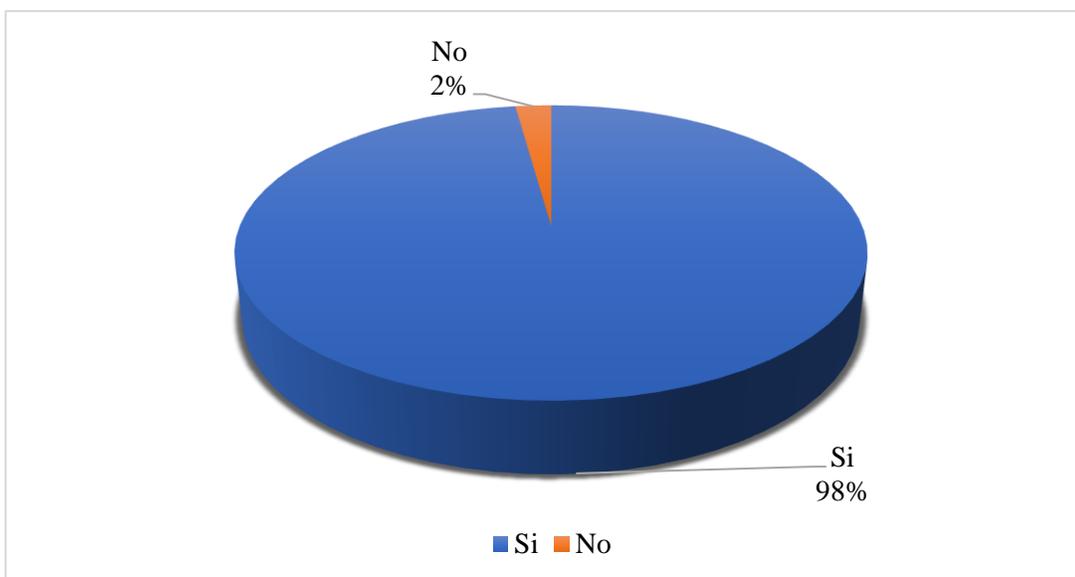
Análisis: La mayoría de los pobladores consideran que existe un aumento en el número de vehículos dañados en la aldea Pasac Primero Cantel, Quetzaltenango en los últimos 5 años, esto comprueba la variable dependiente de la presente investigación.

Cuadro No. 8. Encuestados consideran necesario darle mantenimiento al camino La Transversal.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo
Si	45	98%
No	1	2%
TOTAL	46	100%

*Fuente:* Encuesta realizada a la población del área de influencia, aldea Pasac Primero, Cantel Quetzaltenango; abril 2020.

Gráfica No. 7. Encuestados consideran necesario darle mantenimiento al camino La Transversal.



*Fuente:* Encuesta realizada a la población del área de influencia, aldea Pasac Primero, Cantel Quetzaltenango; abril 2020.

**Análisis:** Un alto porcentaje de los encuestados considera necesario darle mantenimiento al camino La Transversal.

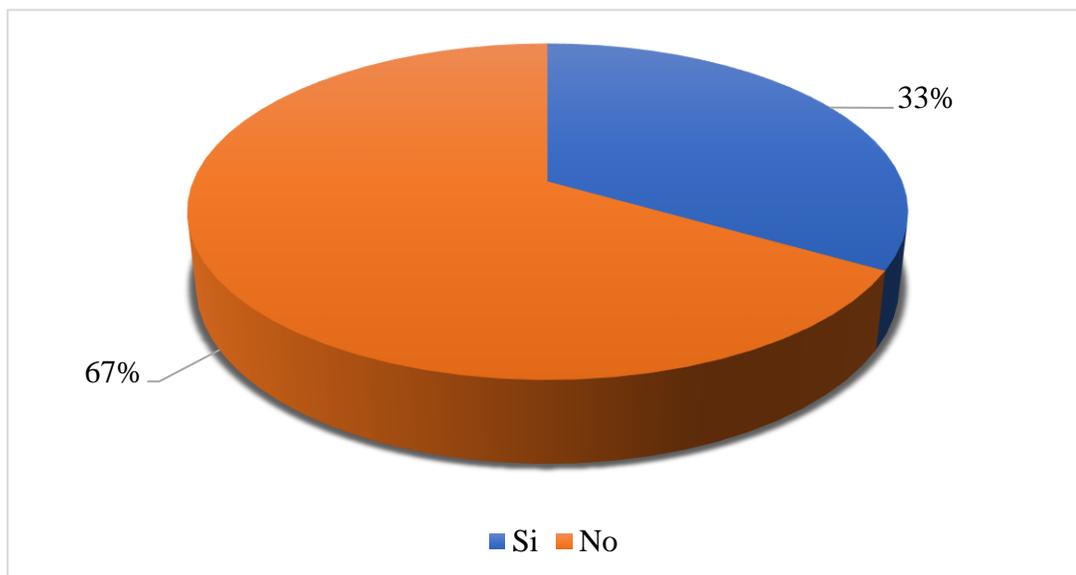
Cuadros y gráficas para la comprobación de la causa  
variable independiente X

Cuadro No. 9. Instituciones que cuentan con proyecto de pavimento para el camino  
La Transversal.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo
Si	2	33%
No	4	67%
TOTAL	6	100%

Fuente: Censo Institucional realizada a 6 Instituciones que inciden en el desarrollo integral de la aldea Pasac Primero, Cantel Quetzaltenango; abril 2020.

Gráfica No. 8. Instituciones que cuentan con proyecto de pavimento para el camino  
La Transversal.



Fuente: Censo Institucional realizada a 6 Instituciones que inciden en el desarrollo integral de la aldea Pasac Primero, Cantel Quetzaltenango; abril 2020.

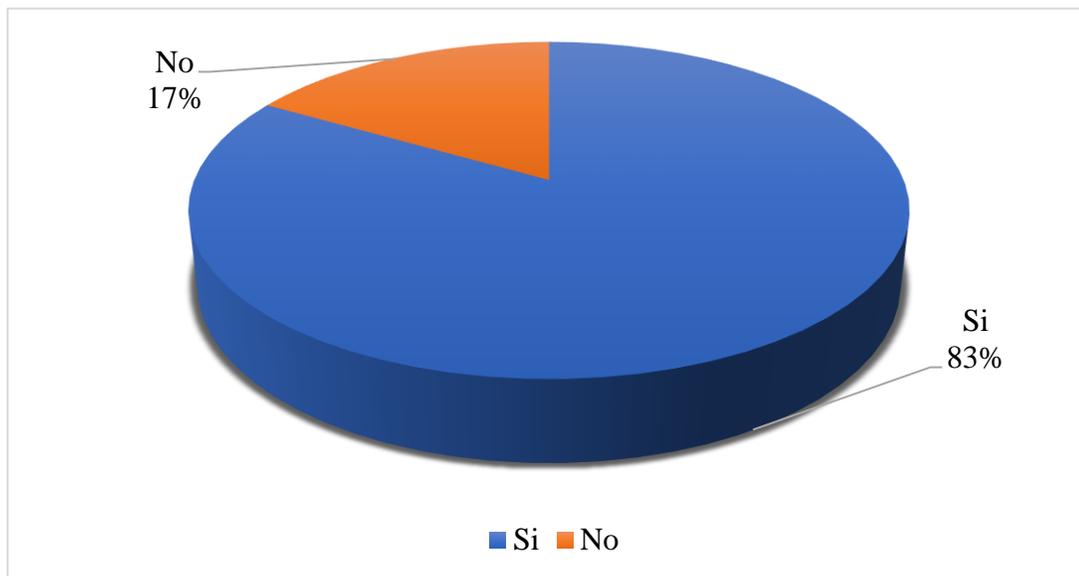
Análisis: La mayoría de las instituciones censadas indican que no cuentan con proyecto para el mejoramiento del camino La Transversal en la aldea Pasac Primero, esto comprueba la variable independiente de la presente investigación.

Cuadro No. 10. Censados consideran la existencia de un proyecto de construcción de pavimento rígido aceleraría la ejecución del proyecto para el camino La Transversal.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo
Si	5	83%
No	1	17%
TOTAL	6	100%

Fuente: Censo Institucional realizada a 6 Instituciones que inciden en el desarrollo integral de la aldea Pasac Primero, Cantel Quetzaltenango; abril 2020.

Gráfica No. 9. Censados consideran la existencia de un proyecto de construcción de pavimento rígido aceleraría la ejecución del proyecto para el camino La Transversal.



Fuente: Censo Institucional realizada a 6 Instituciones que inciden en el desarrollo integral de la aldea Pasac Primero, Cantel Quetzaltenango; abril 2020.

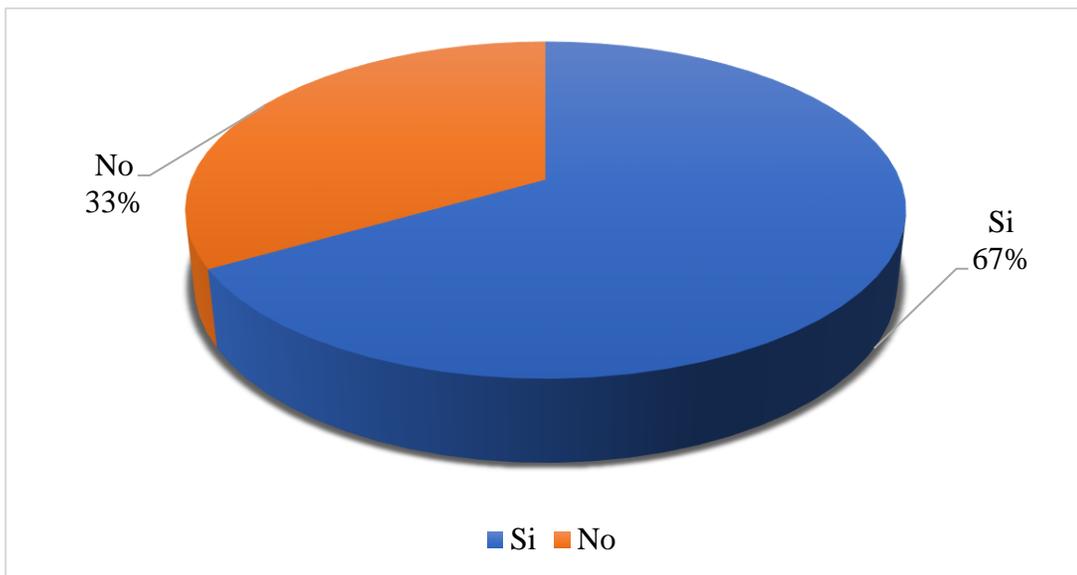
Análisis: Los censados indican que de existir una planificación de construcción de pavimento rígido para la calle La Transversal aceleraría la gestión y ejecución del proyecto.

Cuadro No. 11. Instituciones cuentan con una solicitud por parte de los vecinos para la construcción de pavimento del camino La Transversal.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo
Si	4	67%
No	2	33%
TOTAL	6	100%

Fuente: Censo Institucional realizada a 6 Instituciones que inciden en el desarrollo integral de la aldea Pasac Primero, Cantel Quetzaltenango; abril 2020.

Gráfica No. 10. Instituciones cuentan con una solicitud por parte de los vecinos para la construcción de pavimento del camino La Transversal.



Fuente: Censo Institucional realizada a 6 Instituciones que inciden en el desarrollo integral de la aldea Pasac Primero, Cantel Quetzaltenango; abril 2020.

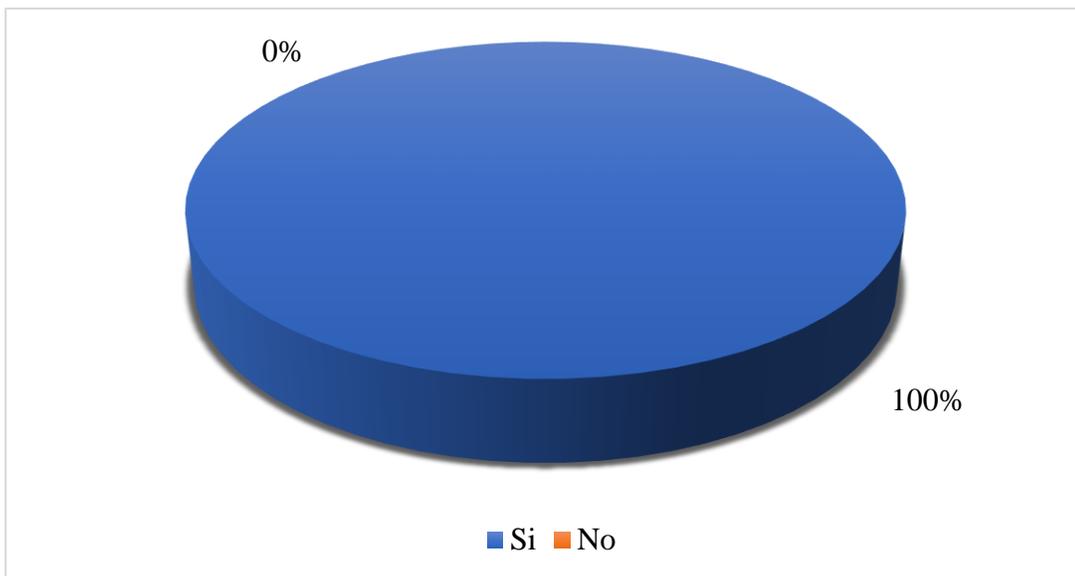
Análisis: La mayoría de las instituciones indican que existe solicitud por parte de los vecinos para el proyecto de construcción de pavimento del camino La Transversal.

Cuadro No. 12. Censados consideran necesario la construcción de pavimento para el camino La Transversal.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo
Si	6	100%
No	0	0%
TOTAL	6	100%

Fuente: Censo Institucional realizada a 6 Instituciones que inciden en el desarrollo integral de la aldea Pasac Primero, Cantel Quetzaltenango; abril 2020.

Gráfica No. 11. Censados consideran necesario la construcción de pavimento para el camino La Transversal.



Fuente: Censo Institucional realizada a 6 Instituciones que inciden en el desarrollo integral de la aldea Pasac Primero, Cantel Quetzaltenango; abril 2020.

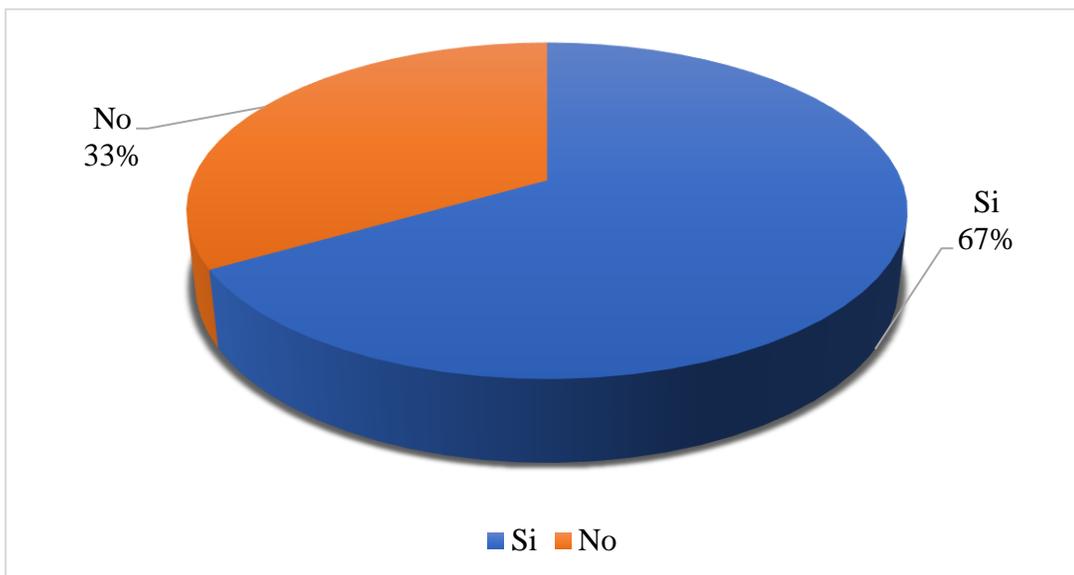
Análisis: La totalidad de las instituciones afirman que es necesario la construcción de pavimento del camino La Transversal.

Cuadro No. 13. Instituciones tienen conocimiento del número aproximado de vehículos que transitan diariamente por el camino La Transversal.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo
Si	4	67%
No	2	33%
TOTAL	6	100%

Fuente: Censo Institucional realizada a 6 Instituciones que inciden en el desarrollo integral de la aldea Pasac Primero, Cantel Quetzaltenango; abril 2020.

Gráfica No. 12. Instituciones tienen conocimiento del número aproximado de vehículos que transitan diariamente por el camino La Transversal.



Fuente: Censo Institucional realizada a 6 Instituciones que inciden en el desarrollo integral de la aldea Pasac Primero, Cantel Quetzaltenango; abril 2020.

Análisis: Las instituciones que conocen el número de vehículos que transitan diariamente por el camino La Transversal coinciden en un número aproximado de 150 vehículos diarios.

## **IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

De acuerdo al análisis y discusión sobre el efecto y la causa, de la investigación y los resultados presentados gráficamente a través del trabajo de campo, se obtuvieron las siguientes conclusiones y recomendaciones.

### **IV.1. Conclusiones**

1. Se comprueba la hipótesis: “El incremento en el número de vehículos dañados en aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango en los últimos 5 años; es debido a la inexistencia de un proyecto para la construcción de pavimento rígido del camino La Transversal.
2. Las organizaciones con enfoque de desarrollo integral en la aldea Pasac Primero del municipio de Cantel, confirman que no tienen contemplado dentro de sus actividades una planificación para mejorar el estado del camino La Transversal
3. Se evidencia el deterioro de los vehículos al momento de transitar por el camino La Transversal y se comprueba en un 91% a través de encuestas realizadas a las personas que transitan por el lugar.
4. Existe deterioro de la capa de rodadura del camino La Transversal, la cual fue comprobado por medio de encuesta y visita de campo.
5. Existe aumento significativo del número de vehículos en comparación de hace cinco años de 65 a 140 a la fecha, lo que hace que a mayor tránsito mayor deterioro del camino.

## **IV.2. Recomendaciones**

1. Implementar la presente propuesta: “Propuesta de un proyecto para la construcción de pavimento rígido del camino La Transversal ubicada en la aldea Pasac Primero, municipio de Cantel, Quetzaltenango.
2. Socializar la presente propuesta a las distintas organizaciones con enfoque de desarrollo integral a efecto de contemplar dentro de su plan de acción, y en conjunto alcanzar los medios para ejecutar el proyecto.
3. Fortalecer la unidad ejecutora a efecto de gestionar recursos económicos para la implementación de la presente propuesta y así reducir el número de vehículos dañados
4. Entrega de propuesta a vecinos de la aldea Pasac Primero para iniciar lo antes posible las gestiones ante las autoridades competentes, con el objetivo de ejecutar dicha propuesta y de esa manera mejorar la capa de rodadura del camino la transversal.
5. Desarrollar un programa de capacitación en conjunto con unidad ejecutora, autoridades locales y municipales, dirigido a la población afectada sobre el manejo defensivo en caminos rurales.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. AASHTO. (1993). Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transporte. Washington.
2. Acuerdo Gubernativo 499-97. (1997). Reglamento de tránsito. Guatemala. Recuperado el 01 de noviembre de 2020, de [https://issuu.com/edisillo/docs/reglamento\\_de\\_transito](https://issuu.com/edisillo/docs/reglamento_de_transito)
3. Alicaresp.com. (2019). Conceptos Básicos de Pavimento Rígido. Recuperado el 30 de octubre de 2020, <http://alicaresp.com/2019/01/14/conceptos-basicos-de-pavimentos/2019/>
4. Biblioteca central univesitario. (s.f.). Fallas en pavimentos flexibles. Obtenido de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/3024/Capitulo4.pdf>
5. Buzo, I. (1996). Apuntes de Geografía Humana IES Extremadura. Recuperado el 21 de mayo de 2020, de <http://ficus.pntic.mec.es/ibus0001/servicios/transportes.html>.
6. Colop, E. (2017). Material didáctico del documento histórico sobre el día más triste del pueblo de Cantel. USAC. Recuperado el 2020, de [http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/07/07\\_8137.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/07/07_8137.pdf)
7. Conceptos. (2019). Definición de transporte. Recuperado el 19 de mayo de 2020, de <https://conceptodefinicion.de/transporte/>.
8. Coronado, J. (2002). Manual centroamericano para diseño de pavimentos. Obtenido de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-de-pavimentos.pdf>.

9. Chután, R. (2004) Concreto autocompactado experimentación en Guatemala. USAC. Recuperado el 01 de agosto de 2021, de <https://www.buenastareas.com/ensayos/Tesis-De-Concreto-Autocompactante/2176477.html>
10. Economista.es. (2018). Carreteras en mal estado. (E. E. S.A., Editor) Recuperado el 2020, de <https://www.economista.es/ecomotor/motor/noticias/8934726/02/18/us/Carreteras-en-mal-estado-Asi-afectan-a-su-coche-y-estas-son-las-averias-que-originan.html><https://www.economista.es/ecomotor/motor/noticias/8934726/02/18/Carreteras-en-mal-estado-Asi-af>
11. Fernández, M. (2016). Los caminos rurales. Obtenido de <http://www.saic-agronomia.es/blog/18-caminos-rurales-i-colegio-de-ingenieros-agronomos?showall=>
12. Figueroa, R. (2006). Diseño de pavimento rígido para la aldea las Joyas-cruce la Esperanza y; drenaje sanitario para la aldea Miriam 1, Santa Lucía Cotzumalguapa en la República de Guatemala. USAC. Recuperado el 04 de noviembre de 2020, de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2647\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2647_C.pdf)
13. Fuentes, M. (2011). Diseño de carretera y pavimento del tramo vial comprendido entre el caserío Rustrián y la bifurcación. Obtenido de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3273\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3273_C.pdf)
14. Gaspar, R. (2010). Diseño del pavimento rígido del camino que conduce a la aldea el Guayabal, municipio de Estanzuela del departamento de Zacapa. Obtenido de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3151\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3151_C.pdf)

15. Hun, L. (2003). Diseño del pavimento rígido y drenaje pluvial para un sector de la aldea Santa María Cauque. USAC. Recuperado el 03 de noviembre de 2020, de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1383\\_IN.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1383_IN.pdf)
16. Hurtarte, J. (2008). Diagnóstico Socioeconómico Quetzaltenango. Recuperado el 2020, de [http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03\\_0673\\_v1.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0673_v1.pdf)
17. INE. (2020). Instituto Nacional de Estadística de Guatemala. Guatemala.
18. Instituto Nacional de Vías. (s.f.). Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. Recuperado el 31 de octubre de 2020, de <ftp.unicauca.edu.com>
19. Martínez, M. (2006). Análisis financiero de la empresa de servicios y transporte de Guatemala.
20. Moreda, A. (2019). Guía de seguridad vial en caminos rurales. Revista vial. Obtenido de <https://revistavial.com/guia-de-seguridad-vial-en-caminos-rurales/>
21. Orellana, T. (2014). Seguridad Vial en caminos rurales, realizando mantenimiento preventivo y correctivo en la República de Guatemala. USAC. Recuperado el 02 de noviembre de 2020, de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3837\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3837_C.pdf)
22. Orozco, K. (2013). Carreteras. Guatemala.
23. Ramírez, M. (2012). Centro municipal de capacitación técnica Cantel. Guatemala. Recuperado el 2020, de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02\\_3799.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_3799.pdf)
24. Riveros, L., & Gaitan, J. (2019). Determinar el deterioro del pavimento flexible mediante metodología de auscultación Vizir y PCI con relación al CBR y la

estructura de pavimento. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá. Recuperado el noviembre de 2020, de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/15537/4/GaitanVegaJhonatanStivens2019.pdf>

25. Roger, J. (2010). Topografía. Obtenido de <https://www.slideshare.net/rogerjob/levantamientos-topograficos-10262548>
26. Scribd.com. (2017). Clasificación De Carreteras. Recuperado el 30 de octubre de 2020, de <https://www.clasificacionde.org/clasificacion-de-carreteras/>
27. Villacinda, V. (2016). Evaluación del estado actual de la carpeta asfáltica ubicada en el km 101.5 autopista Puerto Quetzal, Escuintla. USAC. Obtenido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/3333/1/Vodenith%20del%20Rosario%20Villacinda%20Ord%C3%B3nez.pdf>

## Anexos

### Anexo 1. Árbol de problemas, hipótesis y árbol de objetivos

#### Árbol de problemas

El deterioro de la capa de rodadura del camino La Transversal, aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango, ha provocado el incremento en el número de vehículos dañados en aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango en los últimos 5 años, dicho problema se debe a la inexistencia de un proyecto para la construcción de pavimento rígido para el camino.

#### Tópico. Pavimento Rígido

**Efecto (variable dependiente o Y)**  
→

Incremento en el número de vehículos dañados en aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango en los últimos 5 años.

**Problema central**  
→

Deterioro capa de rodadura de camino La Transversal, aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango.

**Causa principal  
(Variable independiente o X)**  
→

Inexistencia de proyecto para la construcción de pavimento rígido del camino La Transversal en aldea Pasac, Primero, Cantel, Quetzaltenango.

### Hipótesis

El incremento en el número de vehículos dañados en aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango en los últimos 5 años; es debido a la inexistencia de un proyecto para la construcción de pavimento rígido del camino La Transversal.

¿Será la inexistencia de un proyecto para la construcción de pavimento rígido del camino La Transversal y el deterioro de la capa de rodadura la que provoca el incremento del número de vehículos dañados en aldea Pasac Primero, Cantel Quetzaltenango en los últimos 5 años?

### Árbol de objetivos

Debido a la problemática observada en el camino La Transversal, de la aldea Pasac Primero del municipio de Cantel, departamento de Quetzaltenango, se plantea el medio de solución y los objetivos para darle solución a la problemática del camino en mal estado.

#### **Fin u objetivo general**



Disminuir el número de vehículos dañados en aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango.

#### **Objetivo específico**



Mejorar la capa de rodadura del camino La Transversal, aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango.

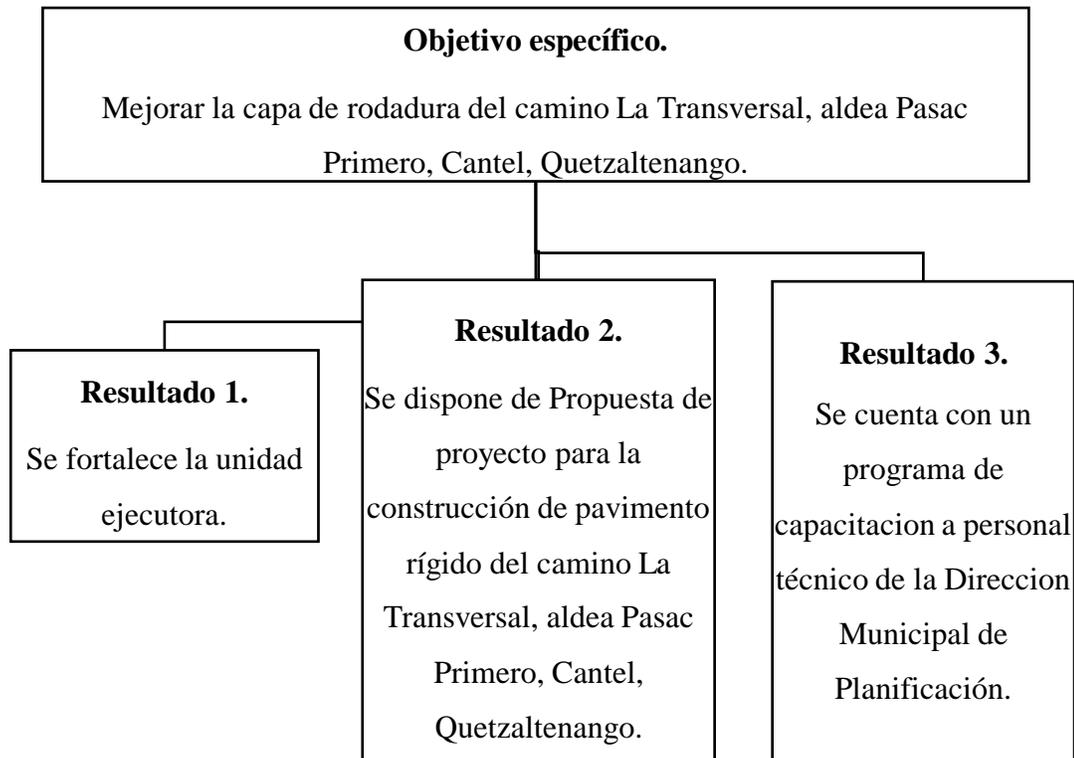
#### **Medio**



Propuesta de proyecto para la construcción de pavimento rígido del camino La Transversal, aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango.

Anexo 2. Diagrama del medio de solución de la problemática.

Con los resultados propuestos a continuación, se pretende alcanzar el objetivo específico para solucionar la problemática del deterioro de la capa de rodadura del camino La Transversal de la aldea Pasac Primero del municipio de Cantel, departamento de Quetzaltenango.



Resultado 1. Se fortalece a la unidad ejecutora. Dirección Municipal de Planificación Cantel, Quetzaltenango.

Resultado 2. Propuesta de proyecto para la construcción de pavimento rígido del camino La Transversal, aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango.

Resultado 3. Se formula programa de capacitación a personal técnico de la Dirección Municipal de Planificación.

Anexo 3. Boleta de investigación para la comprobación del efecto general

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable dependiente Y

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable dependiente siguiente: Incremento en el número de vehículos dañados en aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango en los últimos 5 años.

Esta boleta está dirigida a pobladores de la aldea Pasac Primero de acuerdo al tamaño de la muestra que se calculó con el 90% del nivel de confianza y el 10% 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.- ¿Cómo califica usted el estado del camino La Transversal?

Bueno \_\_\_\_\_ Regular \_\_\_\_\_ Malo \_\_\_\_\_

2.- ¿Cómo evalúa usted el tránsito por el camino La Transversal, en comparación de hace 5 años?

a) Mayor \_\_\_\_\_

b) Menor \_\_\_\_\_

c) Igual \_\_\_\_\_

3.- ¿Cree usted que su vehículo se deteriora por la mala condición del camino La Transversal?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

¿Por qué? \_\_\_\_\_

4.- ¿Cómo califica usted el daño que sufren los vehículos por la mala condición del camino?

Leve \_\_\_\_\_ Moderado \_\_\_\_\_ Alto \_\_\_\_\_

5.- ¿Es usted afectado económicamente por la mala condición del camino La Transversal?

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

Porqué \_\_\_\_\_

6.- ¿Considera usted que existe incremento de vehículos dañados en la aldea Pasac Primero, Cantel Quetzaltenango?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

7.- ¿Considera necesario darle mantenimiento al camino La Transversal de la aldea Pasac Primero, Cantel Quetzaltenango?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Observaciones:

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

Anexo 4. Boleta de investigación para la comprobación de la causa principal

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable independiente X

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable independiente siguiente: Inexistencia de un proyecto para la construcción de pavimento rígido del camino La Transversal, aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango.

Esta boleta censal está dirigida a 6 instituciones siguientes: Alcaldía Comunitaria, Asociación de Fleteros, Confraternidad de Iglesias Evangélicas, Directiva Magisterial, COCODES y Municipalidad.

**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.- ¿Existe un proyecto de pavimento para el camino La Transversal?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

2.- Si la respuesta anterior respondió “NO”, cree que si existiera un proyecto para la construcción de pavimento rígido aceleraría la ejecución del proyecto.

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

¿Por qué? \_\_\_\_\_

3.- ¿Cuentan con una solicitud de parte de los vecinos del camino La Transversal, para la construcción de pavimento rígido?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

4.- ¿Cree que es necesario la construcción de pavimento para el camino La Transversal?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

5.- ¿Cuentan con un número aproximado de vehículos que transitan diariamente por el camino La Transversal?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ ¿Cuántos? \_\_\_\_\_

Observaciones:

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

## Anexo 5. Metodológico comentado sobre el cálculo de la muestra

Para la realización de la presente investigación, se efectuó muestreo estadístico para la comprobación de la causa y efecto, para la obtención de los resultados llevada a cabo a la población, se realizó 46 encuestas a la población beneficiaria y un censo a 6 instituciones que tienen presencia en el municipio de Cantel y que su objetivo está enfocado al desarrollo integral de la comunidad. Para el caso específico de población finita cualitativa se realizó el procedimiento siguiente:

La fórmula utilizada:

$$n = \frac{N Z^2 pq}{Nd^2 + Z^2 pq}$$

Seguidamente se utiliza un coeficiente de seguridad Z, para trabajos de investigación la universidad utiliza 90%, la que se sustituye el valor de Z así:

TABLA
Según diferentes seguridades el coeficiente de Z varía, así: Si la seguridad Z fuese del 90% el coeficiente sería 1.645 Si la seguridad Z fuese del 95 % el coeficiente sería 1.96 Si la seguridad Z fuese del 97.5% el coeficiente sería 2.24 Si la seguridad Z fuese del 99% el coeficiente sería 2.576

Total, general de la población

No.	Vehículos	Población	%
1	Pickups fleteros	75	53.6
2	Vehículos particulares	65	46.4
	TOTAL	140	100.0

Fuente: Municipalidad de Cantel, Elaboración Propia, 2020

Cálculo

N =	140	Población
Z =	1.645	Valor de Z en la tabla
Z <sup>2</sup> =	2.706025	
p =	0.5	% de éxito
q =	0.5	% de fracaso
d =	0.1	error de muestreo
d <sup>2</sup> =	0.01	
NZ <sup>2</sup> pq =	94.710875	
Nd <sup>2</sup> =	1.4	
Z <sup>2</sup> pq =	0.67650625	
Nd <sup>2</sup> + Z <sup>2</sup> pq =	2.07650625	
n =	46	

$$n = \frac{140 * 2.706025 * 0.5 * 0.50}{140 * 0.01 + 2.706025 * 0.50 * 0.50} = 46$$

Valor de la muestra = 46

Boletas a pasar

<b>No.</b>	<b>Vehículos</b>	<b>Muestra</b>	<b>%</b>
1	Pickups fleteros	25	53.6
2	Vehículos particulares	21	46.4
	<b>TOTAL</b>	<b>46</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Elaboración Propia, 2020

Anexo 6. Metodológico comentado sobre el cálculo del coeficiente de correlación

El coeficiente de correlación es una etapa importante previo a la proyección, se utilizan los valores de la población de los últimos 5 años para determinar el valor r, que como requisito fundamental debe estar en el rango:  $> +0.80 <= 1$

A través de la siguiente fórmula se obtiene el valor r

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

Cuadro de población de los últimos 5 años

Año	X	Y Deterioro de vehículos que transitan por la calle Pasac I	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2015	1	65	65	1	4225
2016	2	106	212	4	11236
2017	3	119	357	9	14161
2018	4	127	508	16	16129
2019	5	140	700	25	19600
Totales	15	557	1842	55	65351

Fuente: Elaboración Propia, 2020

Cálculo

n=	5
$\sum X=$	15
$\sum XY=$	1842
$\sum X^2=$	55
$\sum Y^2=$	65351
$\sum Y=$	557
$n\sum XY=$	9210
$\sum X*\sum Y=$	8355
Numerador =	855
$n\sum X^2=$	275
$(\sum X)^2=$	225
$n\sum Y^2=$	326755
$(\sum Y)^2=$	310249
$n\sum X^2-(\sum X)^2=$	50
$n\sum Y^2-(\sum Y)^2=$	16506
$(n\sum X^2-(\sum X)^2)*(n\sum Y^2-(\sum Y)^2)=$	825300
Denominador =	908.4602358
r=	0.941152916

Valor de R = 0.941

Anexo 7. Metodológico de la proyección.

Los resultados obtenidos de la presente proyección, corresponde a los vehiculos que transitan por la calle La Transversal de la aldea Pasac Primero del municipio de Cantel. Fueron resueltos con la ecuación de la linea recta la cual fue auxiliado por la linea base de la municipalidad de Cantel y la investigación propia en el año 2020 de las personas que tienen vehiculos y transitan por la calle La Transversal.

Luego elabore la proyección sin proyecto y con proyecto, con la siguiente información.

Ecuación de la línea recta

Fórmulas

$$y = a + bx$$

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

AÑO	X (INDEP)	Y (DEPEN)	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2015	1	65	65	1	4225
2016	2	106	212	4	11236
2017	3	119	357	9	14161
2018	4	127	508	16	16129
2019	5	140	700	25	19600
Totales	15	557	1842	55	65351

Cálculo

n=	5
$\sum X=$	15
$\sum XY=$	1842
$\sum X^2=$	55
$\sum Y^2=$	65351
$\sum Y=$	557
$n\sum XY=$	9210
$\sum X * \sum Y=$	8355
Numerador de b:	855
Denominador de b:	
$n\sum X^2=$	275
$(\sum X)^2=$	225
$n\sum X^2 - (\sum X)^2 =$	50
b=	17.100
Numerador de a:	
$\sum Y=$	557
$b * \sum X =$	256.5
Numerador de a:	300.5
a=	60.10

Proyección sin Proyecto

$$y = a + bx$$

a		b	x	Proyección	Año
60.100	+	17.100	6	163	2020
60.100	+	17.100	7	180	2021
60.100	+	17.100	8	197	2022
60.100	+	17.100	9	214	2023
60.100	+	17.100	10	231	2024

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos indicar que de no implementarse el proyecto, el número de vehículos deteriorados incrementará a 231 para el año 2024.

Año	6	7	8	9	10	
	(2020)	(2021)	(2022)	(2023)	(2024)	
Resultado						
<b>Resultado 1. Se fortalece a la unidad ejecutora. Dirección Municipal de Planificación Cantel, Quetzaltenango.</b>						
Actividad 1 Reunión inicial	1.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	<b>Solución</b>
Actividad 2 Presentación y entrega de propuesta	1.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Actividad 3 Seguimiento del ciclo del proyecto	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%	
<b>Resultado 2. Propuesta de proyecto para la construcción de pavimento rígido del camino La Transversal, aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango.</b>						
Actividad 1 Organización Comunitaria	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	
Actividad 2 Gestión para el aporte Económico	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	
Actividad 3 Ejecución	8.0%	10.0%	11.0%	12.0%	12.0%	

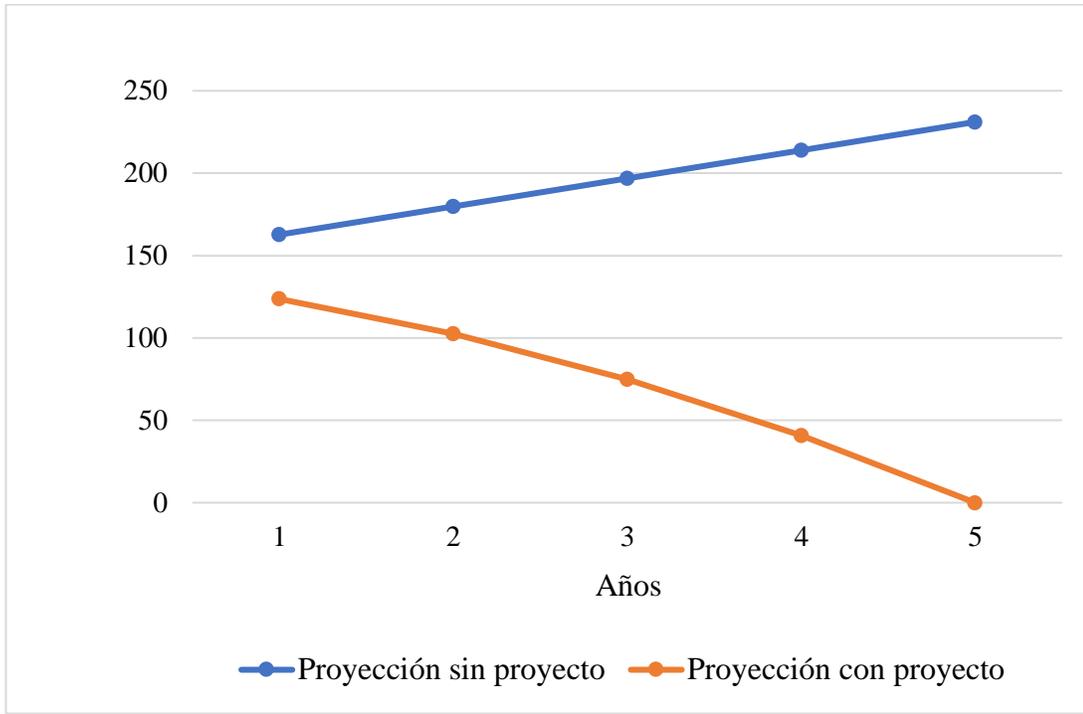
<b>Resultado 3. Se formula programa de capacitación a personal técnico de la Dirección Municipal de Planificación.</b>						
Actividad 1 Capacitaciones	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	
Actividad 2 Asistencia Técnica	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	
Actividad 3 Material de Apoyo	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	
<b>Total</b>	<b>19.0%</b>	<b>19.0%</b>	<b>20.0%</b>	<b>21.0%</b>	<b>21.0%</b>	

Las actividades de cada uno de los resultados ponderados en porcentajes, constituyen el aporte de cada uno para la solución del problema, con el objetivo de lograr para el año 2024 el porcentaje máximo establecido.

Secuencial	Año	Proyección sin proyecto	Porcentaje Propuesto	Proyección con proyecto
6	2020	163	39	124
7	2021	180	77	102
8	2022	197	122	75
9	2023	214	173	41
10	2024	231	231	0

En la tabla se refleja el comportamiento numérico de la proyección sin proyecto y con proyecto secuencial del año 2020 al año 2024.

Gráfica comparativa sin proyecto y con proyecto



En la gráfica se representa el comportamiento lineal de la proyección sin proyecto y con proyecto a partir del año 2020 al año 2024.

Marcelo Armando Chojolán Zorín

**TOMO II.**

PROPUESTA DE PROYECTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO  
RÍGIDO DEL CAMINO LA TRANSVERSAL, ALDEA PASAC PRIMERO,  
CANTEL, QUETZALTENANGO.



Asesor General Metodológico:  
Ingeniero Ambiental José Luis Iquique Socoy

Universidad Rural de Guatemala  
Facultad de Ingeniería

Guatemala, septiembre de 2021

Esta tesis fue presentada por el autor,  
previo a obtener el título universitario de  
Ingeniero Civil con énfasis en  
Construcciones Rurales en el grado  
académico de Licenciado.

## **Prologo**

Con la finalidad de cumplir con el requisito previo a la graduación como Ingeniero Civil, en el grado académico de Licenciado, que requiere la Universidad Rural de Guatemala, se presenta el documento denominado “Propuesta de un proyecto para la construcción de pavimento rígido del camino La Transversal ubicado en la aldea Pasac Primero, municipio de Cantel, Quetzaltenango”, en el cual se basa en investigación técnica obtenida en campo y se fundamenta en información bibliográfica, enriquecida especialmente con datos proporcionados por la población e instituciones relacionadas al desarrollo integral de la aldea.

Con la propuesta, se espera mejorar la calidad de vida y la viabilidad de los diferentes medios de transporte, que tiene como finalidad disminuir el número de vehículos dañados en aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango.

## **Presentación**

El presente documento denominado Propuesta de un proyecto para la construcción de pavimento rígido del camino La Transversal ubicado en la aldea Pasac Primero, municipio de Cantel, Quetzaltenango, surge en la realización de una investigación que se sujeta a las normativas que la Universidad Rural de Guatemala establece, el autor lo presenta en cumplimiento del requisito previo a graduarse como Ingeniero Civil en el grado de Licenciado.

La propuesta del proyecto es un aporte intencionado a mejorar la calidad de vida de la población de la aldea Pasac Primero, municipio de Cantel, Quetzaltenango, disminuir de manera significativa el deterioro de vehículos, ahorro en el tiempo de viaje entre aldeas y crecimiento de la plusvalía del área, entre otros beneficios que impactaran de manera positiva en la economía de los habitantes.

Se presenta para que contribuya a la toma de decisiones de autoridades locales e instituciones que velan por el desarrollo del municipio.

## Índice

No.	Contenido	Página
I.	RESUMEN.....	1
II.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	9
	II.1 Conclusión.....	9
	II.2 Recomendación .....	9
	ANEXOS	

## **I. RESUMEN**

En el cumplimiento a lo establecido por la Universidad Rural de Guatemala, se elaboró la propuesta “Proyecto para la construcción de pavimento rígido del camino La Transversal ubicado en la aldea Pasac Primero, municipio de Cantel, Quetzaltenango, previo a optar al título de Ingeniero Civil, en el grado académico de Licenciado.

De acuerdo a las mejoras que debe proporcionarse a los caminos rurales, se realizó una investigación dirigida a la población e instituciones por medio de encuestas y censos, estas cuestionan, la problemática del deterioro de la capa de rodadura del camino La Transversal, aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango.

El presente resumen describe el planteamiento del problema, hipótesis, objetivos, justificación, síntesis de la metodología utilizada, síntesis de la propuesta de solución y principal conclusión y recomendación.

Se presenta en el apartado de anexos, la propuesta de solución de la problemática investigada, que incluye la matriz de la estructura lógica para evaluar el trabajo después de desarrollar la propuesta.

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

En los últimos cinco años ha aumentado a 140 el número de vehículos dañados, en la aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango, surge este trabajo de investigación relacionado al deterioro de la capa de rodadura del camino. La cantidad de baches y asentamientos de la capa, el aumento de vehículos que transitan por el camino, falta de mantenimiento y condiciones climatológicas deterioran más la capa de rodadura, de esta manera se evidencia la falta de una propuesta para la construcción de pavimento rígido del camino.

Por medio del método de marco lógico se identificó la problemática y el aumento del tránsito en el lugar el cual agrava aún más este problema, tanto población como autoridades del municipio no le han dado la importancia que este camino representa sobre todo que esté en condiciones óptimas para el tránsito vehicular y peatonal. Se comprobó a través de este método que la causa radica en la falta de propuesta para la construcción de pavimento rígido en el camino.

Se evidencia el efecto, en el incremento del número de vehículos dañados que transitan en el lugar en los últimos cinco años sin que se dé una solución al problema de estudio.

## **I.2 Hipótesis**

Del análisis de la problemática, surge la siguiente hipótesis:

“El incremento en el número de vehículos dañados en aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango en los últimos 5 años; es debido a la inexistencia de un proyecto para la construcción de pavimento rígido del camino La Transversal”.

¿Será la inexistencia de un proyecto para la construcción de pavimento rígido del camino La Transversal y el deterioro de la capa de rodadura la que provoca el

incremento del número de vehículos dañados en aldea Pasac Primero, Cantel Quetzaltenango en los últimos 5 años?

### **I.3 Objetivos**

Para revertir la situación actual en cuanto al deterioro de vehículos que transitan por el camino La Transversal de la aldea Pasac Primero del municipio de Cantel se debe alcanzar los siguientes objetivos:

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

Disminuir el número de vehículos dañados en aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango.

#### **I.3.2 Específico**

Mejorar la capa de rodadura del camino La Transversal, aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango.

### **1.4 Justificación**

Como en la gran mayoría de caminos de las áreas rurales del país, muchas de ellas son únicamente peatonales y los caminos que son ampliados se realizan con mano de obra de los vecinos y en otros casos que se tiene apoyo de alguna institución se realiza con equipo especial quedando únicamente estabilizada la capa de rodadura. Con el aumento de tránsito vehicular factores naturales como la lluvia, madrigueras de animales y la falta de mantenimiento las calles sufren daños severos y la formación de baches.

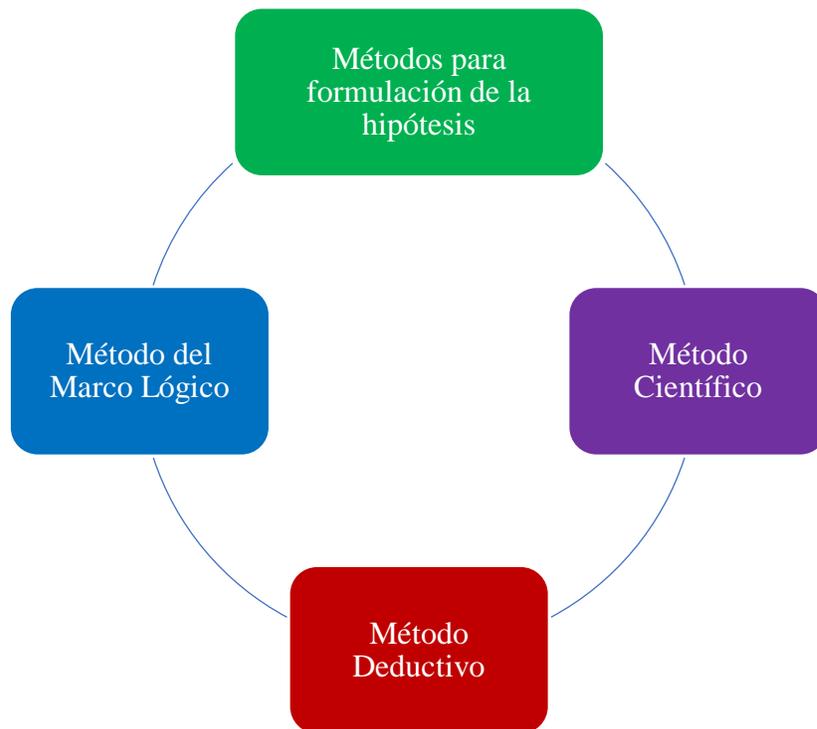
Ante esta situación se ha determinado la mejora significativa del camino La Transversal de la aldea Pasac Primero del municipio de Cantel, de esa manera reducir el aumento de vehículos dañados en dicho lugar.

Al no implementar esta propuesta, se proyecta que para el año 2024 el número de vehículos dañados será de 231, así mismo de implementarse la propuesta el número de vehículos dañados al final del año 2024 podría disminuir a 0.

## **I.5 Metodología**

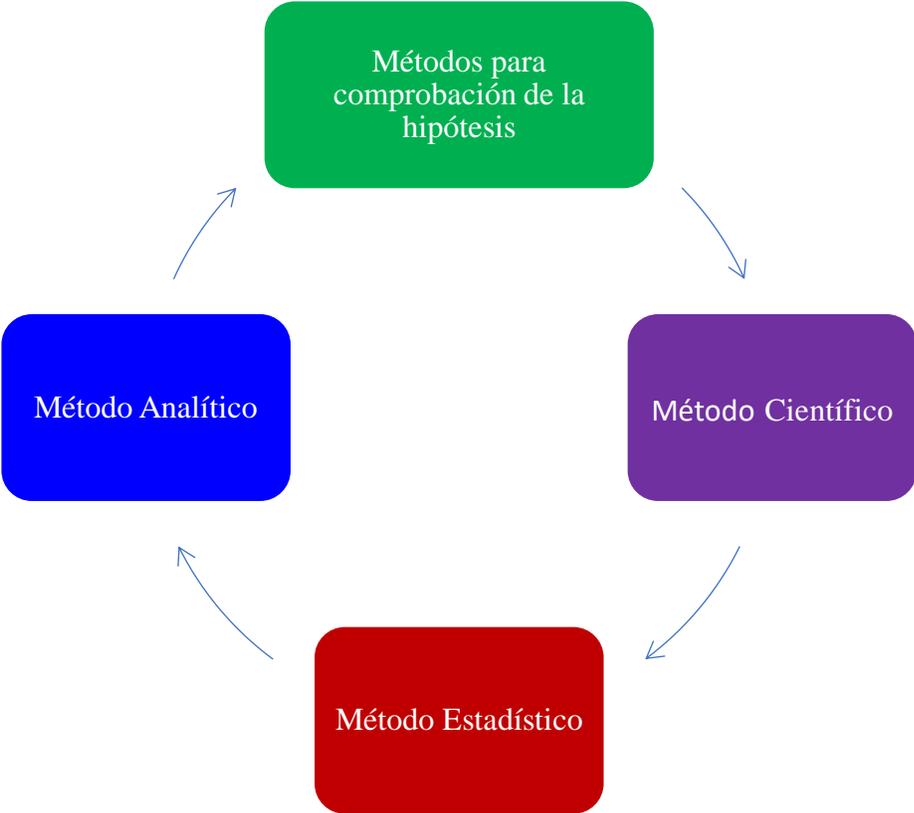
### **I.5.1.1 Métodos utilizados para la formulación de la hipótesis**

Gráfica No. 1 Métodos utilizados para la formulación de la hipótesis



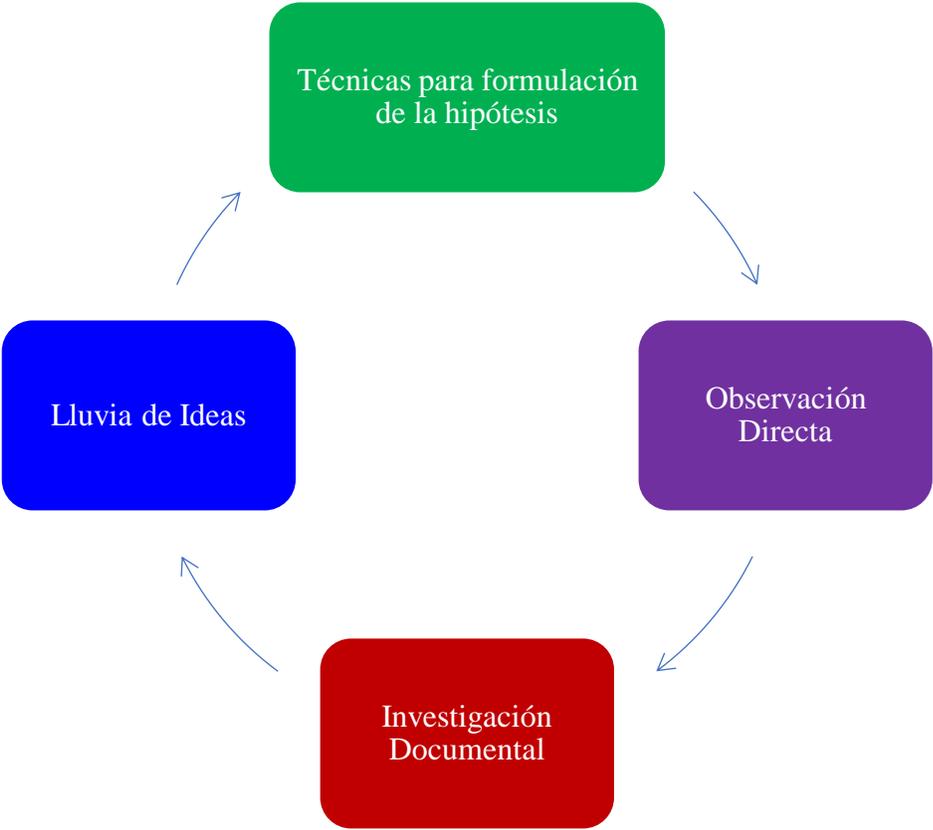
**I.5.1.2. Métodos utilizados para la comprobación de la hipótesis**

Gráfica No. 2 Métodos utilizados para la comprobación de la hipótesis



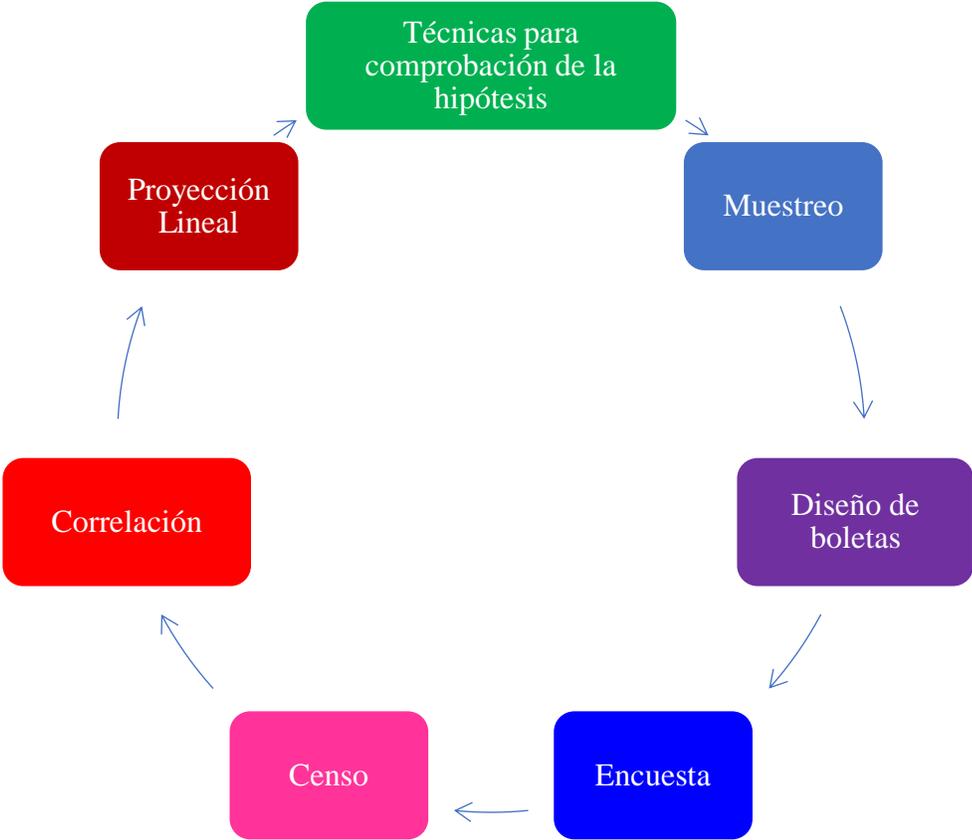
**I.5.2.1 Técnicas utilizadas para la formulación de la hipótesis**

Gráfica No. 3 Técnicas utilizadas para la formulación de la hipótesis



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

Gráfica No. 4 Técnicas utilizadas para la comprobación de la hipótesis



## **I.6 Propuesta de solución**

Se plantea la “Propuesta de proyecto para la construcción de pavimento rígido del camino La Transversal, aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango”, para lo cual es necesario implementar los siguientes resultados:

Resultado 1. Se fortalece a la unidad ejecutora. Dirección Municipal de Planificación Cantel, Quetzaltenango. Con la Gestión, compra y entrega de equipo de cómputo para DMP, de acuerdo a la naturaleza del trabajo.

Resultado 2. Propuesta de proyecto para la construcción de pavimento rígido del camino La Transversal, aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango. Se inicia con la organización de vecinos para la integración de un comité, para así continuar con la gestión y ejecución del proyecto.

Resultado 3. Se formula programa de capacitación a personal técnico de la Dirección Municipal de Planificación. Son actividades que van orientadas, a la capacitación de a integrantes de la Dirección Municipal de Planificación DMP, se realizara anualmente, con personal capacitado en el tema y la entrega de material de apoyo.

## **II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **II.1 Conclusión**

Se comprueba la hipótesis: “El incremento en el número de vehículos dañados en aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango en los últimos 5 años; es debido a la inexistencia de un proyecto para la construcción de pavimento rígido del camino La Transversal.

### **II.2 Recomendación**

Implementar la presente propuesta: “Propuesta de un proyecto para la construcción de pavimento rígido del camino La Transversal ubicada en la aldea Pasac Primero, municipio de Cantel, Quetzaltenango.

## **Anexos**

### **Anexo 1. Propuesta para solucionar la problemática**

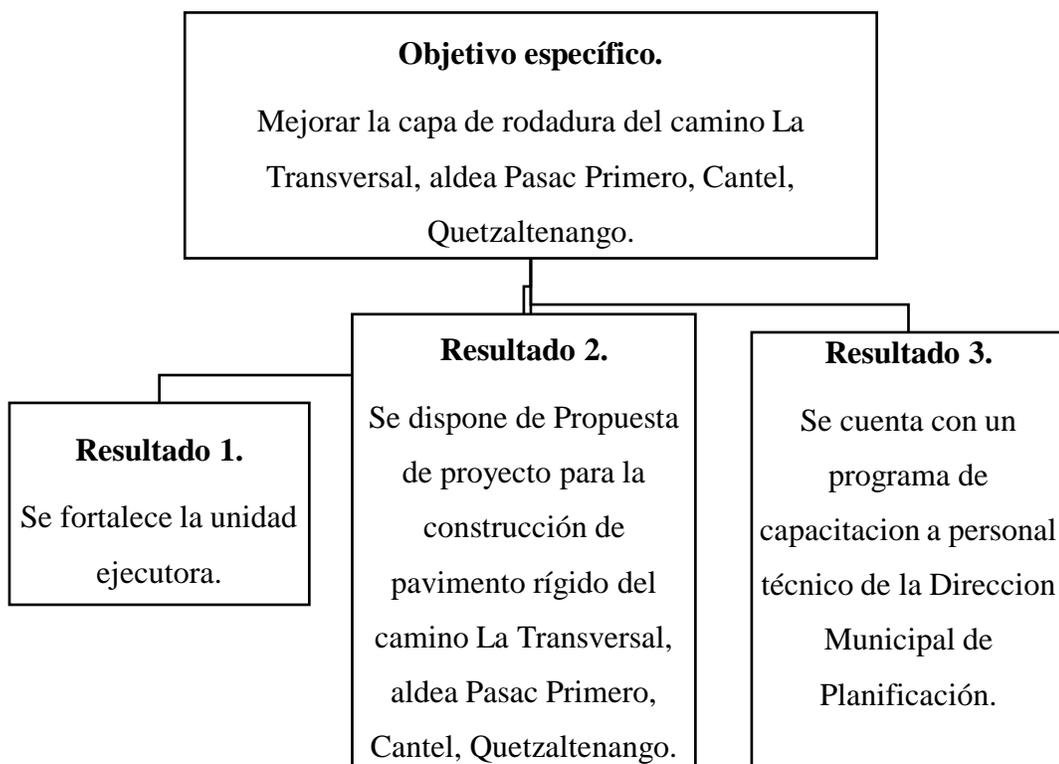
En la aldea de Pasac Primero del municipio de Cantel, es notoria la problemática de estudio desde hace varios años, que en los últimos 5 años se ha agravado aún más, la falta de gestión de los representantes de la comunidad, la falta de un proyecto para el camino y la voluntad política, ha sido los factores que impiden la solución a la problemática.

En la visita de campo realizada se observó el daño que tiene la capa de rodadura del camino la Transversal, el cual provoca el efecto de nuestro estudio.

De tal forma que, al mejorar la capa de rodadura del camino, disminuirá de una forma positiva el número de vehículos dañados que transitan a diario por el camino La Transversal.

Medio para solucionar la problemática

Con los resultados propuestos a continuación, se pretende alcanzar el objetivo específico para solucionar la problemática del deterioro de la capa de rodadura del camino La Transversal de la aldea Pasac Primero del municipio de Cantel, departamento de Quetzaltenango.



## Desarrollo del resultado 1

Resultado 1. Se fortalece la unidad ejecutora. Dirección Municipal de Planificación Cantel, Quetzaltenango. Gestión, compra y entrega de equipo de cómputo para DMP, de acuerdo a la naturaleza del trabajo.

Tiempo proyectado: 1 año

### Actividad No.1 Gestión

De acuerdo a la naturaleza del trabajo que realiza la Dirección Municipal de Planificación, DMP, es necesario dotarles de un equipo de cómputo adecuado para realizar un trabajo más efectivo, por ello se buscará en distintas instituciones y personas individuales el recurso económico para alcanzar el presupuesto de la compra de un equipo que cumpla con las especificaciones requeridas.

### Actividad No.2 Compra de equipo de cómputo

Luego de la gestión de los recursos necesarios para la compra de equipo de cómputo para la Dirección Municipal de Planificación, se adquirirá un equipo de marca reconocida, con un proveedor que tenga el conocimiento, garantía y asistencia técnica necesaria.

### Actividad No.3 Entrega de equipo

Se solicitará una reunión para la entrega del equipo a la Dirección Municipal de Planificación, en conjunto con proveedor y personas que gestionaron el recurso necesario para la compra.

## Desarrollo del resultado 2

Propuesta de proyecto para la construcción de pavimento rígido del camino La Transversal, aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango.

Tiempo proyectado: 5 años.

Para el desarrollo de la Propuesta de proyecto para la construcción de pavimento rígido del camino La Transversal, aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango. Se realizará como solución al proceso de disminuir el número de vehículos dañados en aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango. El plan consiste en lo siguiente:

### Actividad No.1 Organización comunitaria.

Esta etapa consiste en organizar a la población afectada y orientar a cerca de la importancia de generar ideas y promover la participación activa en las decisiones de nuestra comunicad para lograr un cambio positivo que ayude a concretizar proyectos de infraestructura como la del camino La Transversal, específicamente en la organización de un comité que será la base para continuar con el proceso hasta ejecutar el proyecto.

### Actividad No. 2 Gestión para el aporte económico.

En esta etapa los miembros del comité en conjunto con otros vecinos y con propuesta en manos, inicia el proceso de gestión de recursos para la ejecución de la obra, así también la gestión con vecinos para el aporte que deben realizar según el número de habitantes del sector.

### Actividad No.3. Ejecución.

Esta etapa es la concretización de la propuesta, comité y población deberá facilitar el proceso para la ejecución de la obra, proveer insumos propios del lugar como agua

potable y lugar para el resguardo de materiales, maquinaria y equipo a utilizar para en la ejecución del proyecto. Para la ejecución deberán tomarse en consideración el anexo del diseño incluido en la presente propuesta.

Desarrollo del resultado 3

Capacitación a unidad Ejecutora

Tiempo proyectado: 5 años

Capacitación cada 12 meses.

Actividad No. 1 Selección de temas

La primera actividad consiste en la selección de temas a desarrollar durante los próximos 5 años, dichos temas serán seleccionados junto a personal de la Dirección Municipal de Planificación, como consecuencia de las debilidades existentes en cuanto conocimiento administrativo y técnico de dicha área.

Actividad No.2 Desarrollo de la capacitación y entrega de material de apoyo

La actividad de capacitación se llevará a cabo 1 vez por año, en las instalaciones de la Dirección Municipal de Planificación y en proyectos en ejecución, con el objetivo de contextualizar el conocimiento y resolver dudas en el momento oportuno, dicha actividad dará inicio con la entrega de documento de apoyo y hojas en blanco para las anotaciones correspondientes.

Actividad No.3 Evaluación

Finalizada la capacitación se llevará a cabo una evaluación referente al tema, con el objetivo de reforzar aspectos que no hayan quedado claros, de esa forma apoyar a la Dirección Municipal de Planificación, en la mejora continua de sus labores.

## Anexo 2. Matriz de estructura lógica

Es un instrumento que sirve para evaluar el cumplimiento de los objetivos de la Propuesta de proyecto para la construcción de pavimento rígido del camino La Transversal, aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango.

(Evaluación Ex post).

Componentes de la propuesta	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
Objetivo General Disminuir el número de vehículos dañados en aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango.	En el quinto año de implementado el proyecto, se reduce a un 100% el número de vehículos dañados en la aldea Pasac Primero Cantel, Quetzaltenango.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fotografías.</li> <li>• Entrevistas</li> </ul>	
Objetivo Especifico Mejorar la capa de rodadura del camino La Transversal, aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango.	Transcurrido 5 años el camino La Transversal, alcanzara el 100% de mejora de la capa de rodadura.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bitácoras de aplicación en campo</li> <li>• Fotografías</li> <li>• Registros.</li> </ul>	Municipalidad de cantel, vecinos e instituciones financian la ejecución del proyecto

<p>Resultado 1</p> <p>Se fortalece la unidad ejecutora</p>			
<p>Resultado 2</p> <p>Se dispone de Propuesta de proyecto para la construcción de pavimento rígido del camino La Transversal, aldea Pasac Primero, Cantel, Quetzaltenango.</p>			
<p>Resultado 3</p> <p>Se cuenta con un programa de capacitación a personal técnico de la Dirección Municipal de Planificación.</p>			

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Anexo 3. Cronograma

**CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO CAMINO LA TRANSVERSAL  
ALDEA PASAC PRIMERO, CANTEL, QUETZALTENANGO.**

Cronograma "Físico - Financiero" del Proyecto

No.	REGLONES DE TRABAJO	CANTIDAD	UNIDAD	TIEMPO DE EJECUCION DEL PROYECTO = 3 MESES			COSTO TOTAL	%
				1	2	3		
1	Trazo, Nivelación y Estaqueado	441.00	ml				Q8,820.00	0.97%
2	Corte de Cajuela + acarreo de material desperdicio	1,631.70	m2				Q48,951.00	5.40%
3	Conformacion de Sub-Rasante	1,631.70	m2				Q40,792.50	4.50%
4	Capa de Base t=0.10 mt.	1,542.00	m2				Q103,314.00	11.40%
5	Bordillos de Concreto	882.00	ml				Q105,840.00	11.68%
6	Pavimento de Concreto t=15 cm, f'c = 4000 PSI	1,542.00	m2				Q593,670.00	65.53%
7	Llaves de remate	7.00	ml				Q1,260.00	0.14%
8	Limpieza final	1.00	unidad				Q3,352.50	0.37%
<b>TOTALES</b>							<b>Q906,000.00</b>	<b>100.00%</b>
				<b>INVERSION MENSUAL:</b>		<b>Q181,200.00</b>	<b>Q453,000.00</b>	<b>Q271,800.00</b>
				<b>PORCENTAJE DE INVERSIÓN MENSUAL:</b>		<b>20.00%</b>	<b>50.00%</b>	<b>30.00%</b>
				<b>INVERSION MENSUAL ACUMULADA:</b>		<b>Q181,200.00</b>	<b>Q634,200.00</b>	<b>Q906,000.00</b>
				<b>PORCENTAJE DE INVERSIÓN ACUMULADA:</b>		<b>20.00%</b>	<b>70.00%</b>	<b>100.00%</b>

Marcelo Armando Chojolan Zorin

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

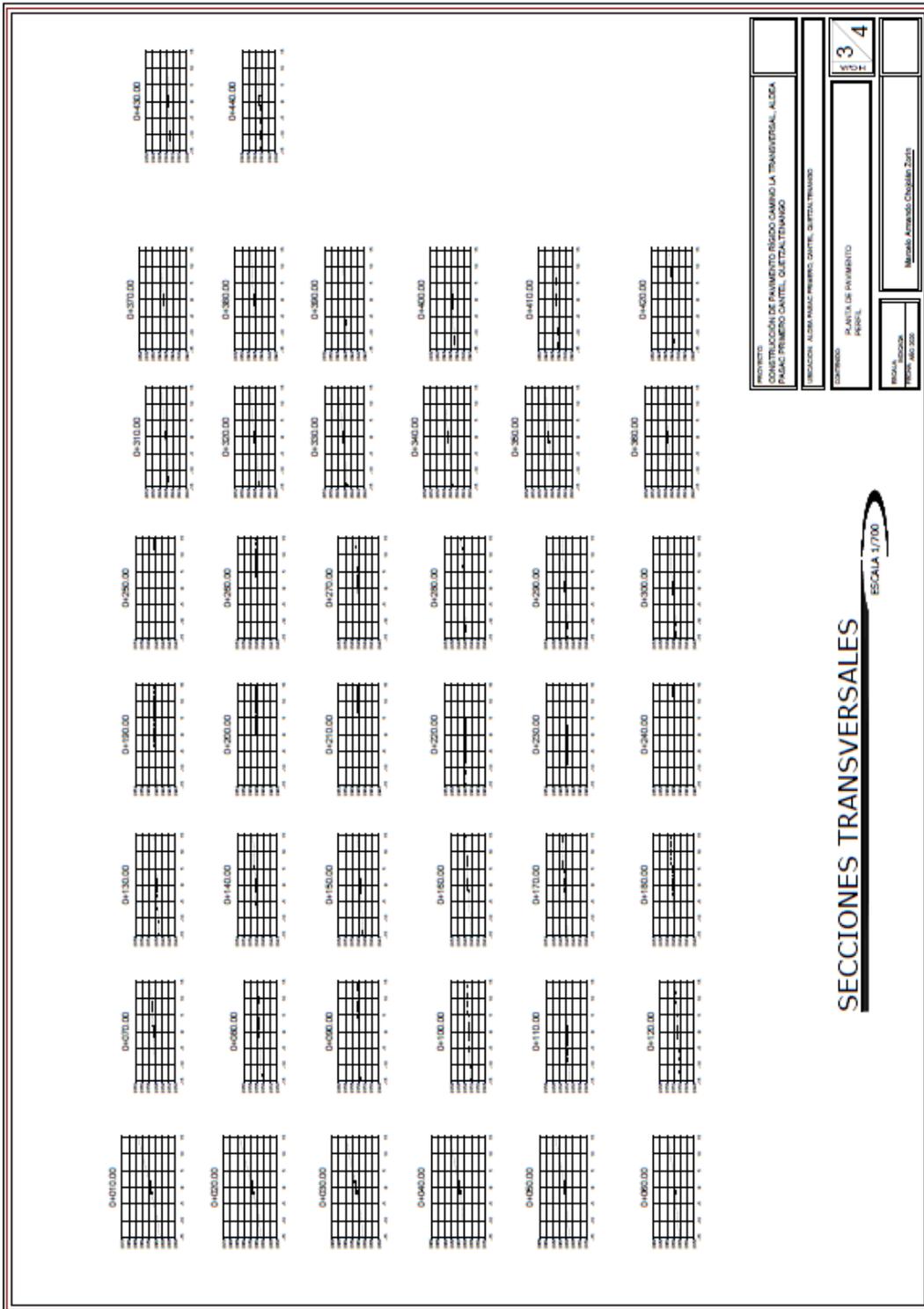
Anexo 4. Presupuesto

<b>PRESUPUESTO INTEGRADO</b>														
<b>CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO CAMINO LA TRANSVERSAL ALDEA PASAC PRIMERO, CANTEL, QUETZALTENANGO.</b>														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"><b>LONGITUD :</b></td> <td style="width: 20%; text-align: right;"><b>441.00</b></td> <td style="width: 50%;"><b>METROS LINEALES</b></td> </tr> <tr> <td><b>ANCHO PROMEDIO:</b></td> <td style="text-align: right;"><b>3.70</b></td> <td><b>METROS</b></td> </tr> <tr> <td><b>AREA TOTAL :</b></td> <td style="text-align: right;"><b>1,631.70</b></td> <td><b>METROS CUADRADOS</b></td> </tr> </table>						<b>LONGITUD :</b>	<b>441.00</b>	<b>METROS LINEALES</b>	<b>ANCHO PROMEDIO:</b>	<b>3.70</b>	<b>METROS</b>	<b>AREA TOTAL :</b>	<b>1,631.70</b>	<b>METROS CUADRADOS</b>
<b>LONGITUD :</b>	<b>441.00</b>	<b>METROS LINEALES</b>												
<b>ANCHO PROMEDIO:</b>	<b>3.70</b>	<b>METROS</b>												
<b>AREA TOTAL :</b>	<b>1,631.70</b>	<b>METROS CUADRADOS</b>												
No.	DESCRIPCION DE LOS TRABAJOS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUB-TOTAL									
1	Trazo, Nivelacion y Estaqueado	ml	441.00	Q20.00	Q8,820.00									
2	Corte de Cajuela + acarreo de material desperdicio	m2	1,631.70	Q30.00	Q48,951.00									
3	Conformacion de Sub-Rasante	m2	1,631.70	Q25.00	Q40,792.50									
4	Capa de Base t=0.10 mt.	m2	1,542.00	Q67.00	Q103,314.00									
5	Bordillos de Concreto	ml	882.00	Q120.00	Q105,840.00									
6	Pavimento de Concreto t=15 cm, f'c = 4000 PSI	m2	1,542.00	Q385.00	Q593,670.00									
7	Llaves de remate	ml	7.00	Q180.00	Q1,260.00									
8	Limpieza final	unidad	1.00	Q3,352.50	Q3,352.50									
<b>COSTO DEL PROYECTO:</b>					<b>Q906,000.00</b>									
<b>EL COSTO DEL PROYECTO ASCIENDE A LA CANTIDAD DE: NOVECIENTOS SEIS MIL QUETZALES EXACTOS</b>														
<b>Marcelo Armando Chojolan Zorin</b>														

Fuente: Elaboración Propia, 2020



VOLUMEN-SECCIONES TRANSVERSALES						
Relación	Radio Arco	Radio Volante	Radio Volante	Radio Volante	Radio Volante	Radio Volante
S+0+00.00	0.33	0.38	0.35	0.30	0.20	0.20
S+0+20.00	0.38	0.43	0.40	0.35	0.25	0.25
S+0+40.00	0.43	0.48	0.45	0.40	0.30	0.30
S+0+60.00	0.48	0.53	0.50	0.45	0.35	0.35
S+0+80.00	0.53	0.58	0.55	0.50	0.40	0.40
S+1+00.00	0.58	0.63	0.60	0.55	0.45	0.45
S+1+20.00	0.63	0.68	0.65	0.60	0.50	0.50
S+1+40.00	0.68	0.73	0.70	0.65	0.55	0.55
S+1+60.00	0.73	0.78	0.75	0.70	0.60	0.60
S+1+80.00	0.78	0.83	0.80	0.75	0.65	0.65
S+2+00.00	0.83	0.88	0.85	0.80	0.70	0.70
S+2+20.00	0.88	0.93	0.90	0.85	0.75	0.75
S+2+40.00	0.93	0.98	0.95	0.90	0.80	0.80
S+2+60.00	0.98	1.03	1.00	0.95	0.85	0.85
S+2+80.00	1.03	1.08	1.05	1.00	0.90	0.90
S+3+00.00	1.08	1.13	1.10	1.05	0.95	0.95
S+3+20.00	1.13	1.18	1.15	1.10	1.00	1.00
S+3+40.00	1.18	1.23	1.20	1.15	1.05	1.05
S+3+60.00	1.23	1.28	1.25	1.20	1.10	1.10
S+3+80.00	1.28	1.33	1.30	1.25	1.15	1.15
S+4+00.00	1.33	1.38	1.35	1.30	1.20	1.20
S+4+20.00	1.38	1.43	1.40	1.35	1.25	1.25
S+4+40.00	1.43	1.48	1.45	1.40	1.30	1.30
S+4+60.00	1.48	1.53	1.50	1.45	1.35	1.35
S+4+80.00	1.53	1.58	1.55	1.50	1.40	1.40
S+5+00.00	1.58	1.63	1.60	1.55	1.45	1.45
S+5+20.00	1.63	1.68	1.65	1.60	1.50	1.50
S+5+40.00	1.68	1.73	1.70	1.65	1.55	1.55
S+5+60.00	1.73	1.78	1.75	1.70	1.60	1.60
S+5+80.00	1.78	1.83	1.80	1.75	1.65	1.65
S+6+00.00	1.83	1.88	1.85	1.80	1.70	1.70
S+6+20.00	1.88	1.93	1.90	1.85	1.75	1.75
S+6+40.00	1.93	1.98	1.95	1.90	1.80	1.80
S+6+60.00	1.98	2.03	2.00	1.95	1.85	1.85
S+6+80.00	2.03	2.08	2.05	2.00	1.90	1.90
S+7+00.00	2.08	2.13	2.10	2.05	1.95	1.95
S+7+20.00	2.13	2.18	2.15	2.10	2.00	2.00
S+7+40.00	2.18	2.23	2.20	2.15	2.05	2.05
S+7+60.00	2.23	2.28	2.25	2.20	2.10	2.10
S+7+80.00	2.28	2.33	2.30	2.25	2.15	2.15
S+8+00.00	2.33	2.38	2.35	2.30	2.20	2.20
S+8+20.00	2.38	2.43	2.40	2.35	2.25	2.25
S+8+40.00	2.43	2.48	2.45	2.40	2.30	2.30
S+8+60.00	2.48	2.53	2.50	2.45	2.35	2.35
S+8+80.00	2.53	2.58	2.55	2.50	2.40	2.40
S+9+00.00	2.58	2.63	2.60	2.55	2.45	2.45
S+9+20.00	2.63	2.68	2.65	2.60	2.50	2.50
S+9+40.00	2.68	2.73	2.70	2.65	2.55	2.55
S+9+60.00	2.73	2.78	2.75	2.70	2.60	2.60
S+9+80.00	2.78	2.83	2.80	2.75	2.65	2.65
S+10+00.00	2.83	2.88	2.85	2.80	2.70	2.70
S+10+20.00	2.88	2.93	2.90	2.85	2.75	2.75
S+10+40.00	2.93	2.98	2.95	2.90	2.80	2.80
S+10+60.00	2.98	3.03	3.00	2.95	2.85	2.85
S+10+80.00	3.03	3.08	3.05	3.00	2.90	2.90
S+11+00.00	3.08	3.13	3.10	3.05	2.95	2.95
S+11+20.00	3.13	3.18	3.15	3.10	3.00	3.00
S+11+40.00	3.18	3.23	3.20	3.15	3.05	3.05
S+11+60.00	3.23	3.28	3.25	3.20	3.10	3.10
S+11+80.00	3.28	3.33	3.30	3.25	3.15	3.15
S+12+00.00	3.33	3.38	3.35	3.30	3.20	3.20
S+12+20.00	3.38	3.43	3.40	3.35	3.25	3.25
S+12+40.00	3.43	3.48	3.45	3.40	3.30	3.30
S+12+60.00	3.48	3.53	3.50	3.45	3.35	3.35
S+12+80.00	3.53	3.58	3.55	3.50	3.40	3.40
S+13+00.00	3.58	3.63	3.60	3.55	3.45	3.45
S+13+20.00	3.63	3.68	3.65	3.60	3.50	3.50
S+13+40.00	3.68	3.73	3.70	3.65	3.55	3.55
S+13+60.00	3.73	3.78	3.75	3.70	3.60	3.60
S+13+80.00	3.78	3.83	3.80	3.75	3.65	3.65
S+14+00.00	3.83	3.88	3.85	3.80	3.70	3.70
S+14+20.00	3.88	3.93	3.90	3.85	3.75	3.75
S+14+40.00	3.93	3.98	3.95	3.90	3.80	3.80
S+14+60.00	3.98	4.03	4.00	3.95	3.85	3.85
S+14+80.00	4.03	4.08	4.05	4.00	3.90	3.90
S+15+00.00	4.08	4.13	4.10	4.05	3.95	3.95
S+15+20.00	4.13	4.18	4.15	4.10	4.00	4.00
S+15+40.00	4.18	4.23	4.20	4.15	4.05	4.05
S+15+60.00	4.23	4.28	4.25	4.20	4.10	4.10
S+15+80.00	4.28	4.33	4.30	4.25	4.15	4.15
S+16+00.00	4.33	4.38	4.35	4.30	4.20	4.20
S+16+20.00	4.38	4.43	4.40	4.35	4.25	4.25
S+16+40.00	4.43	4.48	4.45	4.40	4.30	4.30
S+16+60.00	4.48	4.53	4.50	4.45	4.35	4.35
S+16+80.00	4.53	4.58	4.55	4.50	4.40	4.40
S+17+00.00	4.58	4.63	4.60	4.55	4.45	4.45
S+17+20.00	4.63	4.68	4.65	4.60	4.50	4.50
S+17+40.00	4.68	4.73	4.70	4.65	4.55	4.55
S+17+60.00	4.73	4.78	4.75	4.70	4.60	4.60
S+17+80.00	4.78	4.83	4.80	4.75	4.65	4.65
S+18+00.00	4.83	4.88	4.85	4.80	4.70	4.70
S+18+20.00	4.88	4.93	4.90	4.85	4.75	4.75
S+18+40.00	4.93	4.98	4.95	4.90	4.80	4.80
S+18+60.00	4.98	5.03	5.00	4.95	4.85	4.85
S+18+80.00	5.03	5.08	5.05	5.00	4.90	4.90
S+19+00.00	5.08	5.13	5.10	5.05	4.95	4.95
S+19+20.00	5.13	5.18	5.15	5.10	5.00	5.00
S+19+40.00	5.18	5.23	5.20	5.15	5.05	5.05
S+19+60.00	5.23	5.28	5.25	5.20	5.10	5.10
S+19+80.00	5.28	5.33	5.30	5.25	5.15	5.15
S+20+00.00	5.33	5.38	5.35	5.30	5.20	5.20
S+20+20.00	5.38	5.43	5.40	5.35	5.25	5.25
S+20+40.00	5.43	5.48	5.45	5.40	5.30	5.30
S+20+60.00	5.48	5.53	5.50	5.45	5.35	5.35
S+20+80.00	5.53	5.58	5.55	5.50	5.40	5.40
S+21+00.00	5.58	5.63	5.60	5.55	5.45	5.45
S+21+20.00	5.63	5.68	5.65	5.60	5.50	5.50
S+21+40.00	5.68	5.73	5.70	5.65	5.55	5.55
S+21+60.00	5.73	5.78	5.75	5.70	5.60	5.60
S+21+80.00	5.78	5.83	5.80	5.75	5.65	5.65
S+22+00.00	5.83	5.88	5.85	5.80	5.70	5.70
S+22+20.00	5.88	5.93	5.90	5.85	5.75	5.75
S+22+40.00	5.93	5.98	5.95	5.90	5.80	5.80
S+22+60.00	5.98	6.03	6.00	5.95	5.85	5.85
S+22+80.00	6.03	6.08	6.05	6.00	5.90	5.90
S+23+00.00	6.08	6.13	6.10	6.05	5.95	5.95
S+23+20.00	6.13	6.18	6.15	6.10	6.00	6.00
S+23+40.00	6.18	6.23	6.20	6.15	6.05	6.05
S+23+60.00	6.23	6.28	6.25	6.20	6.10	6.10
S+23+80.00	6.28	6.33	6.30	6.25	6.15	6.15
S+24+00.00	6.33	6.38	6.35	6.30	6.20	6.20
S+24+20.00	6.38	6.43	6.40	6.35	6.25	6.25
S+24+40.00	6.43	6.48	6.45	6.40	6.30	6.30
S+24+60.00	6.48	6.53	6.50	6.45	6.35	6.35
S+24+80.00	6.53	6.58	6.55	6.50	6.40	6.40
S+25+00.00	6.58	6.63	6.60	6.55	6.45	6.45
S+25+20.00	6.63	6.68	6.65	6.60	6.50	6.50
S+25+40.00	6.68	6.73	6.70	6.65	6.55	6.55
S+25+60.00	6.73	6.78	6.75	6.70	6.60	6.60
S+25+80.00	6.78	6.83	6.80	6.75	6.65	6.65
S+26+00.00	6.83	6.88	6.85	6.80	6.70	6.70
S+26+20.00	6.88	6.93	6.90	6.85	6.75	6.75
S+26+40.00	6.93	6.98	6.95	6.90	6.80	6.80
S+26+60.00	6.98	7.03	7.00	6.95	6.85	6.85
S+26+80.00	7.03	7.08	7.05	7.00	6.90	6.90
S+27+00.00	7.08	7.13	7.10	7.05	6.95	6.95
S+27+20.00	7.13	7.18	7.15	7.10	7.00	7.00
S+27+40.00	7.18	7.23	7.20	7.15	7.05	7.05
S+27+60.00	7.23	7.28	7.25	7.20	7.10	7.10
S+27+80.00	7.28	7.33	7.30	7.25	7.15	7.15
S+28+00.00	7.33	7.38	7.35	7.30	7.20	7.20
S+28+20.00	7.38	7.43	7.40	7.35	7.25	7.25
S+28+40.00	7.43	7.48	7.45	7.40	7.30	7.30
S+28+60.00	7.48	7.53	7.50	7.45	7.35	7.35
S+28+80.00	7.53	7.58	7.55	7.50	7.40	7.40
S+29+00.00	7.58	7.63	7.60	7.55	7.45	7.45
S+29+20.00	7.63	7.68	7.65	7.60	7.50	7.50
S+29+40.00	7.68	7.73	7.70	7.65	7.55	7.55
S+29+60.00	7.73	7.78	7.75	7.70	7.60	7.60
S+29+80.00	7.78	7.83	7.80	7.75	7.65	7.65
S+30+00.00	7.83	7.88	7.85	7.80	7.70	7.70
S+30+20.00	7.88	7.93	7.90	7.85	7.75	7.75
S+30+40.00	7.93	7.98	7.95	7.90	7.80	7.80
S+30+60.00	7.98	8.03	8.00	7.95	7.85	7.85
S+30+80.00	8.03	8.08	8.05	8.00	7.90	7.90
S+31+00.00	8.08	8.13	8.10	8.05	7.95	7.95
S+31+20.00	8.13	8.18	8.15	8.10	8.00	8.00
S+31+40.00	8.18	8.23	8.20	8.15	8.05	8.05
S+31+60.00	8.23	8.28	8.25	8.20	8.10	8.10
S+31+80.00	8.28	8.33	8.30	8.25	8.15	8.15
S+32+00.00	8.33	8.38	8.35	8.30	8.20	8.20
S+32+20.00	8.38	8.43	8.40	8.35	8.25	8.25
S+32+40.00	8.43	8.48	8.45	8.40	8.30	8.30
S+32+60.00	8.48	8.53	8.50	8.45	8.35	8.35
S+32+80.00	8.53	8.58	8.55	8.50	8.40	8.40
S+33+00.00	8.58	8.63	8.60	8.55	8.45	8.45
S+33+20.00	8.63	8.68	8.65	8.60	8.50	8.50
S+33+40.00	8.68	8.73	8.70	8.65	8.55	8.55
S+33+60.00						



**SECCIONES TRANSVERSALES**

ESCALA 1/700

PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RIGIDO CAMBIO LA TRANSVERSAL, ALDEA PUASC, MUNICIPIO CENTRAL, CANTÓN TENAPI			
UBICACIÓN ALDEA PUASC, MUNICIPIO CENTRAL, CANTÓN TENAPI			
CONTENIDO PLANTA DE PAVIMENTO PERFILE			
<table border="1"> <tr> <td style="font-size: 2em; font-weight: bold;">3</td> <td style="font-size: 2em; font-weight: bold;">4</td> </tr> </table>		3	4
3	4		
HOJA 150209 1000x1400	Municipio Autónomo Chiquitico Tarija		

Fuente: Elaboración Propia, 2020



Anexo 6.- Diseño de pavimento rígido método AASHTO, 1993

Conteo vehicular

TIPO DE VEHÍCULOS	CONTEO VEHÍCULAR EXPANDIDOS A 24 HORAS				
	DÍA 1	DÍA 2	DIA 3	DÍA 4	PROMEDIO
LIVIANOS	114	118	115	116	116
PICKUPS	180	182	178	175	179
MICRO BUSES	25	24	26	25	25
C-2	5	6	4	6	5
C-3	4	5	5	6	5
<b>TOTALES (TPD)</b>	<b>328</b>	<b>335</b>	<b>328</b>	<b>328</b>	<b>330</b>

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Límite de peso por eje

Tipo de Vehículo	Tipo de eje del tractor			Tipo de eje del semiremolque			Total Toneladas	
	Eje simple direccional	Eje de tracción			Eje de arrastre			
		Eje Simple	Doble rueda	Triple rueda	Eje Simple	Doble rueda		Triple rueda
C2	5.00	10.00					15.00	
C3	5.00		16.50				21.50	
C4	5.00			20.00			25.00	
T2-S1	5.00	9.00			9.00		23.00	
T2-S2	5.00	9.00				16.00	30.00	
T2-S3	5.00	9.00				20.00	34.00	
T3-S1	5.00		16.00		9.00		30.00	
T3-S2	5.00		16.00		16.00		37.00	
T3-S3	5.00		16.00			20.00	41.00	
Otros	----	----	----	----	----	----	Variable	

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimento, SIECA, 2000.

### Factor de crecimiento de tránsito

Período de análisis (años)	Factor sin Crecimiento	Tasa de crecimiento anual (g) (en %)							
		2	4	5	6	7	8	10	
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10	2.10
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31	3.31
4	4.0	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64	4.64
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11	6.11
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72	7.72
7	7.0	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49	9.49
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44	11.44
9	9.0	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58	13.58
10	10.0	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94	15.94
11	11.0	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53	18.53
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38	21.38
13	13.0	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52	24.52
14	14.0	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97	27.97
15	15.0	17.29	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77	31.77
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95	35.95
17	17.0	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55	40.55
18	18.0	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60	45.60
19	19.0	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16	51.16
20	20.0	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28	57.28
25	25.0	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35	98.35
30	30.0	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	164.49	164.49
35	35.0	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02	271.02

Fuente: Guía para Diseño de estructura de Pavimento, AASHTO, 1993

### Factores equivalentes de carga para pavimentos rígidos, ejes simples, $P_t = 2.5$

Carga p/eje (kips)	Espesor de losa D (en pulgadas)								
	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
6	0.012	0.011	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
8	0.039	0.035	0.033	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032
10	0.097	0.089	0.084	0.082	0.081	0.080	0.080	0.080	0.080
12	0.203	0.189	0.181	0.176	0.175	0.174	0.174	0.173	0.173
14	0.376	0.360	0.347	0.341	0.338	0.337	0.336	0.336	0.336
16	0.634	0.623	0.610	0.604	0.601	0.599	0.599	0.599	0.598
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.51	1.52	1.55	1.57	1.58	1.58	1.59	1.59	1.59
22	2.21	2.20	2.28	2.34	2.38	2.40	2.41	2.41	2.41
24	3.16	3.10	3.22	3.36	3.45	3.50	3.53	3.54	3.55
26	4.41	4.26	4.42	4.67	4.85	4.95	5.01	5.04	5.05
28	6.05	5.76	5.92	6.29	6.61	6.81	6.92	6.98	7.01
30	8.16	7.67	7.79	8.28	8.79	9.14	9.35	9.46	9.52
32	10.8	10.1	10.1	10.7	11.4	12.0	12.3	12.6	12.7
34	14.1	13.0	12.9	13.6	14.6	15.4	16.0	16.4	16.5
36	18.2	16.7	16.4	17.1	18.3	19.5	20.4	21.0	21.3
38	23.1	21.1	20.6	21.3	22.7	24.3	25.6	26.4	27.0
40	29.1	26.5	25.7	26.3	27.9	29.9	31.6	32.9	33.7
42	36.2	32.9	31.7	32.2	34.0	36.3	38.7	40.4	41.6
44	44.6	40.4	38.8	39.2	41.0	43.8	46.7	49.1	50.8
46	54.5	49.3	47.1	47.3	49.2	52.3	55.9	59.0	61.4
48	66.1	59.7	56.9	56.8	58.7	62.1	66.3	70.3	73.4
50	79.4	71.7	68.2	67.8	69.6	73.3	78.1	83.0	87.1

Fuente: Guía para Diseño de estructura de Pavimento, AASHTO, 1993.

Factores equivalentes de carga para pavimentos rígidos, ejes tándem,  $P_t = 2.5$

Carga p/eje (kips)	Espesor de losa D (en pulgadas)								
	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
4	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
6	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
8	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
10	0.015	0.014	0.013	0.013	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012
12	0.031	0.028	0.026	0.026	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
14	0.057	0.052	0.049	0.048	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047
16	0.097	0.089	0.084	0.082	0.081	0.081	0.080	0.080	0.080
18	0.155	0.143	0.136	0.133	0.132	0.131	0.131	0.131	0.131
20	0.234	0.220	0.211	0.206	0.204	0.203	0.203	0.203	0.203
22	0.340	0.325	0.313	0.308	0.305	0.304	0.303	0.303	0.303
24	0.475	0.462	0.450	0.444	0.441	0.440	0.439	0.439	0.439
26	0.644	0.637	0.627	0.622	0.620	0.619	0.618	0.618	0.618
28	0.855	0.854	0.852	0.850	0.850	0.850	0.849	0.849	0.849
30	1.11	1.12	1.13	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
32	1.43	1.44	1.47	1.49	1.50	1.51	1.51	1.51	1.51
34	1.82	1.82	1.87	1.92	1.95	1.96	1.97	1.97	1.97
36	2.29	2.27	2.35	2.43	2.48	2.51	2.52	2.52	2.53
38	2.85	2.80	2.91	3.03	3.12	3.16	3.18	3.20	3.20
40	3.52	3.42	3.55	3.74	3.87	3.94	3.98	4.00	4.01
42	4.32	4.16	4.30	4.55	4.74	4.86	4.91	4.95	4.96
44	5.26	5.01	5.16	5.48	5.75	5.92	6.01	6.06	6.09
46	6.36	6.01	6.14	6.53	6.90	7.14	7.28	7.36	7.40
48	7.64	7.16	7.27	7.73	8.21	8.55	8.75	8.86	8.92
50	9.11	8.50	8.55	9.07	9.68	10.14	10.42	10.58	10.66
52	10.8	10.0	10.0	10.6	11.3	11.9	12.3	12.5	12.7
54	12.8	11.8	11.7	12.3	13.2	13.9	14.5	14.8	14.9
56	15.0	13.8	13.6	14.2	15.2	16.2	16.8	17.3	17.5
58	17.5	16.0	15.7	16.3	17.5	18.6	19.5	20.1	20.4
60	20.3	18.5	18.1	18.7	20.0	21.4	22.5	23.2	23.6
62	23.5	21.4	20.8	21.4	22.8	24.4	25.7	26.7	27.3

Fuente: Guía para Diseño de estructura de Pavimento, AASHTO, 1993.

CÁLCULO DE ESAL'S PARA PAVIMENTO RIGIDO					
		PERÍODO DE DISEÑO		15 AÑOS	
		D		6 PULGADAS	
		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL		2.5	
TIPO DE VEHÍCULO	TPD ACTUAL	FACTOR DE CRECIMIENTO	CANTIDAD VEHICULAR DE DISEÑO PARA EL PERIODO	ESAL'S factor	ESAL'S de Diseño
<b>Vehículos sencillos</b>		<b>4%</b>			
Vehículos livianos	116	20.02	845820	0.00048	406
Pickups	179	20.02	1306180	0.00532	6,950
Micro buses	25	20.02	182683	0.00532	972
<b>Camiones C-2 Y C-3</b>		<b>4%</b>			
camiones de 2 ejes, 6 ruedas	5	20.02	38363	2.4458	93,829
camiones de 3 ejes, 10 ruedas	5	20.02	36537	2.6092	95,331
<b>TOTAL VEHÍCULOS</b>	<b>330</b>		<b>2409582</b>	<b>ESAL'S de Diseño</b>	<b>197,488</b>

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Se tomará el No. De ESAL'S de diseño = 197,488, la calle es de una sola vía, por lo que no aplica factor de carril.

## Datos para el diseño

Para el diseño es necesario seleccionar un índice de serviciabilidad inicial y terminal. El índice de serviciabilidad terminal o final del diseño deberá ser tal que, culminando el periodo de vida proyectado, la vía (superficie de rodadura) ofrezca una adecuada serviciabilidad (AASHTO, 1993, p. 28).

Índice de serviciabilidad inicial ( $p_i$ )

Pavimentos flexibles 4.2

Pavimento rígido **4.5**

Índice de serviciabilidad final ( $p_t$ )

Carreteras principales 2.5 o 3

Carreteras con clasificación mayor 2

Carreteras relativamente menores, donde las condiciones económicas determinan que gastos iniciales deben ser mantenidos bajos 1.5 (AASHTO, 1993, p. 28).

Clasificación Funcional	Nivel de confiabilidad recomendado (R)	
	Urbano	Rural
Autopistas y carreteras interestatales y otras vías	85 – 99.9	80 – 99.9
Arterias principales	80 – 99	75 – 95
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 – 80	50 – 80

Fuente: Guía para Diseño de estructura de Pavimento, AASHTO, 1993.

Confiabilidad: **80%**

Generalmente ante los incrementos de los volúmenes de tráfico, de las dificultades para diversificar el tráfico y de las expectativas de disponibilidad del público, debe minimizarse el riesgo de que los pavimentos no se comporten adecuadamente. Este objetivo se alcanza seleccionando niveles de confiabilidad más altos (AASHTO, 1993, p. 28).

### Criterio para la selección de la Desviación estándar total (So)

Pavimentos rígidos	0.30 – 0.40
Pavimentos flexibles	0.40 – 0.50

Fuente: Guía para Diseño de estructura de Pavimento, AASHTO, 1993.

So = 0.35

La selección de un nivel apropiado de confiabilidad para el diseño de una viabilidad particular depende primariamente del uso de lo proyectado y de las consecuencias.

### CONFIABILIDAD Y DESVIACIÓN ESTANDAR

Confiabilidad (R%)	Desviación normal estándar (ZR)
50	0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Fuente: Guía para Diseño de estructura de Pavimento, AASHTO, 1993.

Valores de coeficiente de transmisión de carga j

Tipo de pavimento	hombro			
	Elemento de transmisión de carga			
	Concreto asfáltico		Concreto hidráulico	
	si	no	si	no
No reforzado o reforzado con juntas	3.2	3.8 – 4.4	2.5 – 3.1	3.6 – 4.2
Reforzado continuo	2.9 – 3.2	-----	2.3 – 2.9	-----

Fuente: Guía para Diseño de estructura de Pavimento, AASHTO, 1993.

DATOS OBTENIDOS DE LABORATORIO

CBR DE SUBRASANTE = 18

Sub rasante Módulo Resiliente (Psi)	19,635.79
Sub-Base Módulo Resiliente (Psi)	16,199.10

K sub rasante= 174.35 lb/ plg2 /plg

Cálculo de las ecuaciones AASHTO 1993 (2.0)

Tipo de Pavimento <input type="radio"/> Pavimento flexible <input checked="" type="radio"/> Pavimento rígido		Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So) 80 % Zr=-0.841    So 0.35	
Serviciabilidad inicial y final PSI inicial 4.5    PSI final 2.5		Módulo de reacción de la subrasante k 174.35 pci	
Información adicional para pavimentos rígidos			
Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)	3570000	Coefficiente de transmisión de carga - (J)	3.6
Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)	650	Coefficiente de drenaje - (Cd)	1
Tipo de Análisis <input checked="" type="radio"/> Calcular D <b>W18 =</b> 197488 <input type="radio"/> Calcular W18		Espesor de losa (plg) D = 5.00 mín.	
Observaciones <b>ADVERTENCIA: Se reporta el espesor mínimo de losa del rango del nomograma AASHTO</b>			

Debido a la cantidad de vehículos el cálculo nos da un espesor de 5 pulgadas, pero por proceso constructivo se utilizará un espesor de 15 centímetros ( $t = 6$  plg)

Se utilizará concreto con resistencia de 4,000 psi a compresión y resistencia a flexión de 650 psi.

Sub base CBR mínimo = 40 y espesor de 10 centímetros por ser pavimento de una vía con tráfico liviano.

Los cortes de las planchas de concreto deberán ser de 1.75m x 1.50m

Anexo 7.- Diseño de mezclas de concreto hidráulico método ACI 211

Diseño de concreto con resistencia de 4,000 psi a compresión y resistencia a flexión de 650 psi

Datos de laboratorio de los materiales

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES						
MATERIALES	PESO UNIT. COMP. (Kg/M³)	PESO ESPECIF. S.S.S.	% DE ABSORCION	MODULO DE FINURA	% DE HUMEDAD	TAMAÑO DE AGREGADOS
AGUA		1000				
CEMENTO	1501	3.150				
ARENA	1552	2.506	3.41	2.9	2.3	1/4" - 0"
PIEDRIN	1521	2.602	1.62		1.2	1"

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

Paso No. 1 Resistencia promedio según la tabla

Resistencia a la compresión promedio requerida cuando no se dispone de datos para establecer una desviación estándar	
Resistencia a la compresión especificada $f'_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la compresión requerida promedio $f'_{cr}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Menos que 210 (3000 psi)	$f'_c + 70$
210 a 350 (3000 psi a 5000 psi)	$f'_c + 85$
Mayor a 350 (5000 psi)	$f'_c + 100$

Fuente: American Concrete Institute ACI 311

$$281 + 85 = 366 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad 5200 \text{ psi}$$

Paso No. 2 Elección del revenimiento

El revenimiento a utilizar será de 7.5 +- 1 cm o 3 +-1 Pulgada

### Paso No. 3 Tamaño máximo del agregado grueso

De acuerdo a lo sugerido por ACI se debe utilizar un agregado grueso máximo de 1 ½ pulgadas, sin embargo, debido a la inexistencia de dicho material en la zona se utilizará un agregado máximo de 1”

### Paso No. 4 Calculo del agua para mezclado y contenido de aire

Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de agregado								
Revenimiento, cm	Agua, kg/m <sup>3</sup> para el concreto de agregado de tamaño nominal máximo (mm) indicado							
	9.5(3/8")	12.5(1/2")	19.0(3/4")	25.0(1")	38.0(1 ½")	50.0(2")	75.0(3")	150.0(6")
Concreto sin aire incluido								
2.5 (1") a 5.0 (2")	207	199	190	179	166	154	130	113
7.5 (3") a 10 (4")	228	216	205	193	181	169	145	124
15.0 (6") a 17.5 (7")	243	228	216	202	190	178	160	-
Cantidad aproximada de aire sin aire incluido, por ciento	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incluido								
2.5 (1") a 5.0 (2")	181	175	168	160	150	142	122	107
7.5 (3") a 10 (4")	202	193	184	175	165	157	133	119
15.0 (6") a 17.5 (7")	216	205	197	174	174	166	154	-
Promedio recomendado de contenido de aire total, por ciento, según el nivel de exposición								
Exposición ligera	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Exposición moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Exposición severa	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

Fuente: American Concrete Institute ACI 311

Según la tabla para concreto sin aire incluido con un agregado grueso de 1” y revenimiento de 7.5 cm, el ACI recomienda una cantidad de agua preliminar de 193 Kg/m<sup>3</sup> que sería igual a 193Lts/m<sup>3</sup>.

### Paso No. 5 Selección de la relación agua cemento W/C

Según la tabla del paso No. 5 para concreto sin aire incluido tenemos que para una resistencia de 5000 psi (350 (kg/cm<sup>2</sup>)) la relación agua cemento W/C = 0.48, aplicando una regla de 3 para una resistencia 5200 la relación agua cemento W/C = 0.490.4

Correspondencia entre la relación agua/cemento o agua/materiales cementantes y la resistencia a la compresión del concreto.		
Resistencia a la compresión a los 28 días kg/cm <sup>2</sup>	Relación agua/cemento por peso	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
420 (6000psi)	0.41	-
350 (5000psi)	0.48	0.40
280 (4000psi)	0.57	0.48
210 (3000psi)	0.68	0.59
140 (2000psi)	0.82	0.74

Fuente: American Concrete Institute ACI 311

#### 6.- Calculo del contenido de cemento

C = Cantidad de agua/Relación W/C

$$C = 193/0.48$$

$$C = 402.08 \text{ Kg/m}^3$$

#### 7.- Estimación del contenido de agregado grueso

G = Peso unitario del agregado grueso x factor de la tabla 7 según el modulo de finura de la arena

$$G = 1521 \text{ Kg/m}^3 \times 0.65 = 989 \text{ Kg/m}^3$$

Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto				
Tamaño máximo nominal del agregado, mm	Volumen de agregado grueso varillado en seco, por volumen unitario de concreto para distintos módulos de finura de la arena			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5 (3/8")	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5 (1/2")	0.59	0.57	0.55	0.53
19 (3/4")	0.66	0.64	0.62	0.60
25 (1")	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5 (1 1/2")	0.75	0.73	0.71	0.69
50 (2")	0.78	0.76	0.74	0.72
75 (3")	0.82	0.80	0.78	0.76
150 (6")	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: American Concrete Institute ACI 311

## 8.- Estimación del contenido de agregado fino (arena)

Método volumétrico

$$V_c = 402.08 / (3.15 \times 1000) = 0.1276$$

$$V_g = 989 / (2.602 \times 1000) = 0.3800$$

$$V_w = 193 / (1.00 \times 1000) = 0.1930$$

$$V_{aire} = 1.5 / 100 = 0.0150$$

Cantidad de Arena en Volumen(m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>):

$$A = 1.00 - (0.1276 + 0.3800 + 0.1930 + 0.0150)$$

$$A = 0.2844 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

Cantidad de Arena en Peso(kg/m<sup>3</sup>):

$$A = \text{Cantidad de Arena en Volumen} \times G_s \times 1,000$$

$$A = 0.2844 \times 2.506 \times 1,000$$

$$A = 712.79 \text{ Kg/m}^3$$

Resumen de cantidades Calculadas

Cemento	402.08 Kg/m <sup>3</sup>
Arena	712.79 Kg/m <sup>3</sup>
Agregado 1"	989.00 Kg/m <sup>3</sup>
Agua	193.00 Kg/m <sup>3</sup>

Hoja de cálculo de diseño de concreto hidráulico, con ajustes por humedad y rendimiento

DATOS PARA DISEÑO	
RESISTENCIA ESPECIFICADA 4000 Lb/Pg2	CANTIDAD DE AGUA 193.00 Lts.
RESISTENCIA REQUERIDA 5200 Lb/Pg2	CANTIDAD DE CEMENTO 402.08 Kgs. 9.46 SACOS
RELACION W/C 0.48	CANTIDAD DE ARENA 712.79 kgs.
RELACION C/W 2.08	CANTIDAD DE PIEDRIN 0.65 989.00 kgs.
ASENTAMIENTO 7.5 ± 2.5 Cms. 3 ± 1.0 Pg.	CANTIDAD DE ADITIVO
% DE AIRE ATRAPADO 1.5 %	

VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS MATERIALES (M <sup>3</sup> )	PESO DE MATERIALES PARA 1 M <sup>3</sup> DE CONCRETO FRESCO
AGUA 0.1930	AGUA 193.00 Lts.
CEMENTO 0.1276	CEMENTO 402.08 Kgs.
AIRE 0.0150	ARENA (SECA) 712.79 kgs.
ARENA 0.2844	PIEDRIN (SECO) 989.00 kgs.
PIEDRIN 0.3800	TOTAL <b>2296.87 Kgs.</b>
VOLUMEN CONCRETO FRESCO <b>1.0000</b>	

**PESO VOLUMETRICO ESTIMADO (USANDO AGREGADOS S.S.S.) 2337.21 kgs.**

CORRECCION POR HUMEDAD	BACHADA DE PRUEBA PARA 6 CILINDROS	0.043 M <sup>3</sup>
AGUA 205.92 Lts.	AGUA 8.85 Lts.	
CEMENTO 402.08 Kgs.	CEMENTO 17.29 Kgs.	
ARENA (HUMEDA) 728.83 kgs.	ARENA (HUMEDA) 31.34 Kgs.	
PIEDRIN (HUMEDO) 1000.37 kgs.	PIEDRIN (HUMEDO) 43.02 Kgs.	
TOTAL <b>2337.20 Kgs.</b>	TOTAL 100.50 Kgs.	

Fuente: Elaboración Propia, 2020.