

Richar René Sandoval Revolorio

“PROYECTO PARA MEJORAMIENTO DE CALLE PRINCIPAL DE ALDEA EL
GUACHIPILIN, COMAPA, JUTIAPA.”



Asesor General Metodológico:
Ing. Agr. Carlos Alberto Pérez Estrada

Universidad Rural de Guatemala
Facultad de Ingeniería

Guatemala, mayo 2021

Informe final de graduación

“PROYECTO PARA MEJORAMIENTO DE CALLE PRINCIPAL DE ALDEA EL
GUACHIPILIN, COMAPA, JUTIAPA.”



Presentado al honorable tribunal examinador por:

Richar René Sandoval Revolorio

En el acto de investidura previo a su graduación como Ingeniero Civil con énfasis en
Construcciones Rurales

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, mayo 2021

Informe final de graduación

“PROYECTO PARA MEJORAMIENTO DE CALLE PRINCIPAL DE ALDEA
EL GUACHIPILIN, COMAPA, JUTIAPA.”



UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA

Rector de la Universidad:

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretaria de la Universidad:

Licenciada Lesbia Tevelán Castellanos

Decano de la Facultad de Ingeniería:

Ingeniero Luis Adolfo Martínez Díaz

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, mayo 2021

Este documento fue presentado por el autor, previo a obtener el título de Ingeniero Civil con énfasis en Construcciones Rurales en el grado de licenciado.

ACTO QUE DEDICO

- A Dios** Por darme la vida y permitirme cumplir una de mis metas más anheladas y estar conmigo en todo momento y ser lo mejor de mi vida. Gracias por tu amor hacia mi persona.
- A mis padres** **René Sandoval Medrano y Aura Aracely Revolorio**, por su amor, su cariño y su apoyo incondicional hacia mí en todo momento, por todo ese esfuerzo que hacen día con día por permitirme alcanzar una de las metas que más anhelo, por enseñarme de sus valores y luchar hasta cumplir mis metas. Son lo mas importante en mi vida y a los cuales admiro y respeto mucho, es una bendición tenerlos como mis padres, este éxito se los dedico especialmente a ustedes porque sin ustedes no lo podría haber logrado.
- A mis hermanas** **Heydi Patricia y Berlyn Elisa Sandoval Revolorio**, a quienes agradezco mucho y de todo corazón por sus buenos deseos y el apoyo que me dan y la motivación de seguir adelante.
- A mi familia** En especial a todas las que confiaron en mi en su momento que me dieron palabras de aliento y de seguir adelante hasta lograr cada una de mis metas.
- A mis catedráticos** Por sus conocimientos y enseñanzas que me brindaron.

PRÓLOGO

En cumplimiento a lo establecido por Universidad Rural de Guatemala, a través del programa de graduación, se realizó esta investigación de carácter científico, con el propósito de profundizar en el problema del estado actual de la vía principal de acceso de aldea Guachipilín, Comapa, Jutiapa en los últimos cinco años, todo esto como parte de los procesos académicos, que serán fundamentales para que el estudiante pueda optar al título de Ingeniero Civil en el grado académico de Licenciatura.

La siguiente investigación académica, está basada en la metodología de marco lógico, como paso principal se elabora el diagnóstico de la problemática, a través de la lluvia de ideas, para luego elaborar el árbol de problemas y objetivos, de lo cual se obtiene la hipótesis de trabajo, misma que se desarrolla durante la investigación, el propósito principal, es comprobar o rechazar la misma, a través de métodos y técnicas de investigación y de carácter estadístico.

Con la realización de este estudio se espera que sea de utilidad para una fuente de consulta para la aplicación en la entidad municipal del municipio de Comapa o entidades similares de la República de Guatemala.

PRESENTACIÓN

El deterioro de las vías de acceso en las comunidades más aisladas de la república de Guatemala ha tenido un crecimiento considerable ya que los trabajos de construcción, conservación o rehabilitación de carreteras ha quedado en el abandono por lo cual, se ha realizado una investigación de los materiales más comunes y de mejor resistencia para poder ejecutar estos proyectos, con el cual se ha encontrado el asfalto que es una mezcla de hidrocarburos derivados de la destilación del petróleo y ampliamente utilizado en la construcción como, por ejemplo: carreteras, impermeabilización, entre otros. El asfalto es uno de los materiales más antiguos empleados por el hombre, usado principal como cemento en construcción de vías de acceso de rutas principales con un tránsito vehicular de tipo pesado.

Luego de conocer el entorno del deterioro de las vías de acceso de la comunidad de El Guachipilín y los problemas que ha causado tanto en el desarrollo humano como comercial, de estudio y de salud se decide profundizar la temática basado en estudios de tipo académico y científico.

Por ello, se realizó un diagnostico en lo cual se evidencia que en aldea El Guachipilín, actualmente se sufren consecuencias muy negativas a causa del problema del deterioro y del estado actual de la vía principal de acceso a esta comunidad, pero que debido al desinterés que las instituciones muestran por el tema, los habitantes de esta comunidad no tienen un desarrollo socio económico.

Luego de hacer verídica el problema se decide proponer el “proyecto para mejoramiento de calle principal de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa”, con la finalidad de reducir los daños ocasionados a los vehículos de los habitantes de la comunidad.

Índice General

I.	INTRODUCCIÓN	1
I.1	Planteamiento del problema.....	2
I.2	Hipótesis	3
I.3	Objetivos.....	3
I.3.1	General.....	3
I.3.2	Específico.....	4
I.4	Justificación	4
I.5	Metodología.....	4
I.5.1	Métodos	4
I.5.2	Técnicas	7
II.	MARCO TEÓRICO.....	9
II.1	Deterioro de vehículos.....	9
II.2	Indicadores del deterioro de los vehículos	9
II.3	Vías de acceso	11
II.4	Mal estado de las calles	15
II.5	Mejoramiento de calles.....	25
II.6	Proyecto para mejoramiento de calles.....	28
II.7	Materiales para mejoramiento de calles	57
II.8	Asfalto	61
II.9	Normativas de calidad	68
II.10	Base legal.....	70
III.	COMPROBACIÓN DE HIPOTESIS	71
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	82

IV.1 Conclusiones:	82
IV.2 Recomendaciones	83

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Indicadores del mal estado de las carreteras	22
Ilustración 2. Estado actual de la calle de la comunidad El Guachipilín, Comapa, Jutiapa.	25
Ilustración 3. Grafica de monitoreo de calidad de la carpeta de rodadura.	26
Ilustración 4. Planta general del ensayo Aashto.....	30
Ilustración 5. Algoritmo original del ensayo vial.....	31
Ilustración 6. Grafica de diseño para pavimentos flexibles	33
Ilustración 7. Procedimiento para determinar los espesores de las cargas usar la aproximación de análisis de cargas	39
Ilustración 8. Ábaco para la determinación del Daño Relativo	41
Ilustración 9. Grafica de proyección aritmética del crecimiento	47
Ilustración 10. Ábaco de diseño Aashto para pavimentos flexibles.....	56
Ilustración 11. Ábaco para estimar el numero estructural de la carpeta asfáltica “a1”	56

Índice de Tablas

Tabla 1. Cambios registrados en velocidad de la red vial.....	17
Tabla 2. Red vial de Guatemala.....	18
Tabla 3. Capacidad del drenaje para remover la humedad.....	35
Tabla 4. Valores mi recomendables para modificar coeficientes estructurales de capas de bases y subbases sin tratamiento en pavimentos flexibles.....	36
Tabla 5. Espesores mínimos en pulgadas, en función de los ejes equivalentes; T.S. = Tratamiento superficial con sellos.....	38
Tabla 6. Relaciones C.B.R. – Módulo de resiliencia.....	42
Tabla 7. Periodos de diseño en función del tipo de carretera.....	43
Tabla 8. Índices de serviciabilidad de una carretera.....	43
Tabla 9. Factor de crecimiento.....	49
Tabla 10. Factores de distribución por carril.....	50
Tabla 11. Valores de nivel de confianza <i>R</i> de acuerdo al tipo de camino.....	53
Tabla 12. Factores de desviación normal.....	54
Tabla 13. Resumen de normas de calidad para el asfalto.....	69

Índice de Cuadros

Cuadro 1: Incremento en la cantidad de vehículos deteriorados en calle principal de la aldea.....	72
Cuadro 2: Tiempo en el incremento en la cantidad de vehículos deteriorados en calle principal de la aldea.....	73
Cuadro 3: Cantidad de vehículos deteriorados en calle principal de la aldea en el último año.	74
Cuadro 4: Causa principal del incremento del deterioro de los vehículos en la calle principal de El Guachipilín.....	75
Cuadro 5: Consideración respecto a si se puede disminuir o aumentar la cantidad de vehículos deteriorados en la aldea.....	76
Cuadro 6: Existencia de proyecto para mejoramiento de calle principal de aldea El Guachipilín..	77
Cuadro 7: Implementación de un proyecto para mejoramiento de calle principal de aldea El Guachipilín.	78
Cuadro 8: Acciones que se deben contemplar al momento de implementar un proyecto para mejoramiento de calle principal de la aldea.	79
Cuadro 9: La falta de un proyecto para mejoramiento de calle principal afecta la calidad de los habitantes de la El Guachipilín.	80
Cuadro 10: Se tiene contemplado dentro de la planificación la implementación del proyecto para mejoramiento de calle principal de aldea El Guachipilín.....	81

Índice de Gráficas

Gráfica 1: Incremento en la cantidad de vehículos deteriorados en calle principal de la aldea.....	72
Gráfica 2: Tiempo en el incremento en la cantidad de vehículos deteriorados en calle principal de la aldea.....	73
Gráfica 3: Cantidad de vehículos deteriorados en calle principal de la aldea en el último año.	74
Gráfica 4: Causa principal del incremento del deterioro de los vehículos en la calle principal de El Guachipilín.....	75
Gráfica 5: Consideración respecto a si se puede disminuir o aumentar la cantidad de vehículos deteriorados en la aldea.....	76
Gráfica 6: Existencia de proyecto para mejoramiento de calle principal de aldea El Guachipilín.	77
Gráfica 7: Implementación de un proyecto para mejoramiento de calle principal de aldea El Guachipilín.	78
Gráfica 8: Implementación de un proyecto para mejoramiento de calle principal de aldea El Guachipilín.	79
Gráfica 9: La falta de un proyecto para mejoramiento de calle principal afecta la calidad de los habitantes de El Guachipilín.	80
Gráfica 10: Se tiene contemplado dentro de la planificación la implementación del proyecto para mejoramiento de calle principal de aldea El Guachipilín.....	81

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas más importantes a los que se enfrenta cualquier persona en las comunidades más lejanas es el de facilidad de movilización vehicular, existe carreteras, pero estas en mal estado ya que la mayoría son de terracería.

Las vías de acceso en casi la totalidad del país y sobre todo en áreas rurales se dan graves problemas de salud, educación y vivienda, lo cual se debe al deterioro de las vías de acceso.

En el municipio de Comapa y la aldea El Guachipilín en los últimos 5 años, se ha carecido de una vía de acceso en buenas condiciones, causa problemas de desarrollo ante la inexistencia de un pavimento flexible de asfalto planificado, diseñado y construido en esta vía, esto conlleva al estancamiento en el índice de desarrollo humano y desarrollo local y municipal.

El presente trabajo de graduación “Proyecto para mejoramiento de calle principal de aldea el Guachipilín, Comapa, Jutiapa”, fue elaborada con la finalidad de solucionar la problemática identificada, proponen alternativas viables de solución para cumplir con las expectativas de la población y los objetivos del proyecto.

La estructura de la investigación está conformada en cuatro capítulos, de la siguiente forma:

Capítulo I: incluye dentro de su estructura la descripción del planteamiento del problema, hipótesis, objetivos: general y específicos, la justificación de la investigación y la metodología que se conforma por los métodos y técnicas que se utilizaron.

Capítulo II: comprende principalmente el marco teórico, marco conceptual y marco legal el cual contienen los conceptos relacionados al tema, para dar fundamentación técnica y científica del mismo.

Capítulo III: en esta etapa se incluye el análisis e interpretación de los resultados obtenidos durante la investigación, lo cuales son base fundamental para la comprobación o rechazo de la hipótesis.

Capítulo IV: en este capítulo se describen las conclusiones que servirán de base para identificar la problemática a investigar y realizar los medios de solución pertinentes para la misma. Las recomendaciones serán la base para solucionar la problemática planteada y alcanzar los objetivos propuestos dirigidos a la unidad ejecutora.

I.1 Planteamiento del problema

La calle que principal de la comunidad de El Guachipilín del municipio de Comapa, departamento de Jutiapa, a pesar de ser una calle muy transitada, presenta un abandono de conservación por parte de la Municipalidad, esto causa malestar en conductores y habitantes ya que el tránsito vehicular y peatonal no se realiza de la mejor manera. La calle se encuentra deteriorada ya que es de terracería y con las torrenciales lluvias de los inviernos pasados se socava y se generan hoyos y lodazales.

La comunidad de El Guachipilín, posee un déficit económico lo cual en los últimos 5 años no le ha permitido desarrollar de la mejor manera su crecimiento laboral, existe un problema día con día el transitar y transportar sus productos al casco urbano, genera mayor gasto en transporte y la comercialización de sus productos.

La aldea El Guachipilín se encuentra situada al sur a 54 kilómetros de distancia de la Cabecera Municipal de Comapa, se encuentra a 1,149 metros sobre el nivel del mar -

MSNM-, con coordenadas: Lat. 14° 09' 58" N, Long. 89° 59' 19" W. Según el censo de 2002 indicó que la población fue de 501 habitantes, el acceso a la comunidad se hace por 12 kilómetros de carretera de asfalto en malas condiciones, el área de terreno es utilizado en su mayoría para la ganadería, y otros terrenos son utilizados para el cultivo de maíz, frijol y jocote en su mayoría, colinda al Norte; con Santa Clara y El Zapote, al Sur; con San Jerónimo del municipio de Jalpatagua y el Zapote, al Oriente; Los Tres Cerros, La Laguna y El Copalar y al Occidente; con El Pinito y Talpetate.

I.2 Hipótesis

La hipótesis se derivó del árbol de problemas que se generó al principio de sus variables: el efecto (variable dependiente o Y); tiempo y espacio y la causa principal (variable independiente o X).

“El incremento en la cantidad de vehículos deteriorados en calle principal de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa, en los últimos cinco años, por mal estado de calle principal, es debido a la inexistencia de proyecto para mejoramiento”.

¿Sera la inexistencia de proyecto para mejoramiento, la causante del incremento es la cantidad de vehículos deteriorados en calle principal de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa, en los últimos cinco años, por mal estado de la calle principal?

I.3 Objetivos

Estos se determinaron a partir del árbol de problemas el cual estaba en negativo y se generó el árbol de objetivos los cuales se encuentran en positivo y serán las metas o resultados que se esperan para la ejecución del proyecto.

I.3.1 General

Disminuir cantidad de vehículos deteriorados en calle principal de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa.

I.3.2 Especifico

Mejorar el estado de calle principal de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa.

I.4 Justificación

El propósito de esta propuesta está relacionado con la investigación del pavimento flexible (asfalto) y su comportamiento ante las adversidades del uso diario y la demanda al deterioro por vehículos que circula sobre la misma.

Con el mejoramiento de esta carretera se pretende que la población afectada con esta problemática pueda circular correctamente sin factores de riesgo, de inseguridad y el deterioro de los vehículos lo que cabe destacar que se podrían crear unidades de transporte para la vía que conecta desde el Municipio de Comapa con aldea El Guachipilín ser esta una de las comunidades de mayor población del municipio.

Al realizarse esta propuesta se pretende que la llegada sería mucho más segura, frecuente y al tiempo el impacto que tendría esta vía podría fomentar y crear nuevas estructuras de desarrollo local y municipal.

Cabe destacar que con el mejoramiento de esta vía se crearán métodos de trabajo y mejor producción esto servirá para que los jóvenes no tengan que ir hacia otros sitios para su desarrollo, ayudar con el comercio local y municipal desde su comunidad.

I.5 Metodología

Los métodos y técnicas empleadas durante la investigación, se detallan a continuación:

I.5.1 Métodos

Los métodos a utilizar podrán variar en relación a la formulación y comprobación de la hipótesis; para la formulación de hipótesis y objetivos se utilizó el método deductivo, auxiliado por el marco lógico, diagramados en el árbol de problemas y

objetivos (Anexo 1); para la comprobación de la hipótesis, se hizo empleo del método deductivo y procedimiento de tabulación, análisis y síntesis.

-Observación directa: Se observó, que la vía de acceso principal hacia la comunidad de El Guachipilín es la Ruta Departamental RD-JUT-50, la cual para su conservación está a cargo del Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda (MICIVI) y la comunidad se encuentra a 15 kilómetros de distancia de la cabecera municipal.

Los habitantes de esta comunidad cuentan con un promedio de 1 vehículo tipo sedán, SUV o pickup por familia y de 0.50 camiones por familia ya que la mayoría de las personas se dedican a la ganadería y a la agricultura de cultivos como maíz, frijol y jocote.

-Investigación documental: Como parte del fundamento para comprobar o rechazar la hipótesis anteriormente planteada, se procedió a realizar la investigación documental sobre la problemática identificada, misma que permita contar con un enfoque más claro de la situación y definir las propuestas de solución.

Se llevó a cabo, la visita a diferentes instituciones del Municipio de Comapa, las cuales tienen relación directa o indirecta con la problemática, entre ellas; Municipalidad de Comapa en la Dirección Municipal de Planificación (DMP), y de igual manera se visitó el área de Ingeniería de la Zona Vial 2 de Caminos del departamento de Jutiapa.

-Entrevista: luego de concretar la idea sobre la formulación de la problemática, se da paso a las entrevistas presenciales al personal de las diferentes instituciones como: Dirección Municipal de Planificación (DMP) de la Municipalidad de Comapa, al delegado departamental de la Zona Vial 2 de Caminos de Jutiapa, y a profesionales con conocimiento de la problemática actual de la comunidad en investigación.

Luego de hacer verídica la información del área investigada, se da paso a la formulación de la hipótesis, para la cual se utilizó el método del marco lógico, lo cual permitió encontrar la variable dependiente e independiente de la hipótesis. Las gráficas de dichas variables se encuentran graficadas en el anexo (Anexo 1).

La hipótesis formulada e indicada es de la siguiente manera: “El incremento en la cantidad de vehículos deteriorados en calle principal de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa, en los últimos cinco años, por mal estado de calle principal, es debido a la inexistencia de proyecto para mejoramiento”.

Además, el método de marco lógico, también permitió encontrar los objetivos tanto general como específico de la investigación.

Métodos y técnicas empleadas para la comprobación de la hipótesis.

Para la comprobación de la hipótesis, el método principal utilizado, fue el inductivo, con el que se pudo obtener resultados específicos o particulares de la problemática identificada; lo cual sirvió para diseñar conclusiones y recomendaciones generales, a partir de tales resultados.

Para su comprobación, se utilizaron las técnicas que se especifican a continuación:

Entrevista: previo a ello, se procedió al diseño de boletas de investigación, con el propósito de comprobar la variable dependiente e independiente de la hipótesis previamente formulada. Las boletas, previo a ser aplicadas a la población objetivo, sufrieron un proceso de prueba, con la finalidad, de hacer más afectivas las preguntas y propiciar que las respuestas, proporcionaran la información requerida, después de ser aplicada.

Determinación de la población a investigar: en relación a este tema de investigación, se decidió realizar muestreo estadístico en base a la población total, la población a investigar es habitantes que poseen vehículos, ya que son los principales actores que sufren la problemática. Es decir, se encuestó al total absoluto de habitantes lo que significa que el nivel de confianza del 90% y un 10% en error.

Después de recabar la información contenida en las boletas, se procedió a tabularlas; para cuyo efecto se utilizó el método de 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, que poseyeron como objeto 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; el que sirvió además para hacer congruente la totalidad de la investigación, con los resultados obtenidos producto de la investigación de campo efectuada.

I.5.2 Técnicas

Las técnicas empleadas, tanto en la formulación como en la comprobación de la hipótesis, se expusieron anteriormente, pero éstas variaron de acuerdo a la etapa de la formulación de la hipótesis y a la comprobación de la misma; así:

Como se describió en el apartado (1.5.1 Métodos), las técnicas empleadas en la formulación fueron: la observación directa, la investigación documental y las fichas bibliográficas; así como la entrevista a las personas relacionadas directamente con la problemática.

Por otro lado, la comprobación de la hipótesis, se utilizó la entrevista y el censo.

Como se puede advertir fácilmente, la entrevista estuvo presente en la etapa de la formulación de la hipótesis y en la etapa de la comprobación de la misma. La investigación documental, estuvo presente además de las dos etapas indicadas, en toda la investigación documental y especialmente, para conformar el marco teórico.

II. MARCO TEÓRICO

El marco teórico se compone de temas esenciales relacionados al árbol de problemas y objetivos, que conforman la estructura de la problemática identificada.

II.1 Deterioro de vehículos

Las carreteras del país están colapsadas. Si se hace un viaje hacia cualquier dirección, lo más seguro es que se encuentre carreteras sin mantenimiento. Es desesperante tener que lidiar con múltiples agujeros, e inevitable caer en varios de ellos al no existir posibilidad de esquivarlos por la cantidad existente. (Gómez, 2018, pág. s/n)

El deterioro de los vehículos se acelera, por los daños que se les provoca al transitar. Algunos bromean que, tras el abandono del mantenimiento de las carreteras por el gobierno, se ha creado un nuevo empleo informal para personas desempleadas y en estado de precariedad: tapar hoyos con tierra en el día y destaparlos en la noche, para colocarse en la carretera a pedir dinero, en algunos casos en forma pacífica y en otras en forma violenta. (Gómez, 2018, pág. s/n)

El Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda ha sido incapaz de construir la infraestructura vial que este país necesita y ha descuidado el mantenimiento de la existente. En los diferentes gobiernos se ha convertido en un botón para funcionarios inescrupulosos, o un trampolín político para pretensiones electorales. (Gómez, 2018, pág. s/n)

II.2 Indicadores del deterioro de los vehículos

“Es importante que los automovilistas realicen un correcto mantenimiento de sus vehículos con el objetivo no solo de evitar daños o averías mayores sino sobre todo para reducir el riesgo de sufrir un accidente de tráfico.” (Godó, 2018, pág. s/n)

“Frenos, neumáticos, amortiguadores o luces son algunos de los elementos que deben revisarse de forma periódica. Y algunos de ellos sufren más que otros al circular por carreteras en mal estado.” (Godó, 2018, pág. s/n)

“Socavones, baches y pavimentos deteriorados maltratan los vehículos llega incluso a provocar problemas que obligan a pasar por las manos de un mecánico.” (Godó, 2018, pág. s/n)

II.2.1 Neumáticos

“Al ser el único elemento del vehículo que está directamente en contacto con la carretera, es el primero en quedar afectado por un firme deteriorado.” (Godó, 2018, pág. s/n)

“Es habitual que muestre un desgaste prematuro, lo que provoca una peligrosa pérdida de agarre. Asimismo, aumenta el riesgo de que tenga un reventón.” (Godó, 2018, pág. s/n)

II.2.2 Suspensión

Es una de las partes del automóvil que más sufre las carreteras en estado precario, puesto que es la que absorbe las irregularidades del firme. Según informa EuroMaster, “los amortiguadores tienen más importancia de la que pensamos, ya que su mal estado incide en gran medida la distancia de frenado”. Asimismo, afectan también al confort de los ocupantes. (Godó, 2018, pág. s/n)

II.2.3 Transmisión

Es el sistema encargado de hacer llegar la potencia de motor a las ruedas motrices. Circular de forma continuada por pavimentos dañados puede provocar el deterioro de las juntas homocinéticas-desgaste de la transmisión y la deformación de los rodamientos de las ruedas. (Godó, 2018, pág. s/n)

II.2.4 Dirección

Las manos del conductor manejan este componente a través de volante, que permite controlar la trayectoria del vehículo. En caso de que la carretera no esté en óptimas condiciones, causará holguras en la rótula de dirección y la pérdida de paralelismo en las ruedas. (Godó, 2018, pág. s/n)

II.2.5 Sistemas de fijación

La circulación continuada por carreteras o calles empedradas o en mal estado también puede causar el desajuste de los sistemas de fijación de elementos como el salpicadero, las puertas o las ventanas. Todo esto provocará la aparición de ruidos y vibraciones que con el tiempo serán cada vez más molestos y difíciles de eliminar. (Godó, 2018, pág. s/n)

II.3 Vías de acceso

Un elemento fundamental para el desarrollo del transporte y movilización del comercio y del turismo es el camino o la vía de acceso en el que se mueven los vehículos. Para que la circulación resulte segura y cómoda, es necesario disponer de una superficie preparada, que reúna las condiciones adecuada para permitir el movimiento de los vehículos a unas velocidades que normalmente suelen alcanzar, sin que la conducción se convierta en una tarea fatigosa y arriesgada. (Kraemer, 2003, pág. 5)

La red vial cumple así dos funciones principales: por una parte, permitir la circulación de forma rápida, cómoda, económica y segura de los vehículos automóviles; y por otra parte permitir el acceso de estos vehículos a cualquier punto habitado en el área que sirve de la red vial. (Kraemer, 2003, pág. 5)

La primera es la función de movilidad, mientras que la segunda es una función de accesibilidad. Para cumplir ambas funciones, las carreteras deben reunir una serie de

condiciones que pueden ser contradictorias; es decir, que lo que puede ser adecuado es mejorar la accesibilidad puede comprometer la movilidad, y viceversa. Por ello se recurre a especializar distintas vías de la red, de forma que algunas se destinan casi exclusivamente a satisfacer las necesidades de movilidad y otras ante todo a permitir el acceso a la mayor parte del territorio. (Kraemer, 2003, pág. 6)

II.3.1 Tipos de vías de acceso

Existen diferencias muy notables entre la red vial de las zonas urbanas y las que permiten la circulación fuera de ellas. Las redes urbanas están formadas en su mayor parte por calles, que son vías situadas en áreas edificadas por las que circulan tanto vehículos con motor como peatones (aunque con cierta separación entre ambos tráficos). (Kraemer, 2003, pág. 6)

Son muy frecuentes las intersecciones, así como los puntos de acceso desde los edificios colindantes, y los vehículos realizan principalmente recorridos cortos. Por el contrario, en las carreteras que forman parte de la red vial interurbana predomina el tráfico de vehículos de motor, ya que los peatones y las bicicletas son muy escasos (excepto en algunos tramos cerca de poblaciones). (Kraemer, 2003, pág. 6)

“Las carreteras pueden definirse como vías de dominio y uso público, proyectadas y construidas para la circulación de vehículos automóviles.” (Kraemer, 2003, pág. 6)

“Legalmente las rutas que conforman la red vial de Guatemala, han sido clasificadas según el ancho del derecho de vía que cada una posee, esto nos da por resultado que se tienen rutas centroamericanas, rutas nacionales, rutas departamentales y caminos rurales, para poder clasificarlas será necesario tomar en cuenta algunos lineamientos los cuales se presentan a continuación:” (Argueta, 2014, pág. 22)

a) Rutas centroamericanas

“Son rutas nacionales que dentro de la clasificación de la red vial de la Dirección General de Caminos son de primer orden, con un ancho de derecho de vía de 25,00 metros o más, (autopistas y carreteras de cuatro carriles o más).” (Argueta, 2014, pág. 22)

Este grupo de rutas deberán cumplir con las siguientes características:

- Unen la capital con fronteras o desde otra ruta centroamericana.
- Unen puertos de importancia desde la capital o desde otra ruta centroamericana.
- Atraviesan longitudinalmente o transversalmente la república.
- Este tipo de carreteras son las que reúnen las mejores condiciones de diseño que la topografía les permita.
- El derecho de vía total será de 25,00 metros y el área de reserva será de 80,00 metros (40,00 metros de cada lado de la línea central).

b) Rutas nacionales

“Las rutas nacionales también consideradas de primer orden dentro de la red vial de la Dirección General de Caminos, constan de dos carriles con un ancho total de rodadura de 7,20 metros y un ancho de derecho de vía de 25,00 metros.” (Argueta, 2014, pág. 23)

Este grupo de rutas deberán cumplir con las siguientes características:

- Unen cabeceras departamentales.
- Une rutas centroamericanas, con cabeceras departamentales.
- Conecta rutas centroamericanas.
- Une rutas centroamericanas con puertos de importancia comercial para el país.

- Red auxiliar de las rutas centroamericanas.
- El derecho de vía total será de 25,00 metros y el área de reserva será de 80,00 metros (40,00 metros de cada lado de la línea central).

c) Rutas departamentales

“Son aquellas que la Dirección General de Caminos dentro de su red vial las clasifica como de segundo orden, constan de dos carriles con un ancho total de rodadura de 5,50 a 6,00 metros y un ancho de derecho de vía de 20,00 metros.” (Argueta, 2014, pág. 24)

Este grupo de rutas será las que tengan algunas de las características que a continuación se describen:

- Interconectan cabeceras departamentales.
- Unen cabeceras departamentales entre sí.
- Une cabeceras municipales con rutas centroamericanas o rutas nacionales u otras departamentales.
- El derecho de vía total será de 20,00 metros (10,00 metros de cada lado de la línea central).

“Cada uno de los anteriores, son suficientes por sí mismos para dar categoría de ruta departamental a una carretera. Además:” (Argueta, 2014, pág. 24)

- Une Rutas Nacionales (RN)
- Une rutas centroamericanas o nacionales con litorales
- Longitud mayor a 20 kilómetros
- Tránsito diario mayor de 200 vehículos
- Importancia turística

“De los anteriores, tiene que cumplir con dos criterios por lo menos para ser ruta departamental.” (Argueta, 2014, pág. 25)

d) Caminos rurales

“Los caminos rurales dentro de la clasificación de la red vial de la Dirección General de Caminos son de tercer orden, con un ancho total de rodadura de 4,00 metros y un ancho de derecho de vía de 6,00 a 8,00 metros.” (Argueta, 2014, pág. 25)

Este grupo de rutas deberá cumplir con la siguiente característica:

- Interconecta a las comunidades rurales de los correspondientes municipios.

II.4 Mal estado de las calles

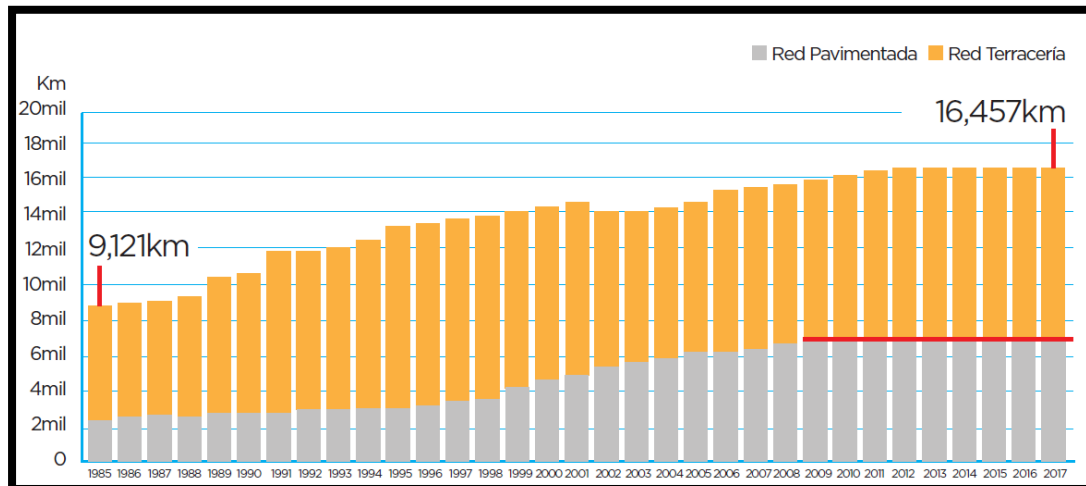
Un mal estado de las carreteras tiene incidencia en un aumento de costos debido a la velocidad en la que avanza el transporte de los productos.

Según el Programa Nacional de Competitividad –PRONACOM-. “La mala infraestructura vial afecta el precio de alimentos. Entre zonas productoras de alimentos y las zonas más pobres de Guatemala, aunque la distancia sea 50 km de distancia lineal, la mala infraestructura incrementa el precio hasta en un 80%... incluso mayor al que se paga en Miami”.

“Las cifras disponibles para Guatemala provistas por el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, entre el año 1985 y el 2013 la red vial creció 80%, equivalente a un aumento de 7,335 kilómetros (tasa de crecimiento igual a un 1.80% anual).” (FUNDESA, 2017, pág. 19)

“No obstante, desde el año 2013 no se ha construido ni un kilómetro adicional de red vial, y desde el año 2011 no se ha ampliado la red vial pavimentada.” (FUNDESA, 2017, pág. 19)

Grafica 1. Red vial pavimentada y no pavimentada



Fuente: (FUNDESA, 2017, pág. 19)

A esta condición, ya de por sí preocupante, debe sumarse el análisis de las velocidades de traslado en las principales rutas del país. Tomar como referencia información provista por transportistas de productos de consumo masivo, la ilustración siguiente muestra los cambios registrados en la velocidad promedio en ruta desde el año 2000 hasta el año 2015. (FUNDESA, 2017, pág. 20)

Tabla 1. Cambios registrados en velocidad de la red vial.

Tramos Carreteros	2000	2005		2010		2015		%15 vs 00
	km/h	km/h	% 05 vs 00	km/h	%10 vs 05	km/h	%15 vs 10	
Ruta CA-1	55	53	-4%	48	-9%	40	-17%	-27%
Ruta CA-2	60	55	-8%	55	0%	50	-9%	-17%
Ruta CA-9	60	60	0%	55	-8%	50	-9%	-17%
Ruta CA-9A	65	65	0%	60	-8%	55	-8%	-15%
Ruta CA-10	55	55	0%	48	-13%	40	-17%	-27%
Ruta CA-11	55	55	0%	48	-13%	40	-17%	-27%
Ruta CA-12	60	60	0%	50	-17%	45	-10%	-25%
Ruta CA-13	55	50	-9%	50	0%	40	-20%	-27%
Ruta CA-14	55	50	-9%	50	0%	40	-20%	-27%
Promedio de Ruta	58	56	-3%	52	-8%	44	-14%	-24%

Fuente: (FUNDESA, 2017, pág. 20)

Los datos revelan un descenso continuado a lo largo del tiempo, en algunas rutas al principio, pero en todas las rutas en la fecha más reciente de análisis. En promedio, la velocidad de tránsito en Guatemala se ha reducido en 14 kilómetros, lo que equivale a una pérdida de 24% en 15 años. (FUNDESA, 2017, pág. 20)

Es más, posterior a un análisis preliminar de los datos más recientes (cifras primer semestre 2017), la velocidad promedio en ruta es 37 kilómetros por hora, lo que equivale a una pérdida de 7 kilómetros por hora respecto al 2015, lo que representa un 16% de pérdida en tan sólo dos años. (FUNDESA, 2017, pág. 20)

“Esta pérdida en velocidad se traduce en mayores costos a toda la población, generalmente evidenciados en un incremento en el precio de los productos, pero también identificados en otras áreas de la actividad productiva.” (FUNDESA, 2017, pág. 20)

Compuesta por 16,457 kilómetros de longitud, la red vial del país se divide en cuatro categorías, la red primaria la que probablemente despierta mayor interés en la opinión pública, pero la cual representa solamente el 22.5% del total de kilómetros. Es la red terciaria, en su mayoría de terracería, la que representa la mayor porción de la red vial (40.2%), seguida de la red de caminos rurales (26.3%). (FUNDESA, 2017, pág. 23)

Tabla 2. Red vial de Guatemala

Clasificación Kilómetros	Centroamericanas		Nacionales			Departamentales			Caminos Rurales	Total			Total KM	%
	Asfalto	Concreto	Asfalto	Concreto	Terracería	Asfalto	Concreto	Terracería		Asfalto	Concreto	Terracería		
Primaria CA, RN Pav, 7E, 7W, QTO, FTN	2,007	131	625	22	484	417	0	20	0	3,049	153	504	3,706	22.5%
Secundaria RN Terr. y RD Pav.	7	0	756	0	254	677	0	114	0	1,440	0	368	1,808	11.0%
Terciaria RD Terr y Otras	0	0	398	22	351	2,223	38	3,584	0	2,621	60	3,935	6,616	40.2%
Caminos Rurales	0	0	0	0	0	0	0	0	4,327	15	4	4,308	4,327	26.3%
Total Guatemala	2,014	131	1,779	44	1,089	3,317	38	3,718	4,327	7,125	217	9,115	16,457	100%

Fuente: (FUNDESA, 2017, pág. 23)

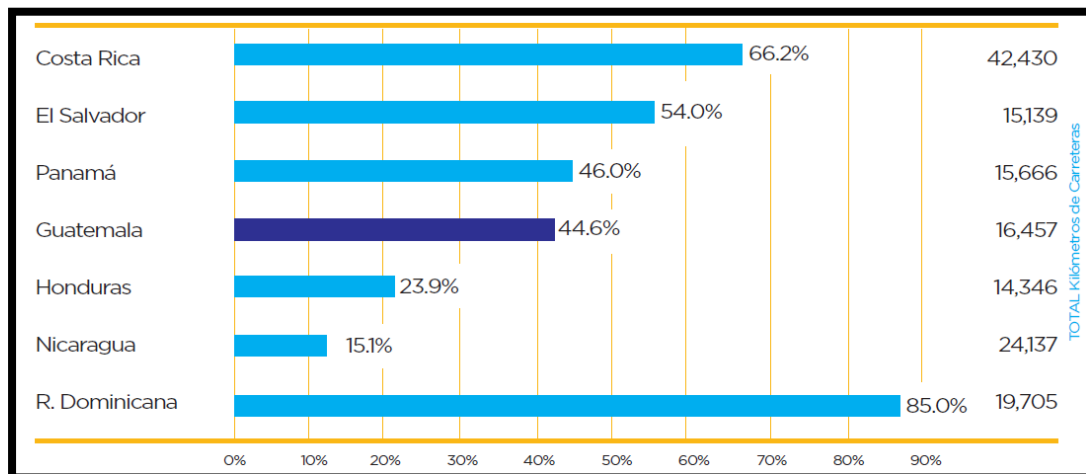
A nivel internacional, esta cifra muestra un grado significativo de retraso. Tomar como referencia los datos publicados (CEPAL, CAF y BID: Base de Datos sobre Infraestructura, 2016), mientras que en Guatemala se cuenta con menos de 1 metro de red vial por habitante (población estimada para 2017: 16,536,036 habitantes), en Estados Unidos esta cifra supera los 20 metros de red vial por habitante, y en México es aproximadamente 4.1 metros de red vial por habitante. (FUNDESA, 2017, pág. 23)

Considerar solamente la población, sin tomar en cuenta la extensión del territorio, podría sesgar el análisis. Si se hace este ajuste, Guatemala cuenta con 49 metros de red vial pavimentada por km² de superficie territorial, por debajo de las cifras para Panamá (60 metros), Costa Rica (78 metros) y El Salvador (173 metros). (FUNDESA, 2017, pág. 23)

El balance para Guatemala se compensa al medir la densidad de red vial no pavimentada, la cual corresponde a 359 metros por km² de superficie, por encima de

los valores para Honduras (131 metros), Panamá (138 metros), Costa Rica (151 metros), Nicaragua (159 metros) y El Salvador (322 metros). (FUNDESA, 2017, pág. 23)

Grafica 2. Kilómetros de carretera de pavimentos como % del total de kilómetros de carreteras



Fuente: CEPAL, CAF, BID – Base de datos sobre infraestructura

II.4.1 Indicadores que denotan el mal estado de las calles

“A partir de finales de la década de 1950, la infraestructura del transporte en Guatemala se vio muy influida por la participación de Guatemala en los programas de integración económica centroamericana.” (Chinchilla, 2005, pág. 8)

“En el país llegó a desarrollarse un sistema físico bastante bien conformado por los diversos modos de transporte y que se fundamenta, en mayor proporción, en los subsistemas vial y ferroviario.” (Chinchilla, 2005, pág. 8)

Dicha situación está íntimamente vinculada con la cadena de transporte integral hacia y desde el exterior, por medio de tres puntos básicos para el trasbordo de pasajeros y carga, que son el aeropuerto La Aurora y los puertos de Santo Tomás de Castilla (Puerto Barrios) y Quetzal. (Chinchilla, 2005, pág. 8)

“Por otra parte, los movimientos del comercio con los países centroamericanos se efectúan alrededor del 95% por medio del sistema de carreteras, con seis puntos fronterizos hacia El Salvador, Honduras, México y Belice.” (Chinchilla, 2005, pág. 8)

a) Indicador del nivel de servicio

“El nivel de servicio mide la capacidad del pavimento para servir al tránsito ofrece un nivel de calidad adecuado a los usuarios; por tanto, se trata de una percepción subjetiva basada en la comodidad.” (Piqueras, 2019, pág. s/n)

Esta percepción se mide habitualmente relacionándola con la regularidad superficial, medida con indicadores como el IRI (International Roughness Index), PSI (Present Serviceability Index) o PSR (Present Serviceability Rating) . Hoy en día el IRI es el indicador más importante, y se evalúa a partir del perfil longitudinal del pavimento. (Piqueras, 2019, pág. s/n)

b) Indicador del nivel de seguridad

“El nivel de seguridad de una carretera depende de múltiples factores, como son el diseño geométrico, la señalización o las características de los vehículos, entre otros muchos.” (Piqueras, 2019, pág. s/n)

Sin embargo, para medir la seguridad del pavimento se suele utilizar la textura (macrotextura o microtextura) y la resistencia al deslizamiento (coeficiente de fricción internacional, IFI). Hay que tener presente, en este caso, que la resistencia al deslizamiento no solo depende de la textura del pavimento, sino que también depende de las características de los neumáticos y de las condiciones del vehículo. (Piqueras, 2019, pág. s/n)

Pero si se tiene que medir la condición del pavimento, deberemos centrarnos en la microtextura, que influye fuertemente en el deslizamiento de vehículos a baja velocidad sobre superficies mojadas) y la macrotextura (que facilita el drenaje del

agua y que ofrece resistencia al deslizamiento en vehículos a alta velocidad sobre pavimentos mojados). (Piqueras, 2019, pág. s/n)

El IFI, que es el indicador que se utiliza internacionalmente, consta de dos números, uno adimensional que representa la fricción (cero es un deslizamiento perfecto, y uno es adherencia) y otro, en unidades de velocidad (km/h) que representa la macrotextura. Con estos dos valores se puede calcular el valor de fricción a cualquier velocidad de deslizamiento. (Piqueras, 2019, pág. s/n)

c) Indicador de propiedades mecánicas

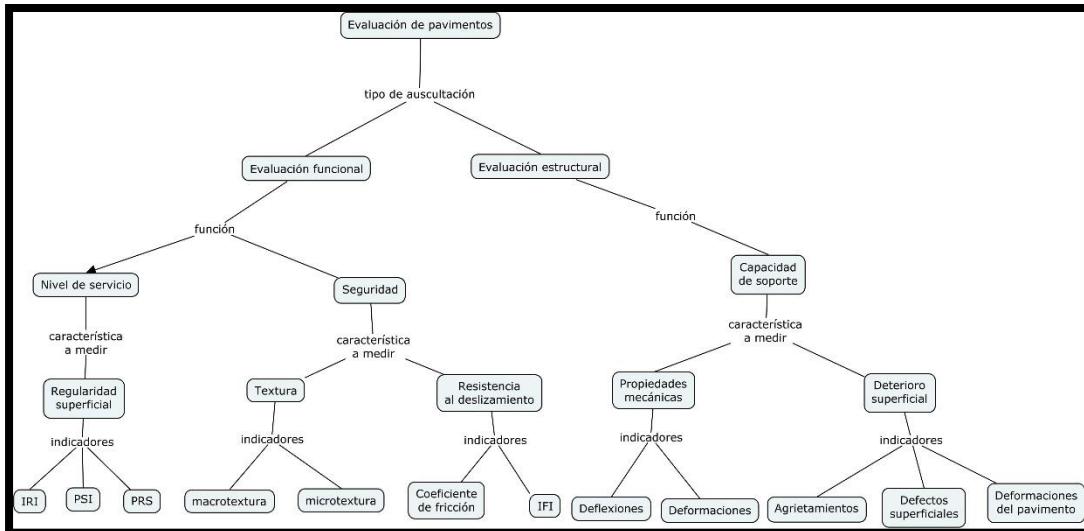
“Las propiedades mecánicas del pavimento (módulo elástico, fatiga, deformación y tensiones residuales) definen los parámetros de resistencia de las diferentes capas de la estructura del pavimento.” (Piqueras, 2019, pág. s/n)

“Sin embargo, el indicador más utilizado para para evaluar la capacidad estructural es la medición de las deflexiones (deformación elástica de un pavimento al paso de una carga).” (Piqueras, 2019, pág. s/n)

d) Indicador del deterioro superficial

“El deterioro superficial se hace patente con las grietas, defectos superficiales y deformaciones del pavimento, así como en los defectos de los tratamientos o reparaciones realizadas. Suele medirse mediante una inspección visual, que puede ser manual o automática.” (Piqueras, 2019, pág. s/n)

Ilustración 1. Indicadores del mal estado de las carreteras



Fuente: (Piqueras, 2019, pág. s/n)

Sin embargo, aunque todos los indicadores expuestos son de interés en la toma de decisiones, también es cierto que resulta conveniente disponer de indicadores compuestos que permitan simplificar la información. Se trata de combinar los indicadores individuales para simplificar la toma de decisiones. Algunos de ellos son el PCI (Pavement Condition Index), el PQI (Pavement Quality Index) y el POI (Pavement Overall Index). (Piqueras, 2019, pág. s/n)

“Como estos indicadores son una agregación de distintos deterioros, para utilizarlos en la gestión de una red de carreteras, es necesario una calibración previa (de Solminihac, 2001).” (Piqueras, 2019, pág. s/n)

Estos indicadores se utilizan, entre otros, para realizar una optimización multiobjetivo en la toma de decisiones necesaria para el mantenimiento de una red de carreteras. En el caso de los indicadores de condición, se trata de maximizar dicho indicador a lo largo del ciclo de vida de la red de carreteras. (Piqueras, 2019, pág. s/n)

II.4.2 Motivos por los cuales existe el mal estado de las calles

- a) “Una falta de una calle que esté hecha de un concreto sólido.” (Sandoval, R. septiembre, 2019)

- b) “Las calles que están cruzadas con algún arroyo y que al llover se desbordan y causan un trancón y una barrial que dificultan el tránsito de las personas residentes por ahí.” (Sandoval, R. septiembre, 2019)

- c) “Las mismas personas residentes arrojan basura y no están pendiente de hacerlo posible para que las calles estén limpias y en buen estado.” (Sandoval, R. septiembre, 2019)

- d) “El tránsito de vehículos es muy pesado y raja el concreto o peor aun al ser de tierra se raja y forma huecos y se llena de agua y dificultan también el paso de las personas residentes de allí.” (Sandoval, R. septiembre, 2019)

- e) “El desperdicio por parte de las personas que no se esmeran por tener una calle limpia ni mucho menos en mal estado.” (Sandoval, R. septiembre, 2019)

- f) “Poca inversión. La red vial recibe por año unos \$100 millones que alcanzan apenas para darle mantenimiento, se necesita invertir unos \$500 millones anuales para reconstruirlas y ampliarlas.” (Sandoval, R. septiembre, 2019)

- g) “Red colapsada. La red actual fue diseñada para otros tiempos, con diseños obsoletos y pavimentos de menor calidad que ofrecen una vida útil menor a lo que demanda la realidad actual.” (Sandoval, R. septiembre, 2019)

- h) “Aumento de la flota. El diseño de las vías se hizo con base al flujo de tránsito de hace más de cuatro décadas. La alta cantidad de autos que hay actualmente que supera el millón de unidades contribuye al deterioro.” (Sandoval, R. septiembre, 2019)
- i) “Exceso de peso. Debido al abandono del sistema de pesaje de camiones se irrespetan los máximos permitidos, lo cual acelera la aparición de grietas y huecos en el pavimento. El pesaje se dejó de realizar hace más de una década.” (Sandoval, R. septiembre, 2019)
- j) “Deficiente organización de mantenimiento. El sistema actual no es una organización que día a día se preocupa por atender los daños que presenta la red vial.” (Sandoval, R. septiembre, 2019)
- k) “Malos drenajes. La carencia de adecuados medios para canalizar el agua provoca que esta se filtre en el pavimento y reduzca su vida útil. Es urgente atender este tema debido a las condiciones lluviosas que tiene Guatemala.” (Sandoval, R. septiembre, 2019)
- l) “Falta de profesionales. No hay suficientes profesionales tanto en las instituciones públicas como en las empresas privadas, para llevar a cabo el ambicioso programa de reparación vial que requiere el país.” (Sandoval, R. septiembre, 2019)
- m) “Legislación raquítica. Existe urgencia por mejorar la legislación, sobre todo en materia de expropiaciones, para acelerar los procesos de compra de los terrenos que se requieren para construir nuevas obras.” (Sandoval, R. septiembre, 2019)
- n) “Poca experiencia de municipalidades. Los gobiernos locales han mostrado dificultad para realizar las gestiones burocráticas que requieren para reparar sus

caminos. Falta capacitar a las municipalidades en esa materia.” (Sandoval, R. septiembre, 2019)

Ilustración 2. Estado actual de la calle de la comunidad El Guachipilín, Comapa, Jutiapa.



Fuente. (Sandoval, R. agosto, 2018)

II.5 Mejoramiento de calles

En términos generales, sólo los pavimentos flexibles pueden ser reciclados *in-situ*. Los efectos del envejecimiento de la carpeta de rodadura se pueden corregir o ralentizar en forma efectiva si se realizan a tiempo los trabajos de mantenimiento. Si se presentan condiciones de tránsito severas, el mantenimiento puede resultar no tan efectivo y requerir un proceso de rehabilitación definido o un recapeo con capas adicionales de mezcla asfáltica. Para condiciones de tránsito bajo, el mantenimiento se puede dar por medio de un tratamiento superficial. (Castañeda, 2011, pág. 6)

Se ha comprobado, mediante la observación de varios proyectos de carreteras, que existen diversas opciones para la rehabilitación de un pavimento y de esta manera lograr que el mismo obtenga nuevamente un nivel de serviciabilidad aceptable. A continuación, se mencionan algunas de estas opciones. (Castañeda, 2011, pág. 8)

a) Rehabilitación superficial

“Esta medida está dirigida básicamente al contar con problemas de fallas en la carpeta asfáltica de rodadura y sellos superficiales, no al presentar fallas en las capas subyacentes.” (Castañeda, 2011, pág. 8)

“Esta aplicación se realiza escarifica de 4 a 12 centímetros superficiales, depende del espesor de la carpeta de rodadura y coloca capas nuevas de concreto asfáltico con espesores variables según los requerimientos estructurales del pavimento.” (Castañeda, 2011, pág. 8)

Recapeo asfáltico. Construcción de una capa nueva de concreto asfáltico, regularmente con espesores entre 4.0 a 5.0 centímetros colocada sobre la superficie existente. Esta representa una de las soluciones más simples en cuanto a rehabilitación superficial se refiere debido a que no es necesario remover la capa dañada y por consiguiente se reducen considerablemente los tiempos de trabajo, el impacto al usuario y el costo final del proceso es mínimo. (Castañeda, 2011, pág. 8)

Fresar y reemplazar. Con este método es necesario remover la capa asfáltica deteriorada y luego reemplazarla con la construcción de una nueva, generalmente con un asfalto de diferentes características. El proceso resulta rápido si se cuenta con maquinaria en buenas condiciones y con alto rendimiento de fresado. El problema puede verse reducido o eliminado con la nueva capa de asfalto, tomar en cuenta la conservación de los espesores originales o la modificación de los mismos, en todo caso a espesores mayores que los originales. (Castañeda, 2011, pág. 9)

“Reciclar una capa delgada de material asfáltico del pavimento existente. Es realizado en el mismo lugar de la obra in-situ, como una aplicación en caliente modifica o no las propiedades del reciclado mediante la adición de nuevos materiales o diferentes tipos de asfalto.” (Castañeda, 2011, pág. 9)

b) Rehabilitación estructural

Esta rehabilitación es específica para eliminar o corregir los problemas dentro de la estructura de pavimento, se entiende como una solución de largo plazo. Hay que tomar en cuenta que la estructura de pavimento a rehabilitar, es decir, la carpeta de rodadura asfáltica, la capa de base y la capa de sub-base, deben estar deterioradas o presentar serias deficiencias en alguna o todas ellas. (Castañeda, 2011, pág. 9)

El objetivo primordial de la rehabilitación estructural, es la de obtener el máximo beneficio posible a partir de la estructura de pavimento existente. Es decir, trabajar adecuadamente las capas dañadas mediante procesos constructivos eficientes para evitar en lo posible, la sustitución de estas genera un alto beneficio económico en el costo final del proyecto. (Castañeda, 2011, pág. 10)

II.6 Proyecto para mejoramiento de calles

“Los métodos de diseño de pavimentos flexibles utilizados frecuentemente son: el método Aashto, el del Instituto del Asfalto y el del Instituto de Ingeniería de la UNAM.” (García, 2018, pág. 17)

II.6.1 Método Aashto

Este método es de amplia aceptación para el diseño de pavimentos flexibles y fue emitido por la American Association of State Highway and Transportation Officials. El método se publicó por primera vez en 1972, existen revisiones hasta 1993 y en la actualidad comienza a distribuirse la versión 2002. La información de pruebas

incluida en el desarrollo del método fue recolectada en el ensayo vial Aashto de 1958 a 1960. (Garcia, 2018, pág. 17)

Este método se clasifica dentro de los procedimientos de diseño basados en ecuaciones de regresión desarrolladas a partir de resultados de tramos de prueba. Sin embargo, este método toma un carácter mecanicístico, al introducir en su procedimiento conceptos como los Módulos de Resilencia y Elásticos de los materiales. (Garcia, 2018, pág. 17)

El ensayo vial Aashto se llevó a cabo en Ottawa, Illinois, a unos 128 kilómetros de Chicago. Tanto el clima como el suelo son típicos de una gran parte de los Estados Unidos. Los ensayos sobre pavimentos se hicieron sobre seis secciones separadas dobles, con pistas de doble vía en forma de dos tramos rectos paralelos con secciones curvas para retorno. En la ilustración 8 se presenta una planta general del ensayo. (Garcia, 2018, pág. 17)

Ilustración 4. Planta general del ensayo Aashto



Fuente: (Garcia, 2018, pág. 17)

El método conserva los algoritmos originales del ensayo vial correspondientes a un grupo reducido de materiales, un solo tipo de subrasante, tránsito homogéneo y el medio ambiente del sitio del ensayo. La siguiente ecuación fue derivada de la información obtenida del ensayo vial Aashto y corresponde al mejor ajuste de las

observaciones hechas, sin embargo, ha sido mejorada con investigaciones en el período 1972 – 1993. (Garcia, 2018, pág. 17)

Ilustración 5. Algoritmo original del ensayo vial

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_O + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Donde:

- W18: Número predicho de repeticiones de ejes equivalentes de carga de 18 kips (80 kN).
- ZR: Desviación normal estándar.
- S0: Error estándar combinado de la predicción del tránsito y la predicción del desempeño.
- ΔPSI: Diferencia entre el índice de diseño inicial de servicio, p0, y el índice de diseño final de servicio, pt.
- MR: Módulo Resiliente (psi).
- SN: es igual al número estructural indicativo del espesor total requerido de pavimento:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3 m_3$$

Donde:

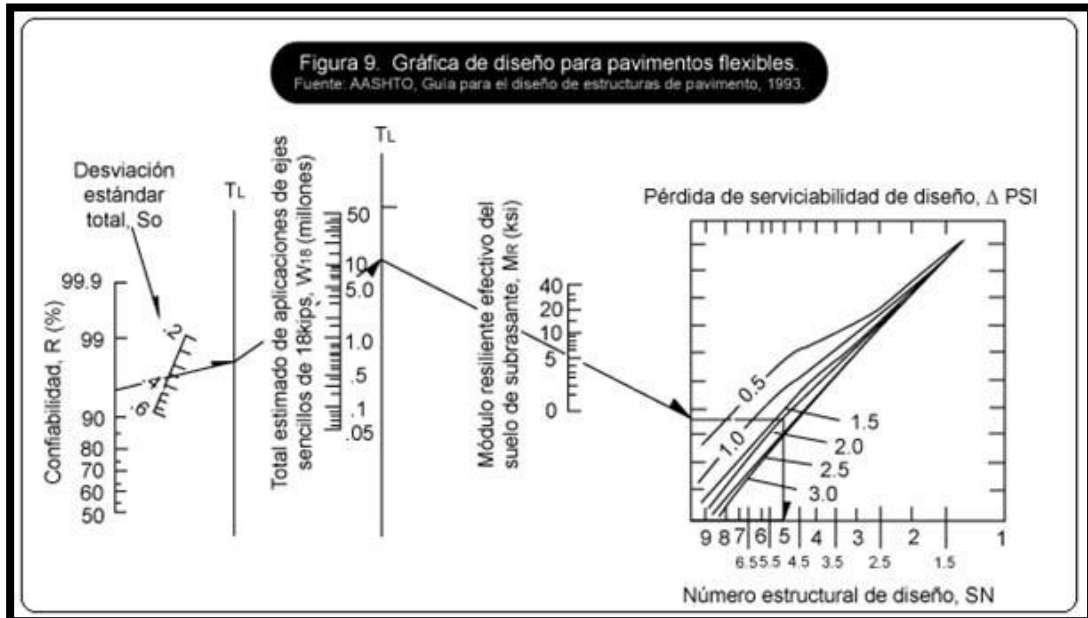
- ai: Coeficiente de la capa i.
- Di: Espesor (pulgadas) de la capa i.
- mi: Coeficiente de drenaje de la capa i.

El número estructural, SN es un número abstracto que expresa la resistencia estructural requerida del pavimento para una combinación de soporte del suelo MR , tránsito total expresado en ejes equivalentes de 18 kips (18,000 libras), índice de servicio final y medio ambiente. El “SN” requerido debe convertirse en espesores de rodadura, base y subbase mediante el uso de coeficientes apropiados que representen la resistencia de los materiales de construcción. (Garcia, 2018, pág. 17)

Los coeficientes de capa están basados en el módulo de elasticidad y han sido determinados mediante el análisis de esfuerzos y deformaciones unitarias en sistemas de pavimento multicapa. La solución a la Ecuación Número 1, representa el valor medio del tránsito que puede ser soportado por unas condiciones determinadas, es decir, existe una probabilidad del 50% de que el tránsito verdadero al momento de alcanzar el índice de servicio final sea mayor o menor que el predicho. (Garcia, 2018, pág. 17)

Por lo que, para evitar deterioros tempranos se ha implementado un factor de confiabilidad en el proceso de diseño. El cual, para ser utilizado apropiadamente, los valores que se ingresen a la ecuación de diseño deben ser promedios sin ningún ajuste. En la ilustración 6 se presenta el nomograma de diseño para resolver la ecuación Número. 1 y obtener el número estructural “SN”. (Garcia, 2018, pág. 17)

Ilustración 6. Grafica de diseño para pavimentos flexibles



Fuente: (Garcia, 2018, pág. 18)

II.6.2 Medio ambiente

“Se deben considerar dos factores que afecta de forma importante el comportamiento de los pavimentos: los cambios de temperatura y las precipitaciones pluviales. Los cambios de temperatura influye de forma específica, para los pavimentos flexibles, en:” (Garcia, 2018, pág. 20)

- Las propiedades de flujo plástico del concreto asfáltico.
- Los esfuerzos térmicos inducidos en el concreto asfáltico.
- El congelamiento y descongelamiento de la subrasante.

En cuanto a las precipitaciones pluviales, si el agua penetra en la estructura afectará las propiedades de los materiales granulares y de la subrasante. El drenaje de los pavimentos siempre debe considerarse como otro factor relevante, debido a que el exceso de agua dentro de la estructura, aunado a la acción del tránsito, produce daños en los pavimentos. El agua penetra la estructura del pavimento a través de grietas,

juntas e incluso a través de las capas estabilizadas; o bien procede de un nivel freático o un acuífero interrumpido. (Garcia, 2018, pág. 20)

Los efectos del agua en los pavimentos incluyen:

- a) Reducción de la resistencia de los materiales granulares no cementados.
- b) Reducción de la resistencia de la subrasante.
- c) Pérdida de finos de la base por lavado y la correspondiente disminución del soporte estructural.
- d) Desprendimiento del asfalto de los agregados.

“Los procedimientos para manejar el agua dentro de los pavimentos presentan tres tendencias:” (Garcia, 2018, pág. 20)

- a) Prevención del ingreso del agua a la estructura de pavimento.
- b) Provisión de un drenaje que remueva esta agua rápidamente.
- c) Construcción de un pavimento lo suficientemente fuerte para soportar los efectos combinados de carga y agua.

Se consideran todas las fuentes posibles de agua, la protección contra la entrada del agua en la sección estructural del pavimento consiste en la interceptación del agua subterránea y la impermeabilización de la superficie. Para obtener un adecuado drenaje de los pavimentos deben proveerse sistemas para: (Garcia, 2018, pág. 20)

- a) Drenaje superficial.
- b) Drenaje del agua subterránea.
- c) Drenaje estructural.

Se debe tomar en cuenta que estos sistemas sólo están en capacidad de remover el agua libre de los pavimentos, es decir, aquella que no está sujeta a fuerzas de capilaridad dentro de los agregados. La Guía Aashto considera los efectos del drenaje en el diseño de pavimentos flexibles mediante la modificación de los coeficientes estructurales ($a_i \times m_i$) en función de la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en el cual el pavimento estará sometido a niveles de humedad cercanos a la saturación. (Garcia, 2018, pág. 20)

“En el proceso de diseño de pavimentos flexibles es necesario determinar los coeficientes de drenaje, m_2 y m_3 , que se aplican exclusivamente a las capas de base y subbase granulares no tratadas respectivamente.” (Garcia, 2018, pág. 21)

“Las Tablas 1 y 2 permiten determinar dichos coeficientes. Se debe tomar en cuenta que en el sistema de drenaje del ensayo vial Aashto se calificó como “Aceptable”, y que el agua libre se removiera en el transcurso de una semana.” (Garcia, 2018, pág. 21)

Tabla 3. Capacidad del drenaje para remover la humedad

Calidad del drenaje	El agua libre se remueve en
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Aceptable	1 semana
Pobre	1 mes
Muy Pobre	El agua no drenara

Fuente: (Garcia, 2018, pág. 21)

Tabla 4. Valores recomendables para modificar coeficientes estructurales de capas de bases y subbases sin tratamiento en pavimentos flexibles.

Calidad del Drenaje	% del tiempo expuesto que la estructura del pavimento está expuesta a humedades cercanas a la saturación			
	Menos del 1%	1 - 5%	5 - 25%	Mas del 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Aceptable	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Fuente: (Garcia, 2018, pág. 21)

II.6.3 Diseño de espesores de pavimentos

“A continuación, se describe el procedimiento para el diseño de espesores del pavimento.” (Garcia, 2018, pág. 24)

“Una vez establecidas las variables de entrada, el diseño se realiza mediante un sistema denominado “Diseño por Análisis de Capas”. El procedimiento para la determinación de los espesores se puede resumir en los siguientes pasos:” (Garcia, 2018, pág. 24)

a) Determinación del número estructural requerido, SN.

“Las variables de entrada son: Tránsito estimado, “W18”; Confiabilidad, “R”, la cual asume que todos los valores de entrada son promedios; Desviación estándar total, “S0”; Módulo de Resiliencia de la subrasante, “MR” y Pérdida del índice de servicio de diseño, “DPSI”.” (Garcia, 2018, pág. 24)

Se deberá aplicar el tránsito equivalente acumulado, determinado para el carril de diseño. Es conveniente señalar que la escala es de 50 millones de ejes acumulados equivalentes, es necesario en caso de rebasar este valor, reconsiderar la distribución del tránsito, por ejemplo, aumentar el número de carriles, etc. (Garcia, 2018, pág. 24)

Para seleccionar los factores de equivalencia, deberá considerarse el valor final de índice de servicio propuesto, “pt” y partir de un número estructural “SN” adecuado, en función del espesor esperado del pavimento, o considerar un valor de “5” si no se puede estimar y repetir el proceso si el número estructural obtenido implica una diferencia de espesor de 2.5 cm. (1 pulgada) en relación con el valor estimado. (Garcia, 2018, pág. 24)

b) Selección de los espesores de capa

“Una vez que se determina el número estructural necesario, “SN”, debe identificarse un conjunto de espesores de capas de pavimento que combinados proveerán las capacidades de carga correspondiente al “SN” de diseño.” (Garcia, 2018, pág. 24)

La ecuación anterior permite la determinación de los espesores de capa de rodamiento, base y subbase. El valor de “SN” no corresponde a una solución única, es decir, existen muchas combinaciones satisfactorias de espesores. Los espesores de las capas deben redondearse a la ½ pulgada siguiente. (Garcia, 2018, pág. 24)

“La Guía presenta valores mínimos de espesor de capa de acuerdo con el tránsito, pero sugiere la investigación de las prácticas locales para formular espesores mínimos, como se muestra en la tabla 3.” (Garcia, 2018, pág. 24)

Tabla 5. Espesores mínimos en pulgadas, en función de los ejes equivalentes; T.S. = Tratamiento superficial con sellos.

Tránsito, ESAL	Concreto asfáltico	Base granular
Menos de 50,000	1.0 o TS	4
50,001 - 150,000	2.0	4
150,001 - 500,000	2.5	4
500,001 - 2,000,000	3.0	6
2,000,001 - 7,000,000	3.5	6
Más de 7,000,000	4.0	6

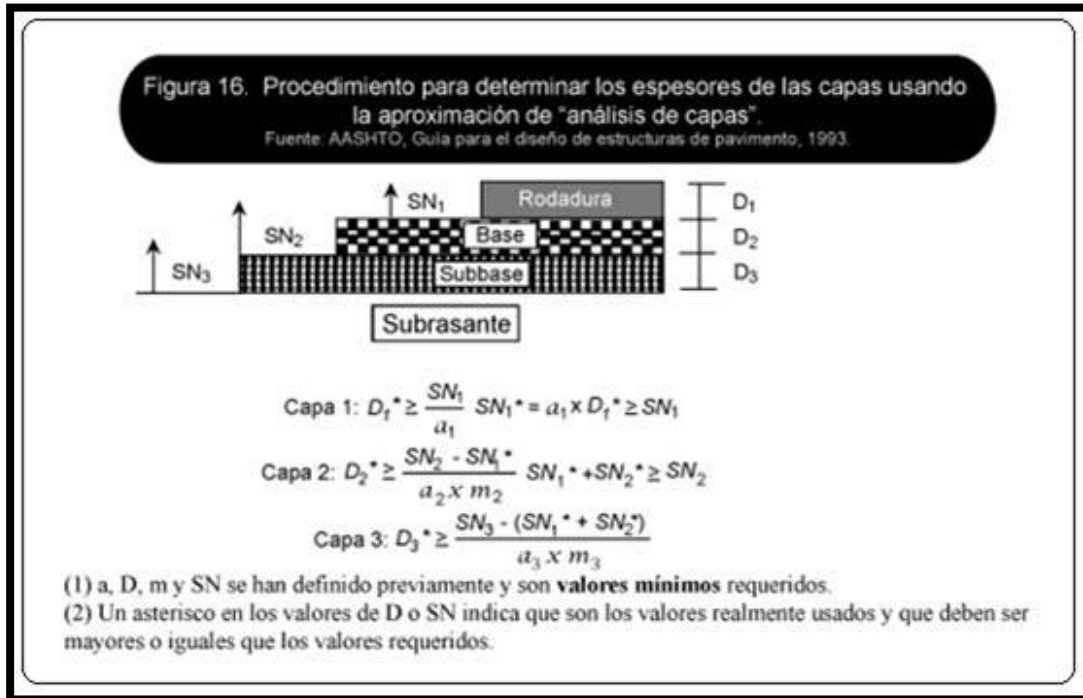
Fuente: (García, 2018, pág. 24)

En la ilustración 7 se presentan los conceptos del diseño de pavimentos mediante el “Análisis de Capas”.

Los resultados del ensayo vial Aashto han sido extrapolados a otras condiciones mediante investigaciones posteriores dentro de los Estados Unidos y Europa. Sobre este punto la misma Guía de Diseño sugiere de forma reiterativa que cada entidad debe desarrollar valores locales para parámetros tan críticos como la desviación estándar total o los coeficientes estructurales de capa. (García, 2018, pág. 24)

“Si bien se presentan valores recomendados, la adopción de los mismos no constituye la práctica más recomendada, aunque dicha la situación es común en los países de América Latina.” (García, 2018, pág. 24)

Ilustración 7. Procedimiento para determinar los espesores de las cargas y usar la aproximación de análisis de cargas



Fuente: (García, 2018, pág. 25)

II.6.4 Parámetros de diseño de pavimentos flexibles

a) Módulo de resiliencia

“Para el diseño de pavimentos flexibles deben utilizarse valores medios resultantes de los ensayos de laboratorio, las diferencias que se puedan presentar están consideradas en el nivel de confiabilidad *R*.” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 123)

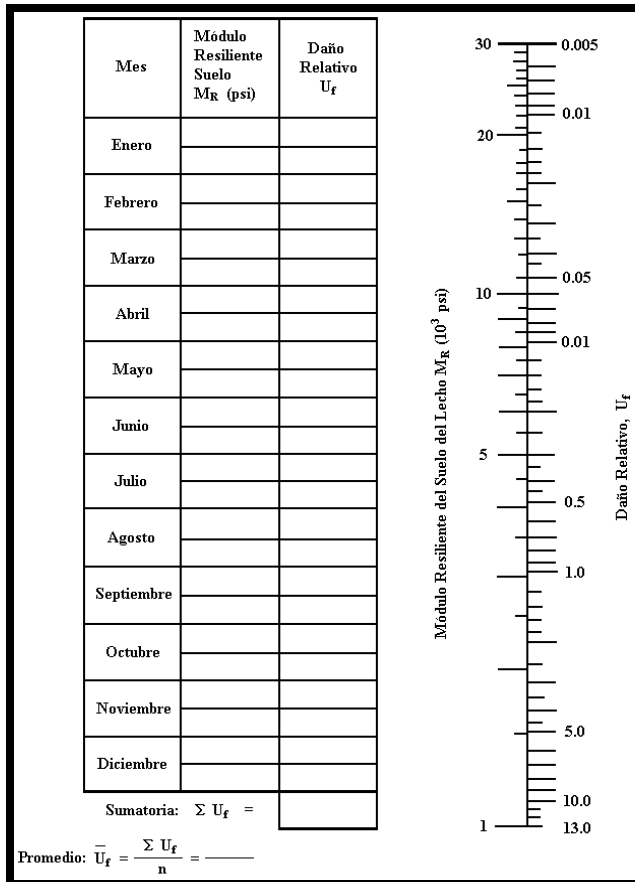
“Durante el año se presentan variaciones en el contenido de humedad de la subrasante, las cuales producen alteraciones en la resistencia del suelo, para evaluar esta situación es necesario establecer los cambios que produce la humedad en el módulo resiliente.” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 123)

“Con este fin se obtienen módulos resilientes para diferentes contenidos de humedad que simulen las condiciones que se presentan en el transcurso del año, en base a los resultados se divide el año en periodos en los cuales el MR es constante.” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 123)

“Para cada valor de MR se determina el valor del daño relativo, utilizar el ábaco de la ilustración 11 ó la siguiente expresión:” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 123)

$$U_f = 1,18 \cdot 10^8 \cdot M_R^{-2,32}$$

Ilustración 8. Ábaco para la determinación del Daño Relativo



Fuente: (Officials, 1993, pág. 525)

Con los resultados de los daños relativos se obtiene el valor promedio anual. El módulo de resiliencia que corresponda al U_f promedio es el valor que se debe utilizar para el diseño. Si no se tiene la posibilidad de obtener esta información se puede estimar el valor del MR en función del CBR. (Universidad Mayor de San Simón - Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 125)

Relación C.B.R. – Módulo de resiliencia

Con los valores del CBR se pueden obtener los módulos resilientes utilizar las relaciones siguientes:

$$(1) \text{ CBR} < 15\% \text{ (Shell)}$$

MR (MPa) = 10 CBR K = Tiene una dispersión de valores de 4 a 25

MR (psi) = 1500 CBR K = Tiene una dispersión de valores de 750 a 3000

(2) MR (MPa) = 17,6 CBR^{0,64} (Powell et al)

El Instituto del Asfalto mediante ensayos de laboratorio realizados en 1982, obtuvo las relaciones siguientes:

Tabla 6. Relaciones C.B.R. – Módulo de resiliencia

Tipo de suelo	%CBR	MR en (psi)
Arena	31	46500
Limo	20	30000
Arena magra	25	37500
Limo - arcilla	25	37500
Arcilla limosa	8	11400
Arcilla pesada	5	7800

Fuente: (Officials, 1993, pág. 525)

b) Periodo de diseño

Se define como el tiempo elegido al iniciar el diseño, para el cual se determinan las características del pavimento, evalúa su comportamiento para distintas alternativas a largo plazo, con el fin de satisfacer las exigencias del servicio durante el periodo de diseño elegido, a un costo razonable. (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 126)

Generalmente el periodo de diseño será mayor al de la vida útil del pavimento, porque incluye en el análisis al menos una rehabilitación o recrecimiento, por lo tanto, éste será superior a 20 años. Los periodos de diseño recomendados por la Aashto se muestran en la tabla 5. (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 126)

Tabla 7. Periodos de diseño en función del tipo de carretera

Tipo de carretera	Periodo de diseño (años)
Urbana de tránsito elevado	30 – 50
Interurbana de tránsito elevado	20 – 50
Pavimentada de baja intensidad de tránsito	15 – 25
De baja intensidad de tránsito, pavimentación con grava	10 – 20

Fuente: (Officials, 1993, pág. 526)

c) Índice de serviciabilidad

Se define el índice de serviciabilidad como la condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento. Inicialmente esta condición se cuantificó a través de la opinión de los conductores, cuyas respuestas se tabulaban en la escala de 5 a 1: (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 126)

Tabla 8. Índices de serviciabilidad de una carretera

Índice de serviciabilidad (psi)	Calificación
5 - 4	Muy buena
4 - 3	Buena
3 - 2	Regular
2 - 1	Mala
1 - 0	Muy mala

Fuente: (Officials, 1993, pág. 526)

Actualmente, una evaluación más objetiva de este índice se realiza mediante una ecuación matemática basada en la inventariación de fallas del pavimento:

Pavimento flexible

$$P = 5,03 - 1,91 \cdot \log[1 + S_V] - 0,01 \cdot [C_f + P]^{0,5} - 1,38 \cdot RD^2$$

Donde:

SV: Variación de las cotas de la rasante en sentido longitudinal en relación a la rasante inicial (Rugosidad en sentido longitudinal).

Cf: Suma de las áreas fisuradas en pies² y de las grietas longitudinales y transversales en pies lineales, por cada 1000 pies² de pavimento.

P: Área bacheada en pies² por cada 1000 pies² de pavimento.

RD: Profundidad media de ahuellamiento en pulgadas. Mide la rugosidad transversal.

Antes de diseñar el pavimento se deben elegir los índices de servicio inicial y final. El índice de servicio inicial p_o depende del diseño y de la calidad de la construcción. En los pavimentos flexibles estudiados por la Aashto, el pavimento nuevo alcanzó un valor medio de $p_o = 4,2$. (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 127)

El índice de servicio final p_t representa al índice más bajo capaz de ser tolerado por el pavimento, antes de que sea imprescindible su rehabilitación mediante un refuerzo o una reconstrucción. El valor asumido depende de la importancia de la carretera y del criterio del proyectista, se sugiere para carreteras de mayor tránsito un valor de $p_t \geq 2,5$ y para carreteras de menor tránsito $p_t = 2,0$. (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 127)

d) Pérdida o disminución del índice de serviciabilidad

“Los valores anteriormente descritos nos permiten determinar la disminución del índice de servicio, que representa una pérdida gradual de la calidad de servicio de la carretera, originada por el deterioro del pavimento. Por tanto:” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 128)

$$\Delta PSI = p_o - p_t$$

donde:

PSI = Índice de Servicio Presente

ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial y el final deseado

p_o = Índice de servicio inicial

p_t = Índice de servicio final

e) Análisis de tráfico

“Las cargas de los vehículos son transmitidas al pavimento mediante dispositivos de apoyo multiruedas para determinar la carga total sobre una superficie mayor, con el fin de reducir las tensiones y deformaciones que se producen al interior de la superestructura.” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 128)

El tráfico es uno de los parámetros más importantes para el diseño de pavimentos. Para obtener este dato es necesario determinar el número de repeticiones de cada tipo de eje durante el periodo de diseño, a partir de un tráfico inicial medido en el campo a través de aforos. (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 129)

El número y composición de los ejes se determina a partir de la siguiente información:

- Periodo de diseño.
- Distribución de ejes solicitantes en cada rango de cargas.
- Tránsito medio diario anual de todos los vehículos TMDA o TPDA.
- Tasas de crecimiento anuales de cada tipo de vehículo.

- Sentido del tráfico.
- Número de carriles por sentido de tráfico.
- Porcentaje del tránsito sobre el carril más solicitado.
- Índice de serviciabilidad.
- Factores de equivalencia de carga.

Transito medio diario anual:

“El TMDA representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios de tránsito aforados durante un año, en forma diferenciada para cada tipo de vehículo.” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 129)

Los vehículos se dividen en:

- Automóviles y camionetas
- Buses
- Camiones de dos ejes
- Camiones de más de dos ejes
- Remolques
- Semiremolques

Tasa de crecimiento:

“Representa el crecimiento promedio anual del TMDA. Generalmente las tasas de crecimiento son diferentes para cada tipo de vehículo.” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 130)

Proyección del tránsito:

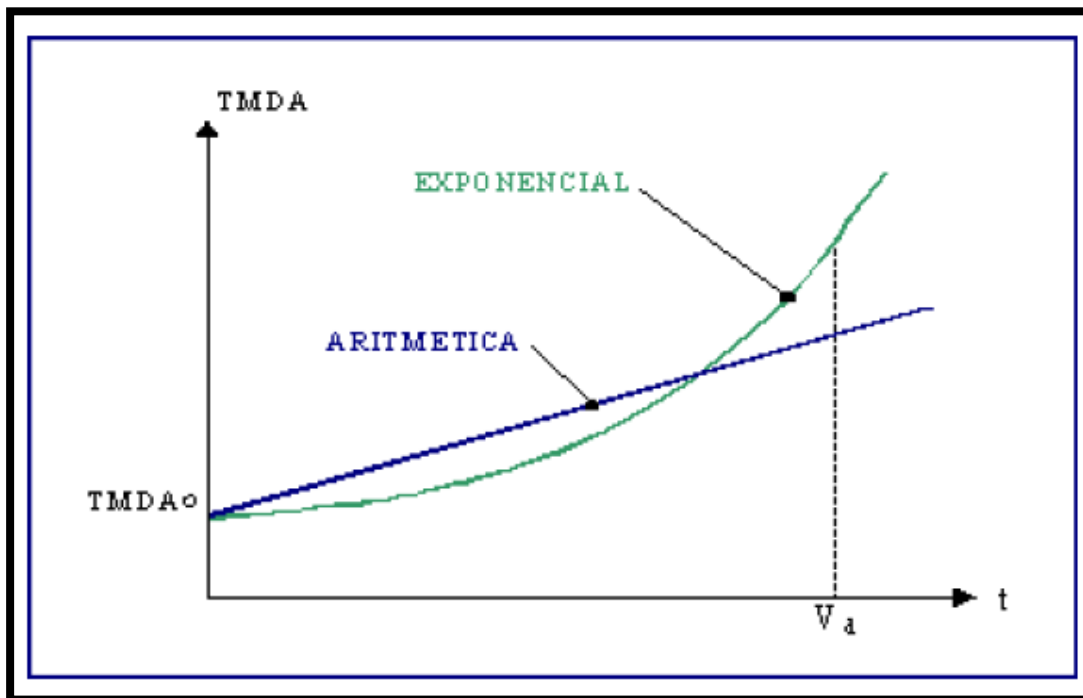
“El tránsito puede proyectarse en el tiempo en forma aritmética con un crecimiento constante o exponencial mediante incrementos anuales.” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 130)

Modelos de crecimiento:

“En el gráfico se observará que la proyección aritmética supone un crecimiento más rápido en el corto plazo y se subestima el tránsito en el largo plazo.” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 130)

“En base a las estadísticas es conveniente definir que curva se ajusta mejor al tránsito generado por una carretera.” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 130)

Ilustración 9. Grafica de proyección aritmética del crecimiento



Fuente: (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 130)

Factor de crecimiento:

“Una forma sencilla de encontrar el factor de crecimiento es adoptar una tasa de crecimiento anual y utilizar el promedio del tráfico al principio y al final del periodo de diseño:” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 131)

$$FC = 0,5 \cdot \left[1 + (1 + r)^P \right]$$

Donde:

r = tasa de crecimiento anual en decimales

P = periodo de diseño en años.

La Asociación del Cemento Portland utiliza el tráfico a la mitad del periodo de diseño:

$$FC = (1 + r)^{0,5 \cdot P}$$

La Aashto recomienda calcular el factor de crecimiento para el tráfico de todo el periodo de diseño:

$$FC = \frac{(1 + r)^P - 1}{r}$$

Los valores del factor de crecimiento para diferentes tasas anuales y periodos de diseño se muestran en la tabla siguiente, de acuerdo al criterio de la Aashto:

Tabla 9. Factor de crecimiento

Periodo de diseño, años (<i>n</i>)	Tasa de crecimiento anual, <i>g</i> en porcentaje							
	Sin crecimiento	2	4	5	6	7	8	10
1	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
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.0	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.0	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.0	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.0	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.0	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.0	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.5	24.52
14	14.0	15.97	18.29	19.18	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.0	17.29	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.0	20.01	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.0	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.6
19	19.0	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.0	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	25.0	32.03	41.65	47.73	54.86	63.25	73.11	98.35
30	30.0	40.57	56.08	66.44	79.06	94.46	113.28	164.49
35	35.0	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

Fuente: (Officials, 1993, pág. 536)

Distribución direccional:

“A menos que existan consideraciones especiales, se considera una distribución del 50% del tránsito para cada dirección. En algunos casos puede variar de 0,3 a 0,7 depende de la dirección que acumula mayor porcentaje de vehículos cargados.” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 132)

Factor de distribución por carril:

En una carretera de dos carriles, uno en cada dirección, el carril de diseño es uno de ellos, por lo tanto, el factor de distribución por carril es 100%. Para autopistas multicarriles el carril de diseño es el carril exterior y el factor de distribución depende del número de carriles en cada dirección que tenga la autopista. (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 133)

En la tabla siguiente se muestran los valores utilizados por la Aashto:

Tabla 10. Factores de distribución por carril

No. de carriles en cada dirección	Porcentaje de ejes simples equivalentes de 18 kips en el carril de diseño (Fc)
1	100
2	80 -100
3	60 – 80
4 o mas	50 – 75

Fuente: (Officials, 1993, pág. 537)

Transito equivalente:

Los resultados obtenidos por la Aashto en sus tramos de prueba mostraron que el daño que producen distintas configuraciones de ejes y cargas, puede representarse por un número equivalente de pasadas de un eje simple patrón de rueda doble de 18 kips (80 kN u 8,2 Ton.) que producirá un daño similar a toda la composición del tráfico. (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 133)

Factores equivalentes de carga (LEF):

La conversión del tráfico a un número de ESAL's de 18 kips (Equivalent Single Axis Loads) se utiliza factores equivalentes de carga LEFs (Load Equivalent Factor). Estos factores fueron determinados por la Aashto en sus tramos de prueba, donde pavimentos similares se sometieron a diferentes configuraciones de ejes y cargas, para

analizar el daño producido y la relación existente entre estas configuraciones y cargas a través del daño que producen. (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 133)

“El factor equivalente de carga LEF es un valor numérico que expresa la relación entre la pérdida de serviciabilidad ocasionada por una determinada carga de un tipo de eje y la producida por el eje patrón de 18 kips.” (Universidad Mayor de San Simón - Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 134)

$$LEF = \frac{\text{N}^\circ \text{ de ESALs de 18 kips que producen una pérdida de serviciabilidad } \Delta PSI}{\text{N}^\circ \text{ de ejes de X kips que producen la misma pérdida de serviciabilidad}}$$

Factor de camión:

“Para expresar el daño que produce el tráfico, en términos del deterioro que produce un vehículo en particular, hay que considerar la suma de los daños producidos por cada eje de ese tipo de vehículo.” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 134)

De este criterio nace el concepto de Factor de Camión, que se define como el número de ESAL's por número de vehículo. Este factor puede ser calculado para cada tipo de camiones, o para todos los vehículos como un promedio de una determinada configuración de tráfico. (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 134)

$$\text{Factor de Camión} = TF = \frac{\text{N}^\circ \text{ ESALs}}{\text{N}^\circ \text{ de camiones}}$$

Se ha demostrado que el eje delantero tiene una mínima influencia en el daño producido en el pavimento, por ejemplo, en el ahuellamiento, la fisuración y la pérdida

de serviciabilidad su participación varía de 0,13 al 2,1 %. Por esta razón el eje delantero no está incluido en los factores de equivalencia de carga, lo cual no afecta a la exactitud del cálculo. (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 135)

f) Número total de ejes simples equivalentes (ESAL's)

Se calcula para el carril de diseño utilizar la siguiente ecuación:

$$ESALs' = \left(\sum_{i=1}^m P_i \cdot F_i \cdot P \right) \cdot (TPD) \cdot (FC) \cdot F_d \cdot F_c \cdot 365$$

donde:

- p_i Porcentaje del total de repeticiones
- F_i Factor de equivalencia de carga por eje
- P Promedio de ejes por camión pesado.
- TPD Tránsito promedio diario.
- FC Factor de crecimiento para un período de diseño en años.
- F_d Factor direccional.
- F_c Factor de distribución por carril.

g) Nivel de confianza y desviación estándar

“El nivel de confianza es uno de los parámetros importantes introducidos por la Aashto al diseño de pavimentos, porque establece un criterio que está relacionado con el desempeño del pavimento frente a las solicitaciones exteriores.” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 137)

La confiabilidad se define como la probabilidad de que el pavimento diseñado se comporte de manera satisfactoria durante toda su vida de proyecto, bajo las solicitaciones de carga e intemperismo, o la probabilidad de que los problemas de

deformación y fallas estén por debajo de los niveles permisibles. (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 138)

“Para elegir el valor de este parámetro se considera la importancia del camino, la confiabilidad de la resistencia de cada una de las capas y el tránsito de diseño pronosticado.” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 138)

Tabla 11. Valores de nivel de confianza R de acuerdo al tipo de camino

Tipo de camino	Zonas urbanas	Zonas rurales
Autopistas	85 - 99.9	80 - 99.9
Carreteras de primer orden	80 - 99	75 - 95
Carreteras secundarias	80 - 95	75 - 95
Caminos vecinales	50 - 80	50 - 80

Fuente: (Official, 1993, pág. 536)

La esquematización del comportamiento real del pavimento y la curva de diseño propuesta por la Aashto tienen la misma forma pero no coinciden. La falta de coincidencia se debe a los errores asociados a la ecuación de comportamiento propuesta y a la dispersión de la información utilizada en el dimensionamiento del pavimento. (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 138)

“Por esta razón la Aashto adoptó un enfoque regresional para ajustar estas dos curvas. De esta forma los errores se representan mediante una desviación estándar S_o , para compatibilizar los dos comportamientos.” (Universidad Mayor de San Simón - Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 138)

“El factor de ajuste entre las dos curvas se define como el producto de la desviación normal ZR , por la desviación estándar S_o . Los factores de desviación normal ZR se

muestran en la siguiente tabla:” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 138)

Tabla 12. Factores de desviación normal

Confiabilidad	ZR	Confiabilidad	ZR
50	0	92	-1.405
60	-0.253	94	-1.555
70	-0.524	95	-1.645
75	-0.674	96	-1.751
80	-0.841	97	-1.881
85	-1.037	98	-2.054
90	-1.282	99	-2.327

Fuente: (Officials, 1993, pág. 525)

“Si la construcción se va a realizar por etapas, la vida útil ha de ser menor al periodo de análisis (vida útil < periodo de análisis), en este caso se deben considerar las confiabilidades de todo el periodo de diseño, de donde resulta que:” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 139)

$$n = \text{número de etapas} \quad R_{etapa} = (R_{total})^{1/n} \quad \text{previstas}$$

Una vez elegido un nivel de confianza y obtenidos los resultados del diseño, éstos deberán ser corregidos por dos tipos de incertidumbre: la confiabilidad de los parámetros de entrada, y de las propias ecuaciones de diseño basadas en los tramos de prueba. (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 139)

“Para este fin, se considera un factor de corrección que representa la desviación estándar, de manera reducida y simple, este factor evalúa los datos dispersos que

configuran la curva real de comportamiento del pavimento.” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 139)

El rango de desviación estándar sugerido por Aashto se encuentra entre los siguientes valores:

$$0,40 \leq S_o \leq 0,50$$

(S_o = desviación estándar)

h) Determinación del número estructural “ SN ”

“El método está basado en el cálculo del Número Estructural “ SN ” sobre la capa subrasante o cuerpo del terraplén. Para esto se dispone de la ilustración 12 y de la ecuación siguiente:” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 141)

$$\text{Log}W_{18} = Z_R \cdot S_o + 9.36 \cdot \text{Log}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log} \frac{(\Delta PSI)}{4.2 - 1.5}}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot \text{Log}M_R - 8.07$$

donde:

W_{18} = Tráfico equivalente o ESAL's.

Z_R = Factor de desviación normal para un nivel de confiabilidad R

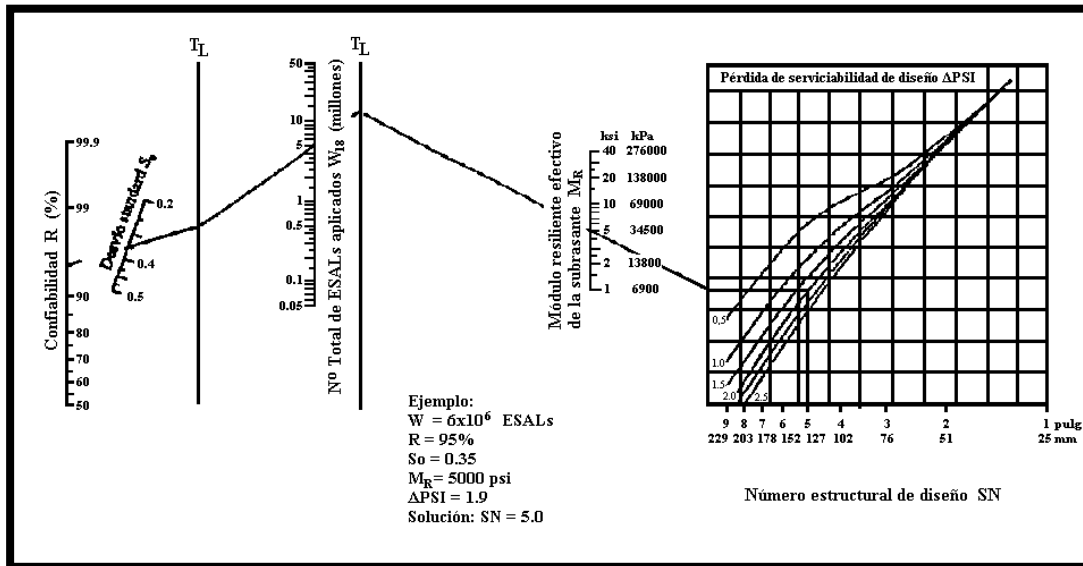
S_o = Desviación estándar

ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial y el final deseado

M_R = Módulo de resiliencia efectivo de la subrasante

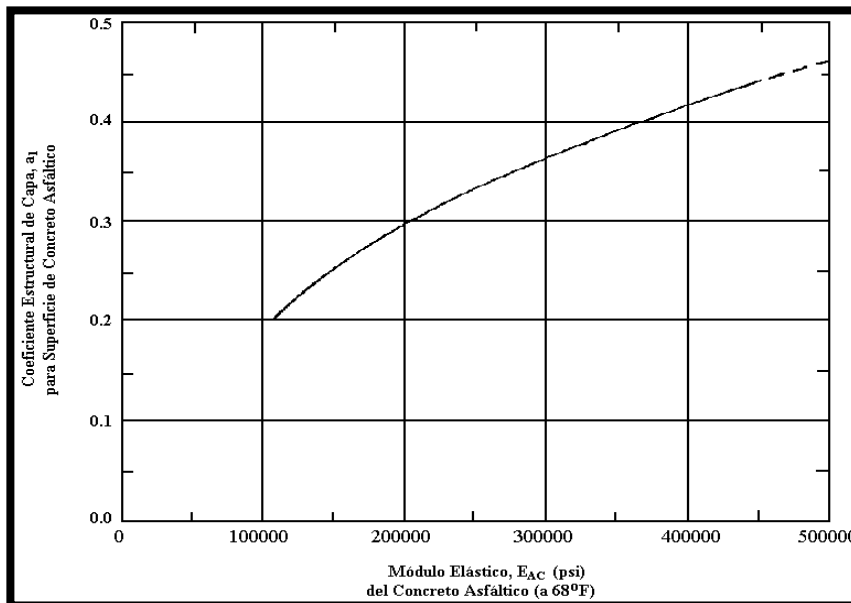
SN = Número estructural

Ilustración 10. Ábaco de diseño Aashto para pavimentos flexibles.



Fuente: (Oficials, 1993, pág. 526)

Ilustración 11. Ábaco para estimar el numero estructural de la carpeta asfáltica “a1”



Fuente: (Oficials, 1993, pág. 526)

II.7 Materiales para mejoramiento de calles

II.7.1 Carpetas asfálticas en caliente

Los materiales pétreos, asfálticos y aditivos que se empleen en la elaboración de las carpetas asfálticas con mezcla en caliente, se deben mezclar con el proporcionamiento necesario para producir una mezcla asfáltica homogénea, con las características establecidas en el proyecto. El proporcionamiento se debe determinar mediante un diseño de mezclas asfálticas en caliente, para obtener las características establecidas en el proyecto. (Garcia, 2018, pág. 76)

“Los trabajos deben ser suspendidos en el momento en que se presenten situaciones climáticas adversas y no se deben reanudar mientras éstas no sean las adecuadas. Además, se debe considerar que no se deben construir carpetas asfálticas con mezcla en caliente:” (Garcia, 2018, pág. 76)

- Sobre superficies con agua libre o encharcada.
- Si existe o esta una amenaza de lluvia.
- La temperatura de la superficie sobre la cual serán construidas esté por debajo de los 15° C.
- La temperatura ambiente esté por debajo de los 15° C y su tendencia sea a la baja.

Sin embargo, las carpetas asfálticas con mezcla en caliente pueden ser construidas al tener una temperatura ambiente y esté por arriba de los 10° C y su tendencia sea al alza. La temperatura ambiente será tomada a la sombra lejos de cualquier fuente de calor artificial. (Garcia, 2018, pág. 76)

Inmediatamente antes de iniciar la construcción de la carpeta asfáltica con mezcla en caliente, la superficie sobre la que se colocará debe estar debidamente terminada dentro de las líneas y niveles, exenta de basura, piedras, polvo, grasa o

encharcamientos de material asfáltico, sin irregularidades y reparados satisfactoriamente los baches que hubieran existido. (García, 2018, pág. 76)

II.7.2 Carpetas asfálticas en frío

“Básicamente, el proceso constructivo, así como las recomendaciones y las tolerancias en la calidad, son muy similares a la construcción de carpetas asfálticas con mezclas en caliente.” (García, 2018, pág. 76)

“El proporcionamiento se debe determinar mediante un diseño de mezclas asfálticas en frío, para obtener las características establecidas en el proyecto.” (García, 2018, pág. 76)

“Los trabajos deben ser suspendidos en el momento en que se presenten situaciones climáticas adversas y no se reanudarán mientras éstas no sean las adecuadas, considerar que no se deben construir carpetas asfálticas con mezcla en frío:” (García, 2018, pág. 76)

- Sobre superficies con agua libre o encharcada.
- Si existe o esta una amenaza de lluvia
- La temperatura de la superficie sobre la cual serán construidas esté por debajo de los 4° C.
- La temperatura ambiente esté por debajo de los 4° C. La temperatura ambiente será tomada a la sombra lejos de cualquier fuente de calor artificial.

Inmediatamente antes de iniciar la construcción de la carpeta asfáltica con mezcla en frío, la superficie sobre la que se colocará debe estar debidamente terminada dentro de las líneas y niveles, exenta de basura, piedras, polvo, grasa o encharcamientos de

material asfáltico, sin irregularidades y reparados satisfactoriamente los baches que hubieran existido. (Garcia, 2018, pág. 76)

II.7.3 Carpetas de concreto hidráulico

En losas de concreto hidráulico con refuerzo continuo, el refuerzo continuo se puede hacer con varillas de acero o mallas prefabricadas electrosoldadas, colocadas a la altura y con los traslapes que indique el proyecto, utilizar los dispositivos adecuados para asegurar la continuidad del refuerzo. (Garcia, 2018, pág. 79)

“En algunos casos, las varillas se pueden colocar y alinear con un equipo especial ubicado frente a la pavimentadora, el cual guía y posiciona las varillas con el espaciamiento y la elevación de proyecto, mientras se coloca el concreto.” (Garcia, 2018, pág. 79)

En losas de concreto presforzado, los tendones necesarios para las losas de concreto presforzado, se deben colocar sobre asientos de apoyo situados en las posiciones que indique el proyecto. Los tendones transversales en las zonas de curva, se apoyarán en medias cimbras, colocadas a lo largo de la cara interior de la franja por pavimentar. El colado sea suspendido por más de 30 min., se debe proceder a construir una junta transversal de emergencia. (Garcia, 2018, pág. 79)

“Cada franja de concreto hidráulico se debe colar un cubrimiento como mínimo el ancho total del carril o, de preferencia, el ancho total de la calzada y sus acotamientos.” (Garcia, 2018, pág. 79)

En el caso de carpetas de concreto hidráulico con juntas, una vez que el concreto haya endurecido lo suficiente para que no se desportille y antes de que se formen grietas naturales por contracción, se debe aserrar la carpeta para formar una junta. (Garcia, 2018, pág. 79)

II.7.4 Carpetas de concreto rígido

“Son aquellos que tienen una carpeta de rodadura conformada por concreto de cemento hidráulico. Recibe el nombre de pavimento rígido debido a las propiedades de la carpeta de concreto, que absorbe en mayor grado las cargas vehiculares.” (Salas, 2012, pág. 6)

“Debido a la naturaleza rígida de la carpeta de rodadura, las cargas vehiculares se distribuyen en una forma más eficiente. Por ello, por lo general, requieren en su estructura de un menor número de capas granulares entre la carpeta de rodadura y la subrasante.” (Salas, 2012, pág. 6)

“Los pavimentos deben ser diseñados, construidos y mantenidos con la finalidad de lograr un comportamiento funcional y estructural óptimo durante su ciclo de vida.” (Salas, 2012, pág. 7)

II.7.4 Carpetas de terracería

“El procedimiento de construcción en el terreno natural generalmente, consta de tres fases: desmonte, despalme y compactación. El desmonte consiste en quitar toda la vegetación dentro del derecho de vía; en este trabajo se incluye el desenraice.” (García, 2018, pág. 71)

Una vez desmontado el terreno natural, se extrae la capa de material que contenga materia vegetal. El espesor de esta capa puede variar entre 10 y 50 cm. y llegar como máximo a un metro si se tiene un espesor fuerte de material altamente compresible. A esta fase se le denomina despalme. Posteriormente se compacta el terreno natural, generalmente al 90% de su PVSM. (García, 2018, pág. 71)

II.8 Asfalto

Son materiales aglomerantes sólidos o semisólidos de color que varía de negro a pardo oscuro y que se licuan gradualmente al calentarse, cuyos constituyentes predominantes son betunes que se dan en la Naturaleza en forma sólida o semisólida o se obtienen de la destilación del petróleo; o combinaciones de éstos entre sí o con el petróleo o productos de estas combinaciones. (Universidad Mayor de San Simón - Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 34)

“El asfalto es un material de particular interés para el ingeniero porque es un aglomerante resistente, muy adhesivo, altamente impermeable y duradero. Es una sustancia plástica que da flexibilidad controlable a las mezclas de áridos con las que se combina usualmente.” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 37)

Además, es altamente resistente a la mayor parte de los ácidos, álcalis y sales. Aunque es una sustancia sólida o semisólida a temperaturas atmosféricas ordinarias, puede licuarse fácilmente por aplicación de calor, por la acción de disolventes de volatilidad variable o por emulsificación. (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 37)

II.8.1 Tipos de asfalto

a) Asfalto de petróleo:

“Es un asfalto obtenido de la destilación del crudo de petróleo.” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 34)

b) Asfalto fillerizado:

“Asfalto que contiene materias minerales finamente molidas que pasan por el tamiz No.200.” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 34)

c) Asfalto líquido:

Material asfáltico cuya consistencia blanda o fluida hace que esté fuera del campo de aplicación del ensayo de penetración, cuyo límite máximo es 300. Generalmente, se obtienen fluidificar el betún asfáltico con disolventes de petróleo, al exponer estos productos a los agentes atmosféricos los disolventes se evaporan, deja solamente el betún asfáltico en condiciones de cumplir su función. (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 34)

Entre los asfaltos líquidos se pueden describir los siguientes:

- Asfalto de curado rápido (RC): Asfalto líquido compuesto de betún asfáltico y un disolvente tipo nafta o gasolina, muy volátil.
- Asfalto de curado medio (MC): Asfalto líquido compuesto de betún asfáltico y un disolvente tipo querosene de volatilidad media.
- Asfalto de curado lento (SC): Asfalto líquido compuesto de betún asfáltico y aceites relativamente poco volátiles.
- Asfalto emulsificado: Emulsión de betún asfáltico en agua, que contiene pequeñas cantidades de agentes emulsificantes, es un sistema heterogéneo formado por dos fases normalmente inmiscibles (asfalto y agua), en el que el agua constituye la fase continua de la emulsión y la fase discontinua está formada por pequeños glóbulos de asfalto. Los asfaltos emulsificados pueden ser de dos tipos aniónico o catónico, según el tipo de agente emulsificante empleado.
- Emulsión asfáltica inversa: Es una emulsión asfáltica en la que la fase continua es asfalto, usualmente de tipo líquido, y la fase discontinua está constituida por diminutos glóbulos de agua en proporción relativamente pequeña. Este tipo de emulsión puede ser también aniónica o catónica.

d) Asfalto Natural (nativo):

Asfalto que da en la Naturaleza y que se ha producido a partir del petróleo por un proceso natural de evaporación de las fracciones volátiles deja las asfálticas. Los yacimientos más importantes se encuentran en los lagos de Trinidad y Bermúdez, por este motivo el asfalto procedente de estos lugares se denomina asfalto de lago. (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 35)

e) Asfalto Oxidado o Soplado:

“Asfalto a través de cuya masa, a elevada temperatura, se ha hecho pasar aire para darle las características necesarias para ciertos usos especiales, como fabricación de materiales para techado, revestimiento de tubos, membranas envolventes, y otras aplicaciones hidráulicas.” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 35)

f) Asfalto Sólido o Duro:

“Asfalto cuya penetración a temperatura ambiente es menor que 10.” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 35)

g) Betún:

“Mezcla de hidrocarburos de origen natural o pirogénico o de ambos tipos, frecuentemente acompañados por sus derivados no metálicos que pueden ser gaseosos, líquidos, semisólidos o sólidos, son solubles en sulfuro de carbono.” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 35)

h) Betún asfáltico:

“También llamado Cemento Asfáltico (CA), el cual es asfalto refinado para satisfacer las especificaciones establecidas para los materiales empleados en pavimentación. Las

penetraciones normales de estos betunes están comprendidos entre 40 y 300.” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 35)

i) Gilsonita:

“Tipo de asfalto natural duro y quebradizo que se presenta en grietas de rocas o filones de los que se extrae.” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 35)

j) Material asfáltico para relleno de juntas:

“Producto asfáltico empleado para llenar grietas y juntas en pavimentos y otras estructuras.” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 35)

k) Material asfáltico prefabricado para relleno de juntas:

“Tiras prefabricadas de asfalto mezclado con sustancias minerales muy finas, materiales fibrosos, corcho, etc., en dimensiones adecuadas para la construcción de juntas.” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 35)

l) Pintura asfáltica:

“Producto asfáltico líquido que a veces contiene pequeñas cantidades de otros materiales, como negro de humo polvo de aluminio y pigmentos minerales.” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 35)

II.8.2 Materiales del asfalto

Las mezclas asfálticas están formadas por un material pétreo bien graduado y cemento asfáltico como ligante. Se elaboran en una planta que calienta el material pétreo a una

temperatura de 140 ó 150 °C y el cemento asfáltico a una temperatura de 110 a 130 °C. (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 255)

“Después que el material pétreo esté caliente y seco se mezclan sus componentes de acuerdo a una composición granulométrica aprobada, incorporándole a continuación el cemento asfáltico en una cantidad previamente definida.” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 255)

“Las mezclas terminadas se extienden en capas uniformes en el espesor y ancho requeridos, para luego ser compactadas a temperaturas superiores a los 90 °C.” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 255)

Un pavimento de concreto asfáltico debe cumplir los siguientes objetivos principales:

- Suficiente estabilidad en la mezcla como para satisfacer las exigencias del servicio y las demandas del tránsito sin distorsiones o desplazamientos.
- Suficiente asfalto para asegurar la obtención de un pavimento durable, que resulte del recubrimiento completo de las partículas de agregado pétreo, impermeabiliza y liga las mismas entre sí, bajo una compactación adecuada.
- Suficiente trabajabilidad como para permitir una eficiente operación constructiva en la elaboración de la mezcla y su compactación.

- Suficientes vacíos en la mezcla compactada, para proveer una reserva que impida, al producirse una pequeña compactación adicional, afloramientos de asfalto y pérdidas de estabilidad.
- a) Influencia relativa del asfalto y del agregado mineral en las características del concreto asfáltico.

En la preparación y colocación del revestimiento asfáltico intervienen un gran número de factores relacionados entre sí, por lo cual no se puede evaluar su calidad considerando separadamente las propiedades del asfalto, y las del agregado. La calidad del pavimento se determinará y se analiza la mezcla compactada, de acuerdo con las consideraciones siguientes: (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 257)

1° Ligante asfáltico: En una mezcla en caliente, el asfalto se encuentra en forma de películas muy delgadas que se han obtenido mediante la aplicación de calor. (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 257)

Por consiguiente, las propiedades del asfalto en película delgada podrían ser diferentes de aquellas del producto a granel, y además, podrían alterarse con la aplicación del calor. (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 257)

El asfalto es sólo uno de los componentes del pavimento que cumplirá apropiadamente sus funciones, solamente si se emplea en la cantidad correcta, con un agregado mineral adecuado, y bajo condiciones apropiadas. (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 257)

2° Agregado mineral: Una vez que el agregado mineral ha sido cubierto con asfalto, adquiere características diferentes, por ejemplo, la facilidad con la cual puede compactarse es completamente diferente. Su capacidad de repeler el agua se incrementa de acuerdo al espesor de la película de asfalto. (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 258)

En consecuencia, hay solamente una forma segura de diseñar una mezcla asfáltica, mediante la preparación de mezclas en laboratorio, y la verificación en sitio de que las características físicas establecidas en laboratorio se cumplan en la obra, para garantizar el comportamiento del pavimento. (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 258)

“Una emulsión tiene tres ingredientes básicos: asfalto, agua y un agente emulsificante. En algunas ocasiones el agente emulsificante puede contener un estabilizador. En aplicaciones especiales como es el caso del Micropavimento se agrega un ingrediente más, el polímero.” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 38)

Es bien sabido que el agua y el asfalto no se mezclan, excepto bajo condiciones cuidadosamente controladas, usar equipo especializado y aditivos químicos. La mezcla de betún asfáltico ó cemento asfáltico y agua es algo análoga al caso de un mecánico de automóviles que trata de quitarse la grasa de sus manos con agua. (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 38)

Únicamente, hasta usar un detergente o agente jabonoso le será posible remover la grasa con éxito. Las partículas de jabón rodean los glóbulos de grasa, rompen la tensión superficial que los une y permite que sean lavados. Se aplican principios físicos y químicos similares para la formulación y producción de las emulsiones

asfálticas. (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 38)

El propósito es conseguir una dispersión de betún asfáltico en agua, suficientemente estable para el bombeo, almacenamiento prolongado y mezclado. Además, la emulsión deberá romper rápidamente al entrar en contacto con el agregado en el mezclador o después de ser esparcida sobre la superficie de la vía. (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 39)

“Una vez curado, el asfalto residual conserva todas las propiedades de adhesividad, durabilidad y resistencia al agua del betún asfáltico usado para producirla.” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 39)

“Para el caso del micropavimento, la emulsión utilizada es la misma, solo que se le añade un polímero, el cual le proporciona sus características particulares.” (Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-, 2012, pág. 39)

II.9 Normativas de calidad

Para la elaboración del estudio técnico se utilizan las normas técnicas COGUANOR, las normas internacionales Aashto y Astm Internacional las cuales son las que se dirigen a la elaboración del material y los ensayos pertinentes que se le deben realizar a elemento estructural de la carpeta de rodadura asfáltica. De igual manera se trabaja a través del Libro Azul de la Dirección General de Caminos, y se utilizarán las siguientes normas.

Tabla 13. Resumen de normas de calidad para el asfalto

Ensayos		Materiales	
Descripción	Norma	Descripción	Norma
Abrasión	AASHTO T 96	Polvo mineral	AASHTO M 17
Graduación	AASHTO T 11	Cemento Asfaltico	AASHTO M 20
	AASHTO T 27		AASHTO M 226
	AASHTO T 37		AASHTO MP-1
Desintegración al sulfato de sodio	AASHTO T 104		
Peso unitario	AASHTO T 19		
Preparación de muestra en húmedo	AASHTO T 146		
Índice plástico	AASHTO T 90		
Limite liquido	AASHTO T 89		
Equivalente de arena	AASHTO T 176		
Desvestimiento	AASHTO T 182		
Compactación	AASHTO T 191		
Gravedad especifica	AASHTO T 84		
	AASHTO T 85		
Viscosidad del cemento asfaltico	AASHTO T 201		
Penetración del AC	AASHTO T 49		
Punto de inflamación del cemento asfaltico	AASHTO T 48		
Marshall	AASHTO T 245 (ASTM D 1559)		
Contenido de la mezcla (extracción)	AASHTO T 164		
Graduación después de la extracción	AASHTO T 30		
Gravedad especifica buik	AASHTO T 166		
Muestra de mezcla asfáltica	AASHTO T 168		
Muestra de asfalto	AASHTO T 40		
Densidad máxima de la mezcla	AASHTO T 209		
Sensibilidad a la humedad - resistencia retenida	AASHTO T 283		
Recubrimiento de partículas con bitumen	AASHTO T 195		

Fuente: Libro azul de caminos, 2002.

II.10 Base legal

Código Municipal

ARTICULO 68* Competencias propias del municipio. Las competencias propias deberán cumplirse por el municipio, por dos o más municipios bajo convenio, o por mancomunidad de municipios, y son las siguientes:

- a) Pavimentación de las vías públicas urbanas y mantenimiento de las mismas

ARTICULO 70* Competencias delegadas al municipio. El municipio ejercerá competencias por delegación en los términos establecidos por la ley y los convenios correspondientes, en atención a las características de la actividad pública de que se trate y a la capacidad de gestión del gobierno municipal, de conformidad con las prioridades de descentralización, desconcentración y el acercamiento de los servicios públicos a los ciudadanos. Tales competencias podrán ser, entre otras:

- a) Construcción y mantenimiento de caminos de acceso dentro de la circunscripción municipal

III. COMPROBACIÓN DE HIPOTESIS

Para la comprobación de la hipótesis la cual es “El incremento en la cantidad de vehículos deteriorados en calle principal de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa, en los últimos cinco años, por mal estado de calle principal, es debido a la inexistencia de proyecto para mejoramiento.”, se identificaron 2 poblaciones a encuestar; para lo cual se utilizó el método deductivo, de las cuales una población (conductores) se direccionó a obtener información sobre el efecto. Se trabajó la técnica del muestreo por medio de la población infinita cualitativa, con el 90% del nivel de confianza y el 10% de error.

La segunda población de estudio (profesionales) se direccionó a obtener información sobre la causa de la problemática. Se trabajó la técnica censal, con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error.

Para responder efecto, se trabajó con 68 conductores; para responder causa, se identificaron a 6 profesionales.

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

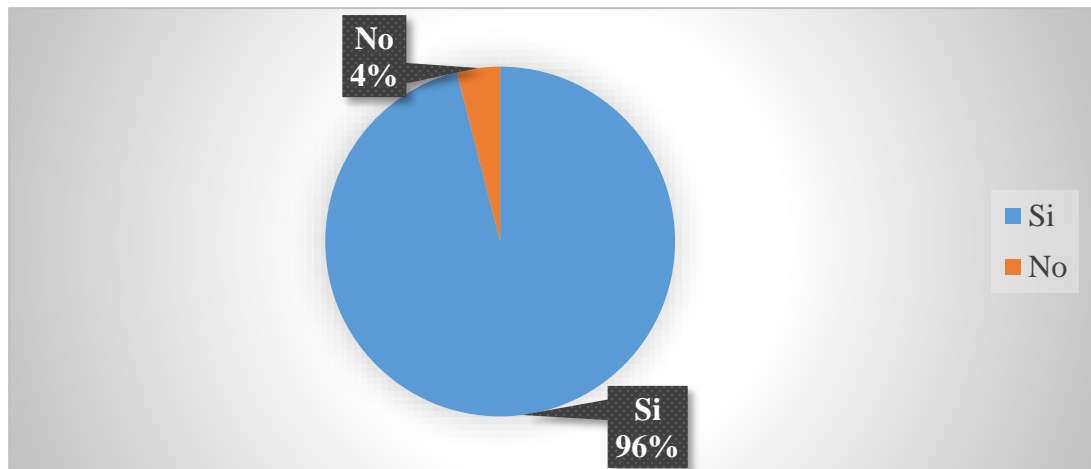
III.1 Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable dependiente Y (efecto).

Cuadro 1: Incremento en la cantidad de vehículos deteriorados en calle principal de la aldea.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	65	96.00
No	3	4.00
Totales	68	100.00

Fuente: Conductores encuestados de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa, septiembre 2019

Gráfica 1: Incremento en la cantidad de vehículos deteriorados en calle principal de la aldea.



Fuente: Conductores encuestados de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa, septiembre 2019

Análisis:

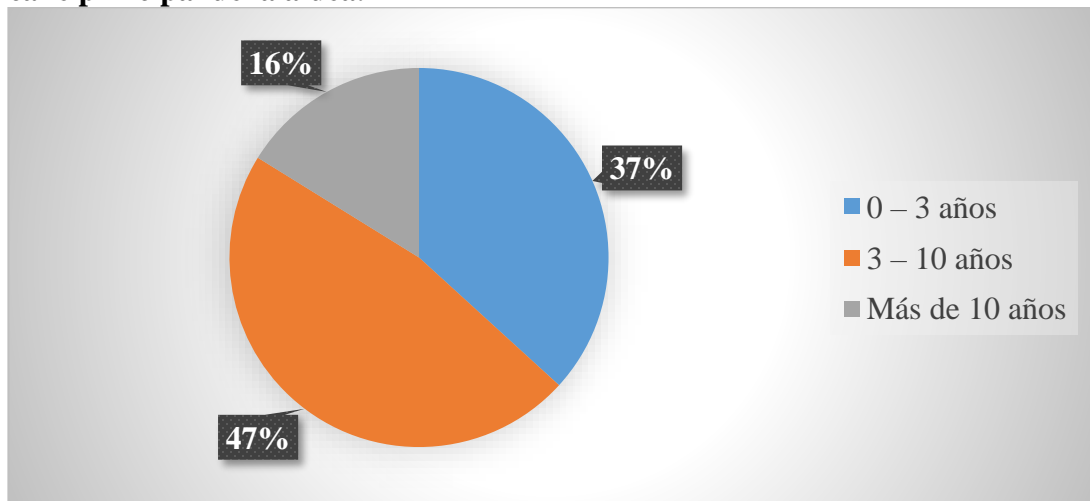
El efecto se confirma mediante la opinión de los conductores encuestados, al indicar la según se muestra en la gráfica con color azul que si ha existido un gran incremento en los vehículos deteriorados por el transitar por la calle principal de aldea El Guachipilín; mientras se muestra con color naranja que existe un bajo nivel de vehículos deteriorados.

Cuadro 2: Tiempo en el incremento en la cantidad de vehículos deteriorados en calle principal de la aldea.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
0 – 3 años	25	37.00
3 – 10 años	32	47.00
Más de 10 años	11	16.00
Totales	68	100.00

Fuente: Conductores encuestados de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa, septiembre 2019

Gráfica 2: Tiempo en el incremento en la cantidad de vehículos deteriorados en calle principal de la aldea.



Fuente: Conductores encuestados de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa, septiembre 2019

Análisis:

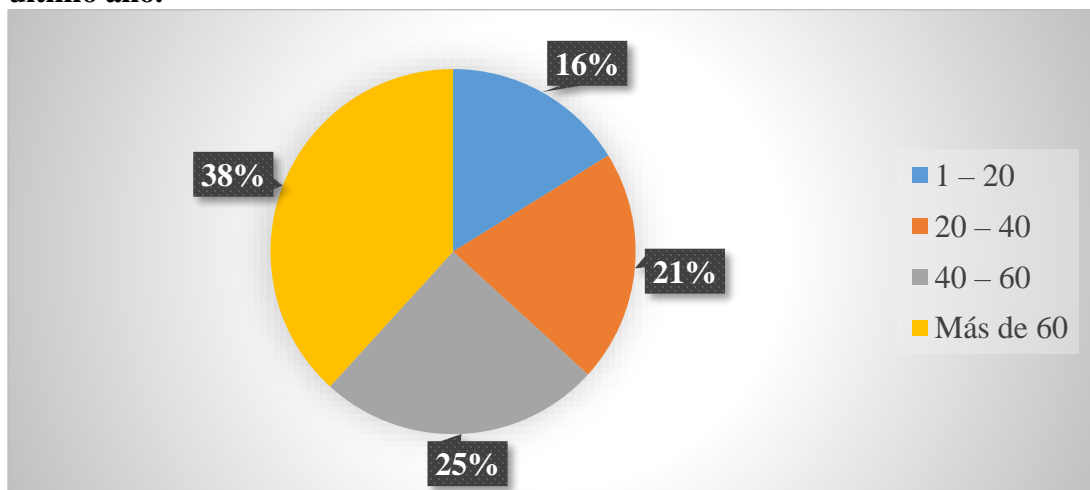
De las tres respuestas dadas en la encuesta, se dividieron en 3 colores los cuales se dividen de la siguiente manera: El color naranja con la mayoría donde indica que es de 3 a 10 años, la segunda respuesta con más resultados es que ha sido de 0 a 3 años y la tercera respuesta es que el incremento de los vehículos deteriorados ha crecido por más de 10 años, por falta de mantenimiento de la vía de comunicación.

Cuadro 3: Cantidad de vehículos deteriorados en calle principal de la aldea en el último año.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
1 – 20	11	16.00
20 – 40	14	21.00
40 – 60	17	25.00
Más de 60	26	38.00
Totales	68	100.00

Fuente: Conductores encuestados de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa, septiembre 2019

Gráfica 3: Cantidad de vehículos deteriorados en calle principal de la aldea en el último año.



Fuente: Conductores encuestados de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa, septiembre 2019

Análisis:

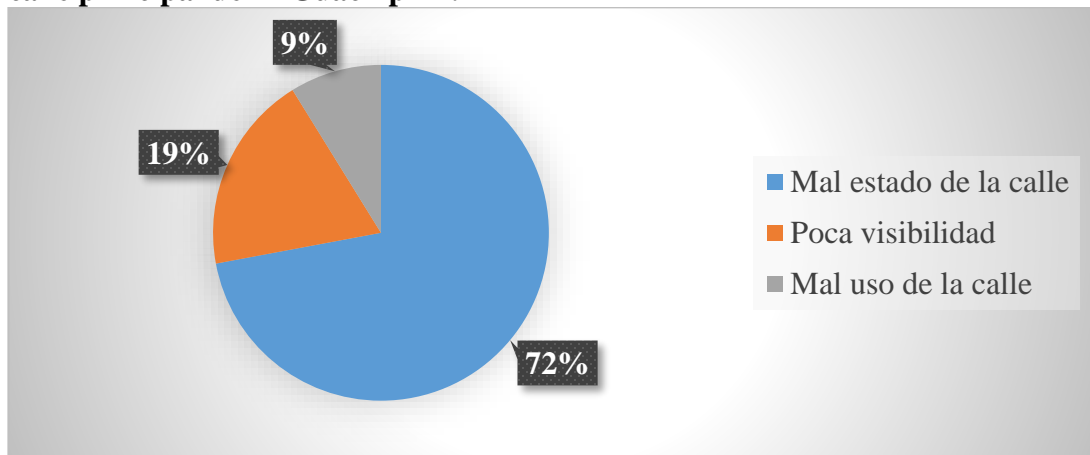
Para esta se generaron 4 respuestas, respecto a la cantidad de vehículos que se han deteriorado en el último año en la calle principal, en la cual la gráfica de color amarillo obtuvo un mayor número de resultados con más de 60, el segundo lugar en resultados es la de color gris de 40 - 60, el tercer lugar sería la partición de color naranja de 20 a 40 y el último lugar de resultados sería la de color azul.

Cuadro 4: Causa principal del incremento del deterioro de los vehículos en la calle principal de El Guachipilín.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Mal estado de la calle	49	72.00
Poca visibilidad	13	19.00
Mal uso de la calle	6	9.00
Totales	68	100.00

Fuente: Conductores encuestados de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa, septiembre 2019

Gráfica 4: Causa principal del incremento del deterioro de los vehículos en la calle principal de El Guachipilín.



Fuente: Conductores encuestados de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa, septiembre 2019

Análisis:

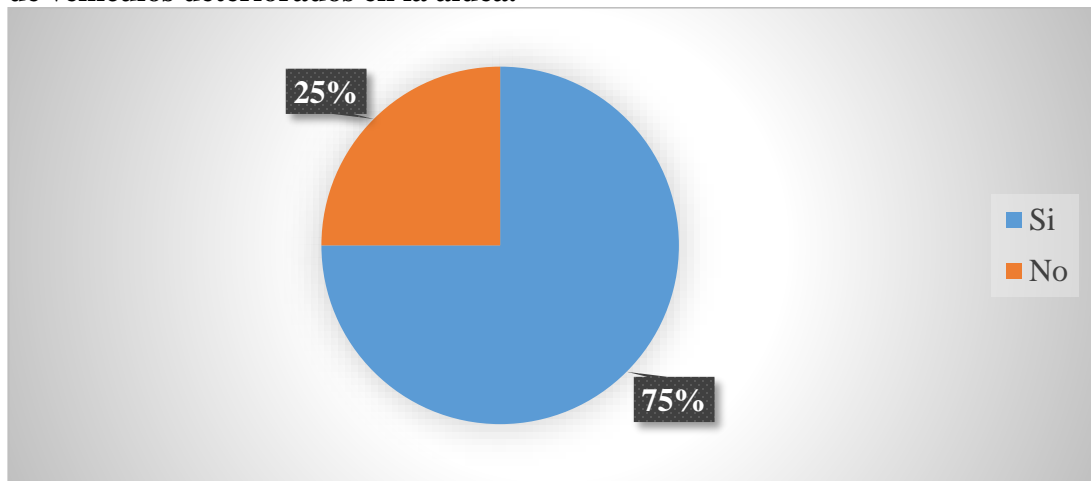
Según la gráfica el mayor porcentaje en resultados la obtiene la partición color azul (mal estado de la calle) considera que esta es la causa mayor que ha existido un incremento en el deterioro de los vehículos, se estableció por medio de la encuesta que la segunda causa seria la partición color anaranjado (poca visibilidad) con el segundo mayor porcentaje en resultados y según los resultados la tercera causa seria la partición color gris (mal uso de la calle).

Cuadro 5: Consideración respecto a si se puede disminuir o aumentar la cantidad de vehículos deteriorados en la aldea.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	51	75.00
No	17	25.00
Totales	68	100.00

Fuente: Conductores encuestados, septiembre 2019

Gráfica 5: Consideración respecto a si se puede disminuir o aumentar la cantidad de vehículos deteriorados en la aldea.



Fuente: Conductores encuestados de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa, septiembre 2019

Análisis:

La partición color azul que es la que obtuvo la mayoría de los resultados considera que con el mejoramiento de la calle con asfalto caliente el deterioro de los vehículos disminuirá considerablemente ya que el estado de la calle será el ideal para el tránsito y la movilización de la comunidad a la cabecera municipal del municipio de Comapa, Jutiapa, y la partición color naranja, obtuvo el segundo lugar en resultados, se considera que no se disminuiría en la cantidad de los vehículos deteriorados.

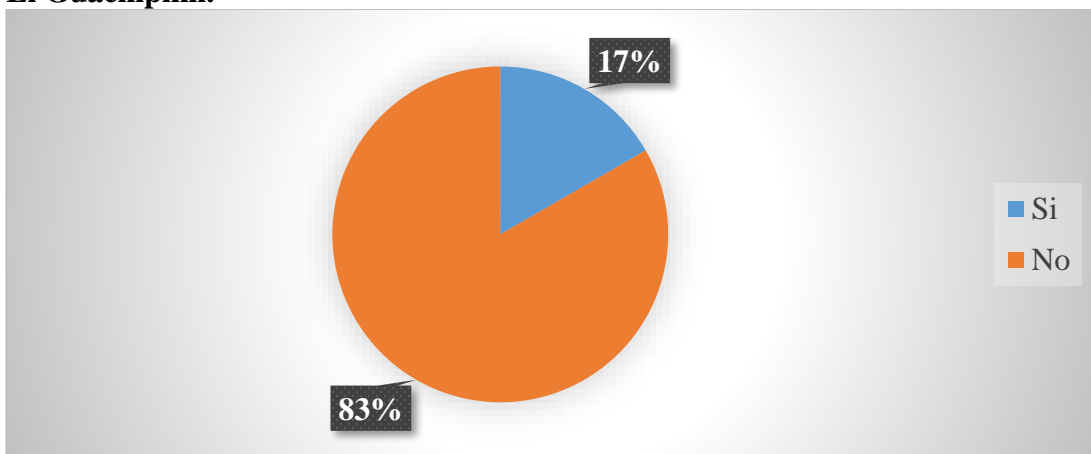
III.2 Cuadros y gráficas para la comprobación de la variable independiente X (causa).

Cuadro 6: Existencia de proyecto para mejoramiento de calle principal de aldea El Guachipilín.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	1	17.00
No	5	83.00
Totales	6	100.00

Fuente: Profesionales encuestados del municipio de Comapa, septiembre 2019

Gráfica 6: Existencia de proyecto para mejoramiento de calle principal de aldea El Guachipilín.



Fuente: Profesionales encuestados del municipio de Comapa, septiembre 2019

Análisis:

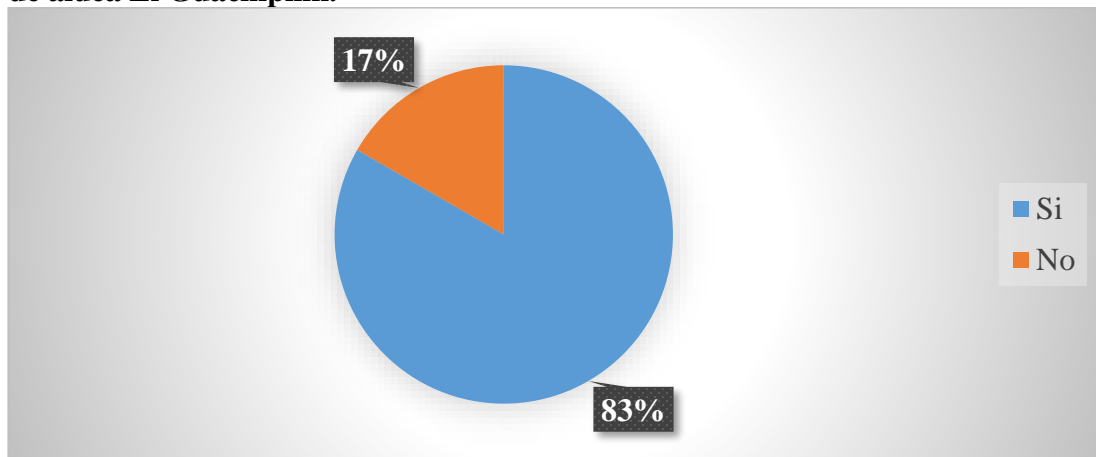
El efecto se confirma mediante la opinión de los profesionales encuestados, al indicar la mayoría de ellos que no existe proyecto para mejoramiento de calle principal de aldea El Guachipilín; mientras la minoría de ellos indica lo contrario.

Cuadro 7: Implementación de un proyecto para mejoramiento de calle principal de aldea El Guachipilín.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	5	83.00
No	1	17.00
Totales	6	100.00

Fuente: Profesionales encuestados del municipio de Comapa, septiembre 2019

Gráfica 7: Implementación de un proyecto para mejoramiento de calle principal de aldea El Guachipilín.



Fuente: Profesionales encuestados del municipio de Comapa, septiembre 2019

Análisis:

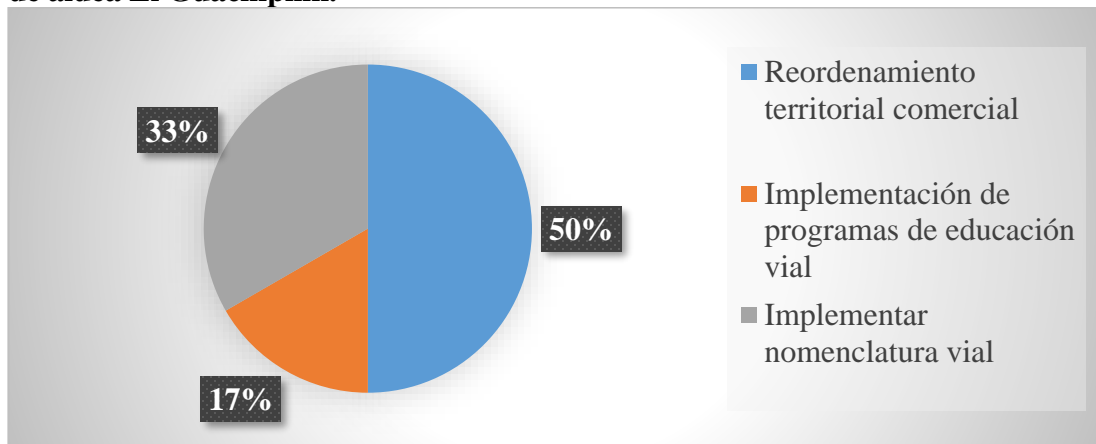
Según la opinión de los profesionales encuestados, la partición azul indica que la implementación de un proyecto para el mejoramiento de la calle principal que conduce hacia El Guachipilín, sería lo ideal ya que con esto se aumentaría considerablemente el comercio y la economía de los habitantes y el índice de desarrollo humano sería el ideal para los pobladores, mientras que la partición color naranja considera que no sería necesario implementar un proyecto para el mejoramiento de la calle principal.

Cuadro 8: Acciones que se deben contemplar al momento de implementar un proyecto para mejoramiento de calle principal de la aldea.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Reordenamiento territorial comercial	3	50.00
Implementación de programas de educación vial	1	17.00
Implementar nomenclatura vial	2	33.00
Totales	6	100.00

Fuente: Profesionales encuestados del municipio de Comapa, septiembre 2019

Gráfica 8: Implementación de un proyecto para mejoramiento de calle principal de aldea El Guachipilín.



Fuente: Profesionales encuestados del municipio de Comapa, septiembre 2019

Análisis:

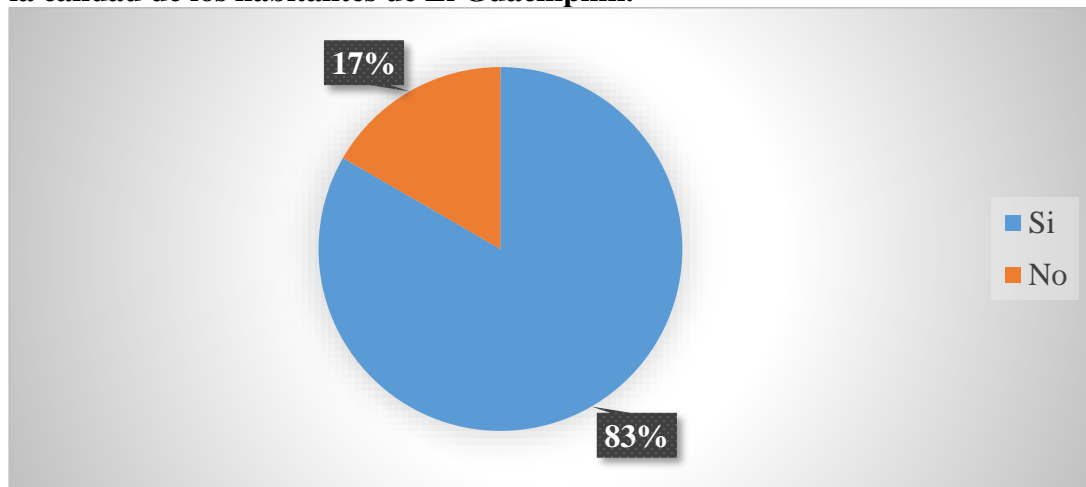
La acción más importante a contemplar que según la partición color azul los profesionales encuestados considera que sería el ordenamiento vial comercial ya que el comercio informal en según la estadística es el mayor causante de un mal ornato y una mala distribución de las vías de comunicación y calles de una comunidad, la partición color naranja, considera que sería la implementación de un plan de educación vial y la partición color gris seria la implementación de una nomenclatura vial.

Cuadro 9: La falta de un proyecto para mejoramiento de calle principal afecta la calidad de los habitantes de la El Guachipilín.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	5	83.00
No	1	17.00
Totales	6	100.00

Fuente: Profesionales encuestados del municipio de Comapa, septiembre 2019

Gráfica 9: La falta de un proyecto para mejoramiento de calle principal afecta la calidad de los habitantes de El Guachipilín.



Fuente: Profesionales encuestados del municipio de Comapa, septiembre 2019

Análisis:

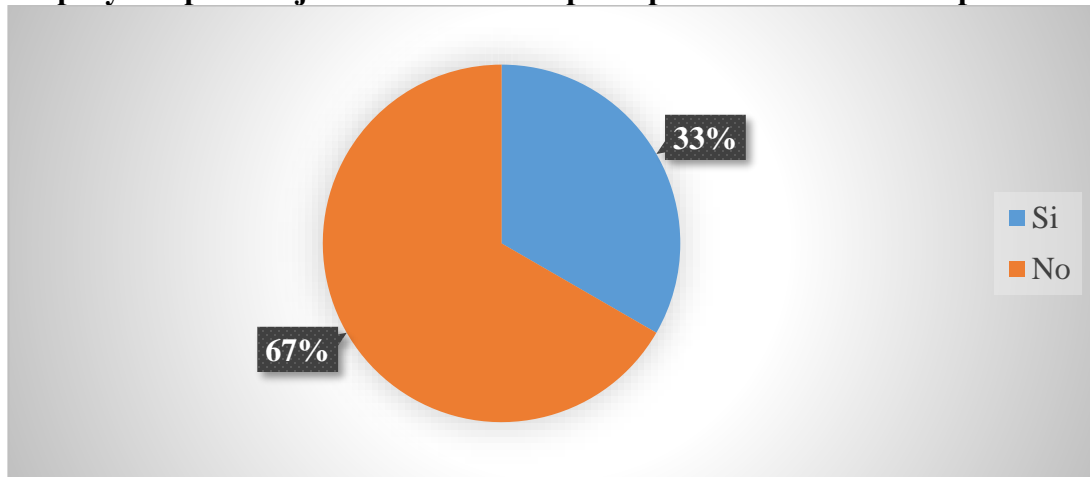
Según la partición color azul de los profesionales encuestados considera que la falta de un proyecto de mejoramiento de calle principal de la comunidad de El Guachipilín, afecta directamente en la calidad de vida de los habitantes por la generación de partículas de polvo y por el gasto recurrente de en el deterioro de las personas que poseen vehículos para su movilización hacia la cabecera municipal u otros lugares, mientras que la partición color naranja según los resultados considera que el no contar con una via de comunicación asfaltad o pavimentada no afecta en la calidad de vida los habitantes de la comunidad.

Cuadro 10: Planificación para la implementación del proyecto para mejoramiento de calle principal de aldea El Guachipilín.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	2	33.00
No	4	67.00
Totales	6	100.00

Fuente: Profesionales encuestados del municipio de Comapa, septiembre 2019

Gráfica 10: Se tiene contemplado dentro de la planificación la implementación del proyecto para mejoramiento de calle principal de aldea El Guachipilín.



Fuente: Profesionales encuestados del municipio de Comapa, septiembre 2019

Análisis:

Según la partición naranja de la gráfica, en los resultados de los profesionales de las diferentes instituciones en la Dirección Municipal de Planificación –DMP- de la Municipalidad de Comapa, Jutiapa; no se tiene contemplado dentro de la planificación la ejecución de proyecto para el mejoramiento de calle principal ya que este proyecto es una ruta departamental la cual entra dentro de las funciones del Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda –MICIVI- por la Unidad de Conservación Vial –COVIAL-, por lo tanto dentro de la planificación anual y multianual no se incluyó, mientras que los profesionales de COVIAL consideran que se tiene planificación de forma presupuestaria pero no financieramente.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

IV.1 Conclusiones:

1. Se comprueba la hipótesis: El incremento en la cantidad de vehículos deteriorados en calle principal de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa, en los últimos cinco años, por mal estado de calle principal, es debido a la inexistencia de proyecto para mejoramiento con el 90% del nivel de confianza y el 10% de error para el efecto y con el 100% de nivel de confianza y 0% de error para la causa.
2. Existe incremento en la cantidad de vehículos dañados al transitar por la calle principal de aldea El Guachipilín.
3. Se denota el aumento considerable de vehículos deteriorados en partes de suspensión, chasis, tren delantero y otras piezas que se afectan directamente por parte del mal estado de la calle principal de aldea El Guachipilín.
4. En el área de estudio, existe estancamiento del índice de desarrollo humano para los pobladores, por el mal estado de la calle principal de aldea El Guachipilín.
5. Inexistencia de un proyecto para el mejoramiento de calle principal de aldea El Guachipilín por parte de las unidades ejecutoras establecidas.
6. Desorden vial y de comercio informal en la comunidad de El Guachipilín por falta de un ordenamiento vial territorial.
7. Falta de gestión por parte de la Municipalidad de Comapa, para la implementación de proyecto para mejoramiento de calle principal de El Guachipilín, en el Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda –MICIVI-.

8. Inexistencia de fondos presupuestarios y financieros para la implementación de proyecto para mejoramiento de calle principal de El Guachipilín.

IV.2 Recomendaciones

1. Implementar el proyecto para mejoramiento de calle principal de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa.
2. Minimizar la cantidad de vehículos dañados al transitar por la calle principal de la aldea.
3. Disminuir la cantidad de vehículos dañados por el transitar por la calle principal de la aldea.
4. Mejorar el índice de desarrollo humano de los pobladores de la aldea El Guachipilín con la implementación de proyecto para mejoramiento de calle principal.
5. Realizar plan de ordenamiento territorial, comercial y vial de la aldea El Guachipilín en el momento que se implemente el proyecto de mejoramiento de calle principal.
6. Gestionar ante el Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda – MICIVI- la asignación de fondos presupuestarios y financieros para la ejecución del proyecto de mejoramiento de calle principal de aldea El Guachipilín.

BIBLIOGRAFÍA

Argueta, B. E. (2014). MANUAL DE APLICACIÓN TÉCNICA DEL DERECHO DE VÍA EN CARRETERAS Y PUENTES DE GUATEMALA. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Castañeda, V. A. (2011). REHABILITACIÓN DE CARRETERAS UTILIZAR ASFALTO ESPUMADO, RECICLADR EL PAVIMENTO ASFALTICO EXISTENTE. Guatemala: Universidad San Carlos de Guatemala.

Chinchilla, J. M. (2005). PLANTEAMIENTO DE SOLUCIÓN A LA PROBLEMÁTICA DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN GUATEMALA, LA MODALIDAD DE CONTRATACIÓN ESTUDIO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN “LLAVE EN MANO”. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

FUNDESA. (2017). INFRAESTRUCTURA PARA EL DESARROLLO. Mejores Guate, 19.

Garcia, M. A. (2018). PAVIMENTOS. Mexico: Universidad Nacional Autonoma de Mexico.

Godó, J. G. (Miercoles de Febrero de 2018). AVERIAS CAUSADAS POR LAS CARRETERAS EN MAL ESTADO. La Vanguardia, pág. Electronica.

Gómez, S. R. (Martes de Julio de 2018). URGEN PROPUESTAS PARA CREAR INFRAESTRUCTURA VIAL. Guatemala, Guatemala, Guatemala.

Kraemer, P. R. (2003). INGENIERIA DE CARRETERAS (Vol. I). España: COFAS, S.A.

Officials, A. A. (1993). GUIA PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO. Estados Unidos: AASHTO.

Piqueras, Y. (Lunes de Febrero de 2019). UNIVERSITAT POLITECNICA DE VALENCIA. Obtenido de <https://victoryepes.blogs.upv.es/2019/02/04/la-evaluacion-tecnica-de-una-carretera/>

Salas, M. B. (2012). TOPICOS DE PAVIMENTOS DE CONCRETO. Lima: Flujo Libre.

Universidad Mayor de San Simón -Facultad de Ciencias y Tecnología-. (2012). MANUAL COMPLETO DE DISEÑO DE PAVIMENTOS. Bolivia: UMSS.

ANEXOS

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

Tópico: Mal estado de calle principal

Efecto o consecuencia general
(Variable dependiente) →

Incremento en la cantidad de vehículos deteriorados en calle principal de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa, en los últimos cinco años.

Problema central o clave
(Causa intermedia) →

Mal estado de la calle principal de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa

Causa principal
(Variable independiente) →

Inexistencia de proyecto para mejoramiento de calle principal de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa.

Hipótesis causal:

“El incremento en la cantidad de vehículos deteriorados en calle principal de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa, en los últimos cinco años, por mal estado de calle principal, es debido a la inexistencia de proyecto para mejoramiento”.

Hipótesis interrogativa:

¿Sera la inexistencia de proyecto para mejoramiento, la causante del incremento es la cantidad de vehículos deteriorados en calle principal de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa, en los últimos cinco años, por mal estado de la calle principal?

Árbol de objetivos

Fin u objeto general



Disminuir cantidad de vehículos deteriorados en calle principal de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa.

Objetivo específico



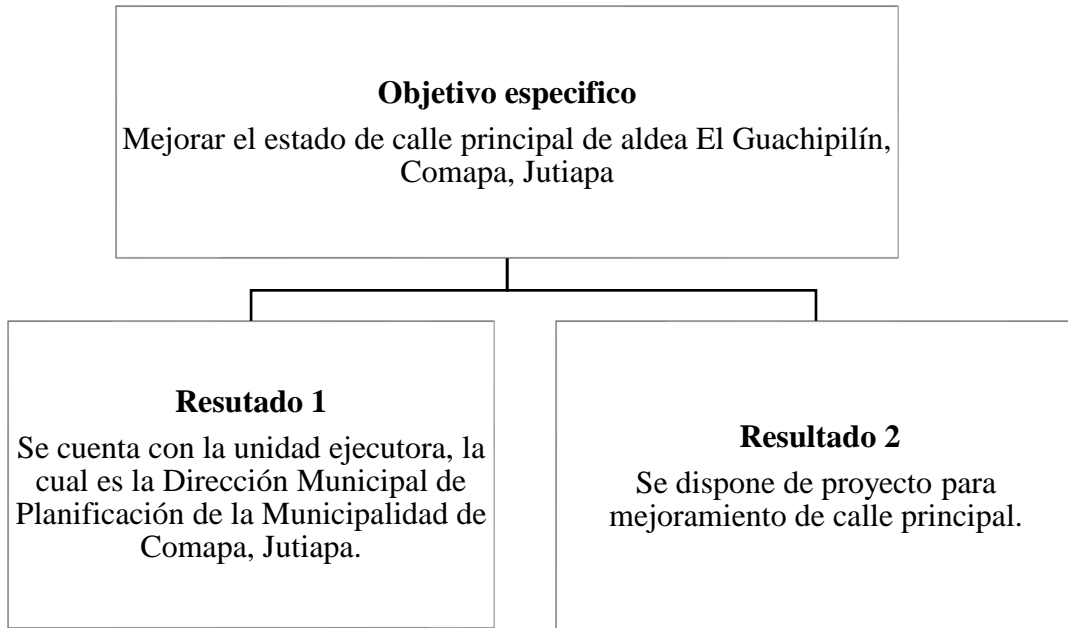
Mejorar el estado de calle principal de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa.

Medio de solución



Proyecto para el mejoramiento de calle principal de aldea el Guachipilín, Comapa, Jutiapa.

Anexo 2. Diagrama del medio de solución



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

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable Dependiente

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable dependiente siguiente: **“Incremento en la cantidad de vehículos deteriorados en calle principal de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa, en los últimos cinco años.”**

Esta boleta está dirigida a conductores que transitan por calle principal de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa; 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 infinita cualitativa.

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

1. ¿Considera usted que existe incremento en la cantidad de vehículos deteriorados en calle principal de la aldea?

Si_____ No_____

2. ¿Desde hace cuánto tiempo usted ha notado incremento en la cantidad de vehículos deteriorados en calle principal de la aldea?

2.1 0 - 3 años_____

2.2 3 - 10 años_____

2.3 Más de 10 años_____

3. ¿En cuánta cantidad considera el incremento de vehículos deteriorados en calle principal de la aldea, en el último año?

1-20 _____

20-40 _____

40-60 _____

Más de 60 _____

4. ¿Cuál es la causa del incremento en la cantidad de vehículos deteriorados en calle principal de la aldea?

Mal estado de la calle _____

Poca visibilidad _____

Mal uso de la calle _____

5. ¿Considera usted que se puede reducir la cantidad de vehículos deteriorados en calle principal de la aldea?

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

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene por objeto comprobar la variable independiente siguiente: **“Inexistencia de proyecto para mejoramiento de calle principal de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa.”**

Esta boleta censal está dirigida a profesionales de los siguientes Departamentos: Dirección Municipal de Planificación (DMP), Dirección de Policía Municipal de Tránsito y la Unidad Ejecutora de Conservación Vial -COVIAL- con el 100% de nivel de confianza y el 0% de error por el sistema de población finita cualitativa.

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

1. ¿Conoce si existe proyecto para mejoramiento de calle principal de aldea El Guachipilín?

Sí_____ No_____

2. ¿Considera usted que es necesario implementar el proyecto para mejoramiento de calle principal de aldea El Guachipilín?

Sí_____ No_____

3. ¿Qué acciones considera usted que se deben contemplar al momento de implementar el proyecto para mejoramiento de calle principal de aldea El Guachipilín?

3.1 Reordenamiento territorial comercial _____

3.2 Implementación de programas de educación vial _____

3.3 Implementar nomenclatura vial. _____

4. ¿Cree usted que la falta de proyecto para mejoramiento de calle principal de aldea El Guachipilín, afecta la calidad de vida de los habitantes?

Sí _____ No _____

5. ¿Tiene contemplado dentro de su planificación la implementación del proyecto para mejoramiento de calle principal de aldea El Guachipilín?

Sí _____ No _____

Observaciones:

Lugar y fecha: _____

Anexo 5. Anexo metodológico comentado sobre el cálculo del tamaño de la muestra.

Población Infinita Cualitativa:

Para la población efecto se trabajó la técnica del muestreo de conductores que transitan por la calle principal de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa, con el 90% del nivel de confianza y el 10% de error y se obtuvo 68 personas para la muestra a encuestar.

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

		$Z^2 p(1-p)$	
	$n =$	$\frac{\quad}{\quad}$	
		e^2	
Z =	1.645	Valor de Z en la tabla	
Z ² =	2.706025		
p =	0.5	% de éxito	
1-p	0.5		
e =	0.1		
e ² =	0.01		
Z ² p (1-p) =	0.6765063		
n =	67.650625	Muestra	

Censo.

Para la población causa, se trabajó la técnica del censo con el 100% del nivel de confianza y el 0% de error; lo anterior debido a que la población a trabajar es menor a 35 personas; de 6 profesionales relacionados a la temática.

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

Se realiza con la finalidad de determinar la correlación existente entre las variables intervinientes en la problemática descrita en el árbol de problemas y poder validarla; así como determinar si es posible la proyección de su comportamiento mediante el cálculo de la ecuación de la línea recta.

Las variables intervinientes están en función de: “X” la cantidad de tiempo contemplado en los últimos 5 años (de 2015 a 2019); mientras que “Y” en función del efecto identificado en el árbol de problemas, el cual obedece a “Incremento en la cantidad de vehículos deteriorados en calle principal de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa, en los últimos cinco años.”.

Requisito. $+>0.80$ y $+<1$

Año	X (años)	Y (Cantidad de vehículos deteriorados)	XY	X ²	Y ²
2015	1	50	50.00	1	2500.00
2016	2	52	104.00	4	2704.00
2017	3	59	177.00	9	3481.00
2018	4	65	260.00	16	4225.00
2019	5	71	355.00	25	5041.00
Totales	15	297	946.00	55	17951.00

n=	5
$\sum X=$	15
$\sum XY=$	946
$\sum X^2=$	55
$\sum Y^2=$	17951.00
$\sum Y=$	297
$n\sum XY=$	4730
$\sum X*\sum Y=$	4455
Numerador=	275
$n\sum X^2=$	275
$(\sum X)^2=$	225
$n\sum Y^2=$	89755.00
$(\sum Y)^2=$	88209.00
$n\sum X^2-(\sum X)^2=$	50
$n\sum Y^2-(\sum Y)^2=$	1546
$(n\sum X^2-(\sum X)^2)*(\sum Y)^2=$	77300.00
Denominador:	278.0287755
r=	0.989106252

Fórmula:

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

Análisis: Debido a que el coeficiente de correlación $r = 0.98$ se encuentra dentro del rango establecido, se indica que las variables están debidamente correlacionadas, se valida la problemática y se procede a la proyección mediante la línea recta.

Anexo 7. Anexo metodológico de la proyección.

$$y = a + bx$$

Año	X (años)	Y (Cantidad de vehículos deteriorados)	XY	X ²	Y ²
2015	1	50	50	1	2500.00
2016	2	52	104	4	2704.00
2017	3	59	177	9	3481.00
2018	4	65	260	16	4225.00
2019	5	71	355	25	5041.00
Totales	15	297	946	55	17951.00

n=	5
$\sum X=$	15
$\sum XY=$	946
$\sum X^2=$	55
$\sum Y^2=$	17951.00
$\sum Y=$	297
$n\sum XY=$	4730
$\sum X*\sum Y=$	4455
Numerador de b	275
Denominador de b:	
$n\sum X^2=$	275
$(\sum X)^2=$	225
$n\sum X^2 - (\sum X)^2 =$	50
b=	5.5
Numerador de a:	
$\sum Y=$	297
$b * \sum X =$	82.5
Numerador de a:	
a:	214.5
a=	42.9

Fórmulas:

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

Fórmulas:

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

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * x)$				
Y(2020)=	a	+	(b	* X)
Y(2020)=	42.9	+	5.5	X
Y(2020)=	42.9	+	5.5	6
Y(2020)=	75.9			
Y(2020)=	76 vehículos dañados			

Ecuación de la línea recta $Y = a + (b * x)$				
Y(2021)=	a	+	(b	* X)
Y(2021)=	42.9	+	5.5	X
Y(2021)=	42.9	+	5.5	7
Y(2021)=	81.4			
Y(2021)=	81 vehículos dañados			

Ecuación de la línea recta $Y= a+(b*x)$				
Y(2022)=	a	+	(b	* X)
Y(2022)=	42.9	+	5.5	X
Y(2022)=	42.9	+	5.5	8
Y(2022)=	86.9			
Y(2022)=	87 vehículos dañados			

Ecuación de la línea recta $Y= a+(b*x)$				
Y(2023)=	a	+	(b	* X)
Y(2023)=	42.9	+	5.5	X
Y(2023)=	42.9	+	5.5	9
Y(2023)=	92.4			
Y(2023)=	92 vehículos dañados			

Ecuación de la línea recta $Y= a+(b*x)$				
Y(2024)=	a	+	(b	* X)
Y(2024)=	42.9	+	5.5	X
Y(2024)=	42.9	+	5.5	10
Y(2024)=	97.9			
Y(2024)=	98 vehículos dañados			

Porcentaje de ejecución de las actividades del proyecto.

Cuadro 1: Cálculo porcentual de la solución por año/resultado.							
Año	6 (2020)	7 (2021)	8 (2022)	9 (2023)	10 (2024)		
Resultado							
la unidad ejecutora, la cual es el Dirección Municipal de Planificación de la Municipa							
Espacio físico	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	Solución	
Material y equipo	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%		
Personal técnico	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%		
Recursos financieros	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%		
Resultado 2 (Se dispone de proyecto de mejoramiento de calle principal)							
Levantamiento topografico	0.25%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%		
Elaboración de estudio de suelos	1.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%		
Estudio de transito	0.25%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%		
Diseño geometrico de carretera	0.75%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%		
Diseño de escorrentia y cunetas	0.75%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%		
Calculo de materiales y cantidades de trabajo	1.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%		
Elaboración de especificaciones tecnicas y generales del proyecto	0.50%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%		
Gestion de riesgo	0.25%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%		
Estudio de impacto ambiental	0.25%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%		
Mantenimiento y reparación periodica	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%		
Total	24.00%	19.00%	19.00%	19.00%	19.00%	100.00%	

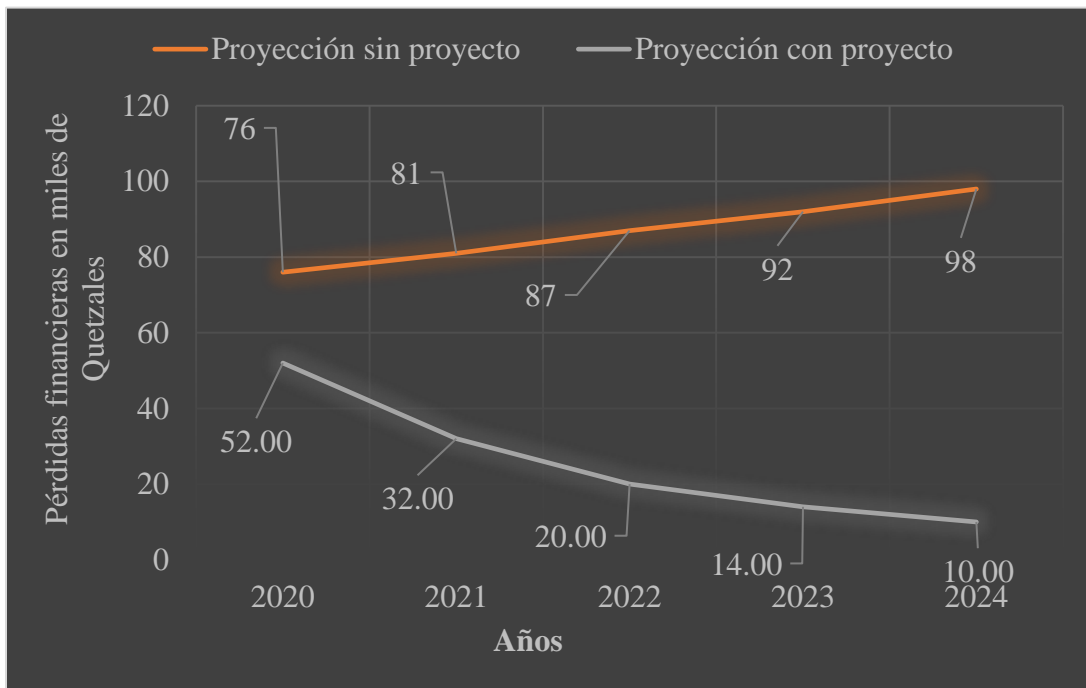
Cuadro 2: Estimación de la proyección con proyecto.

Secuencial	Año	Proyección sin proyecto	Porcentaje propuesto	Proyección con proyecto
6 (2020)	2020	76	24.00	52.00
7 (2021)	2021	81	20.00	32.00
8 (2022)	2022	87	12.00	20.00
9 (2023)	2023	92	6.00	14.00
10 (2024)	2024	98	4.00	10.00

Cuadro 3: Comparativo sin y con proyecto

Año	Proyección sin proyecto	Proyección con proyecto
2020	76	52.00
2021	81	32.00
2022	87	20.00
2023	92	14.00
2024	98	10.00

Gráfica 1: Comportamiento de la problemática sin y con proyecto.



Análisis: Como se puede notar en la información anterior, la problemática crece a medida que pasa el tiempo; de no ejecutarse la presente propuesta, la situación del efecto identificado seguirá en condiciones negativas, por lo que se hace evidente la necesidad de la pronta implementación del proyecto para mejoramiento de calle principal de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa: para solucionar a la brevedad posible la problemática identificada.

Richar René Sandoval Revolorio

TOMO II

“PROYECTO PARA MEJORAMIENTO DE CALLE PRINCIPAL DE ALDEA EL
GUACHIPILIN, COMAPA, JUTIAPA.”



Asesor General Metodológico:
Ing. Agr. Carlos Alberto Pérez Estrada

Universidad Rural de Guatemala
Facultad de Ingeniería

Guatemala, mayo 2021

Informe final de graduación

“PROYECTO PARA MEJORAMIENTO DE CALLE PRINCIPAL DE ALDEA EL
GUACHIPILIN, COMAPA, JUTIAPA.”



Presentado al honorable tribunal examinador por:

Richar René Sandoval Revolorio

En el acto de investidura previo a su graduación como Ingeniero Civil con énfasis en
Construcciones Rurales

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, mayo 2021

Informe final de graduación

“PROYECTO PARA MEJORAMIENTO DE CALLE PRINCIPAL DE ALDEA
EL GUACHIPILIN, COMAPA, JUTIAPA.”



Rector de la Universidad:

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretaria de la Universidad:

Licenciada Lesbia Tevelán Castellanos

Decano de la Facultad de Ingeniería:

Ingeniero Luis Adolfo Martínez Díaz

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, mayo 2021

Este documento fue presentado por el autor, previo a obtener el título de Ingeniero Civil con énfasis en Construcciones Rurales en el grado de licenciado.

PRÓLOGO

En cumplimiento a lo establecido por Universidad Rural de Guatemala, a través del programa de graduación, se realizó esta investigación de carácter científico, con el propósito de profundizar en el problema del estado actual de la vía principal de acceso de aldea Guachipilín, Comapa, Jutiapa en los últimos cinco años, todo esto como parte de los procesos académicos, que serán fundamentales para que el estudiante pueda optar al título de Ingeniero Civil en el grado académico de Licenciatura.

La siguiente investigación académica, está basada en la metodología de marco lógico, como paso principal se elabora el diagnóstico de la problemática, a través de la lluvia de ideas, para luego elaborar el árbol de problemas y objetivos, de lo cual se obtiene la hipótesis de trabajo, misma que se desarrolla durante la investigación, el propósito principal, es comprobar o rechazar la misma, a través de métodos y técnicas de investigación y de carácter estadístico.

Con la realización de este estudio se espera que sea de utilidad para una fuente de consulta para la aplicación en la entidad municipal del municipio de Comapa o entidades similares de la República de Guatemala.

PRESENTACIÓN

El deterioro de las vías de acceso en las comunidades más aisladas de la república de Guatemala ha tenido un crecimiento considerable ya que los trabajos de construcción, conservación o rehabilitación de carreteras ha quedado en el abandono por lo cual, se ha realizado una investigación de los materiales más comunes y de mejor resistencia para poder ejecutar estos proyectos, con el cual se ha encontrado el asfalto que es una mezcla de hidrocarburos derivados de la destilación del petróleo y ampliamente utilizado en la construcción como, por ejemplo: carreteras, impermeabilización, entre otros. El asfalto es uno de los materiales más antiguos empleados por el hombre, usado principal como cemento en construcción de vías de acceso de rutas principales con un tránsito vehicular de tipo pesado.

Luego de conocer el entorno del deterioro de las vías de acceso de la comunidad de El Guachipilín y los problemas que ha causado tanto en el desarrollo humano como comercial, de estudio y de salud se decide profundizar la temática basado en estudios de tipo académico y científico.

Por ello, se realizó un diagnostico en lo cual se evidencia que en aldea El Guachipilín, actualmente se sufren consecuencias muy negativas a causa del problema del deterioro y del estado actual de la vía principal de acceso a esta comunidad, pero que debido al desinterés que las instituciones muestran por el tema, los habitantes de esta comunidad no tienen un desarrollo socio económico.

Luego de hacer verídica el problema se decide proponer el “Proyecto para mejoramiento de calle principal de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa”, con la finalidad de reducir los daños ocasionados a los vehículos de los habitantes de la comunidad.

INDICE GENERAL

I.	RESUMEN.....	1
II.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	10
	ANEXOS	

I. RESUMEN

El proyecto de investigación para el trabajo de graduación: “Proyecto para mejoramiento de calle principal de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa”, se establece a partir de una investigación para poder cumplir con los requisitos establecidos por la Universidad Rural de Guatemala y la Facultad de Ingeniería Civil para poder optar al título de Ingeniero Civil en el nivel de Licenciado, en donde se refieren a una serie de resultados y datos que proponen resolver el problema central: “Mal estado de la calle principal de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa”; que afecta al lugar poblado El Guachipilín en relación a la transitabilidad y locomoción de los vehículos hacia la cabecera municipal del municipio de Jutiapa.

El trabajo de graduación que se presenta se hace necesario realizarlo con los siguientes componentes.

Tomo I

Conformado por el planteamiento del problema, que se realiza por medio del comentario del efecto, que afecta directamente a la comunidad o a la población en general, comentario sobre el problema central, o sea la base principal de la problemática, y la causa que son originados por negligencia, desconocimiento o falta de voluntad de autoridades o entidades de carácter público o privado.

La hipótesis, medios o alternativas, que son partes de un proceso de razonamiento inductivo-deductivo, lo que puede decirse que son aspectos de carácter especulativo. La misma su estructuración parte del efecto y se complementa con la causa. La fórmula que puede utilizarse es la siguiente: efecto + t + e, es debido a la causa, en la cual luego de hacer este procedimiento se obtuvo la siguiente hipótesis:

“El incremento en la cantidad de vehículos deteriorados en calle principal de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa, en los últimos cinco años, por mal estado de calle principal, es debido a la inexistencia de proyecto para mejoramiento”

Los objetivos, para ellos se describen en la técnica del árbol de objetivos, el objetivo general y específico, que son el resultado o la suma de una serie de metas o actividades que tienen que realizarse, puede decirse el camino que se debe de seguir para el logro de determinado proyecto. En los cuales se determinaron los siguientes objetivos:

Objetivo general

Disminuir cantidad de vehículos deteriorados en calle principal de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa.

Objetivo específico

Mejorar el estado de calle principal de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa.

La economía del municipio de Comapa, gira en torno al sector agrícola, que se desarrolla en la zona rural, de ahí la importancia de la ejecución del proyecto y el mantenimiento periódico de las vías de comunicación que desde la cabecera municipal hacia las diferentes comunidades en este caso hacia la comunidad de aldea El Guachipilín es una de las comunidades con mayor población y una mayor extensión y con mayor referencia en sector agrícola, para sostener costos razonables de movilización y aumentar la comercialización de los productos agropecuarios oportuna y adecuadamente.

Con el mejoramiento y ejecución del proyecto de pavimentación de la vía de comunicación, se mejoraría exponencialmente el incremento de la producción y flujo de mercancías de oriente a poniente en el Municipio de Comapa, así como con la capital de Guatemala. Para la estructuración de la justificación, se adoptan todas las

alternativas propuestas para la ejecución del proyecto, puesto que estas suplirán las necesidades asociadas a la red vial de carreteras rurales del municipio de acuerdo a las condiciones de serviciabilidad de cada una de las vías. En esta comprende el comentario del efecto que se origina en el árbol de problemas, y los resultados que puedan originarse sin proyecto, aumentará el problema y con el desarrollo o ejecución del proyecto, bajará el problema que en esta oportunidad se pretende ejecutar.

En dicha investigación también se utilizaron técnicas para la formulación y comprobación de la hipótesis. En la cual una de las más importantes para la comprobación fue la lluvia de ideas, en esta se exponen las diferentes hipótesis del problema que afecta esta área, y para la comprobación de se utilizaron diferentes, ser de mucha utilidad la técnica de los cuestionarios a los habitantes del área afectada.

Metodología

Es el conjunto de métodos y técnicas que se utilizaron en la formulación y La comprobación de la hipótesis.

Métodos

Los métodos a utilizar podrán variar en relación a la formulación y comprobación de la hipótesis; para la formulación de hipótesis y objetivos se utilizó el método deductivo, auxiliado por el marco lógico, diagramados en el árbol de problemas y objetivos (Anexo 1); para la comprobación de la hipótesis, se hizo empleo del método deductivo y procedimiento de tabulación, análisis y síntesis.

-Observación directa: Se observó, que la vía de acceso principal hacia la comunidad de El Guachipilín es la Ruta Departamental RD-JUT-50, la cual para su conservación está a cargo del Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda (MICIVI) y la comunidad se encuentra a 15 kilómetros de distancia de la cabecera municipal.

Los habitantes de esta comunidad cuentan con un promedio de 1 vehículo tipo sedán, SUV o pickup por familia y de 0.50 camiones por familia ya que la mayoría de las personas se dedican a la ganadería y a la agricultura de cultivos como maíz, frijol y jocote.

-Investigación documental: Como parte del fundamento para comprobar o rechazar la hipótesis anteriormente planteada, se procedió a realizar la investigación documental sobre la problemática identificada, misma que permita contar con un enfoque más claro de la situación y definir las propuestas de solución.

Se llevó a cabo, la visita a diferentes instituciones del Municipio de Comapa, las cuales tienen relación directa o indirecta con la problemática, entre ellas; Municipalidad de Comapa en la Dirección Municipal de Planificación (DMP), y de igual manera se visitó el área de Ingeniería de la Zona Vial 2 de Caminos del departamento de Jutiapa.

-Entrevista: luego de concretar la idea sobre la formulación de la problemática, se da paso a las entrevistas presenciales al personal de las diferentes instituciones como: Dirección Municipal de Planificación (DMP) de la Municipalidad de Comapa, al delegado departamental de la Zona Vial 2 de Caminos de Jutiapa, y a profesionales con conocimiento de la problemática actual de la comunidad en investigación.

Luego de hacer verídica la información del área investigada, se da paso a la formulación de la hipótesis, para la cual se utilizó el método del marco lógico, lo cual permitió encontrar la variable dependiente e independiente de la hipótesis. Las gráficas de dichas variables se encuentran graficadas en el anexo (Anexo 1).

La hipótesis formulada e indicada es de la siguiente manera: “El incremento en la cantidad de vehículos deteriorados en calle principal de aldea El Guachipilín,

Comapa, Jutiapa, en los últimos cinco años, por mal estado de calle principal, es debido a la inexistencia de proyecto para mejoramiento”.

Además, el método de marco lógico, también permitió encontrar los objetivos tanto general como específico de la investigación.

Métodos y técnicas empleadas para la comprobación de la hipótesis.

Para la comprobación de la hipótesis, el método principal utilizado, fue el inductivo, con el que se pudo obtener resultados específicos o particulares de la problemática identificada; lo cual sirvió para diseñar conclusiones y recomendaciones generales, a partir de tales resultados.

Para su comprobación, se utilizaron las técnicas que se especifican a continuación:

Entrevista: previo a ello, se procedió al diseño de boletas de investigación, con el propósito de comprobar la variable dependiente e independiente de la hipótesis previamente formulada. Las boletas, previo a ser aplicadas a la población objetivo, sufrieron un proceso de prueba, con la finalidad, de hacer más afectivas las preguntas y propiciar que las respuestas, proporcionaran la información requerida, después de ser aplicada.

Determinación de la población a investigar: en relación a este tema de investigación, se decidió realizar muestreo estadístico en base a la población total, la población a investigar son habitantes que poseen vehículos, ya que son los principales actores que sufren la problemática. Es decir, se encuestó al total absoluto de habitantes lo que significa que el nivel de confianza del 90% y un 10% en error.

Después de recabar la información contenida en las boletas, se procedió a tabularlas; para cuyo efecto se utilizó el método de 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, que poseyeron como objeto 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; el que sirvió además para hacer congruente la totalidad de la investigación, con los resultados obtenidos producto de la investigación de campo efectuada.

Técnicas

Las técnicas empleadas, tanto en la formulación como en la comprobación de la hipótesis, se expusieron anteriormente, pero éstas variaron de acuerdo a la etapa de la formulación de la hipótesis y a la comprobación de la misma; así:

Como se describió en el apartado (1.5.1 Métodos), las técnicas empleadas en la formulación fueron: la observación directa, la investigación documental y las fichas bibliográficas; así como la entrevista a las personas relacionadas directamente con la problemática.

Por otro lado, la comprobación de la hipótesis, se utilizó la entrevista y el censo.

Como se puede advertir fácilmente, la entrevista estuvo presente en la etapa de la formulación de la hipótesis y en la etapa de la comprobación de la misma. La investigación documental, estuvo presente además de las dos etapas indicadas, en toda la investigación documental y especialmente, para conformar el marco teórico.

En el marco teórico se definieron los temas como el soporte en sí de la investigación, la que, resultado de un trabajo de gabinete, donde se utilizaron una serie de bibliografías, las que a continuación de enumeran, periódicos, revistas, libros de texto,

páginas web, informes, tesis y otros que puedan ser utilizados para recabar información.

En este se defino el método de diseño del pavimento rígido para la ejecución del proyecto de acuerdo a las normas ASSHTO y normas del manual de AGIES de Guatemala, estos con el fin de poder cumplir y realizar un proyecto de una vida útil como mínimo de 20 años dándole su debido mantenimiento cada cierto tiempo establecido en el diseño del pavimento.

La propuesta de solución planteada para este problema consiste básicamente en disminuir el deterioro acelerado de los vehículos de los vecinos de aldea El Guachipilín y del Municipio de Comapa que día con día se trasladan de un lugar a otro con el objetivo de obtener una ganancia a través de la venta de sus productos o para el desarrollo socioeconómico de las comunidades, para lograr solucionar este problema se plantea un diagrama de resultados siguientes:

Resultado No. 1 – Se cuenta con la unidad ejecutora, la cual es la Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad de Comapa, Jutiapa.

Resultado No. 2 – Se dispone de proyecto para mejoramiento de calle principal.

La información que fue recabada consistió en la forma, manera y medidas de cada uno de los componentes del diseño y ejecución de un proyecto de pavimentación en la vía de comunicación que se dirige hacia aldea El Guachipilín desde la cabecera Municipal del Municipio de Comapa del Departamento de Jutiapa, ante la necesidad de articular el comercio entre los lugares poblados en forma local, municipal, departamental, regional, nacional y en determinado momento internacional. Esto tiene impacto negativo en el comercio, conlleva al incremento de costos tanto para la canasta básica familiar como para el transporte informal de pasajeros.

La presentación y análisis de resultados, se hace con el fin de representar en cuadros y gráficos, los resultados obtenidos a través de encuestas de campo.

Para la comprobación de la variable dependiente “Y” (efecto) se elaboraron 5 preguntas las cuales se realizaron a conductores que según el muestreo que se obtuvo de acuerdo al tamaño de la muestra calculada al 90% del nivel de confianza y el 10% del nivel de error de muestreo, por sistema de población finita cualitativa. Comprobar el efecto con el cuadro y grafica No. 1.

Para la comprobación de la variable independiente “X” (causa) se elaboraron 5 preguntas las cuales se le realizó a seis profesionales que residen en el área expertos en materia de ingeniería.

Las conclusiones y las recomendaciones: Para comprender de una mejor manera, es importante determinar qué es una conclusión. Por algunos teóricos son datos que confirman o limitan la investigación final, o son ideas de cierre de la investigación ejecutada a fin de colaborar con un acervo académico.

Según el proceso de investigación, existió congruencia entre la teoría y la realidad, ya que la hipótesis marca, “El incremento en la cantidad de vehículos deteriorados en calle principal de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa, en los últimos cinco años, por mal estado de calle principal, es debido a la inexistencia de proyecto para mejoramiento”

Los puntos más sobresalientes de la investigación fueron las conclusiones, donde se ubica la propuesta, da atención a los análisis de la investigación, garantías de la ejecución del proyecto.

Otra parte muy importante es el desarrollo metodológico utilizado para la formulación y comprobación de la hipótesis. La matriz de la estructura lógica.

El hallazgo importante es que la comunidad está organizada con un Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) de primer nivel el cual se encuentra registrado en la Municipalidad de Jutiapa, en Gobernación Departamental de Jutiapa, Superintendencia de Administración Tributaria (SAT) y Contraloría General de Cuentas, esto con el fin de poder contribuir con el desarrollo de la ejecución del proyecto aportar la mano de obra no calificada en los trabajos que sean necesarios.

La confirmación del investigador como los investigados en relación al proyecto social.

La estructuración del enfoque cualitativo y cuantitativo del investigador en relación al campo de investigación.

Se presenta la propuesta de la solución a la problemática investigada y que se incluye en los anexos la Matriz de Estructura Lógica para la evaluación del trabajo después de desarrollar la propuesta.

La matriz de la estructura lógica, es un instrumento que se utiliza para medir los porcentajes de adelanto o atraso que pueda tener el desarrollo de un proyecto de carácter investigativo.

Para que la matriz de la estructura lógica sea funcional debe desarrollarse de forma vertical como horizontal.

II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

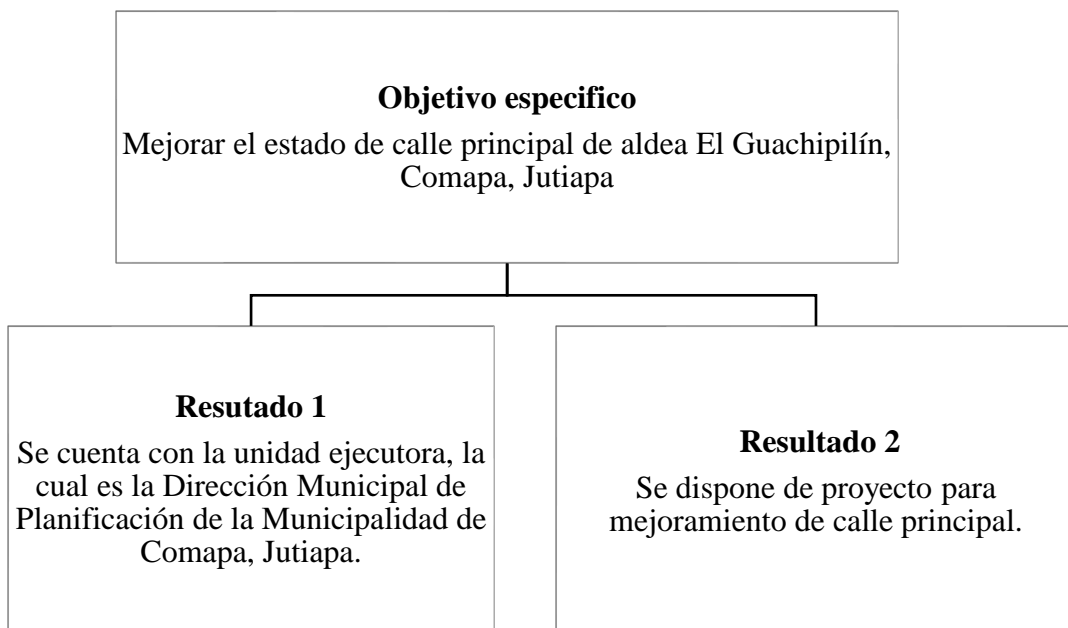
Se comprueba la hipótesis: El incremento en la cantidad de vehículos deteriorados en calle principal de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa, en los últimos cinco años, por mal estado de calle principal, es debido a la inexistencia de proyecto para mejoramiento con el 90% del nivel de confianza y el 10% de error para el efecto y con el 100% de nivel de confianza y 0% de error para la causa.

Por lo anterior se recomienda operativizar la solución de la problemática mediante la implementación del proyecto para mejoramiento de calle principal de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa.

ANEXOS

Anexo 1. Propuesta para solucionar la problemática

La falta de mantenimiento y rehabilitación de la red vial existente, y los influyentes periodos invernales, han generado dificultad en la intercomunicación de la población rural de la población de aldea El Guachipilín desde la Cabecera Municipal del Municipio de Comapa del Departamento de Jutiapa lo cual ha causado un deterioro acelerado en los vehículos de la población, lo que género que como estudiante de ingeniería civil planteara la siguiente solución a la problemática.



Resultado No. 1 – Se cuenta con la unidad ejecutora, la cual es el Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad de Comapa, Jutiapa

Actividad 1: Espacio físico.

Se cuenta con el espacio donde se encuentra instalada la Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad de Comapa, del departamento de Jutiapa, la cual cuenta con espacio adecuado para el trabajo en equipo de los empleados de esta dirección. A este se le dará mantenimiento una vez por semestre.

Actividad 2: Material y equipo.

La dirección cuenta con escritorios para computadora, cuenta con 5 computadoras 2 de ellas para trabajar el trabajo técnico de infraestructura y planificación de los proyectos, cuenta con 2 impresoras para la impresión de la planes y planificación formuladas y además cuenta con un plotter para la impresión de planos en todos los tamaños establecidos por la SIECA. Se actualizarán los sistemas cada dos años.

Actividad 3: Personal técnico.

La dirección está dividida en diferentes puestos los cuales son: 1. Director Municipal de Planificación, 2. Supervisor de Obras Municipales, 3. Asistente Técnico de Planificación, 4. Asistente Administrativo de Planificación y 5. Asistente Operativo de Planificación

Cada uno según el manual de funciones de la municipalidad debe contar con experiencia en el ramo de ingeniería y arquitectura. Pago de personal técnico especializado durante los próximos 5 años.

Actividad 4: Recursos Financieros.

Se cuenta con la partida presupuestaria asignada para el pago del personal técnico de la dirección municipal de planificación. Se le asignara cada principio de año la partida.

Resultado No. 2 – Se dispone de proyecto para mejoramiento de carretera.

Actividad 1: Levantamiento topográfico

Consiste en un levantamiento topográfico en el lugar donde se va a realizar la estructura, donde se verificará el tamaño de la estructura, por la magnitud de este puente se determinó que se debía de realizar un levantamiento topográfico geodésico y aéreo, donde estuvo representada la carretera en los extremos. Una vez ubicada la estructura es imprescindible reunir los datos topográficos exactos para utilizar los detalles del proyecto, o sea en el caso que no se ocupa la ubicación exacta de los estribos y pilas de puente, en caso de ser de varias luces con la selección tomar en cuenta el factor económico en general los trabajos para este tipo de proyectos tiene que ser exacto y cuidadosamente comprobados.

Se colocará las Referencias de los Puntos de Control Horizontal y Vertical, consistentes en monumentos de concreto y corresponderá al Contratista hacer el replanteo en detalle a cada 20 metros de la línea central.

Para el trazo de curvas horizontales se debe usar la definición Arco (Grado de curva horizontal: es el ángulo en el centro que subtiende un arco de 20 metros).

Se realizarán los cálculos adicionales para el uso conveniente de los datos suministrados por el levantamiento.

Actividad 2: Elaboración de estudio de suelos.

Consistirá en la toma de muestras del suelo cada 0.00 + 0.100 mts en la línea central para llevarlos en su debido recipiente y sin unir una muestra con la otra los estudios de suelo que se realizaron son: PROCTOR, CBR, LIMITES DE ATTERBERG, SPT, COMPACTACION.

Actividad 3: Estudio de tránsito.

Los datos de conteo vehicular del proyecto en mención se obtuvieron del aforo realizado los cuales fueron realizados el mes de abril del presente año en períodos de 24 horas. Los tipos de vehículos considerados en los aforos fueron los determinados por la Dirección General de Caminos.

El conteo vehicular utilizado en esta evaluación, fue el considerado como conteo crítico. En la siguiente tabla se muestra el tipo de vehículo. El grupo vehicular obtenido por ese tipo y los factores equivalentes de carga (LEF) según tipo de vehículo, utilizados posteriormente para el cálculo de los ejes simples de carga equivalente a 18,000 libras (ESAL.).

Para la estimación del tránsito futuro se analizó el comportamiento del mismo en un período de tiempo determinado, utilizar para ello la información obtenidos de los conteos vehiculares efectuados en campo. Como criterio de evaluación y para mantener un margen de seguridad, se determinó que el tránsito crítico obtenido de los conteos vehiculares es el que se proyectará a futuro, con el fin de que el momento de realizar el diseño de la estructura de pavimento cumpla con las exigencias del tránsito que se proyectará durante el período de diseño.

Para esto se deben obtener los porcentajes de crecimiento por cada tipo de vehículo. Para definir el porcentaje de crecimiento, debido a que no se cuenta con un historial que permita realizarlo, se tomó como herramienta algunos parámetros que ayudan a

determinar estos porcentajes, entre ellos está el crecimiento poblacional. De acuerdo a la situación geográfica, el tramo en estudio se desarrolla en el departamento de Jutiapa, por lo que el porcentaje de crecimiento corresponde a un 3.0 %. En base a la información anterior, se considerará un factor de crecimiento vehicular de 3.0 % para todos los tipos de vehículos.

Con los datos mostrados, se realizó la proyección del tránsito y se calculó el número de ESALES para un período de rehabilitación del pavimento de 5 años.

Actividad 4: Diseño geométrico de carretera.

Las mediciones obtenidas en campo serán analizadas en gabinete con el fin de analizarlas; con los resultados de los ensayos de laboratorio obtenidos de las distintas muestras, se determinarán las propiedades de los materiales como estructura de pavimento.

Realizados los ensayos de laboratorio para los materiales encontrados como capa de sub rasante, se determinó el valor soporte de cada muestra, para luego definir el CBR de diseño, con lo que se establecerá el Modulo de Resiliencia de la capa de sub rasante. es importante indicar que el criterio utilizado para la obtención de la muestra y ensayo del material, es sobre la ruta existente, ya que se considera que el alineamiento de los tramos que conforman el proyecto no variará. Por lo tanto, y en base a los resultados obtenidos del CBR de la sub rasante, se utilizó el criterio del valor menor de CBR a utilizar en el diseño.

Para el cálculo del módulo de resiliencia de la capa de sub rasante, se utilizó la fórmula propuesta por AASHTO 2002. Para realizar un análisis de los materiales que formarán parte de la estructura de pavimento y conocer el número estructural que aportarán en conjunto, es necesario determinar el coeficiente de cada capa de suelo que formará

parte de la estructura de pavimento. Según el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, Tabla 7-2, Espesores mínimos sugeridos.

De acuerdo a el Número ESAL's para este proyecto 322,542.00, se sugiere una Carpeta de rodadura de 7.5 centímetros y una Base granular de 15.00 centímetros. Para la determinación del coeficiente estructural de la capa de Sub Base, se aplicó la fórmula propuesta por AASHTO tomar en cuenta los resultados de los ensayos de laboratorio efectuados a las muestras de material tomadas en bancos proporcionados por la Municipalidad de Comapa.

El Módulo de Elasticidad de la capa se tomará por los parámetros de laboratorio obtenidos de los ensayos efectuados. Para la determinación del coeficiente estructural de la capa de Base granular obtenida de muestreo en banco de préstamo a orillas del Río Paz, se aplicó la fórmula propuesta por AASHTO tomar en cuenta los resultados de los ensayos de laboratorio efectuados a las muestras de material.

El Módulo de Elasticidad de la capa se tomará por los parámetros de laboratorio obtenidos de los ensayos efectuados. Basándose en la figura 2.5 de la sección II.18 de la guía interina de AASHTO, se obtiene un coeficiente de capa variable de acuerdo al módulo de elasticidad del concreto asfáltico (módulo de elasticidad entre 250, y 500,00).

Actividad 5: Diseño de Escorrentía y Cunetas

Consistirá en el diseño de cunetas con base a la escorrentía pluvial que existe en el área de acuerdo a la base de datos del INSIVUMEH información tomada por medio de isoyetas y estaciones pluviales que se encuentran en el municipio. (ver anexo 5.2)

Actividad 6: Calculo de materiales y cantidades de trabajo

Con el diseño geométrico de la carretera y planos establecidos se procederá a la cuantificación de materiales y cantidades de trabajos para saber exactamente qué presupuesto se le deberá asignar a la carretera.

Se calculará en base a lo dispuesto en planos y por ser una ruta departamental se deberán establecer códigos de renglones y de trabajo en base a Libro Azul de Caminos.

Actividad 7: Elaboración de especificaciones técnicas y generales del proyecto

Los índices numerales utilizados en estas especificaciones técnicas corresponden a los renglones de trabajo del Libro Azul de Caminos.

Estas especificaran de la manera que el contratista deberá trabajar el proyecto de carretera, para que la operación y la duración del mismo sea como mínimo de 20 años de vida útil.

Actividad 8: Gestión de riesgo

Para la realización de este estudio se implementa la Boleta de Análisis de Gestión de Riesgo en Proyectos –AGRIP- establecido en los requerimientos de aprobación de proyectos de SEGEPLAN.

Actividad 9: Estudio de impacto ambiental

Para la elaboración de este estudio se inició por categorizar la dimensión del proyecto y tamaño, y verificar en que categoría se ubicaba según el Listado Taxativo del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), y se verifico que era un categoría C, con el cual se necesitaba un profesional certificado por el -MARN- para realizarlo y establecer las fases de pre inversión, ejecución y operación y se procedió

a elaborar las medidas de mitigación necesarias para el impacto que esta obra iba a causar.

Actividad 10: Mantenimiento y reparación periódica

Esta fase consistirá en el mantenimiento periódico del puente cada año se hará una verificación luego del invierno, en el cual se revisarán la estructura del pavimento y drenaje menor y mayor.

Memoria de Calculo

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Diseño de espesores de Pavimento de acuerdo a:

1993 AASHTO Guide for Design of Pavements Structures

Universidad: Universidad Rural De Guatemala
Estudiante: Richar René Sandoval Revolorio
Descripción del Proyecto: Diseño de Pavimento Flexible (Asfalto)
Ubicación: Aldea el Guachipilín, Comapa, Jutiapa

Diseño de Pavimento Flexible

Número Estructural	3.897647084	Módulo Resiliente (Psi)	7,157.01
Design ESALs	385.00	Serviciabilidad Inicial	4.20
Confiabilidad	80%	Serviciabilidad Final	2.00
Desviación Estandar	-0.842		

Diseño de Espesores de Pavimento

CAPA DE MATERIAL	Coefficiente de Capa (a)	Coefficiente de Drenaje (m)	ESPESOR (Pulg)	Numero Estructural de Capa (SN)	ESPESOR (cm)	Numero Estructural de Capa (SN)
Asfalto	0.41	1	4	1.642	10	4.105
Base Granular	0.13	1	8	1.061	22	2.917
Sub Base Granular	0.11	1	10	1.069	25	2.673
				3.772		9.696

Diseño de espesores de Pavimento de acuerdo a:

1993 AASHTO Guide for Design of Pavements Structures

DATOS:

ESAL DE DISEÑO	385.00
CONFIABILIDAD	80%
DESVIACION	-0.842
SERV INICIAL (Po)	4.20
SERV FINAL (Pt)	2.00
DELTA PSI	2.20
So	0.45

DATOS DE SUELO

CBR BASE (%)	85
CBR SUBBASE (%)	25
CBR SUBRASANTE (%)	5
ESTABILIO MARSHALL (N)	8000
F'c (Mpa)	3.2

Modulo Resiliente (Psi) 7,157.0



$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Anexo 2. Matriz de Estructura Lógica

COMPONENTES	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
<p>Objetivo general:</p> <p>Disminuir cantidad de vehículos deteriorados en calle principal de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa.</p>	<p>Finalizado el primer año de la propuesta, se disminuye en 24% la cantidad de vehículos deteriorados.</p>	<p>Registros semestrales del COCODE. Encuestas a conductores.</p>	<p>El Ministerio de Infraestructura y Vivienda (MICIVI) adopta el programa de asistencia vial permanente a conductores que transitan por el área en estudio. Cooperantes: Ministerio de Infraestructura y Vivienda (MICIVI)</p>
<p>Objetivo específico:</p> <p>Mejorar el estado de calle principal de aldea El Guachipilín, Comapa, Jutiapa.</p>	<p>Al finalizar los 5 años de la propuesta, el 90% de la solución a la problemática, es evidente mediante el buen estado de la calle principal en el área de estudio.</p>	<p>Fotografías. Reportes semestrales del COCODE. Entrevistas a conductores.</p>	<p>El COCODE en conjunto con el El Ministerio de Infraestructura y Vivienda (MICIVI), implementan el programa de mantenimiento anual a la calle principal de la aldea, y evitar su deterioro.</p>

Resultado 1:			
Se cuenta con la unidad ejecutora, la cual es el Departamento de Desarrollo Municipal de la Municipalidad de Comapa, Jutiapa.			
Resultado 2:			
Se dispone de proyecto para mejoramiento de calle principal.			

Fuente: Sandoval, R. octubre 2019

Anexo 3. Plan de Trabajo

Componentes del Presupuesto	Unidad Ejecutora	Tiempo / años										Observaciones
		Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5		
		S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	
Resultado 1. Se cuenta con la unidad ejecutora, la cual es el Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad de Comapa, Jutiapa												
Actividad 1: Espacio fisico.	Unidad Ejecutora	■		■		■		■		■		
Actividad 2 – Material y equipo.		■	■			■	■			■	■	
Actividad 3 – Personal técnico.		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Actividad 4 – Recursos Financieros.		■		■		■		■		■		
Resultado 2. Se dispone de proyecto de mejoramiento de calle principal												
Actividad 1 – Levantamiento topografico	Estudiante	■										
Actividad 2 – Elaboración de estudio de suelos		■										
Actividad 3 – Estudio de transito		■										
Actividad 4 – Diseño geometrico de carretera		■	■									
Actividad 5 – Diseño de Escorrentia y Cunetas			■									
Actividad 6 – Calculo de materiales y cantidades de trabajo			■									
Actividad 7 – Elaboración de especificaciones técnicas y generales del proyecto			■									
Actividad 8 – Gestión de riesgo			■									
Actividad 9 – Estudio de impacto ambiental		■	■									
Actividad 10 – Mantenimiento y reparación periodica			■		■		■		■		■	

Sandoval, R. octubre 2019

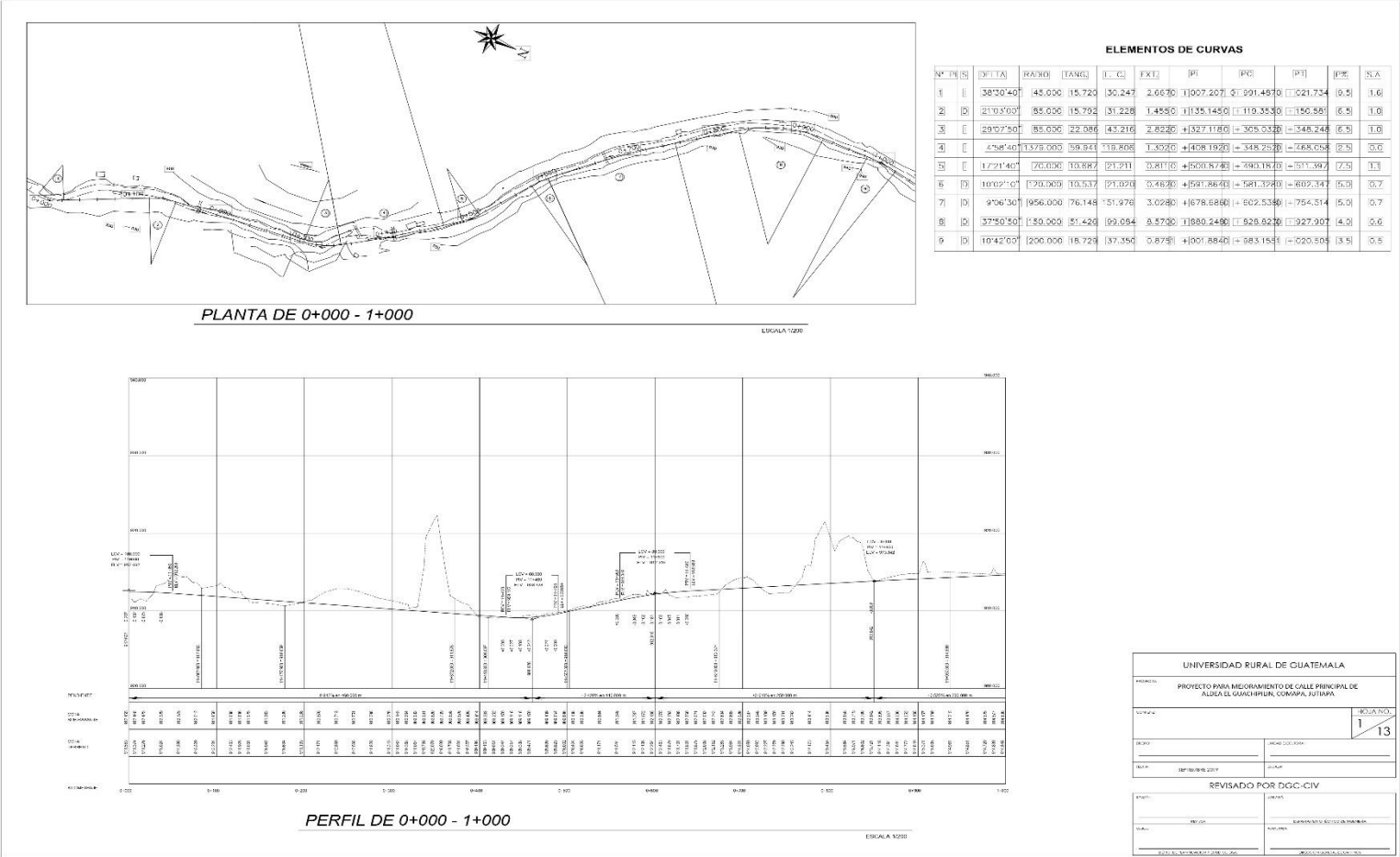
Anexo 4. Presupuesto

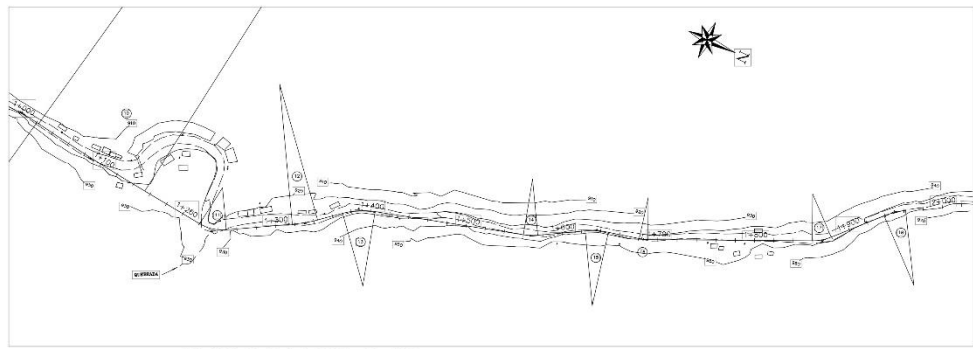
	Total	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Resultado 1. Se cuenta con la unidad ejecutora, la cual es el Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad de Comapa, Jutiapa						
Actividad 1: Espacio físico.	Q 7,500.00	Q 1,500.00	Q 1,500.00	Q 1,500.00	Q 1,500.00	Q 1,500.00
Actividad 2 – Material y equipo.	Q 25,000.00	Q 5,000.00	Q 5,000.00	Q 5,000.00	Q 5,000.00	Q 5,000.00
Actividad 3 – Personal técnico.	Q2,520,000.00	Q504,000.00	Q504,000.00	Q504,000.00	Q504,000.00	Q504,000.00
Actividad 4 – Recursos Financieros.	Q 5,000.00	Q 1,000.00	Q 1,000.00	Q 1,000.00	Q 1,000.00	Q 1,000.00
Resultado 2. Se dispone de proyecto de mejoramiento de calle principal						
Actividad 1 – Levantamiento topografico	Q 500.00	Q 500.00	Q -	Q -	Q -	Q -
Actividad 2 – Elaboración de estudio de suelos	Q 500.00	Q 500.00	Q -	Q -	Q -	Q -
Actividad 3 – Estudio de transito	Q 200.00	Q 200.00	Q -	Q -	Q -	Q -
Actividad 4 – Diseño geometrico de carretera	Q 1,500.00	Q 1,500.00	Q -	Q -	Q -	Q -
Actividad 5 – Diseño de Escorrentia y Cunetas	Q 500.00	Q 500.00	Q -	Q -	Q -	Q -
Actividad 6 – Calculo de materiales y cantidades de trabajo	Q 500.00	Q 500.00	Q -	Q -	Q -	Q -
Actividad 7 – Elaboración de especificaciones técnicas y generales del proyecto	Q 200.00	Q 200.00	Q -	Q -	Q -	Q -
Actividad 8 – Gestión de riesgo	Q 500.00	Q 500.00	Q -	Q -	Q -	Q -
Actividad 9 – Estudio de impacto ambiental	Q 500.00	Q 500.00	Q -	Q -	Q -	Q -
Actividad 10 – Mantenimiento y reparación periodica	Q 40,000.00	Q -	Q 10,000.00	Q 10,000.00	Q 10,000.00	Q 10,000.00
Total	Q2,602,400.00	Q516,400.00	Q521,500.00	Q521,500.00	Q521,500.00	Q521,500.00

Sandoval, R. octubre 2019

Anexo 5. Diseño del proyecto

Anexo 5.1 Planos.



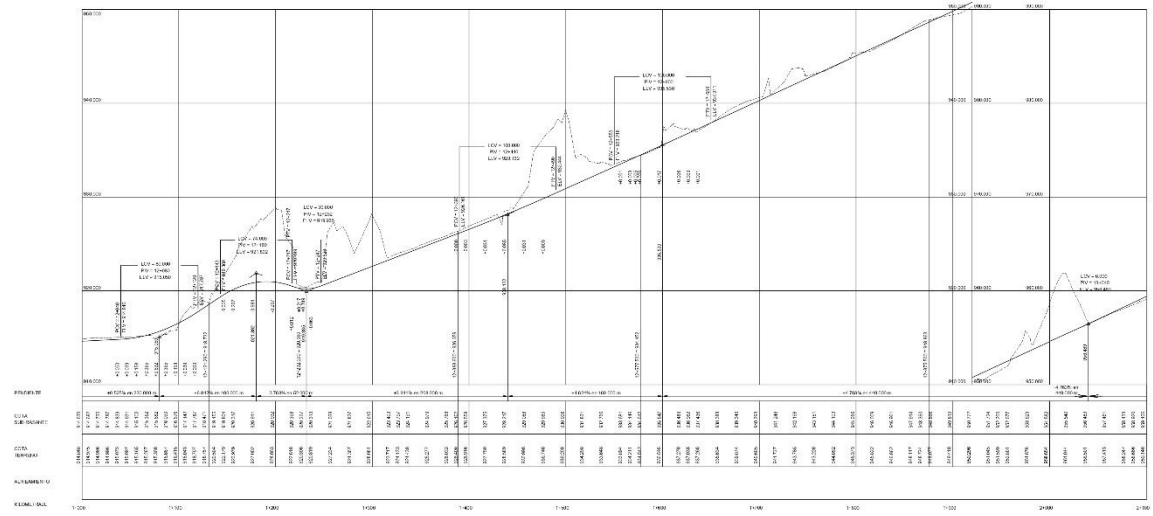


PLANTA DE 1+000 - 2+100

ESCALA 1:500

ELEMENTOS DE CURVA

N°	P	S	DEFLA	RADIO	TANG	L. C.	EXT	PI	PC	PT	PM	S.A
123	D		10°42'00"	200.000	18.729	37.350	0.875	+1007.8840	+1983.1541	-1020.505	3.5	0.5
124	I		3°16'40"	2291.075	65.509	131.102	0.938	+1088.2031	+1022.0341	+153.739	2.5	0.0
125	I		3°30'30"	15.000	14.842	28.674	2.385	+1235.1859	+1220.343	-248.07	9.5	1.0
126	I		10°12'10"	150.000	13.391	26.711	0.597	+1330.8541	+1317.463	-344.174	4.0	0.6
127	D		2°41'6"	80.000	17.201	33.887	1.328	+1388.072	+1370.871	-404.759	6.5	1.0
129	I		1°41'8"20"	80.000	7.530	14.981	0.471	+1587.413	+1559.881	-574.864	8.0	1.3
130	D		1°71'1"20"	80.000	12.091	24.000	0.909	+1636.226	+1624.131	-648.135	6.5	1.0
131	I		1°13'3"30"	15.000	4.554	9.078	0.230	+1655.342	+1680.757	-689.565	9.5	1.6
132	I		2°2'59"20"	50.000	10.188	20.062	1.023	+1809.783	+1859.613	-879.877	9.0	1.5
133	D		1°16'28"50"	80.000	11.898	23.011	0.835	+1950.487	+1936.901	-961.913	6.5	1.0
134	D		1°9'52"30"	80.000	10.332	20.464	0.885	+1091.911	+1080.679	-101.143	8.0	1.3



PERFIL DE 1+000 - 2+100

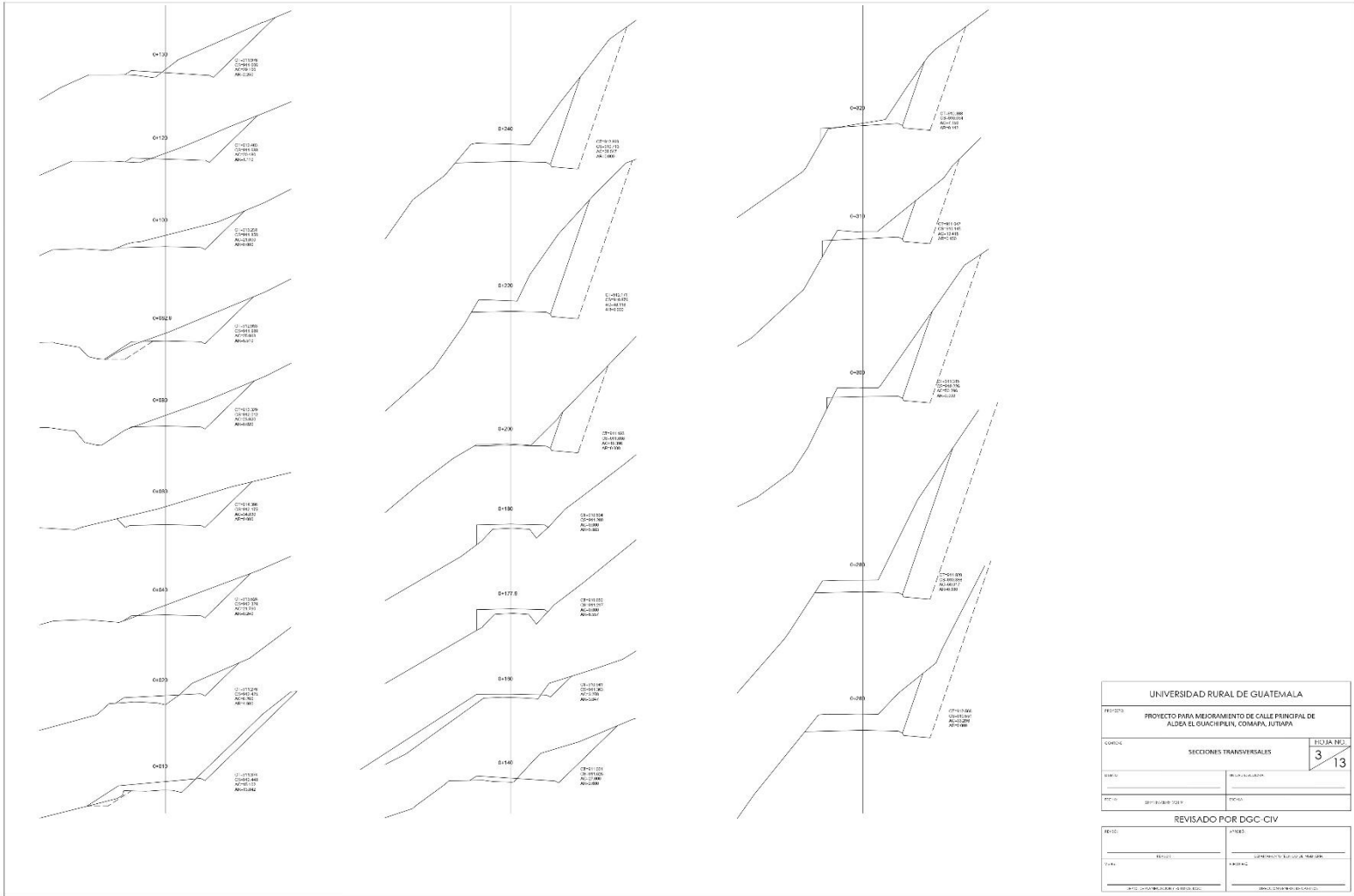
ESCALA 1:500

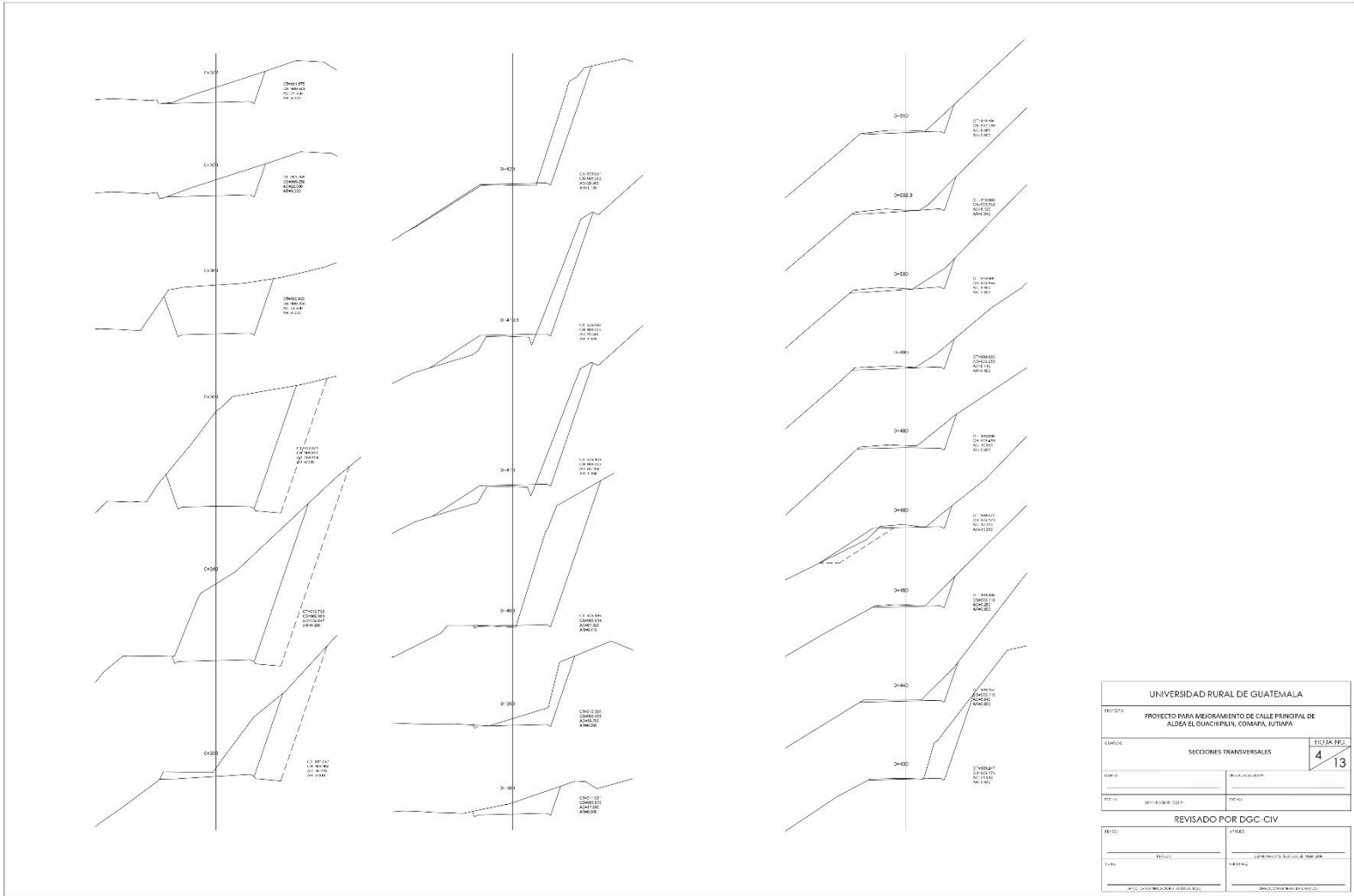
UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA

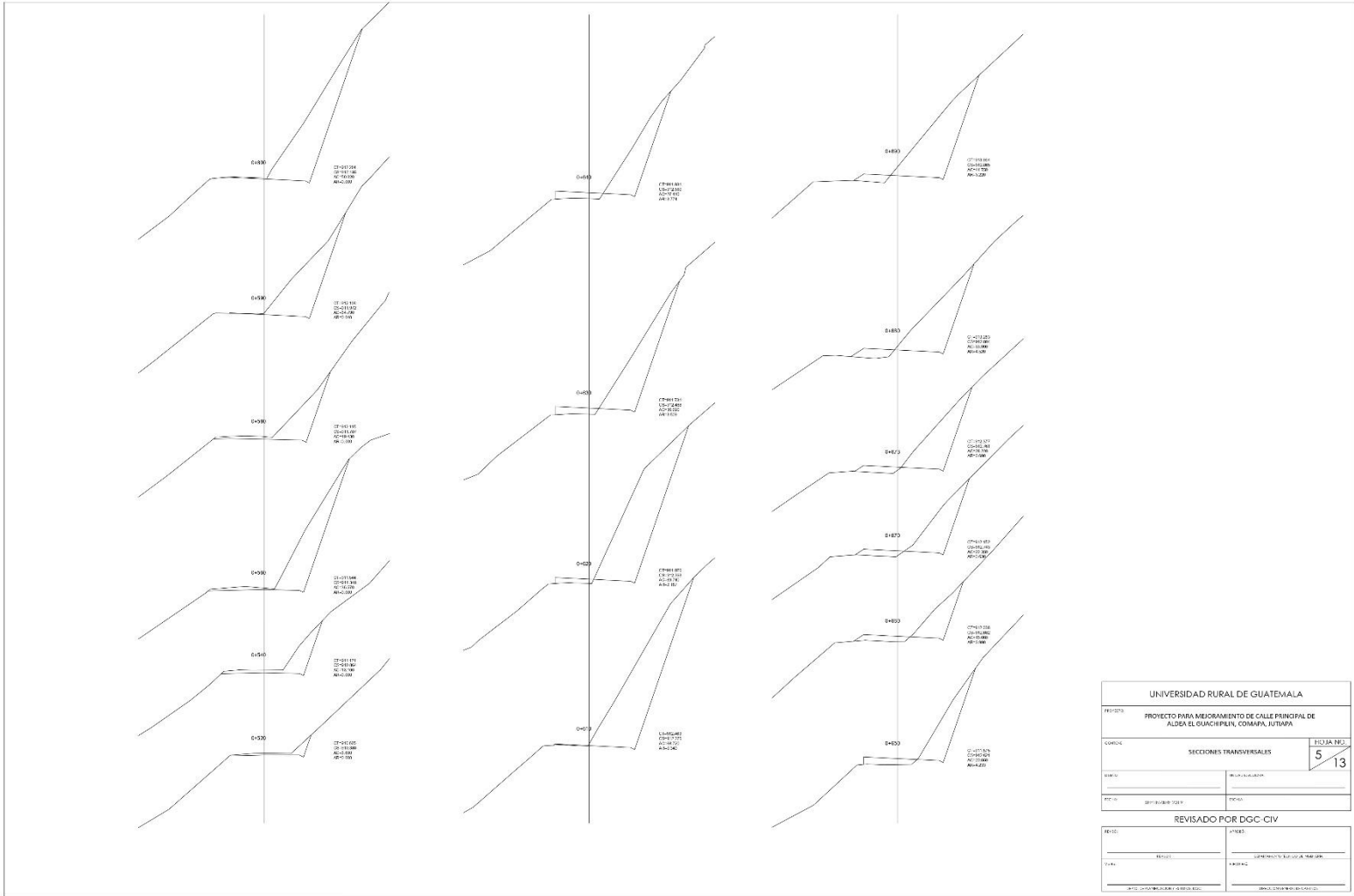
PROYECTO PARA MEJORAMIENTO DE CALLE PRINCIPAL DE ALDEA EL GUACHUPIL, COMAPA, JUTIAPA

HOJAS 2 / 13

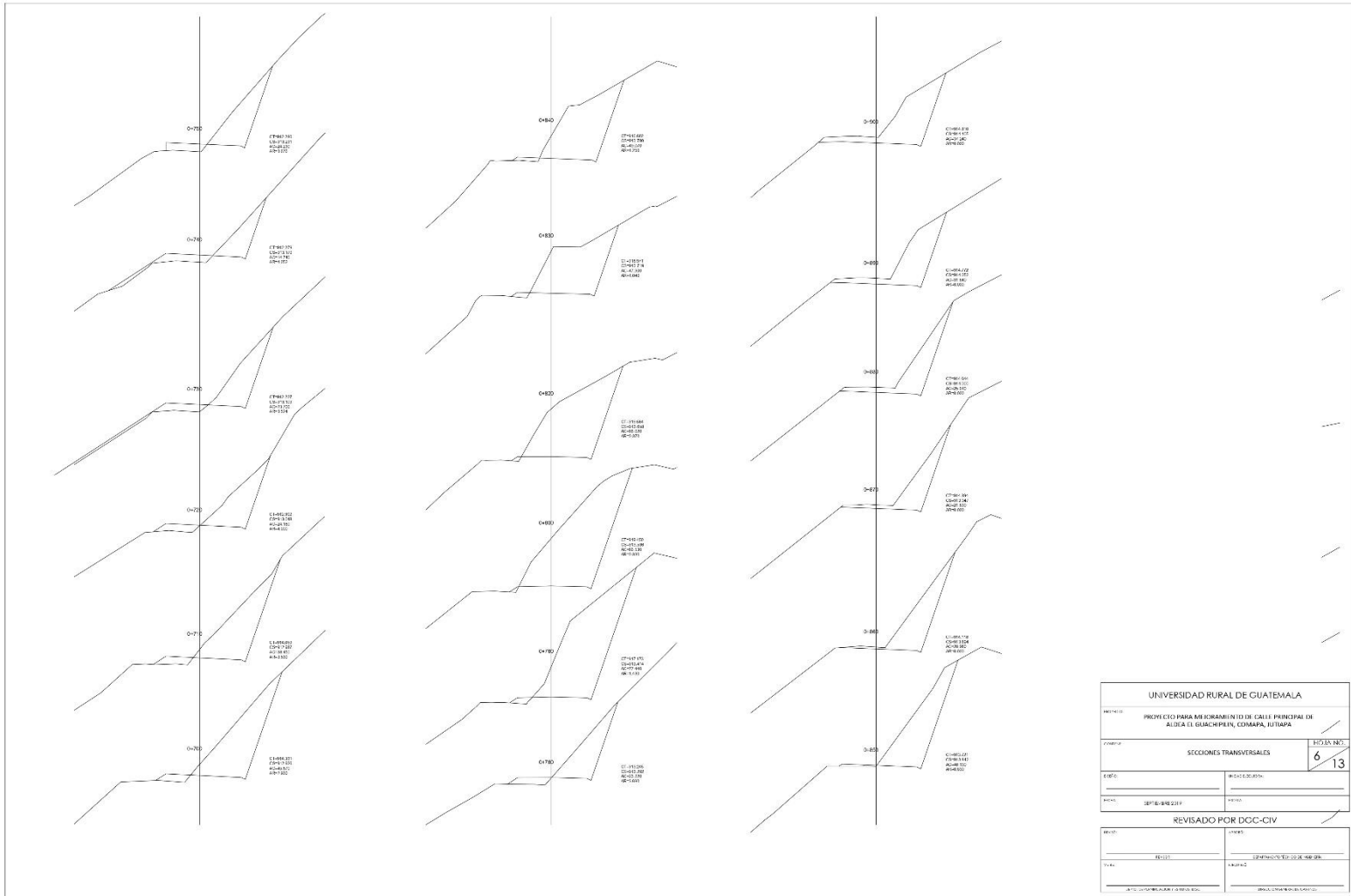
REVISADO POR DGC-CIV

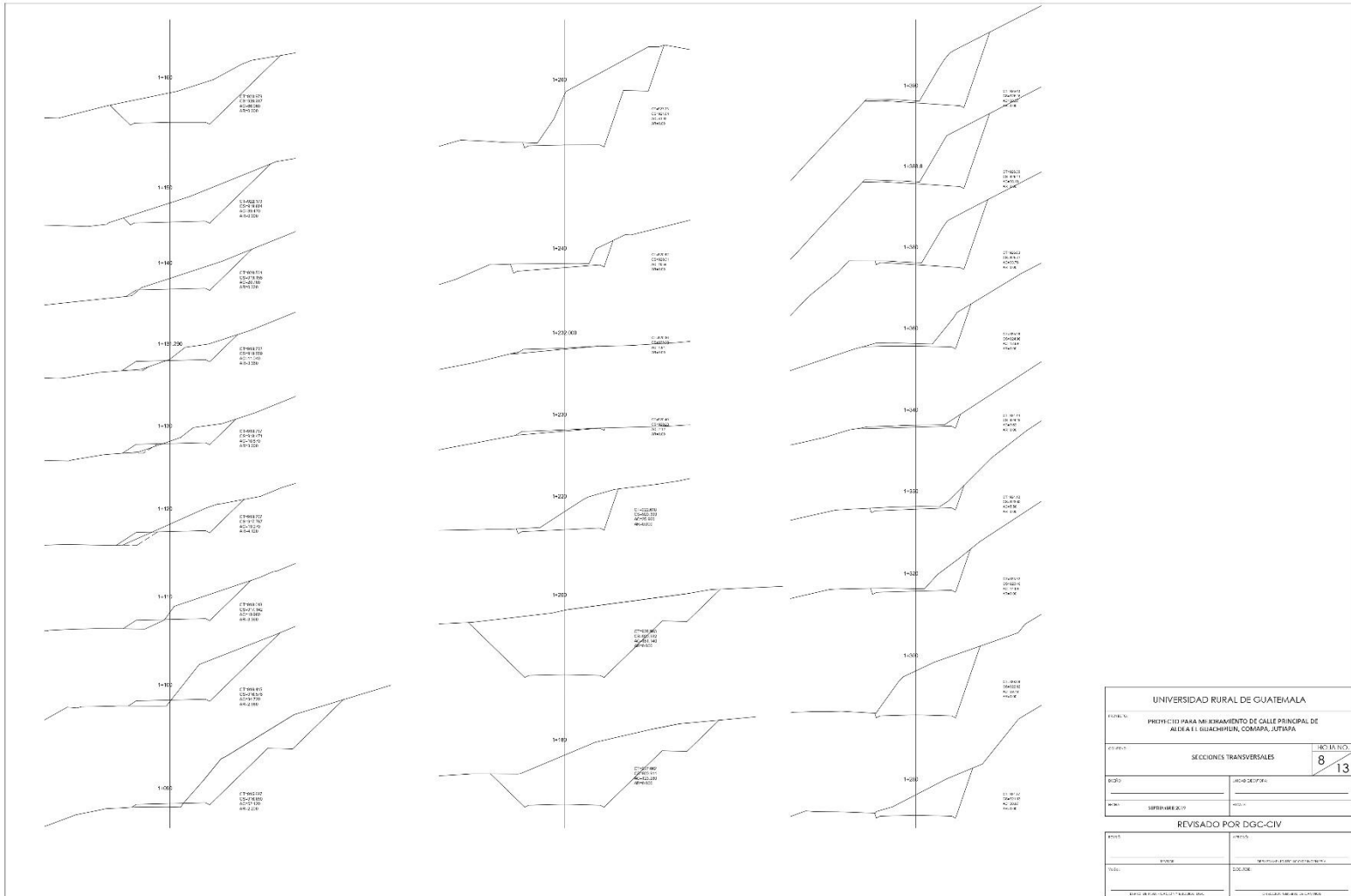




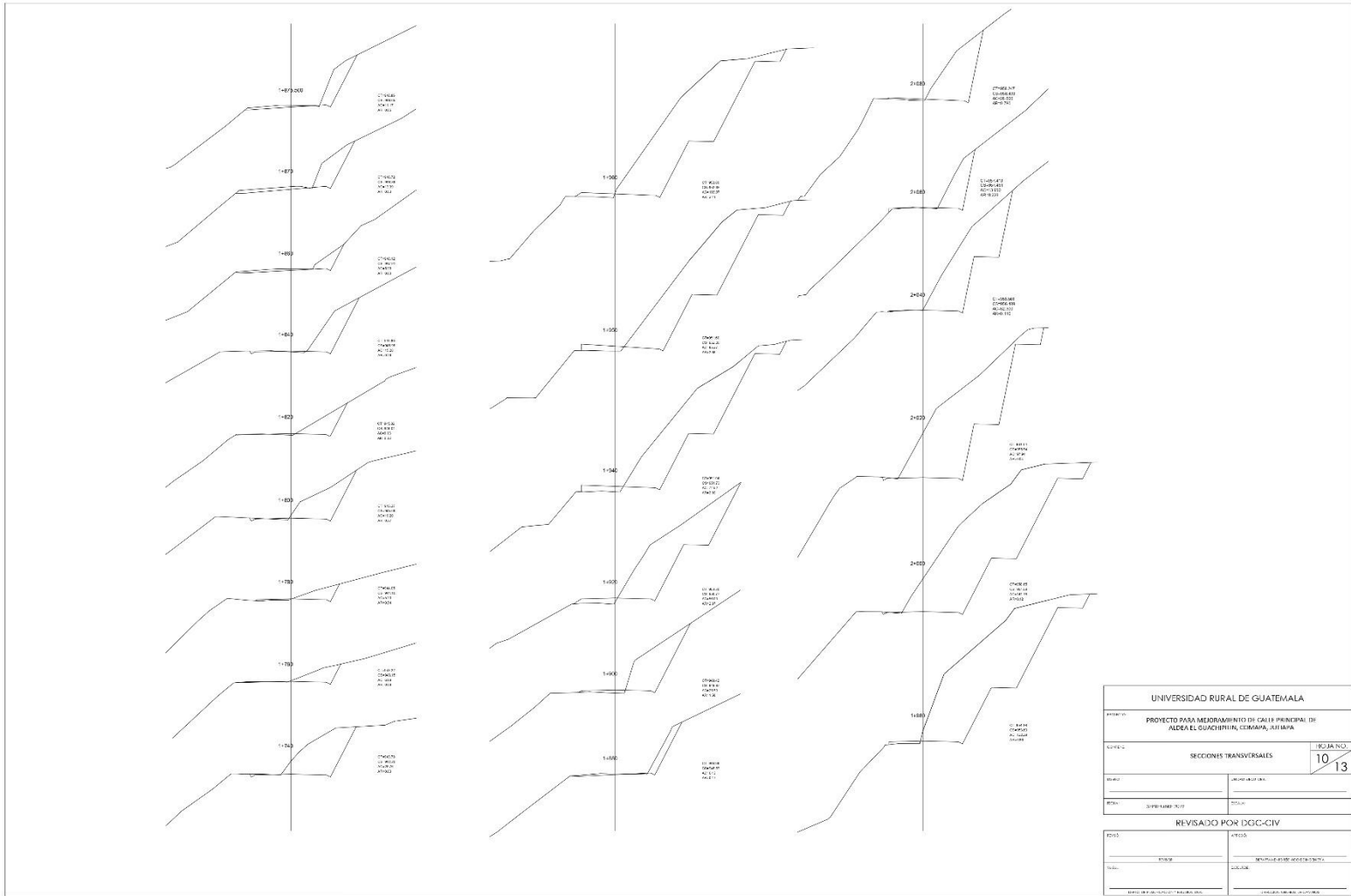


UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA	
PROYECTO PARA MEJORAMIENTO DE CALLE PRINCIPAL DE ALDEA EL QUACHUPLEN, COMAPA, JUTIAPA	
CORRELA	SECCIONES TRANSVERSALES
HOJA NO. 5	13
ESTRUC.	PROYECTO
PROF.:	REVISADO POR DGC-CIV
FECHA:	PROYECTO
ESTRUC.:	PROYECTO
PROF.:	REVISADO POR DGC-CIV

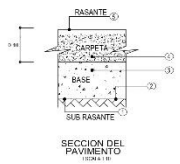
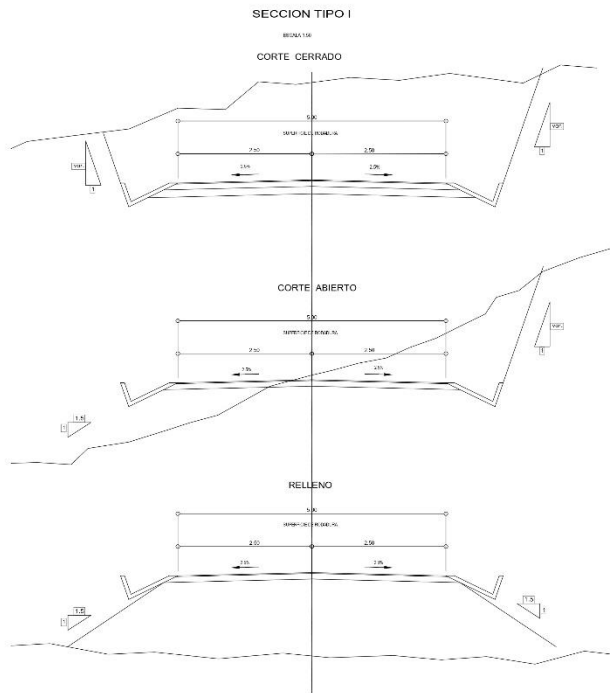




UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA	
PROYECTO PARA EL DISEÑO DE CALLE PRINCIPAL DE ALDEA EL GUACHUPUN, COMAPA, JUTIPA	
FECHA:	HOJA NO. 8 / 13
SECCIONES TRANSVERSALES	
BOZO:	INDICACION:
REVISADO POR DGC-CIV	
FECHA:	FECHA:
BOZO:	BOZO:
FECHA:	FECHA:
BOZO:	BOZO:

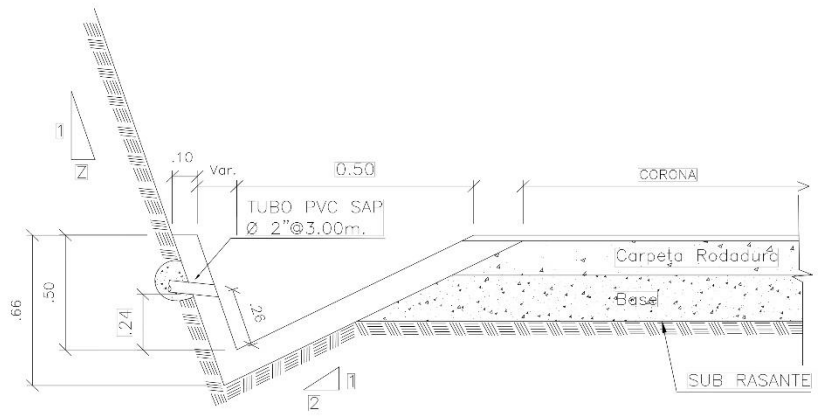


UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA	
PROYECTO PARA MEJORAMIENTO DE CALLE PRINCIPAL DE ANDE EL GUACIENTE, CERRAN, AJUTIPA	
CATEDRA	SECCIONES TRANSVERSALES
FECHA	10 / 13
DISEÑO	REVISADO POR
DISEÑO	REVISADO POR
DISEÑO	REVISADO POR
DISEÑO	REVISADO POR
DISEÑO	REVISADO POR



1. SUB RASANTE: TUBO DE PVC CON DIMENSIONES DE LA PLATA LINDA A NIVEL DE LA SUB RASANTE, CONSIDERANDO LOS SOBRESALIDOS Y ANCHOS DE BORDOS DE 10 CM POR CADA UNO DE LOS LADOS.
 2. CARPETA DE RODADURA DE ESPESOR 015M RASANTE.
 3. BASE
 4. CARPETA DE RODADURA DE ESPESOR 015M RASANTE.

SECCION TIPICA DE CUNETETA TIPO L



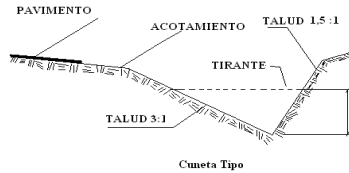
UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA	
PROYECTO PARA MEJORAMIENTO DE CALLE PRINCIPAL DE ALDEA EL GUACHIPLEN, COMAPA, SUTIAJA	
COPIA: DISEÑO: REVISOR:	HOJA NO. 13 DE 13 REVISADO POR DGC CIV
FECHA: DISEÑADO POR: REVISADO POR:	FECHA: DISEÑADO POR: REVISADO POR:

Anexo 5.2 Diseño 1: Diseño de cuneta existente para implementar.

CUNETAS:

El material que se usara para la construcción de cunetas son:

Hormigón Simple Donde su rugosidad es: **n= 0.015**
Tipo de sección Triangular.
Taludes **Z_i = 3** **Z₂ = 1.5**



TRAMO PROG 0 +000 - PROG. 5+100

EST.=	0	EST.=	6	CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS			
PROG	0+000	PROG	5+100.00	IZQUIERDA		DERECHA	
(INICIAL)		(FINAL)		C/Cuneta	S/contra C.	C/Cuneta	C/contra C.

Diseño de la cuneta lado izquierdo:

L= 5100 [m] Cp= 0.83 Coef de escorrentia para pavimento concreto
 d= 6.20 [m] Cs= 0.30 Coef de escorrentia para terreros granulares
 a= 6.00 [m]
imax= 160.00 [mm/h] Coef de esc ponderado sera **C= 0.808**
 Aap= 31620 [m^2]
 Aap= 3.162 [has] Cponderada= (a*Cs+ (d-a)*Cs)*L/(L*d)

Se aplicara el metodo racional para determinar el caudal de diseno de las cunetas y las alcantarillas de alivio.

$$Q_i = 2.752 * C^0.7 * i^0.5 * A_{ap}$$

Donde: $\begin{cases} C = 0.808 \\ A_{ap} = 3.162 \text{ [ha]} \\ i = 16.0 \text{ [cm/hrs]} \end{cases}$

Qd= 1208.05 [lt/s] → **Qd= 1.208 [m^3/s]**

Para disenar la cuneta de este tramo se utilizara la ecuacion de Manning

$$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^2}{P} \right)^{2/3} * S^{1/2}$$

Donde: $\begin{cases} Q = 1.208051 \text{ [m}^3\text{/s]} \\ n = 0.015 \\ S = 0.045 \text{ se toma la mas critica} \\ m = 2.25 \text{ de todo el tramo} \end{cases}$

y = 10 (cm) calculado con datos anteriores
 y = 50 (cm) por norma minimo 50 cm de profundidad

pendientes %

3.3
1.29
-4.5 (mas critica)
1.18

Diseño de la cuneta lado derecho:

L= 5100.0 [m] Cp= 0.83 Coef de escorrentia para concreto hidraulico
 d= 6.2 [m] Distancia que corresponde entre eje de via y la contracuneta
 a= 6.0 [m] Cs= 0.30 Coef de escorrentia para suelo ligeramente permeable
imax= 160.00 [mm/h] Coef de esc ponderado sera **C= 0.808**
 Aap= 31620 [m^2]
 Aap= 3.162 [has]

Se aplicara el metodo racional para determinar el caudal de diseno de las cunetas y las alcantarillas de alivio.

$$Q_i = 2.752 * C^0.7 * i^0.5 * A_{ap}$$

Donde: $\begin{cases} C = 0.808 \\ A_{ap} = 3.162 \text{ [ha]} \\ i = 16.0 \text{ [cm/hrs]} \end{cases}$

Qd= 1208.05 [lt/s] → **Qd= 1.208 [m^3/s]**

Para disenar la cuneta de este tramo se utilizara la ec $Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^2}{P} \right)^{2/3} * S^{1/2}$

Donde: $\begin{cases} Q = 1.208051 \text{ [m}^3\text{/s]} \\ n = [ha] \\ S = 0.045 \text{ se toma la mas critica} \\ m = 2.25 \text{ de todo el tramo} \end{cases}$

y = 10 (cm) calculado con datos anteriores
 y = 50 (cm) por norma minimo 50 cm de profundidad

Secciones tipo de cunetas revestidas.

