

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE DISEÑO DE UN TRAMO DE PAVIMENTO DE
3.5 KM; ENTRE MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL Y MEZCLA ASFÁLTICA
CONVENCIONAL PARA SER EMPLEADO EN LA VÍA DE ACCESO AL
FUERTE MILITAR DE TOLEMAIDA**

**EVER JOVANNY CASTRO GALEANO
TANIA VANESSA TRUJILLO GARCÍA**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
GIRARDOT CUNDINAMARCA**

2019

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE DISEÑO DE UN TRAMO DE PAVIMENTO DE
3.5 KM; ENTRE MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL Y MEZCLA ASFÁLTICA
CONVENCIONAL PARA SER EMPLEADO EN LA VÍA DE ACCESO AL
FUERTE MILITAR DE TOLEMAIDA**

**EVER JOVANNY CASTRO GALEANO
TANIA VANESSA TRUJILLO GARCIA**

Trabajo de consultoría para optar al título de Ingeniero Civil

Director:

JUAN PABLO ALVAREZ VELANDIA

Ingeniero Civil

Especialista en Diseño y Construcción de Pavimentos

CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

GIRARDOT CUNDINAMARCA

2019

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Jurado

Girardot, 03 de diciembre de 2019

Agradecimientos

Los seres humanos con el pasar del tiempo adquirimos conocimientos que son trascendentales para el mejoramiento y transformación de nuestras vidas, no obstante este conocimiento se adquiere por la presencia y de un ser supremo como lo es Dios a quien agradecemos por brindarnos la destreza y conocimiento para el cumplimiento de este propósito.

Al Ing Juan Pablo Álvarez que con su experiencia y conocimientos logro guiarnos en este proceso con el fin de conducirlo al fin propuesto, a los diferentes Profesores e Ingenieros de la Facultad de Ingeniería Civil que estuvieron prestos a orientarnos ante interrogantes o procesos a seguir.

Dedicatoria

A mi esposa Madeleine y a mis hijos quienes día a día me animaron a continuar en este proceso viviendo el desazón que se produce al ceder el tiempo familiar por el verme cumplir mis metas académicas, a mi madre y hermanos por sus palabras sabias de apoyo y respaldo.

Ever

Van dedicadas a en primer lugar a Dios, a mis padres y mi familia por su infinito apoyo a mis grandes maestros cuyas palabras aún siguen enseñando con el paso del tiempo.

Tania

CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA	V
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
GLOSARIO	XV
INTRODUCCIÓN	19
1. JUSTIFICACIÓN	21
2. ANTECEDENTES	23
3. OBJETIVOS	25
3.1 Objetivo General	25
3.2 Objetivos Específicos	25
4. PRODUCTO Y ALCANCE	27
4.1 Producto	27
4.2 Alcance	27
5. ACTIVIDADES Y METODOLOGÍA	29
5.1 Fases del proceso	29
5.1.1 Fase I. Recopilación de Información.	29
5.1.2 Fase II. Aforos, Levantamiento topográfico y Estudio de Suelos.	30
5.1.3 Fase III. Análisis de información recolectada.	30
5.1.4 Fase IV. Elaboración de diseños.	31
5.2 Descripción de la zona de estudio	31

5.2.1	Localización del Municipio.	32
6.	DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE LAS VÍA EN ESTUDIO.	35
6.1	Análisis del tránsito	44
7.	ANÁLISIS DE INFORMACIÓN RECOLECTADA	59
7.1	Determinación del Tránsito Existente	59
7.1.1	Tránsito promedio diario (TPD).	60
7.1.2	Composición Vehicular.	61
7.2	Determinación del número de ejes equivalentes de diseño	62
7.3	Diseño estructura de pavimento	65
7.3.1	Alternativa 1: Mezcla asfáltica tradicional (mezcla densa en caliente- MDC).	65
7.3.2	Alternativa 2: Mezcla asfáltica natural (MAN).	68
7.4	Presupuestos económicos	71
8.	VENTAJAS ECONÓMICAS, AMBIENTALES Y DE OPERACIÓN (MAN)	75
8.1	Económicas	75
8.2	Ambientales	75
8.3	Operación	76
9.	VENTAJAS ECONÓMICAS, AMBIENTALES Y DE OPERACIÓN (MDC-19)	78
9.1	Económicas	78
9.2	Ambientales	78
9.3	Operación	78
10.	LIMITACIONES Y FORTALEZAS	80
10.1	Limitaciones	80
10.2	Fortalezas	80

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
12. RESULTADOS	87

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Resultados CBR	38
Cuadro 2. Resultado CBR.	39
Cuadro 3. Resultado CBR	41
Cuadro 4. Aforos Vehiculares Vía	46
Cuadro 5. Promedio Tránsito Vehicular Diario NS Y SN	56
Cuadro 6. Resumen Tránsito Vehicular %	57
Cuadro 7. Factor de Equivalencia Carga	58
Cuadro 8. Transito Promedio diario semanal en los dos sentidos	59
Cuadro 9. Total, TPDs	60
Cuadro 10. Tpd y Composición Vehicular.	61
Cuadro 11. Composición Vehicular TPD %	61
Cuadro 12. Clasificación del Manual de Diseño para Vías con Bajo Transito	63
Cuadro 13. Factor Promedio de Equivalencia de Carga Vehicular.	64
Cuadro 14. Datos Porcentajes TPD Vía	64
Cuadro 15. Estructura alternativa 1.	70
Cuadro 16. Estructura alternativa 2.	70
Cuadro 17. Presupuesto economico alternativa 1 mezcla asfaltica convencional MDC19.	71
Cuadro 18. Presupuesto economico alternativa 2 mezcla asfaltica natural (MAN).	73

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Departamento Cundinamarca (SIG-OT, 2014)	32
Figura 2. Municipio Nilo Cundinamarca (SIG-OT, 2014)	32
Figura 3 Vía la Esmeralda -Fuerte Militar	33
Figura 4. Localización del Proyecto	33
Figura 5. Altimetría Proyecto	34
Figura 6. Estado Actual Vía (Propia)	36
Figura 7. Estado Actual Vía	36
Figura 8. Estado Actual Vía	37
Figura 9. Estado Actual Vía	37

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Diagrama estructural CBR.	39
Gráfica 2. Diagrama Estructural CBR	40
Gráfica 3. Diagrama Estructural.	42
Gráfica 4. Diagrama estructural	43
Gráfica 5. Composición vehicular.	62

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Resultados CBR Laboratorio Subrasante	89
Anexo B. CBR Insitu	90
Anexo C. Granulometría Subrasante	91
Anexo D. Humedades Subrasante	92
Anexo E. Limites Subrasante	93
Anexo F. Ensayo Marshall Mezcla asfáltica Natural – Convencional	94
Anexo G. Ensayo Proctor Subrasante	95

Resumen

Con el transcurrir de la historia las metodologías empleadas en el diseño de los pavimentos tienen como propósito identificar los espesores mínimos de las capas que los conforman con base en el ofrecimiento de durabilidad, tiempo de servicialidad, economía etc. La finalidad de este proyecto es optimizar e identificar el tipo de mezcla asfáltica a ser empleada en la vía Guardia la Esmeralda – Fuerte Militar de Tolemaida, con base en el análisis comparativo de diseño de un tramo de pavimento de 3.5 km; entre mezcla asfáltica natural y mezcla asfáltica convencional.

En los dos tipos de mezclas asfálticas se tendrán en cuenta alternativas en donde se analizara la subrasante del sector por medio de unos estudios de suelos y mediante la metodología de diseño de pavimentos, se pretende la elaboración del diseño estructural para cada alternativa de pavimento con la utilización de dos tipos de mezclas asfálticas.

Luego de obtener los espesores de capa y las propiedades físicas, mecánicas, los requisitos ambientales para el sector, el siguiente paso consiste en el análisis de las alternativas de diseño a aplicar, análisis de costos generados por cada mezcla asfáltica. Con esto se asegura tener los insumos adecuados para generar conclusiones y recomendaciones sobre tipo de mezcla a emplear.

Palabras claves: Mezcla asfáltica Natural (MAN), Mezcla asfáltica convencional (MDC), Diseño de Pavimento.

Abstract

With the passing of history, the methodologies used in the design of pavements have the purpose of identifying the minimum thicknesses of the layers that make them based on the offer of durability, service time, economy, etc. The purpose of this project is to optimize and identify the type of asphalt mixture to be used in the Guardia la Esmeralda - Fuerte Militar de Tolemaida, based on the comparative analysis of the design of a 3.5 km stretch of pavement; between natural asphalt mixture and conventional asphalt mixture.

In the two types of asphalt mixtures, alternatives will be taken into account where the subgrade of the sector will be analyzed through soil studies and through the pavement design methodology, the design of the structural design for each pavement alternative is intended use of two types of asphalt mixtures.

After obtaining the layer thicknesses and the physical, mechanical properties, the environmental requirements for the sector, the next step consists in the analysis of the design alternatives to be applied, analysis of generated costs. This ensures that you have the appropriate inputs to generate conclusions and recommendations on the type of mixture to be used.

Glosario

ASFALTO: es un material de color oscuro, es la mezcla de Brea que es un material viscoso, pegajoso y de color plomo (gris oscuro) con arena o gravilla para pavimentar caminos y como revestimiento impermeabilizante de muros y tejados, comúnmente conocido como bitumen resultante de diversos componentes naturales.

MEZCLA ASFALTICA NATURAL: material compuesto esencialmente por arenas finas y conglomerados impregnados de asfalto lo cual es común en la mayoría de yacimientos petroleros en Colombia. El contenido de asfalto residual puede variar según el origen y la fuente de explotación

PAVIMENTO: está constituido por un conjunto de capas superpuestas relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados estas estructuras estratigráficas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que an de resistir adecuadamente los esfuerzos de las cargas repetidas del tránsito.

PAVIMENTO FLEXIBLE: está constituido por una capa de rodadura asfáltica, una base granular y una sub base granular construidas con materiales de excelente calidad sobre un cimiento llamado sub rasante.

SUB-RASANTE: la sub-rasante es el terreno que conforma la superficie final de la explanación de una vía. Debe ser resistente a los esfuerzos y deformaciones producidas por el tránsito y el intemperismo, proporcionando un valor de soporte mínimo a la estructura de pavimento.

CARPETA DE RODADURA: es la capa superior de la estructura de pavimento, que se forma de mezclas bituminosas y que soporta directamente las sollicitaciones del tráfico

ESTRUCTURA DE PAVIMENTO: constitución de conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y se construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados.

SUELO: el suelo es el sustrato físico sobre el que se desarrollan las obras. En el ámbito del urbanismo, por otra parte, el suelo es el espacio físico sobre el que se construye cualquier infraestructura.

EJE SENCILLO: es un eje en cuyos extremos lleva una o dos ruedas sencillas.

EJE TANDEM: es aquel constituido por dos ejes sencillos con rueda doble en los extremos.

EJE TRIDEM: es aquel constituido por tres ejes sencillos con rueda doble en los extremos.

VEHICULOS LIVIANOS: son aquellos de menos de 5 toneladas de capacidad tales como automóviles, camionetas camperos ETC.

VEHICULOS COMERCIALES: son aquellos de más de 5 toneladas de capacidad tales como camiones, buses y remolques.

VOLUMEN DE TRANSITO: es el número de vehículos que circulan en ambas direcciones por la sección de la vía durante un periodo específico de tiempo.

TRANSITO PROMEDIO DIARIO: es el volumen de transito durante un periodo de tiempo dividido por el número de días del periodo (TPD).

TRANSITO EXISTENTE: es aquel que presenta la vía antes de ser pavimentada.

TRANSITO ATRAIDO: es el volumen de transito que sin cambiar ni su origen ni su destino, puede ocupar la futura vía pavimentada como ruta alterna.

NIVEL DE SERVICIO: es una medida de la calidad del flujo de tránsito por la vía. Se cuantifica con una serie de factores tales como la velocidad, el tiempo de recorrido, las interrupciones de tránsito, la libertad de manejo.

OBRAS DE DRENAJE: las estructuras de drenaje tienen como objetivo controlar el agua que llega a la vía y la afectan por escurrimiento superficial.

Introducción

A lo largo de la historia la humanidad ha evolucionado en su forma de obtener beneficios de desarrollo para sus comunidades y poblaciones, en materia de construcción los seres humanos buscan la forma de suplir sus necesidades de transporte mediante la utilización de pavimentos en la construcción de la red vial de cada país, podemos hallar pavimentos flexibles de tipo convencional los cuales tienen un alto porcentaje de utilización sobrepasando los demás, siendo estos acompañados por una serie de capas como la subrasante, sub-base, base y capa de rodadura a base de mezcla asfáltica, cada una de las capas se diseña con el propósito de que cumpla una función específica mediante un proceso de diseño el cual se ha realizado con antelación.

Es por esta razón que sin lugar a duda las mezclas asfálticas son uno de materiales más utilizados y versátiles para la construcción de pavimentos en el mundo debido a la durabilidad y servicialidad que ofrecen durante su empleo, mencionadas pueden utilizarse como ligantes en apoyo de agregados tanto en mezcla asfáltica en frío como en caliente, de las anteriores se puede obtener mezclas asfálticas muy estables, flexibles duras o frágiles adaptándose según la exigencia vial.

Por otro lado y aunque muy poco utilizados se encuentran las mezclas asfálticas naturales las cuales han sido objeto de varios estudios e investigaciones en Colombia en la búsqueda de obtener nuevas alternativas para mejorar sus propiedades e identificar su comportamiento ante las condiciones físicas, mecánicas, climáticas que afectan a un sistema vial.

Debido a lo anterior se pretende realizar una investigación con el fin de establecer y proponer alternativas de diseño tomando como base la comparación entre mezcla asfáltica Natural vs mezcla asfáltica Convencional y así buscando evaluar el comportamiento y los beneficios que este material pueda aportar al desarrollo vial tomando como referente un tramo de la vía secundaria La Esmeralda – Fuerte Militar de Tolemaida, con el diseño de pavimento identificar la mezcla asfáltica que ofrezca la mayoría de ventajas tanto en su parte económica como en sus características físicas, técnicas para el cumplimiento de su servicio según lo estipulado por la normatividad.

Para concluir son propósitos fundamentales dentro de la evaluación técnica y socioeconómica que se pretende presentar como producto de la comparación de estas mezclas asfálticas es la de mejorar la movilidad de acceso al sector reduciendo los tiempos de recorrido y así contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes y transeúntes del sector y a la vez contribuir con el empleo de nuevas alternativas de mezclas asfálticas en la región.

1. Justificación

En búsqueda de propiciar y analizar la posibilidad de acoger otras alternativas para la pavimentación de vías con bajo flujo vehicular en donde se logre la reducción y optimización del empleo de los recursos económicos en materia de infraestructura vial siempre con el objetivo y en pro de un desarrollo sostenible para una comunidad o país que hace uso de sus vías de acceso para el mejoramiento de la calidad de vida en sus habitantes y transeúntes.

Es por esta razón que el presente análisis comparativo se empleara para determinar la viabilidad del empleo de una mezcla asfáltica natural o mezcla asfáltica convencional en la vía “La Esmeralda –Fuerte Militar Tolemaida tomando como referente los resultados obtenidos de la investigación y teniendo como finalidad descongestionar la vía principal que se está utilizando en el momento, reducir y minimizar los daños que causan las fuertes lluvias en épocas invernales sobre la vía, utilizando el material de asfalto que ofrezca mayores ventajas físicas, mecánicas y económicas a la hora de su empleo y durante la prestación del servicio a los habitantes de la region.

Dicho lo anterior y buscando Proporcionar a los habitantes del Fuerte Militar de Tolemaida el contar con una vía alterna para sus movimientos tanto de ingreso como de salida del Fuerte Militar tomando como referente que en la actualidad el tamo a intervenir (3,5 km), cuentan con una estructura descarpada, construida hace más de 25 años, en donde a pesar de los mantenimientos que para efectos climáticos se tornan escasos e insuficientes debido a que causan

deterioros severos a lo largo y ancho de la vía originando como resultado la poca transitablez por la vía. Por tal motivo, se hace necesario la oportuna intervención para el mejoramiento, conservación y pavimentación del tramo de vía a intervenir, con estudios previos, tales como: levantamiento topográfico, estudio de tránsito, estudios de suelos, diseños de la estructura del pavimento y evaluación Económica.

Por otra parte observamos que las mezclas asfálticas convencionales han sido utilizadas como principal opción a la hora de pavimentar vías sin embargo se desea establecer la existencia de una mezcla natural la cual puede ser utilizada con el fin de proporcionar una alternativa de pavimentación de esta vía entre el K0+000 (Guardia la Esmeralda) hasta el K3+500 (Barrio la Esmeralda Fuerte Militar de Tolemaida) optimizando los recursos, tiempo y factores económicos y así mejorar la calidad de vida a los habitantes de la zona y a las personas que transitan esta vía.

2. Antecedentes

La vía objeto de estudio se encuentra comprendida desde el k0+000 (Guardia la Esmeralda) hasta el k3+500 (Barrio la Esmeralda casas fiscales Oficiales), en el sector rural del Municipio de Nilo, Departamento de Cundinamarca.

En la actualidad la vía presenta una estructura descarpada en donde no ha sido objeto de pavimentación alguno, la cual por su transitabilidad de vehículos automotores sumado esto a la afectación por parte de factores climáticos y a que fue construida hace más de 25 años, ofrece poca serviciabilidad pues, no ha contado con los debidos mantenimientos preventivos y rutinarios, presentando en la actualidad grandes deterioros manifestados en baches profundos a lo largo y ancho de la vía dificultando el tránsito por la misma, tornándose intransitable y peligroso para los usuarios, todo esto sumado al acrecentamiento de la población Militar, Civil y transeúntes en el sector.

Así mismo por los constantes deterioros que se presentan y al ser una vía descarpada el estado no le ha prestado la suficiente atención debido a los costos en su mantenimiento y por contar en el momento con la vía principal de acceso al Fuerte Militar de Tolemaida la cual presenta represamientos en el flujo vehicular en las horas pico, esto permite maximizar el riesgo de evacuación del personal residente en el sector en casos en que la vía principal sufra algún tipo de siniestro dejando incomunicado el Fuerte Militar al no contar como mínimo con dos vías de acceso y salida del Fuerte.

En la vía Guardia la Esmeralda – Fuerte Militar de Tolemaida, en el momento cuenta con 12 alcantarillas las cuales se encuentran taponadas por los derrumbamientos de taludes y por el crecimiento de la maleza en el interior de las mismas, estas obras de arte no son suficientes para mitigar la corrientes hídricas que se originan como producto de las precipitaciones que se presentan en el sector, en la mayoría de tramos no cuenta con cunetas, lo que justifica más los propósitos del presente trabajo comparativo de mezclas asfálticas en aras de la viabilidad de implementación de otras alternativas de pavimentación.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Realizar un análisis comparativo de las diferentes características desde un punto de vista económico, funcional y de durabilidad mediante el diseño de una estructura de pavimento entre una mezcla asfáltica convencional y una mezcla asfáltica natural para la vía que conduce de la Guardia la Esmeralda (3.5 km) – Fuerte Militar de Tolemaida.

3.2 Objetivos Específicos

- ❖ Hacer una recopilación previa de estudios de campo y ensayos para determinar las variables de diseño.

- ❖ Realizar estudios geotécnicos para determinar caracterización del suelo y perfil estratigráfico.

- ❖ Realizar propuestas de diseño de estructuras de pavimentos con nuevas técnicas constructivas que reflejen una disminución en costos de inversión

- ❖ Elaborar un comparativo con el fin de precisar cuál es el comportamiento estructural de la vía en estudio mediante las dos alternativas de diseño

- ❖ Diferenciar las ventajas ambientales, económicas, técnicas y de durabilidad que pueden existir entre una mezcla asfáltica natural respecto a una mezcla asfáltica convencional

- ❖ Concluir y recomendar cuál de las dos alternativas de diseño se adapta a las condiciones de la zona en estudio, flujo de inversión, durabilidad, serviciabilidad y periodo de diseño.

4. Producto y alcance

4.1 Producto

- ❖ Levantamiento topográfico de la zona de influencia.
- ❖ Aforos del tránsito actual para estimar el tránsito de diseño.
- ❖ Determinación de la capacidad portante del suelo de subrasante mediante los estudios geotécnicos.
- ❖ Determinación de las variables de diseño de acuerdo a las metodologías propuestas.
- ❖ Diseño de las estructuras de pavimento Convencional y pavimento a base de mezcla asfáltica Natural por el método AASTHO 93.

4.2 Alcance

A través del desarrollo de este comparativo se pretende presentar un análisis entre el diseño de un pavimento flexible de tipo convencional vs pavimento natural presentando las alternativas de diseño estructural de cada uno de ellos para el tramo de vía, comprendido desde k0+000 (Guardia la Esmeralda) hasta el K3+500 (Fuerte Militar Tolemaida barrio la Esmeralda),

en el sector del Fuerte Militar de Tolemaida Municipio de Nilo, en el departamento de Cundinamarca, con el fin de establecer cuál de los dos diseños es el más apropiado para la vía en donde ofrezca al Estado ventajas de tipo económico, ecológico, siendo asequible y con fin último de brindar servicial dad para los habitantes del sector con el fin de adelantar el proyecto en mención.

5. Actividades y Metodología

Las actividades ejecutadas para la realización de las diferentes alternativas de diseño de las estructuras de pavimento comparativo entre mezcla asfáltica convencional vs mezcla asfáltica natural en el tramo de vía, comprendido desde k0+000 (Guardia la Esmeralda) hasta el K3+500 (Fuerte Militar Tolemaida barrio la Esmeralda), en el sector del Fuerte Militar de Tolemaida Municipio de Nilo, en el departamento de Cundinamarca, se llevaran a través de IV fases como se relaciona a continuación.

5.1 Fases del proceso

5.1.1 Fase I. Recopilación de Información.

En esta fase inicial se hizo el desplazamiento al Fuerte Militar de Tolemaida via La Esmeralda, para hacer el reconocimiento del sector, toma de registros fotográficos, auscultación visual del estado actual de la vía y recolección de información existente en el Fuerte Militar y la Secretaria de Planeación, Infraestructura y Desarrollo de la Alcaldía Municipal de Nilo Cundinamarca.

5.1.2 Fase II. Aforos, Levantamiento topográfico y Estudio de Suelos.

Se realizaron los aforos vehiculares con una estación de conteo ubicada en el intermedio de la vía en estudio, al igual que el levantamiento topográfico del sector por un Topógrafo o profesional afín y los estudios de geotecnia por un laboratorio que cuenta con equipos estandarizados y calibrados, la toma de muestras se realizó con supervisión de los autores del proyecto.

5.1.3 Fase III. Análisis de información recolectada.

En la fase III se realizó la revisión de la información secundaria obtenida de entidades públicas como la alcaldía Municipal del Nilo, Fuerte Militar de Tolemaida y la información primaria en salidas de campo.

Con los aforos vehiculares se obtiene el número de ejes equivalentes (N) de 8,2 toneladas y el número de repeticiones de carga para un determinado período de diseño establecido en años, basado en características particulares de la vía en mención. El estudio de suelos nos permitió a caracterización estratigráfica del suelo y la obtención de la capacidad portante de la subrasante a través del ensayo CBR. Con el levantamiento topográfico, además de la georreferenciación, se obtuvo la planimetría y altimetría, base para el diseño, cálculo de presupuestos y control de obra durante la etapa de construcción

5.1.4 Fase IV. Elaboración de diseños.

Esta fase consistió en la elaboración de los diseños de las estructuras de pavimento Flexible (Convencional vs Natural) aplicando el Método AASHTO 1993.

Obtenidas las estructuras de pavimento flexible de las dos mezclas asfálticas se seleccionó la más favorable considerando aspectos técnicos, de seguridad, durabilidad y economía con la correspondientes conclusiones y recomendaciones para su construcción.

5.2 Descripción de la zona de estudio

El tramo de vía está comprendidos entre la abscisa k0+000 (Guardia la Esmeralda) hasta el K3+500 (Barrio la Esmeralda Fuerte Militar de Tolemaida), en el sector rural de la vía que desde el Fuerte Militar de Tolemaida conduce a la doble calzada vía Melgar Girardot pertenecientes al Municipio de Nilo Departamento de Cundinamarca.

5.2.1 Localización del Municipio.



Figura 1 Departamento Cundinamarca (SIG-OT, 2014)

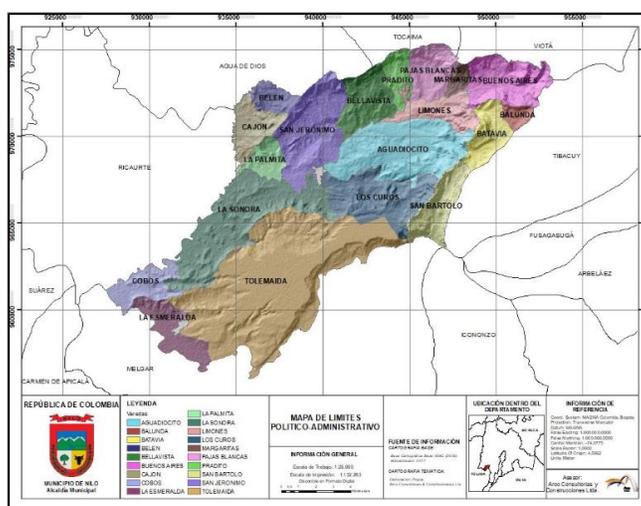


Figura 2. Municipio Nilo Cundinamarca (SIG-OT, 2014)

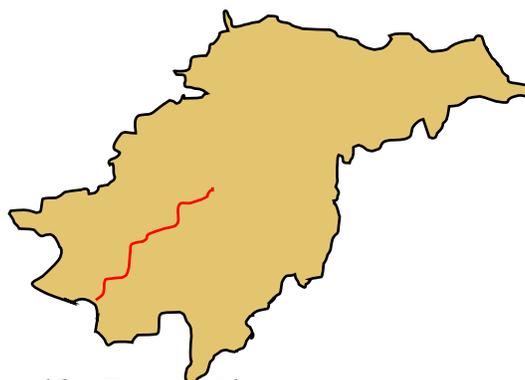


Figura 3 Vía la Esmeralda -Fuerte Militar

Fuente. (Propia)



Figura 4. Localización del Proyecto

Fuente. (Earth, 2019)

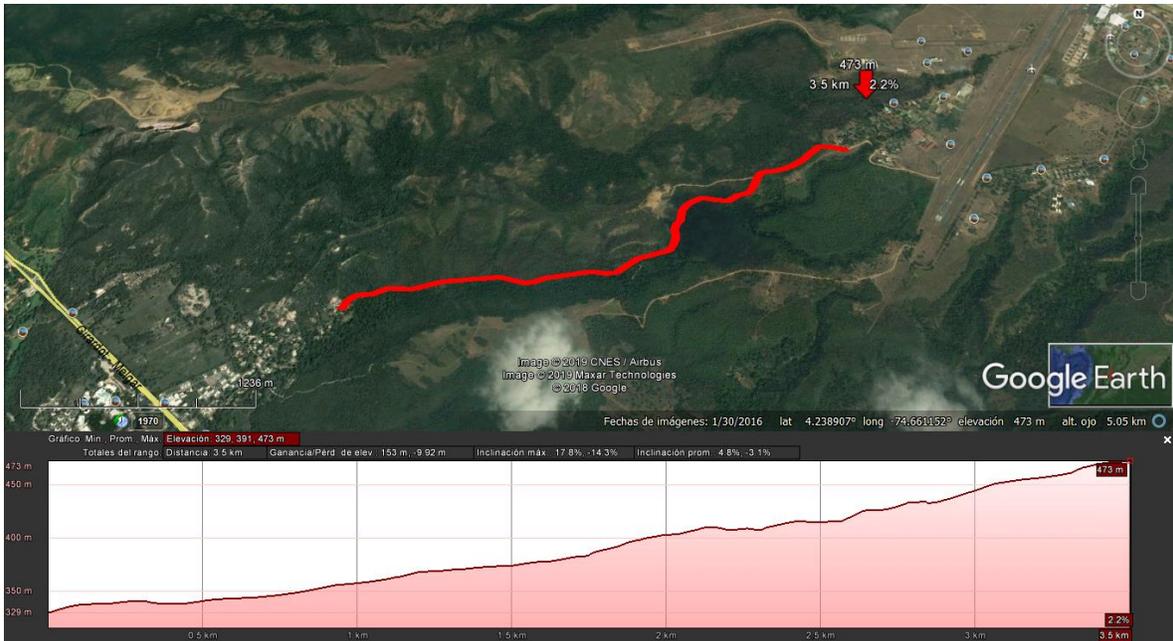


Figura 5. Altimetría Proyecto

Fuente. (Earth, 2019)

6. Diagnóstico preliminar de las vía en estudio.

Estado actual de la vía 3,5 Km. La vía en este sector se encuentra en su totalidad descarpada, con algunos mantenimientos preventivos que se le han realizado con el transcurrir del tiempo, debido a su transitabilidad y factores climáticos presenta deterioros severos con baches profundos a lo ancho y largo del carreteable, que lo hacen intransitable y peligroso para los usuarios más aun en tiempo de invierno. Aunque como se expuso anteriormente se realizan mantenimientos pero son mínimos y los mantenimientos rutinarios son nulos teniendo en cuenta la condición de la vía, viéndose reflejados por tramos con algunos rellenos con material tipo recebo en los huecos profundos para mitigar las caídas en ellos, pero que con el accionar de las escorrentías poco duran, acrecentando la problemática de la circulación vehicular.

La pavimentación de la vía, sin duda, traerá grandes beneficios a la comunidad habitante del sector sumando desarrollo de la región que integra. En la siguiente figura, se observa el estado en la que se encuentra la vía Guardia la Esmeralda – Fuerte Militar de Tolemaida.



Figura 6. Estado Actual Vía (Propia)



Figura 7. Estado Actual Vía

Fuente. (Propia)



Figura 8. Estado Actual Vía

Fuente. (Propia)

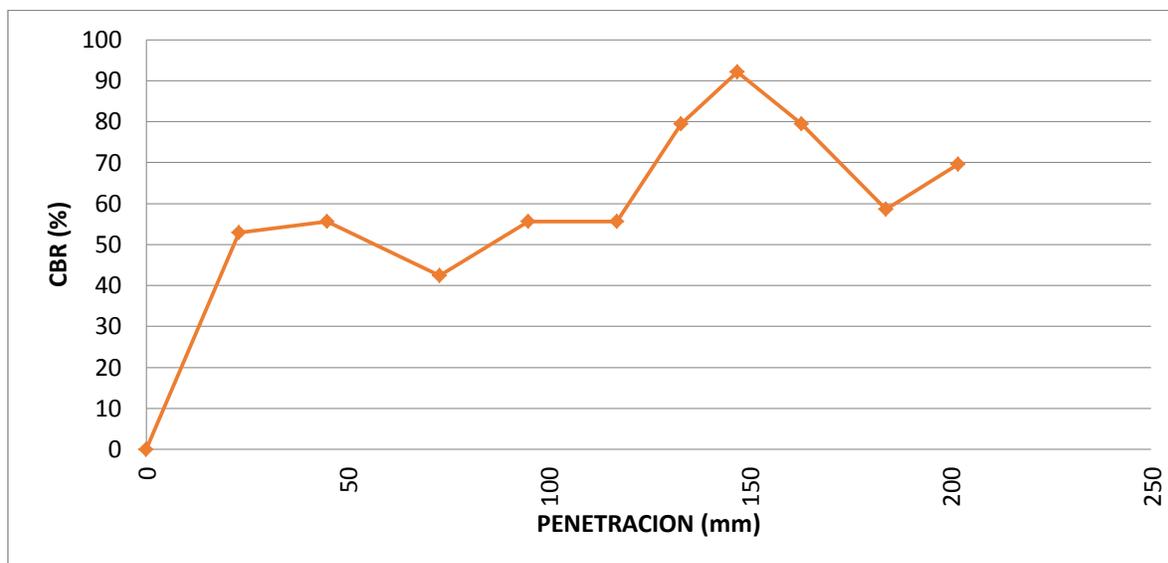


Figura 9. Estado Actual Vía

Fuente. (Propia)

Cuadro 1. Resultados CBR

		REGISTRO DE PENETRACION CON CONO					
LABORATORIO DE SUELOS UNIMINUTO GIRARDOT		DINAMICO (D.C.P)					
Proyecto:	COMPARATIVO MEZCLA ASFALTICA NATURAL VS CONVENCIONAL						
Localización de la obra:	FUERTE MILITAR TOL. VIA LA ESMERALDA - FUERTE MILITAR DE TOLEMAIDA						
Peso del Martillo	8 Kg	Tiempo :	Predicción 33°				
Apique	1	Nivel Freático		Desconocido			
Localización del apique	4°13'47.02" N	74°41'03,05"W					
Fecha de realización del ensayo	2019/09/04						
Golpes	Penetración Acumulada (mm)	Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Factor Golpe	Índice PDC	CBR	CBR %
0	0	0	0,00	0	0	0	0
5	23	23	4,60	1,00	4,60	52,86	52,86
5	45	22	4,40	1,00	4,40	55,55	55,55
5	73	28	5,60	1,00	5,60	42,40	42,40
5	95	22	4,40	1,00	4,40	55,55	55,55
5	117	22	4,40	1,00	4,40	55,55	55,55
5	133	16	3,20	1,00	3,20	79,36	79,36
5	147	14	2,80	1,00	2,80	92,16	92,16
5	163	16	3,20	1,00	3,20	79,36	79,36
5	184	21	4,20	1,00	4,20	58,53	58,53
5	202	18	3,60	1,00	3,60	69,55	69,55

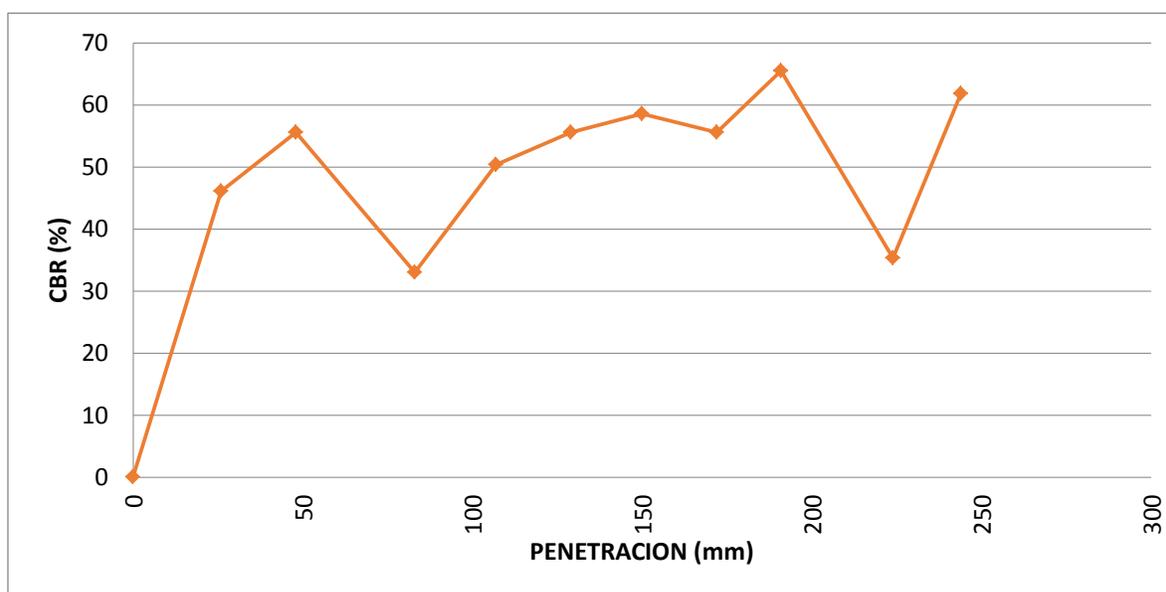


Gráfica 1. Diagrama estructural CBR.

Cuadro 2. Resultado CBR.

 UNIMINUTO Corporación Universitaria Minuto de Dios Educación de calidad al alcance de todos		REGISTRO DE PENETRACION CON CONO DINAMICO (D.C.P)			
LABORATORIO DE SUELOS UNIMINUTO GIRARDOT					
Proyecto:		COMPARATIVO MEZCLA ASFALTICA NATURAL VS CONVENCIONAL			
Localización de la obra:	FUERTE MILITAR TOL. VIA LA ESMERALDA - FUERTE MILITAR DE TOLEMAIDA				
Peso del Martillo	8 Kg	Tiempo :	Prediccion 33°		
Apique	6	Nivel Freatico		Desconocido	
Localización del apique	4°13'50.90"N	74°40'32,60"W			
Fecha de realización del ensayo	2019/09/04				

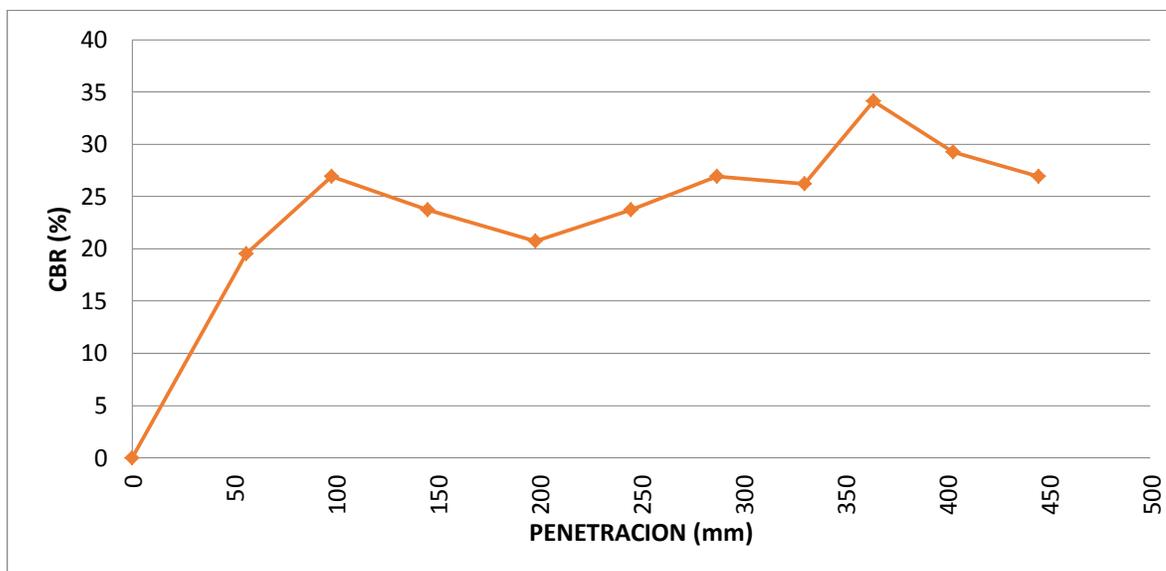
Golpes	Penetración acumulada (mm)	Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Factor Golpe	Indice PDC	CBR	CBR %
0	0	0	0,00	0	0	0	0
5	26	26	5,20	1,00	5,20	46,07	46,07
5	48	22	4,40	1,00	4,40	55,55	55,55
5	83	35	7,00	1,00	7,00	33,03	33,03
5	107	24	4,80	1,00	4,80	50,40	50,40
5	129	22	4,40	1,00	4,40	55,55	55,55
5	150	21	4,20	1,00	4,20	58,53	58,53
5	172	22	4,40	1,00	4,40	55,55	55,55
5	191	19	3,80	1,00	3,80	65,47	65,47
5	224	33	6,60	1,00	6,60	35,28	35,28
5	244	20	4,00	1,00	4,00	61,81	61,81



Gráfica 2. Diagrama Estructural CBR

Cuadro 3. Resultado CBR

 UNIMINUTO Corporación Universitaria Minuto de Dios Educación de calidad al alcance de todos		REGISTRO DE PENETRACION CON CONO DINAMICO (D.C.P)					
LABORATORIO DE SUELOS UNIMINUTO GIRARDOT							
Proyecto:		COMPARATIVO MEZCLA ASFALTICA NATURAL VS CONVENCIONAL					
Localización de la obra:		FUERTE MILITAR TOL. VIA LA ESMERALDA - FUERTE MILITAR DE TOLEMAIDA					
Peso del Martillo	8 Kg	Tiempo :	Predicción 33°				
Apique	13	Nivel Freático		Desconocido			
Localización del apique	4°14'07.32"N	74°40'6,51"W					
Fecha de realización del ensayo	2019/09/04						
Golpes	Penetración acumulada(mm)	Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Factor Golpe	Índice PDC	CBR	CBR %
0	0	0	0,00	0	0	0	0
5	56	56	11,20	1,00	11,20	19,51	19,51
5	98	42	8,40	1,00	8,40	26,93	26,93
5	145	47	9,40	1,00	9,40	23,74	23,74
5	198	53	10,60	1,00	10,60	20,75	20,75
5	245	47	9,40	1,00	9,40	23,74	23,74
5	287	42	8,40	1,00	8,40	26,93	26,93
5	330	43	8,60	1,00	8,60	26,23	26,23
5	364	34	6,80	1,00	6,80	34,12	34,12
5	403	39	7,80	1,00	7,80	29,26	29,26
5	445	42	8,40	1,00	8,40	26,93	26,93

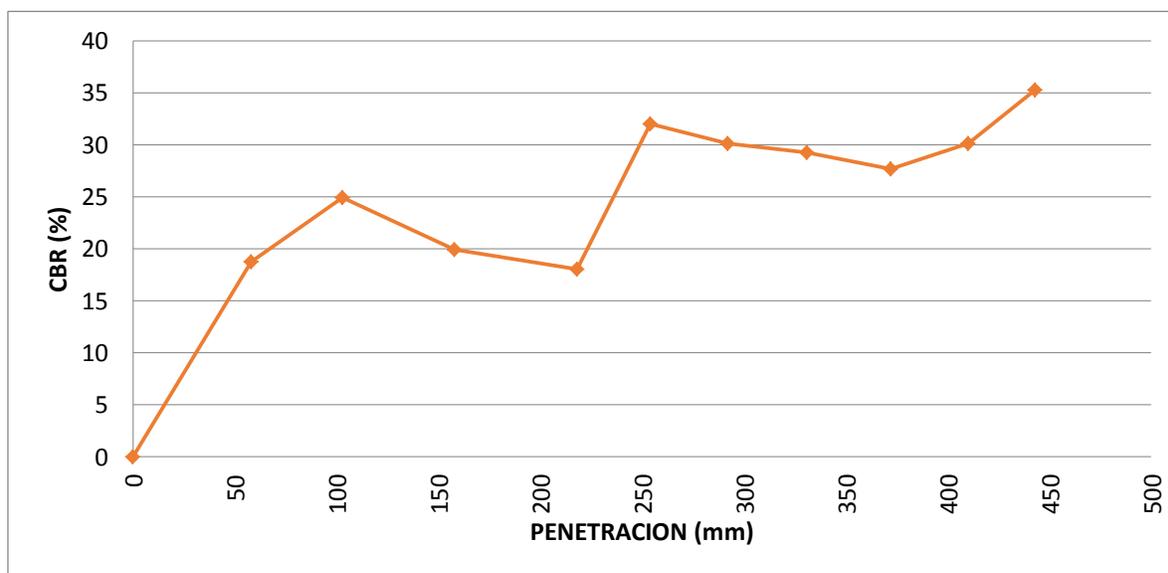


Gráfica 3. Diagrama Estructural.

Tabla 1 Resultados CBR

 UNIMINUTO Corporación Universitaria Minuto de Dios Educación de calidad al alcance de todos		REGISTRO DE PENETRACION CON CONO					
		DINAMICO (D.C.P)					
LABORATORIO DE SUELOS							
UNIMINUTO GIRARDOT							
Proyecto:		COMPARATIVO MEZCLA ASFALTICA NATURAL VS CONVENCIONAL					
Localización de la obra:		FUERTE MILITAR TOL. VIA LA ESMERALDA - FUERTE MILITAR DE TOLEMAIDA					
Peso del Martillo	8 Kg	Tiempo :	Prediccion 33°				
Apique	18	Nivel Freatico		Desconocido			
Localización del apique	4°14'20.32"N	74°39'44,21"W					
Fecha de realización del ensayo	2019/09/04						
Golpes	Penetración	Penetración	Penetración por	Factor	Índice	CBR	CBR %

	acumulada(mm)	entre lecturas (mm)	golpe (mm)	Golpe	PDC		
0	0	0	0,00	0	0	0	0
5	58	58	11,60	1,00	11,60	18,76	18,76
5	103	45	9,00	1,00	9,00	24,92	24,92
5	158	55	11,00	1,00	11,00	19,91	19,91
5	218	60	12,00	1,00	12,00	18,06	18,06
5	254	36	7,20	1,00	7,20	32,00	32,00
5	292	38	7,60	1,00	7,60	30,12	30,12
5	331	39	7,80	1,00	7,80	29,26	29,26
5	372	41	8,20	1,00	8,20	27,66	27,66
5	410	38	7,60	1,00	7,60	30,12	30,12
5	443	33	6,60	1,00	6,60	35,28	35,28



Gráfica 4. Diagrama estructural

6.1 Análisis del tránsito

En concordancia con los diferentes métodos de diseño, las repeticiones de carga, correspondientes al periodo de diseño son un determinante para la evaluación de los espesores de las capas que constituyen el pavimento. Para el presente trabajo comparativo de Mezcla asfáltica natural vs Mezcla asfáltica convencional las diferentes estructuras de pavimento se diseñaron con materiales granulares y capa de rodadura a base de mezcla asfáltica según cada caso tomando como referente los resultados de la subrasante.

Aforos. Para el tramo de vía a intervenir, se realizó un conteo de tránsito tomando como punto de referencia la entrada por Guardia la Esmeralda, localizada en la parte sur-occidental del Fuerte Militar de Tolemaida en límites con la vereda la Esmeralda en estudio.

Los aforos se realizaron durante un periodo de ocho días con duración de 12 horas, teniendo en cuenta la dirección del recorrido de los vehículos bidireccional, su composición vehicular y su conectividad con otras vías, con el propósito de determinar su nivel de daño.

El tránsito existente en la vía objeto de estudio está compuesto por el tránsito local actual de habitantes del Fuerte Militar y los tránsitos pertenecientes a transeúntes, proveedores y visitantes esporádicos de Tolemaida.

Es de anotar, que el tránsito local actual son de tipo automóviles tales como camionetas, camperos, que en su mayoría pertenecen al personal Militar que labora en el Fuerte Militar de Tolemaida, personal transeúnte, visitante del mismo, de igual forma se movilizan camiones tipo cama bajas con maquinaria pesada y productos dotación con 52 Ton, FTR 10 Ton, KODIACK 10 Ton, NPR 5 Toneladas.

Los tránsitos generados son en su gran mayoría bajos, pero de igual forma transita por el sector vehículos comerciales de forma esporádica para el transporte de productos y personal como ruta de ingreso y salida del Fuerte Militar de Tolemaida.

Teniendo en cuenta la función del sector los tránsitos desarrollados pertenecen a los sectores de seguridad del Estado Colombiano, debido a esta connotación en el sector no es permitido la minería, la agricultura y la ganadería, por el contrario se presentan tránsitos de movimientos de personal, material, equipo especial, abastecimientos y movimientos de maquinaria pesada para la infraestructura y lanzamiento de puentes metálicos.

Los vehículos utilizados para estos fines son de tipo camión. En el cuadro 1 se presenta los conteos manuales de tránsito realizados en la Guardia la Esmeralda ingreso y salida al Fuerte Militar de Tolemaida, en el cuadro 2 el Transito promedio vehicular diario (TPD) en los sentidos NS y SN y en el cuadro 3 el resumen total de la composición vehicular en porcentajes en ambos sentidos.

Cuadro 4. Aforos Vehiculares Vía

Conteos Manuales de Tránsito Vehicular													
NS= Salida Fuerte Militar SN=Entrada Fuerte Militar													
Hora	Automóvil, campero, microbuses, taxis y camionetas.		Busetas y buses		C-2 Pequeño		C-2 Grande		C3		C5 - C-6		Total
	Sentido	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	
Día lunes 02 de Septiembre de 2019													
4:00 - 5:00 am	1	12	1	1									15
5:00 - 6:00 am	2	11	1	1									15
6:00 - 7:00 am	5	23	2	2	1								33
7:00 - 8:00 am	7	32	2	2		1	1	1					46
8:00 - 9:00 am	10	5	1	1			2			1	1		21
9:00 - 10:00 am	3	6	1	1		2							13
10:00 - 11:00 am	4	4	1	1	3	4	1						18
11:00 - 12:00 pm	6	7	1	1				1	1			1	18
12:00 - 1:00 pm	25	4	1	1	2		2						35
1:00 - 2:00 pm	5	5	1	1	1								13
2:00 - 3:00 pm	5	26	1	1	1						1		35
3:00 - 4:00 pm	7	2	1	1		2	1						14
4:00 - 5:00 pm	5	3	1	1	1					1			12
5:00 - 6:00 pm	28	4	1	1	1	2		2					39
6:00 - 7:00 pm	22	6	1	1									30
7:00 - 8:00 pm	13	3	1	1	2								20

Conteos Manuales de Tránsito Vehicular													
NS= Salida Fuerte Militar SN=Entrada Fuerte Militar													
Hora	Automóvil, campero, microbuses, taxis y camionetas.		Busetas y buses		C-2 Pequeño		C-2 Grande		C3		C5 - C-6		Total
	Sentido	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	
8:00 - 9:00 pm	10	3	1	1			2		1				18
9:00 - 10:00 pm	8	6	1	1	1		2						19
10:00 - 11:00 pm	4	7	1	1			1						14
11:00 - 12:00 pm	3	3	1	1	1								9
12:00 - 1:00 am	3	7	0	0									10
1:00 - 2:00 am	0	2	0	0									2
2:00 - 3:00 am	0	0	0	0									0
3:00 - 4:00 am	1	2	0	0									3
TOTAL	177	183	22	22	14	11	12	4	2	2	2	1	452
Día Martes 03 de Septiembre de 2019													
Sentido	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	
4:00 - 5:00 am	1	11	1	1									14
5:00 - 6:00 am	3	10	1	1									15
6:00 - 7:00 am	2	25	2	2	1								32
7:00 - 8:00 am	4	33	1	0		1	1	1					41
8:00 - 9:00 am	11	3	0	1			1						16
9:00 - 10:00 am	4	7	1	1		2							15
10:00 - 11:00 am	4	3	1	1	1	2	1	1					14
11:00 - 12:00 pm	5	7	0	1	1			1		1			16

Conteos Manuales de Tránsito Vehicular													
NS= Salida Fuerte Militar SN=Entrada Fuerte Militar													
Hora	Automóvil, campero, microbuses, taxis y camionetas.		Busetas y buses		C-2 Pequeño		C-2 Grande		C3		C5 - C-6		Total
	Sentido	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	
12:00 - 1:00 pm	23	5	1	1	2		1						33
1:00 - 2:00 pm	7	24	1	1	1	1							35
2:00 - 3:00 pm	3	5	1	1	1		2						13
3:00 - 4:00 pm	0	2	1	0		2	1						6
4:00 - 5:00 pm	5	3	1	1	1								11
5:00 - 6:00 pm	24	6	1	1	1	1		2					36
6:00 - 7:00 pm	26	4	1	1					1				33
7:00 - 8:00 pm	9	3	0	1	1								14
8:00 - 9:00 pm	11	5	1	1	1		2						21
9:00 - 10:00 pm	8	5	1	1	0	1	2	2					20
10:00 - 11:00 pm	5	2	1	0			1						9
11:00 - 12:00 pm	2	0	1	1	1								5
12:00 - 1:00 am	0	1	0	0									1
1:00 - 2:00 am	0	1	0	0									1
2:00 - 3:00 am	0	0	0	0									0
3:00 - 4:00 am	0	0	0	0									0
TOTAL	157	165	18	18	12	10	12	7	1	1	0	0	401
Día Miércoles 04 de Septiembre de 2019													
Sentido	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	
4:00 - 5:00 am	1	6	1	1									9
5:00 - 6:00 am	1	13	1	1									16

Conteos Manuales de Tránsito Vehicular														
NS= Salida Fuerte Militar SN=Entrada Fuerte Militar														
Hora	Automóvil, campero, microbuses, taxis y camionetas.		Busetas y buses		C-2 Pequeño		C-2 Grande		C3		C5 - C-6		Total	
	Sentido	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S		S-N
6:00 - 7:00 am	6	19	2	2										29
7:00 - 8:00 am	4	29	2	2				1						38
8:00 - 9:00 am	10	5	1	1			2							19
9:00 - 10:00 am	3	3	1	0				3						10
10:00 - 11:00 am	1	4	1	1	1	1	1							10
11:00 - 12:00 pm	6	7	0	1				1						15
12:00 - 1:00 pm	32	2	1	1	1		2	2						41
1:00 - 2:00 pm	5	15	1	1	1	1								24
2:00 - 3:00 pm	5	12	1	1	1									20
3:00 - 4:00 pm	4	2	1	1		2	1	3						14
4:00 - 5:00 pm	2	4	0	1	1									8
5:00 - 6:00 pm	28	4	1	1	1	2		2						39
6:00 - 7:00 pm	33	6	1	0										40
7:00 - 8:00 pm	13	4	1	1	2	1								22
8:00 - 9:00 pm	10	3	1	1		1	1							17
9:00 - 10:00 pm	8	6	0	1	1		1							17
10:00 - 11:00 pm	4	7	1	1		1	1							15
11:00 - 12:00	3	3	1	1	1									9

Conteos Manuales de Tránsito Vehicular													
NS= Salida Fuerte Militar SN=Entrada Fuerte Militar													
Hora	Automóvil, campero, microbuses, taxis y camionetas.		Busetas y buses		C-2 Pequeño		C-2 Grande		C3		C5 - C-6		Total
	Sentido	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	
pm													
12:00 - 1:00 am	3	7	0	0									10
1:00 - 2:00 am	0	2	0	0									2
2:00 - 3:00 am	0	0	0	0									0
3:00 - 4:00 am	1	2	0	0									3
TOTAL	183	165	19	20	10	9	9	12	0	0	0	0	427
Día Jueves 05 de Septiembre de 2019													
Sentido	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	
4:00 - 5:00 am	1	12	1	1									15
5:00 - 6:00 am	2	11	1	1									15
6:00 - 7:00 am	5	23	2										30
7:00 - 8:00 am	7	32		2		1	1	1					44
8:00 - 9:00 am	4	5	1	1									11
9:00 - 10:00 am	3	6	1	1		1		2		1		1	16
10:00 - 11:00 am	4	4	1	1		3	1						14
11:00 - 12:00 pm	6	7		1				1				1	16
12:00 - 1:00 pm	26	4	1	1	3		4		1				40
1:00 - 2:00 pm	7	19	1	1	1								29
2:00 - 3:00 pm	5	26	1	1	1					1			35

Conteos Manuales de Tránsito Vehicular														
NS= Salida Fuerte Militar SN=Entrada Fuerte Militar														
Hora	Automóvil, campero, microbuses, taxis y camionetas.		Busetas y buses		C-2 Pequeño		C-2 Grande		C3		C5 - C-6		Total	
	Sentido	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S		S-N
3:00 - 4:00 pm	7	2	1			3								13
4:00 - 5:00 pm	5	3	1	1	1					1	2			14
5:00 - 6:00 pm	26	6	1	1	1	1		2						38
6:00 - 7:00 pm	27	6	1	1		4	5							44
7:00 - 8:00 pm	13	6	1	1	2		6							29
8:00 - 9:00 pm	10	5	1	1	1				1					19
9:00 - 10:00 pm	8	6	1	1			2							18
10:00 - 11:00 pm	4	7	1	1					1					14
11:00 - 12:00 pm	3	2	1	1	1									8
12:00 - 1:00 am	3	5	0	0										8
1:00 - 2:00 am	0	2	0	1				4						7
2:00 - 3:00 am	0	0	0	0										0
3:00 - 4:00 am	1	2	0	0										3
TOTAL	177	201	19	20	11	13	19	10	3	3	2	2		480
Día Viernes 06 de Septiembre de 2019														
Sentido	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N		
4:00 - 5:00 am		5	1	1										7
5:00 - 6:00 am	3	12	1	1										17

Conteos Manuales de Tránsito Vehicular														
NS= Salida Fuerte Militar SN=Entrada Fuerte Militar														
Hora	Automóvil, campero, microbuses, taxis y camionetas.		Busetas y buses		C-2 Pequeño		C-2 Grande		C3		C5 - C-6		Total	
	Sentido	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S		S-N
6:00 - 7:00 am	4	25	1	1	0									31
7:00 - 8:00 am	1	35	1	1		0	1	1						40
8:00 - 9:00 am	8	2	1	1			2							14
9:00 - 10:00 am	2	3	1	1		1								8
10:00 - 11:00 am	1	6	1	1	1	1	1							12
11:00 - 12:00 pm	5	8	1	1		2		1						18
12:00 - 1:00 pm	28	2	1	1		1	2							35
1:00 - 2:00 pm	3	23	1	1	1									29
2:00 - 3:00 pm	4	35	2	2	1									44
3:00 - 4:00 pm	2	2	2	2			1							9
4:00 - 5:00 pm	12	2	2	2	3	1								22
5:00 - 6:00 pm	33	4	3	3	1		1							45
6:00 - 7:00 pm	24	7	3	3										37
7:00 - 8:00 pm	9	4	2	2										17
8:00 - 9:00 pm	6	1	1	1				4						13
9:00 - 10:00 pm	11	1	1	1	1	1								16
10:00 - 11:00 pm	2	2	0	0			1							5
11:00 - 12:00	0	0	1	1	1			4						7

Conteos Manuales de Tránsito Vehicular													
NS= Salida Fuerte Militar SN=Entrada Fuerte Militar													
Hora	Automóvil, campero, microbuses, taxis y camionetas.		Busetas y buses		C-2 Pequeño		C-2 Grande		C3		C5 - C-6		Total
	Sentido	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	
pm													
12:00 - 1:00 am	2	1	0	0									3
1:00 - 2:00 am	0	0	1	0									1
2:00 - 3:00 am	1	0	0	0		1							2
3:00 - 4:00 am	1	2	0	0									3
TOTAL	162	182	28	27	9	8	9	10	0	0	0	0	435
Día Sabado 07 de Septiembre de 2019													
Sentido	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	
4:00 - 5:00 am	0	6	0	1									7
5:00 - 6:00 am	0	2	1	0									3
6:00 - 7:00 am	2	2	0	1									5
7:00 - 8:00 am	3	12	1	0									16
8:00 - 9:00 am	2	3	0	1									6
9:00 - 10:00 am	4	5	1	0		2							12
10:00 - 11:00 am	2	5	1	1			1						10
11:00 - 12:00 pm	1	2	0	1								1	5
12:00 - 1:00 pm	25	1	0	1									27
1:00 - 2:00 pm	5	1	1	0				1					8
2:00 - 3:00 pm	5	1	1	1									8

Conteos Manuales de Tránsito Vehicular													
NS= Salida Fuerte Militar SN=Entrada Fuerte Militar													
Hora	Automóvil, campero, microbuses, taxis y camionetas.		Busetas y buses		C-2 Pequeño		C-2 Grande		C3		C5 - C-6		Total
	Sentido	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	
3:00 - 4:00 pm	3	3	0	0	2		1						9
4:00 - 5:00 pm	5	2	1	1									9
5:00 - 6:00 pm	2	1	0	0									3
6:00 - 7:00 pm	4	1	0	0									5
7:00 - 8:00 pm	5	1	1	1									8
8:00 - 9:00 pm	7	1	1	0							1		10
9:00 - 10:00 pm	2	3	0	1			4						10
10:00 - 11:00 pm	1	2	1	1									5
11:00 - 12:00 pm	5	0	1	0			2						8
12:00 - 1:00 am	2	0	0	0									2
1:00 - 2:00 am	0	0	0	0									0
2:00 - 3:00 am	0	1	0	0									1
3:00 - 4:00 am	0	2	0	0									2
TOTAL	85	57	11	11	2	2	6	3	0	0	1	1	179
Día Domingo 08 de Septiembre de 2019													
Sentido	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	
4:00 - 5:00 am			2	2									4
5:00 - 6:00 am		2	2	2									6
6:00 - 7:00 am		4	2	2		2							10

Conteos Manuales de Tránsito Vehicular														
NS= Salida Fuerte Militar SN=Entrada Fuerte Militar														
Hora	Automóvil, campero, microbuses, taxis y camionetas.		Busetas y buses		C-2 Pequeño		C-2 Grande		C3		C5 - C-6		Total	
	Sentido	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S		S-N
7:00 - 8:00 am	1	1	2	2										6
8:00 - 9:00 am		2	2	2		1	1							8
9:00 - 10:00 am	2	1	2	2										7
10:00 - 11:00 am			2	2										4
11:00 - 12:00 pm	5		2	2	3									12
12:00 - 1:00 pm		1	2	2										5
1:00 - 2:00 pm	2		2	2										6
2:00 - 3:00 pm		3	2	2										7
3:00 - 4:00 pm	2		2	2										6
4:00 - 5:00 pm		1	2	2				1						6
5:00 - 6:00 pm	1		2	1										4
6:00 - 7:00 pm	1	2	0	1										4
7:00 - 8:00 pm	2		0	0										2
8:00 - 9:00 pm	1		0	0										1
9:00 - 10:00 pm			1	0										1
10:00 - 11:00 pm			0	0			1							1
11:00 - 12:00 pm	1		1	1										3

Conteos Manuales de Tránsito Vehicular														
NS= Salida Fuerte Militar SN=Entrada Fuerte Militar														
Hora	Automóvil, campero, microbuses, taxis y camionetas.		Busetas y buses		C-2 Pequeño		C-2 Grande		C3		C5 - C-6		Total	
	Sentido	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S		S-N
12:00 - 1:00 am			0	0				1						1
1:00 - 2:00 am	1		0	0										1
2:00 - 3:00 am			0	0										0
3:00 - 4:00 am			0	0										0
TOTAL	19	17	30	29	3	3	2	2	0	0	0	0		105

Cuadro 5. Promedio Tránsito Vehicular Diario NS Y SN

TPD Sentido NS					
Autos	Buses	C-2-P	C-2-G	C3	C5
960	147	61	69	6	5
		TPD			1248
TPD Sentido SN					
Auto	Buses	C-2-P	C-2-G	C3	C5
970	147	56	48	6	4
		TPD			1231

Cuadro 6. Resumen Tránsito Vehicular %

Total composición vehicular en porcentajes					
Auto	Buses	C2-P	C2G	C3	C5
1930	294	117	117	12	9
77.85%	11.85%	4.71%	4.71%	0.49%	0.39%
		TPD			2479

$$TPDS = 2479 \text{ veh/día}$$

Se determina el factor camión o el factor daño empleando los factores de equivalencia. En el cuadro 4, se presentan los factores de equivalencia expuestos por el INVIAS en el Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos en Vías con Medios y Altos Volúmenes de Tránsito, tabla 3.5 Factores de equivalencia de carga de tipos de vehículos obtenidos a nivel nacional, Popayán, Cauca, 1998, página 17, ISBN 958-96558-1-5.

$$F.C. = \text{Factor camión. } FC = \frac{\sum C_i * F_i}{\sum C_i}$$

C_i = Es la cantidad de vehículos comerciales diarios de tipo (i) que circula por la ruta en el año de relevamiento y estudio del pavimento.

F_i = Es el factor de equivalencia que corresponde a cada pesada del vehículo comercial tipo (i).

Cuadro 7. Factor de Equivalencia Carga

Tipo de vehículo		Factor de equivalencia
Buses	Bus	0.40
	Bus metropolitano	1.00
C2P	C2P	1.17
C2G	C2G	3.44
C3 y C4	C3	3.76
	C2 C1	3.37
	C4	6.73
	C3 S1	2.22
	C2 S2	3.42
C5	C3 S2	4.40
>C5	>C5	4.72

Fuente (INVIAS, 2008)

7. Análisis de información recolectada

7.1 Determinación del Tránsito Existente

Para la determinación del tránsito es necesario conocer o establecer algunas otras variables a saber:

- ❖ Tránsito promedio diario.
- ❖ Clasificación de vehículos.
- ❖ Factores de equivalencia de carga para cada tipo de vehículo.
- ❖ Distribución direccional.
- ❖ Proyección de las variables en la vida de diseño.

De acuerdo a la información recolectada del tráfico que iba en ambas direcciones. A continuación, se da un resumen de los aforos obtenidos; los formatos de campo se muestran en los anexos.

Cuadro 8. Transito Promedio diario semanal en los dos sentidos

TPDs Sentido NS					
Autos	Buses	C-2-P	C-2-G	C3	C5
960	147	61	69	6	5
		TPDs			1248

TPDs Sentido SN					
Auto	Buses	C-2-P	C-2-G	C3	C5
970	147	56	48	6	4
		TPDs			1231

Cuadro 9. Total, TPDs

Total TPDs					
Auto	Buses	C2-P	C2G	C3	C5
1930	294	117	117	12	9
		TPDs			2479

7.1.1 Tránsito promedio diario (TPD).

Los datos para la estimación del tránsito de diseño se recolectaron mediante la información obtenida mediante aforo vehicular realizado a la vía objeto de estudio durante los 7 días de la semana; resultados los cuales servirán de base para realizar el cálculo del tránsito promedio diario y la composición vehicular. Los anteriores parámetros son importantes para el cálculo del tránsito futuro y posterior diseño del pavimento

Cuadro 10. Tpd y Composición Vehicular.

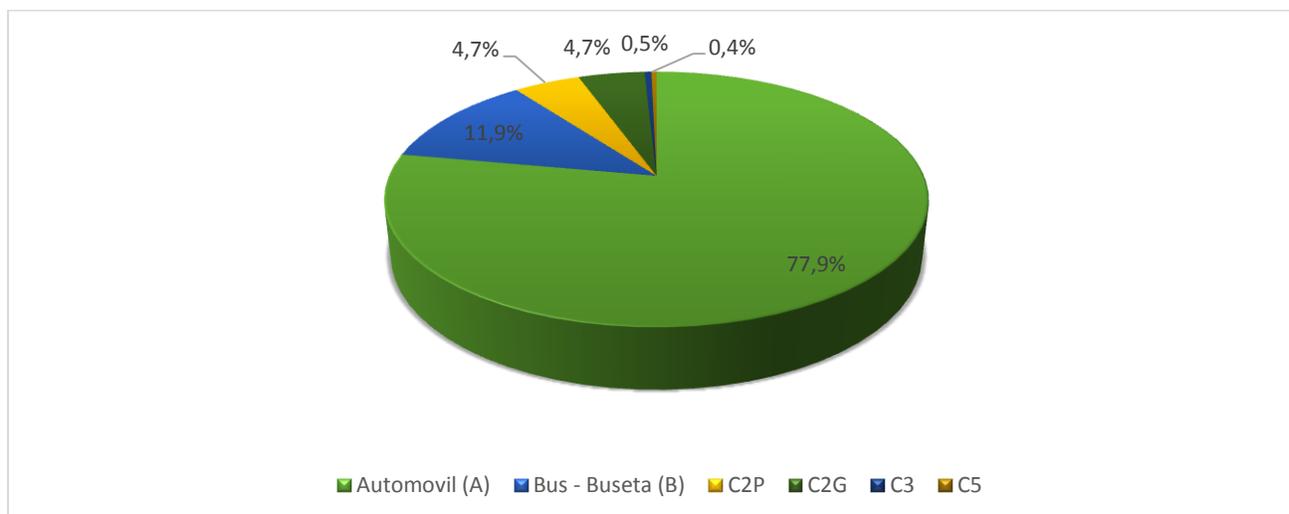
TPD y Composición vehicular					
Auto	Buses	C2-P	C2G	C3	C5
276	42	17	17	2	1
77.9%	11.9%	4.7%	4.7%	0.5%	0.4%
		TPD(diario)			354

7.1.2 Composición Vehicular.

En base al resultado de los aforos y a la metodología descrita en este estudio, se realiza el cálculo del tránsito promedio diario semanal TPD y la composición vehicular, como se da a conocer en a continuación:

Cuadro 11. Composición Vehicular TPD %

Tipo de Vehículo	Cantidad	%
Automóvil (A)	276	77.9%
Bus - Busetas (B)	42	11.9%
C2P	17	4.7%
C2G	17	4.7%
C3	2	0.5%
C5	1	0.4%
Totales	354	100.0%



Gráfica 5. Composición vehicular.

De los estimativos anteriores, se aprecia que el porcentaje de vehículos comerciales representa el 22.1 % del total, en donde predomina los automóviles tipo bus y busetas.

7.2 Determinación del número de ejes equivalentes de diseño

La conversión del tránsito mixto en aplicaciones de carga del eje de referencia permite hacer estimaciones tanto del tránsito que ya ha circulado sobre el pavimento, como del previsible hacia el futuro.

De acuerdo con los resultados del Tránsito Promedio Diario de la vía estudiada, se presenta a continuación una caracterización del tránsito, teniendo en cuenta la clasificación por niveles de tránsito establecida por el MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS

ASFÁLTICOS PARA VÍAS CON BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO (Ministerio de Transporte, 2007) en la página 7 – Capítulo 2, para este tipo de tránsitos es la siguiente:

Cuadro 12. Clasificación del Manual de Diseño para Vías con Bajo Tránsito

Nivel de tránsito	Número de ejes equivalentes de 80 kN durante el período de diseño en el carril de diseño
T1	< 150.000
T2	150.000 - 500.000

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para Vías con Bajos Volúmenes de Tránsito (Ministerio de Transporte, 2007)

El número de ejes simples equivalentes de 80 kN (8.2 ton) en el carril de diseño durante un año “i”, también puede ser determinado mediante la siguiente expresión:

$$N = TPD * \frac{A}{100} * \frac{B}{100} * 365 * \frac{(1+r)^n - 1}{\ln(1+r)} * FC$$

Dónde: N: Número de aplicaciones de carga del eje de referencia en el carril de diseño durante el año “i”

TPDi: Tránsito promedio diario durante el conteo “i”

A: Porcentaje estimado de vehículos pesados (buses y camiones)

B: Porcentaje de vehículos pesados que emplean el carril de diseño

R: Rata de crecimiento

FC: Factor camión

Cuadro 13. Factor Promedio de Equivalencia de Carga Vehicular.

Tipo de vehículo	Factor promedio de equivalencia de carga vehicular (Ejes simples de 80 kN)		
	U.S.A.	Colombia 2002	Pakistán
C 2	0.21	2.81	4.67
C 3	1.59	3.52	8.84
C 2 S 2	1.32	2.44	10.35
C 3 S 2	1.39	3.70	14.73
C 3 S 3	1.39	4.44	10.90

Cuadro 14. Datos Porcentajes TPD Vía

TPD	354
%Buses	11.9%
%camiones C2P	4.7%
%camiones C2G	4.7%
%camiones C3	0.5%
%camiones C5	0.4%
A	22.1%
B= % Vehículos pesados que emplean el carril de diseño (vía bidireccional)	50%
R	3%
Fc	2.81
n	10 años

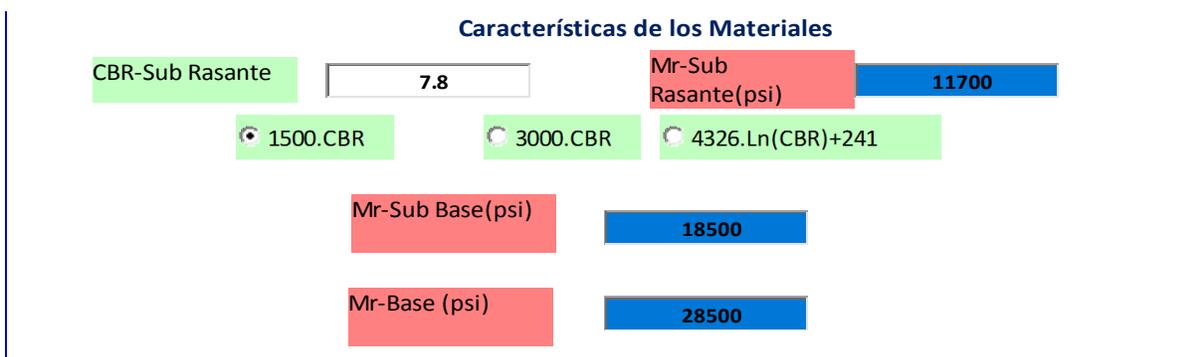
Datos de entrada para cálculo de ejes equivalentes

- ❖ N8.2ton= 466.799.89 ejes equiv. 8.2 ton.
- ❖ Valor adoptado para diseño = 500.000 ejes equiv. 8.2 ton.

7.3 Diseño estructura de pavimento

7.3.1 Alternativa 1: Mezcla asfáltica tradicional (mezcla densa en caliente- MDC).

Calculo de la estructura del pavimento -AASHTO 1993



Características del Tráfico

EAL (ejes equiv. 8.2t)	5.00E+05		
Serviciabilidad Inicial (pi)	4.3		
Serviciabilidad Final (pt)	2		
Confiabilidad (R)	91	(Desplegable)	Red Rural o local entre 50 y 80
Desviación Estándar Total (So)	0.45		Pavimentos Flexibles entre 0.40 y 0.50
Periodo de Diseño (años)	10		
Diferencia de Serviabilidad	2.3		
Desviación Estándar Normal (Zr)	-1.34		

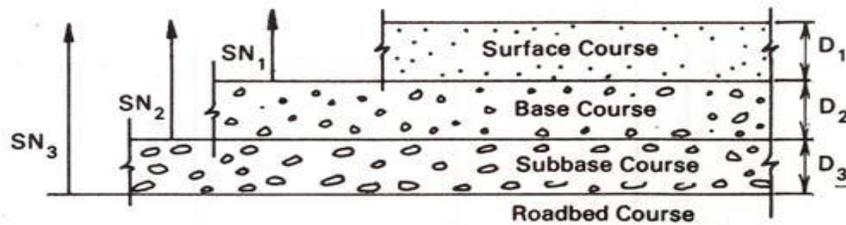
Calculos

	Sub Rasante	Sub Base	Base
Mr	11700	18500	28500
log(Esal)	5.69897	5.69897	5.69897
Zr x So	-0.60300	-0.60300	-0.60300
log(Psi/(4.2-1.5))	-0.06964	-0.06964	-0.06964
2.32*log(Mr)	9.43819	9.89984	10.33524

$$f(x) = \begin{matrix} 8.02E-07 & 4.77E-01 & 4.77E-01 \end{matrix}$$

Cálculo de Números Estructurales SN

Numero Estructural



	Sub Base	Base	Superficie
	SN3	SN2	SN1
SN(i) =	2.57	2.58	2.21
Superficie de rodadura	SN1 >= a1.D1		SN1 2.21
Capa de Base	SN2-SN1 >= a2.m2.D2	SN2 2.58	
Capa de SubBase	SN3-(SN2+SN1) >= a3.m3.D3	SN3 2.57	
<p>a1 : En funcion al Modulo Elastico del Concreto asphaltico a2 : En funcion al CBR(base) v Mr(Base) a3 : En funcion al CBR(sub base) v Mr(Sub Base)</p>			
<u>Coefficiente de Capa</u>			
Pavimento	a1 =	0.385	
Base	a2 =	0.138	
Sub Base	a3 =	0.129	
<u>Coefficiente de Drenaje</u>			
Base	mi =	1.00	
Sub Base	mi =	1.00	
<u>CALCULOS DE ESPESORES DE CADA CAPA</u>			
<u>SN y Espesores (1era estimación)</u>			<u>Valores Asumidos (para efectos del aporte estructural)</u>
SN(Superficie)			(Criterio del Consultor)
D1 =	5.73	in	Superficie 3.00 in
SN1*(corregido)	1.16		
SN(Base)	1.43		
D2 =	10.34	in	Base 4.00 in
SN(Base correg.)	0.55		
SN(Sub Base)	0.86		
D3 =	6.67	in	Se considera la presente sección en razon de existir estructuras de pavimento diferentes de carpeta asphaltica (como son los tratamientos superficiales), para dicho caso el aporte estructural de dicha capa es cero.
SN(Sub Base correg.)	0.86		
Superficie de Rodadura		8.00 cm	
Base		11.00 cm	
Sub Base		17.00 cm	
TOTAL		36.00	cm

7.3.2 Alternativa 2: Mezcla asfáltica natural (MAN).

Datos para calcular el numero estructural

Características de los Materiales

CBR-Sub Rasante	<input type="text" value="7.8"/>	Mr-Sub Rasante(psi)	<input type="text" value="11700"/>
<input checked="" type="radio"/> 1500.CBR	<input type="radio"/> 3000.CBR	<input type="radio"/> 4326.Ln(CBR)+241	
Mr-Sub Base(psi)		<input type="text" value="18500"/>	
Mr-Base (psi)		<input type="text" value="28500"/>	

*Mr: módulo resiliente

Características del Tráfico

EAL (ejes equiv. 8.2t)	5.00E+05		
Serviciabilidad Inicial (pi)	4.3		
Serviciabilidad Final (pt)	2		
Confiabilidad (R)	91	(Desplegable)	Red Rural o local entre 50 y 80
Desviación Estándar Total (So)	0.45		Pavimentos Flexibles entre 0.40 y 0.50
Periodo de Diseño (años)	10		
Diferencia de Serviciabilidad	2.3		
Desviación Estándar Normal (Zr)	-1.34		

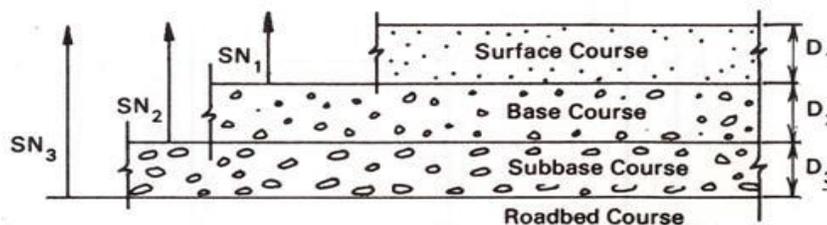
Calculos

	Sub Rasante	Sub Base	Base
Mr	11700	18500	28500
log(Esal)	5.69897	5.69897	5.69897
Zr x So	-0.60300	-0.60300	-0.60300
log(Psi/(4.2-1.5))	-0.06964	-0.06964	-0.06964
2.32*log(Mr)	9.43819	9.89984	10.33524

$$f(x) = \begin{matrix} 8.02E-07 & 4.77E-01 & 4.77E-01 \end{matrix}$$

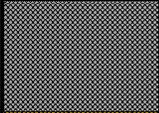
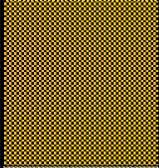
Cálculo de Números Estructurales SN

Numero Estructural

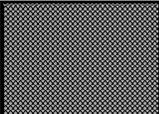
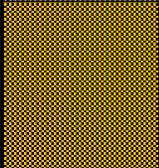
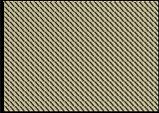


	Sub Base	Base	Superficie
	SN3	SN2	SN1
SN(i) =	2.57	2.58	2.21
Superficie de rodadura	SN1>=a1.D1		SN1
Capa de Base	SN2-SN1>=a2.m2.D2		SN2
Capa de SubBase	SN3-(SN2+SN1)>=a3.m3.D3		SN3
			2.21
			2.58
			2.57
<p>a1 : En funcion al Modulo Elastico de la Mezcla Asfaltica Natural a2 : En funcion al CBR(base) v Mr(Base) a3 : En funcion al CBR(sub base) v Mr(Sub Base)</p>			
<u>Coefficiente de Capa</u>			
Pavimento MAN	a1 =	0.200	
Base	a2 =	0.138	
Sub Base	a3 =	0.129	
<u>Coefficiente de Drenaje</u>			
Base	mi =	1.00	
Sub Base	mi =	1.00	
<u>CALCULOS DE ESPESORES DE CADA CAPA</u>			
<u>SN y Espesores (1era estimación)</u>			<u>Valores Asumidos (para efectos del aporte estructural)</u>
SN(Superficie)			(Criterio del Consultor)
D1 =	11.04	in	Superficie 3.80 in
SN1*(corregido)	0.76		
SN(Base)			Base 4.00 in
D2 =	13.20	in	
SN(Base correg.)	0.55		
SN(Sub Base)			Se considera la presente sección en razon de existir estructuras de pavimento diferentes de carpeta asfaltica (como son los tratamientos superficiales), para dicho caso el aporte estructural de dicha capa es cero.
D3 =	9.74	in	
SN(Sub Base correg.)	1.26		
Superficie de Rodadura MAN	10.00 cm		
Base	11.00 cm		
Sub Base	25.00 cm		
TOTAL	46.00	cm	

Cuadro 15. Estructura alternativa 1.

	MDC Mezcla Densa en Caliente 8 cm
	B.G Base granular INV.330 11 cm
	SBG Subbase granular INV.320 17 cm

Cuadro 16. Estructura alternativa 2.

	MAN Mezcla Asfáltica Natural 10 cm
	B.G Base granular INV.330 11 cm
	SBG Subbase granular INV.320 25 cm

7.4 Presupuestos economicos

Cuadro 17. Presupuesto economico alternativa 1 mezcla asfaltica convencional MDC19.

		Proyecto		Vía La Esmeralda		
		Ubicación		Fuerte Militar Tolemaida		
		Distancia		3,5 Kmts		
Presupuesto						
Presupuesto Alternativa 1 Mezcla Asfáltica Convencional. Pr00+000 - Pr3+500						
No	Descripcion	UNID	Cant Mts3	Valor Unitario	Valor Transporte	Valor Parcial
I	Subbases, Bases Y Afirmados					
	Sub-base granular	M3	6.188	73.361,00	191.818.718,00	\$ 645.776.586
	Base granular	M3	4.004	140.000,00	124.117.994,00	\$ 684.677.994
II	Pavimentos Asfálticos					

	Mezcla densa en caliente Tipo MDC-19	M3	2.184	675.000,00	38.098.788,00	\$ 1.512.298.788
	Costo Material Obras					\$2.842.753.368,00
	Administracion 10%					\$ 284.275.336,80
	Imprevistos 5%					\$ 142.137.668,40
	Utilidades 5%					\$ 142.137.668,40
	Subtotal					\$3.411.304.041,60
	Valor Iva (Obra) (19% Sobre Utilidad Obra)					\$ 27.006.157,00
	Valor Total					\$3.438.310.198,60
	Retencion En La Fuente 2%					\$ 68.226.080,83
	Total Proyecto					\$3.370.084.117,76
Notas	Descripcion					Porcentaje
1.- Cuando la fracción decimal del peso sea igual o superior a 5 se aproximara por exceso al número entero siguiente del peso y cuando la fracción decimal del peso sea inferior a 5 se aproximará por defecto al número entero del peso. 2.-El A.I.U y su discriminación deben estar en porcentaje (%)	Administracion	A=			10%	
	Imprevisto	I=			5%	
	Utilidad	U=			5%	
	Total A.I.U	A.I.U.=			20%	

Cuadro 18. Presupuesto economico alternativa 2 mezcla asfaltica natural (MAN).

			Proyecto		Vía La Esmeralda	
			Ubicación		Fuerte Militar Tolemaida	
			Distancia		3,5 Kmts	
Presupuesto						
Presupuesto Alternativa 2 Mezcla Asfaltica Natural (Man). Pr00+000 - Pr3+500						
No	Descripcion	Unid	Cant Mts3	Valor Unitario	Valor Transporte	Valor Parcial
I	Subbases, Bases Y Afirmados					
	Sub-Base Granular	M3	9.100	73.361,00	282.086.350,00	\$ 949.671.450
	Base Granular	M3	4.004	140.000,00	124.117.994,00	\$ 684.677.994
Ii	Pavimentos Asfálticos					
	Mezcla Asfáltica Natural (MAN)	M3	2.730	70.000,00	503.644.050,00	\$ 694.744.050
	Costo Material Obras					\$ 2.329.093.494,00
	Administracion 10%					\$ 232.909.349,40
	Imprevistos 5%					\$ 116.454.674,70
	Utilidades 5%					\$ 116.454.674,70
	Subtotal					\$ 2.794.912.192,80

	Valor Iva (Obra) (19% Sobre Utilidad Obra)			\$ 22.126.388,19
	Valor Total			\$ 2.817.038.580,99
	Retencion En La Fuente 2%			\$ 55.898.243,86
	Total Proyecto			\$2.761.140.337,14
Notas	Descripcion			Porcentaje
<p>1.- Cuando la fracción decimal del peso sea igual o superior a 5 se aproximara por exceso al número entero siguiente del peso y cuando la fracción decimal del peso sea inferior a 5 se aproximará por defecto al número entero del peso.</p> <p>2.-El A.I.U y su discriminación deben estar en porcentaje (%)</p>	Administracion	A=		10%
	Imprevisto	I=		5%
	Utilidad	U=		5%

8. Ventajas económicas, ambientales y de operación (MAN)

8.1 Económicas

- ❖ El valor de la Mezcla asfáltica Natural por metro cubico en relación con el valor de la Mezcla asfáltica Convencional presenta una reducción de más del 50%
- ❖ Durante su aplicación en obra los desperdicios son mínimos.
- ❖ Al ser una mezcla asfáltica natural permite la rehabilitación de las vías a muy bajos costos.
- ❖ En su almacenaje suele mantener sus propiedades durante periodos largos al no necesitar aplicación en caliente.

8.2 Ambientales

- ❖ No se genera lixiviados durante su almacenamiento y periodo de instalación
- ❖ Al ser una Mezcla Asfáltica Natural no requiere gran consumo de energía para su preparación y alistamiento para la instalación del mismo.

- ❖ Durante su periodo de producción ofrece una reducción de contaminantes y desechos químicos.

- ❖ Por sus propiedades de aplicación en frio omite su producción en planta (calentamiento) reduciendo la contaminación ambiental.

- ❖ Durante su explotación no requiere el uso de elementos contaminantes como los explosivos.

8.3 Operación

- ❖ Después de su instalación (MAN) se puede aperturar el flujo vehicular de forma inmediata en comparación con las la mezcla asfáltica convencional.

- ❖ Facilidad en su reciclaje, reutilización y variedad de alternativas para su utilización.

- ❖ Para su aplicación no requiere gran cantidad de maquinaria, ni maquinaria que cuente con especificaciones técnicas especializadas.

- ❖ Su aplicación en frio permite la reducción en tiempo durante el proceso, pero si es necesario ofrece la posibilidad de su aplicación en tibio y caliente

❖ No es necesario la utilización de productos adicionales como ligantes pues las propiedades de la MAN ofrecen la sustitución de los mismos

9. Ventajas económicas, ambientales y de operación (MDC-19)

9.1 Económicas

❖ Debido a sus elevados costos de sus componentes y proceso de producción en comparación con otros elementos asfálticos no reviste ventajas económicas.

9.2 Ambientales

❖ Presenta periodos extensos de durabilidad y resistencia esto reduce sus mantenimientos a periódicos o rutinarios de ahí la utilización mínima de agregados pétreos.

❖ Se puede reutilizar por medio de mejoramientos y tratamientos en capas de rodadura y para la conformación de estructuras de pavimento.

9.3 Operación

❖ Proporciona durabilidad y resistencia ante altos volúmenes de tránsito.

❖ Con la implementación de tecnología en los equipos para el transporte y extendido es posible obtener acabados tersos y homogéneos proporcionando continuidad sin juntas.

❖ Proporciona un mayor coeficiente de fricción entre la capa de rodadura y los neumáticos del vehículo ofreciendo resistencia al derramamiento.

10. Limitaciones y fortalezas

10.1 Limitaciones

- ❖ Cantera mezcla asfáltica Natural muy distante de la vía.

- ❖ Erosión en los taludes de la vía por falta de mantenimientos.

- ❖ Oposición de los habitantes que residen en los alrededores de la entrada de la guardia la Esmeralda a que se inicie con el proyecto debido al aumento del flujo vehicular.

10.2 Fortalezas

- ❖ Disminución en los tiempos de ingreso y salida del Fuerte Militar de Tolemaida.

- ❖ Reducción en el consumo de combustibles durante el recorrido.

- ❖ Habilitar y propiciar una vía alterna de ingreso y salida al Fuerte Militar en caso de emergencia dentro de las instalaciones del mismo.

- ❖ Valorización de los predios y propiedades de los diferentes habitantes que colindan con el sector de ingreso al Fuerte Militar.

- ❖ Mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes y transeúntes del lugar.

- ❖ Desarrollo económico

11. Conclusiones y recomendaciones

- ❖ El análisis de resultados del ensayo Marshall de la (MAN) se pudo evaluar que los módulos de rigidez son bajos debido a su contenido de asfalto menor al 10 % y requiere un material de aporte emulsión asfáltica para alcanzar los módulos esperados.

- ❖ Los valores de estabilidad arrojados en MAN están dentro de los parámetros admisibles para implantar esta alternativa como rehabilitación y mejoramiento de vías terciarias.

- ❖ Se estableció que para que haya equilibrio entre la estabilidad y la durabilidad los vacíos ocupados por aire en la mezcla (MAN) se limitan entre un 3% y 5%.

- ❖ Se determinó según la variabilidad del porcentaje de asfalto y la granulometría del agregado, que el esfuerzo máximo admisible sometido a la MAN genero un porcentaje de compactación óptimo para vías con bajos volúmenes de tránsito.

- ❖ El cemento asfáltico de penetración usual, y contenido de agregados con diámetro máximo de una pulgada (2,54 cm.) o menos fue un parámetro que la mezcla asfáltica natural cumple la especificación técnica en su implementación.

- ❖ En las dos alternativas de diseño pavimento mezclas asfálticas, se obtuvo un espesor de la carpeta asfáltica de 10 cm para mezcla asfáltica natural alternativa 2, mientras que para el

diseño de alternativa 1 el espesor de la carpeta asfáltica disminuye en 2 cms siendo esta de 8 cm, en lo que respecta a la base granular para las dos alternativas es equitativa 11 cms mientras que se nota una gran diferencia en la subbase granular de 8 cms entre las dos alternativas dividido a el módulo de rigidez que ofrece la MDC-19 superior al de la mezcla asfáltica Natural.

❖ Teniendo en cuenta que la Mezcla asfáltica Natural MAN no cuenta con un proceso costoso en su adaptación disminuye considerablemente su costo en relación con la MDC19 proveniente de Fábrica en la tercera parte incrementando su economía si los proyectos se realizan cerca de canteras de explotación.

❖ En la parte económica la utilización de la Mezcla Asfáltica Natural (MAN) proporciona mayor economía al reducirse el costo de su suministro en un 18% en comparación con la MDC-19; sería mayor el % de reducción en los costos que el anterior debido al aumento en el costo de transporte en la MAN por encontrarse la cantera a 147 kms de distancia del proyecto vial.

❖ La MAN se ha convertido en una opción o alternativa en los procesos de construcción de vías en su capa de rodadura con bajos volúmenes de tránsito sin embargo el INVIAS reglamenta y recomienda su utilización.

12. Recomendaciones

1. Teniendo en cuenta los ensayos preliminares, se recomienda realizar ensayos más avanzados que determinen su composición geomorfológica mediante ensayos mineralógicos para MAN así.

- ✓ ANALISIS GRANULOMETRICO DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO (INV E 213-13)

- ✓ DETERMINACION COEFICIENTE PULIMENTO ACELERADO (CPA) DE LAS PARTICULAS DE AGREGADO GRUESO (INV E 232-13)

- ✓ DETERMINACION DE LA DENSIDAD DE LAS EMULSIONES ASFALTICAS (INV E -754-13)

- ✓ HUMEDAD O DESTILADOS VOLATILES EN MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS (INV E 755-13)

- ✓ CARACTERIZACION DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS ABIERTAS POR MEDIO DEL ENSAYO CANTABRO DE PERDIDA POR DESGASTE (INV E-760-13)

- ✓ VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL DE EMULSIONES ASFALTICAS (INV E – 763-13)

 - ✓ PH DE LAS EMULSIONES ASFALTICAS (INV E-768-13)

 - ✓ ANALISIS GRANULOMETRICO DE LOS AGREGADOS EXTRAIDOS DE MEZCLAS ASFALTICAS (INV E-782)

 - ✓ TOMA DE MUESTRAS MATERIALES BITUMINOSOS (INV E-701-13)

 - ✓ CONTENIDO DE MATERIAL INORGANICO O CENISAS EN LOS MATERIALES BITUMINOSOS (INV E-705-13)
2. Establecer una fórmula de trabajo (MAN) que permita establecer las especificaciones descritas en la norma 4PP- 2017
3. Realizar ensayos de laboratorios como la centrifuga, de tracción directa (INV E-722-13) , deformación plástica ((INV E – 756-13), etc, y todas las que se requieran para lograr el propósito deseado.

13. Resultados

Esta consultoría entrega:

- ❖ Estudio del tránsito
- ❖ Determinación de la capacidad portante del suelo de subrasante
- ❖ Estudios de laboratorio
- ❖ Diseños de las alternativas de pavimentos con perfiles
- ❖ Evaluación económica.
- ❖ Conclusiones y recomendaciones.
- ❖ Registro fotográfico.

14. Referencias

- Ingeniería de Pavimentos para Carreteras, (Fonseca, 2002)
- Normas y Especificaciones 2012 Invias <https://cutt.ly/Le0mncw>
- Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito (Transporte, 2007, pág. 7)
- Pavimentos, T. I. (s.f.). <http://www.tcpavements.cl>

Anexo A. Resultados CBR Laboratorio Subrasante

Anexo B. CBR Insitu

Anexo C. Granulometría Subrasante

Anexo D. Humedades Subrasante

Anexo E. Limites Subrasante

Anexo F. Ensayo Marshall Mezcla asfáltica Natural – Convencional

Anexo G. Ensayo Proctor Subrasante

Anexo H. Presupuesto Estimado dos Alternativas

Anexo I. Cartera Levantamiento Topográfico