

ESTUDIO TÉCNICO COMPARATIVO DEL USO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA  
NATURAL CON EL ASFALTO CONVENCIONAL Y ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN  
PARA LA PERDIDA DE RODADURA DE LA VÍA MELGAR ICONONZO ENTRE EL KM  
1.200 AL KM 14.000 VEREDA LA REFORMA.



PRESENTADO POR:  
KARENT ESTEFANI MAYORGA BORJA  
ID: 000292715  
ALEXÁNDER QUIÑONES MENDEZ  
ID: 000388029  
NELSON FREDY AREVALO LOPEZ  
ID. 000238759

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERIA CIVIL  
PROYECTO DE GRADO  
GIRARDOT, CUNDINAMARCA  
2019-2

ESTUDIO TÉCNICO COMPARATIVO DEL USO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA  
NATURAL CON EL ASFALTO CONVENCIONAL Y ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN  
PARA LA PERDIDA DE RODADURA DE LA VÍA MELGAR ICONONZO ENTRE EL KM  
1.200 AL KM 14.0 VEREDA LA REFORMA.

Trabajo de Grado para Optar el Título como Ingenieros Civiles de la Universidad Minuto de  
Dios del Centro Regional Girardot

PRESENTADO POR:  
KARENT ESTEFANI MAYORGA BORJA  
ID: 000292715  
ALEXÁNDER QUIÑONES MENDEZ  
ID: 000388029  
NELSON FREDY AREVALO LOPEZ  
ID. 000238759

LEANDRO VELASQUEZ SALGUERO  
INGENIERO CIVIL  
(ASESOR DEL PROYECTO)

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERIA CIVIL  
PROYECTO DE GRADO  
GIRARDOT, CUNDINAMARCA  
2019-2

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

---

Firma del jurado

## Resumen

El presente trabajo de grado se encarga de un estudio técnico comparativo respecto al uso de la mezcla asfáltica natural con el asfalto tradicional, realizando diagnóstico actual de la Vía entre los municipios de Melgar – Icononzo departamento de Tolima Km 1+200 al Km 14+000, teniendo como resultado la deficiencia en la Vía y concluyendo así que no es viable una rehabilitación o mantenimiento, por el grado de deterioramiento de la carpeta asfáltica es por ende que se debe realizar diseño del pavimento según estudio de tránsito

Se realizan estudios de suelos como lo son laboratorios para obtener límite líquido y plástico de las muestras extraídas, lavado para granulometría, CBR y Proctor; también diseño de pavimento respecto a estudio de tránsito realizado durante un periodo de 5 días hábiles comprendidos entre días hábiles y días de un fin de semana, todo esto con resultados de cantidad de obra para propuesta económica una con el uso de la mezcla asfáltica natural y otra con el uso del asfalto tradicional

## ABSTRACT

The present degree work is in charge of a comparative technical study regarding the use of natural asphalt mixture with traditional asphalt, making a current diagnosis of the Road between the municipalities of Melgar - Icononzo department of Tolima Km 1 + 200 to Km 14 + 000 , resulting in the deficiency in the Via and concluding that a rehabilitation or maintenance is not feasible, due to the degree of deterioration of the asphalt binder, it is therefore necessary to perform pavement design according to a traffic study

Soil studies are carried out such as laboratories to obtain liquid and plastic limit of the samples taken, granulometry washing, CBR and Proctor; also pavement design with respect to traffic study carried out during a period of 5 business days between business days and days of a weekend, all this with results of amount of work for economic proposal one with the use of the natural asphalt mixture and another with the use of traditional asphalt

## Tabla de Contenido

Lista de tablas.....	8
Lista de grafías.....	9
Lista de ilustraciones .....	8
1. Introducción.....	11
2. Planteamiento del problema.....	13
2.1 Descripción del problema.....	14
2.2 Formulación del problema.....	14
3. Justificación.....	15
4. Objetivos.....	16
4.1 Objetivo general.....	16
4.2 Objetivos específicos.....	16
5. Marco Referencial.....	17
5.1 Historia.....	17
5.2 Marco Contextual.....	18
5.3 Marco Conceptual.....	19
5.4 Marco Teórico.....	21
5.5 Marco Legal.....	26
6. Metodología del proyecto.....	30
6.1 Descripción De La Zona De Estudios.....	32
6.2 Estudios De Geotecnia.....	33
6.3 Estudio De Tránsito.....	34
6.4 Diseño De Pavimentos Por El Método Aashto.....	41
7. Presupuesto .....	52
Conclusiones.....	53

Recomendaciones.....	55
Bibliografía.....	57

## Lista de tablas

Tabla 1. Manual de diseño de pavimentos.....	21
Tabla 2. Sistema unificado de clasificación para suelos arenosos.....	24
Tabla 3. Sistema unificado para suelos limosos y arcillosos.....	25
Tabla4. Proyección tránsito entre semana y fin de semana .....	39
Tabla 5. Factor promedio de equivalencia de carga vehicular .....	40
Tabla 6. T P D.....	37
Tabla 7. Vehículos pesados que emplean el carril de diseño.....	37
Tabla 8. Tipo de carretera.....	41
Tabla 9. Calidad del drenaje tiempo.....	41
Tabla 10. Calidad del drenaje porcentaje.....	42
Tabla 11. Alternativa 1.....	43
Tabla 12. Alternativa 2.....	45

### **Listado de graficas**

Grafica 1. Manual de diseño de pavimentos .....	19
Grafica 2. Carta de plasticidad.....	23

### **Listado de Ilustración**

Ilustración 1. Sección transversal.....	25
Ilustración 2. Mapa ubicación.....	28
Ilustración 3. Esquema de clasificación de vehículos.....	31
Ilustración 4. Composición vehicular.....	34
Ilustración 5. Determinación del número de ejes equivalente de diseño.....	36
Ilustración 6. Estructura alternativa 1.....	44
Ilustración 7. Manual de diseño de pavimentos flexibles.....	46
Ilustración 8. Manual de pavimentos.....	47
Ilustración 9. Función de modelo resiliente del concreto asfaltico.....	48
Ilustración 10. Presupuesto.....	51

## 1. Introducción

Desde miles de años atrás, el nacimiento del hombre ha generado diversas necesidades personales entre estas están: Desplazarse de un lugar a otro para subsistir como lo es conseguir el alimento para su consumo diario, gozar de atención médica, realizar actividades laborales que le generen sustento económico para suplir sus necesidades e infinidad de cosas, entre estas están comunicarse entre personas para el crecimiento cultural, social y el crecimiento de la sociedad como el intercambio de productos, construcciones y demás que de alguna u otra manera conllevan a la utilización de una red de movilidad.

A partir de esto se empezó el desarrollo de rutas y mecanismos; como por ejemplo los caminos de herradura con sus vehículos de tracción animal, que fueron perfeccionándose a través del tiempo y junto con los avances tecnológicos, se han convertido en las vías y autopistas pavimentadas que hoy se conocen, con los respectivos vehículos modernos que facilitan la movilización de manera rápida, cómoda, segura.

En el territorio colombiano contamos con una red vial reglamentadas por vías primarias, secundarias y terciarias reglamentadas por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) quien es la indicadora de los parámetros y elementos de cada una de ellas según su funcionabilidad. Esta red vial la comprenden las vías primarias las cuales comunican a las grandes ciudades entre sí, las vías secundarias que comunican las grandes ciudades con los municipios y las vías terciarias que comunican las cabeceras municipales con sus veredas.

En el presente proyecto se tomaron como referencia 13 km perteneciente a la vía que comunica al municipio de Melgar con el Municipio de Icononzo, por lo tanto, se clasifica

como una vía secundaria que está actualmente pavimentada, pero en estado deficiente según diagnóstico visual. Por su funcionamiento y estado actual esta ocasiona algunos inconvenientes, como lo son, accidentabilidad, retraso en los tiempos de recorrido, daño en los vehículos esto desfavoreciendo enormemente el desarrollo de la región.

Teniendo en cuenta lo anterior se realizó un diagnóstico actual de la Vía, estudios de suelos, diseño del pavimento y propuestas económicas según el uso de la mezcla asfáltica natural o el asfalto convencional realizando comparación con la relación costo-beneficio.

## 2. Planteamiento del problema

En la vía que comunica los municipios de Melgar e Icononzo en el departamento de Tolima, se presenta un evidente deterioro en la capa de rodadura de la vía y la pérdida de la banca por socavación del terreno, debido a las intensas temporadas de lluvias que se presentan en esta región. En los últimos años, esto ha ocasionado innumerables accidentes de tránsito, algunos con víctimas fatales, daños materiales y grandes afectaciones en el normal desarrollo de las actividades cotidianas laborales y sociales de los habitantes de la zona; causando grandes pérdidas en la economía familiar, municipal y regional, así como la afectación directa en el nivel de servicio de la vía.

Asociado a ello, la falta de señalización vial contribuye al incremento de la accidentalidad en esta zona, es de especificar que la vía contiene mucha curvatura con una alta peligrosidad; como consecuencia, el tránsito de vehículos se ve frecuentemente congestionado o interrumpido y en el peor de los casos.

Esto afecta considerablemente a los habitantes de estos dos municipios y en especial a quienes se alojan en viviendas ubicadas en la zona rural; pues incluso su integridad física está en riesgo con la anormalidad del tránsito por esta vía. Por otra parte, la salud de los habitantes se ve afectada, ya que en el caso de eventos imprevistos que requieren de ambulancias o vehículos que lleven vidas humanas al borde de la muerte o con heridas de atención médica y que sea necesario el incremento de la velocidad para llegar al sitio de atención médica, se ve retardado por el mal estado en que se encuentra la vía.

En suma, actualmente la vía se encuentra en un estado deficiente y los entes gubernamentales en los últimos años solo han dado soluciones rápidas y a corto plazo con reparcheos, sin

hacer estudios previos sobre los factores que intervienen principalmente en esta problemática y sin explorar intervenciones.

## **2.1 Descripción del problema**

Para generar soluciones al problema, se hace necesario diagnosticar por qué la capa de rodadura de la vía se deteriora de esta manera. Para ello se propone un análisis de los factores ambientales; de las características del suelo; y de técnicas y uso de materiales en la vía; que influyen en su estado. Para ello, se propone la realización de estudios técnicos como lo son tipo de suelo, entre el kilómetro k1+000 y el k 14+000 en el municipio de Melgar Tolima y la vereda Calcuta.

Del mismo modo, se propone un estudio técnico comparativo que valide el uso de la mezcla asfáltica natural para el mejoramiento a largo plazo de este problema en la vía, por encima del asfalto convencional. Como acción final, se pretende formular una valoración económica de su implementación en un tramo de la vía, a fin de que los entes gubernamentales puedan contar con un estudio que les permita optar por soluciones para este importante corredor vial.

## **2.2 Formulación del problema**

¿Cómo influye el uso de mezcla asfáltica natural y la mezcla asfáltica convencional (MDC 19) en el mejoramiento de la capa de rodadura de la Vía Melgar Icononzo en el Departamento del Tolima?

### 3. Justificación

Ante las nuevas políticas estatales (El mundo, 2013). en cuanto a inversión en vías 4G, la vía comprendida entre el Municipio de Melgar Tolima y el municipio de Icononzo Tolima se hace necesario la construcción nuevamente de la vía, ya que esta es el eje fundamental de comunicación entre dos municipios y veredas que se benefician en el suplemento de sus necesidades básicas: vivienda, salud, trabajo, estudio, alimentación como el crecimiento económico y social de esta región colombiana.

Con la aparición de las nuevas tendencias y avances tecnológicos en materia vial, es fundamental la realización de los diferentes estudios planteados, debido a que los municipios de Melgar e Icononzo son territorios agrícolas, ganaderos y con gran afluente de turistas que desean conocer y disfrutar de esta región, El departamento del Tolima tiene como fuente principal de economía la producción de alimentos de primera necesidad, de igual forma se benefician un sin número de personas que estudian, trabajan, etc. y que requieren del buen estado de este conector Vial.

Con lo anterior, es indispensable resaltar la importancia en la realización de este proyecto, pues se brindarían propuestas que logren alcanzar en un futuro la ejecución de las mismas, contribuyendo a la sociedad y sobre todo un progreso para toda la región

## 4. Objetivos

### 4.1 Objetivo general.

Comparar la mezcla asfáltica natural y el asfalto convencional con relación a su uso, aplicabilidad y costo-beneficio que nos genere una alternativa de solución para el mejoramiento de la pérdida de rodadura de la capa asfáltica de la Vía Melgar Icononzo en el Departamento del Tolima entre el km 1+200 al km 14+000 vereda Calcuta, realizando estudios de flujo vehicular y características del suelo.

### 4.2 Objetivos específicos.

- Documentar el estudio correspondiente al deterioro de la Vía, como lo son estudios de suelos y flujos de tránsito.
- Identificar sistema de recolección de aguas lluvias en la vía
- Validar el impacto del uso de la mezcla asfáltica natural para las características de la vía según resultados de estudios geotécnicos y flujos vehiculares.
- Formular valoración económica del uso de mezcla asfáltica natural como solución.

## 5. Marco Referencial

### 5.1 Historia

La historia de las primeras vías en Colombia se remonta a finales del siglo XIX, Debido a la necesidad de transportar los productos agrícolas desde las zonas rurales hasta las grandes ciudades en ese entonces en nuestro territorio. Entre 1890 y 1905 con la llegada de los primeros automóviles al País, se crea en si el Ministerio de Obras Públicas bajo la dirección de Rafael Reyes Como Presidente, Para empezar a direccionar las vías nacionales, Férreas y la canalización de los Ríos. Desde este año se definieron las carreteras en Nacionales, Departamentales, Y Municipales, Tal y como están ahora, (Primarias, Secundarias y terciarias). (Rosario, 2013)

Para 1930 Colombia contaba con una red de 5.700 km que no estaban integradas como red nacional; por lo cual, el Gobierno Nacional por la Ley 88 de 1931, creó el Consejo Nacional de Vías de Comunicación, que se encargó de preparar el primer plan de carreteras nacionales, bajo dicha ley la red de carreteras nacionales de Colombia tendría una longitud de 6.204 km Divididas en Troncales y transversales. Para 1938, se empiezan a pavimentar las primeras rutas nacionales bajo el programa "cambio de piso". Bajo el gobierno de Eduardo Santos (1938-1942) se crean contratos para pavimenta 900 km de vías a pesar de que muchos de los contratos se dilatan, se logran pavimentar los primeros tramos entre Cúcuta-Puente Internacional, Cartagena – Sabanalarga, Usaquén – La Caro, Muzo – Chusacá, y Fontibón – Facatativá (Bravo, 2014).

De acuerdo con cifras del Ministerio de Transporte, actualmente el país cuenta con cerca de 162.000 km de vías que conforman el total de la red vial nacional. La red primaria está

conformada por algo más de 16.000 km (aquella que está a cargo de la nación), 71.000 km correspondientes a la red secundaria (aquella que se encuentra a cargo de los departamentos), y cerca de 60.000 km correspondientes a la red terciaria. Dada la carencia de recursos por parte de los entes municipales, la nación, a través del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), se hizo cargo de cerca de 26.000 km de la red terciaria, mientras que los restantes 35.000 siguen a cargo de los municipios (Pérez, 2015).

La Alcaldía de Melgar a cargo del alcalde MIGUEL ANTONIO PARRA PINILLA realizan actualmente un proyecto para el mejoramiento de la Vía que comunica Melgar Icononzo con zonas veredales del Municipio de Melgar Tolima, esto con reparcheos que no garantizan la durabilidad de la carpeta asfáltica, esto teniendo en cuenta que no realizaron ningún estudio previo de tránsito o del suelo para garantizar la efectividad en esta inversión.

## **5.2 Marco Contextual**

El diagnóstico del estado actual de la Vía que comunica al Municipio de Melgar, Con el Municipio de Icononzo, Tolima en el tramo comprendido entre el Km 1+200 al Km 14+000, se enmarcará bajo un contexto vial secundario y cuya principal actividad económica es la agricultura, también se trabaja en menor cantidad con la ganadería, criaderos de peces, cerdos, gallinas ponedoras y pollos de engorde; se trabajara con los pobladores de la zona como elemento integrador de la etapa diagnóstico, con el fin de conocer las problemáticas consecuentes del actual estado de la vía, se realizarán aforos vehiculares, mediciones en campo, y estudio de suelo, para el logro de los objetivos propuestos su facilidad para la construcción y posterior pavimentación lo que permitirá la fácil movilidad de las personas

que prestan el servicio de transporte hecho que disminuirá los tiempos de viaje y el índice de accidentalidad, mejorando la calidad de vida de los habitantes.

### **5.3 Marco Conceptual**

**5.3.1 Cuneta.** Las cunetas son estructuras de drenaje que captan las aguas de escorrentía superficial proveniente de la plataforma de la vía y de los taludes de corte, conduciéndolas longitudinalmente hasta asegurar su adecuada disposición. Las cunetas construidas en zonas en terraplén protegen también los bordes de la berma y los taludes del terraplén de la erosión causada por el agua lluvia, además de servir, en muchas ocasiones, para continuar las cunetas de corte hasta una corriente natural, en la cual entregar (INVIAS, 2009).

**5.3.2. Alcantarilla.** Una alcantarilla es un conducto relativamente corto a través del cual se cruza el agua bajo la vía de un costado a otro. Incluye, por lo tanto, conductos con cualquier sección geométrica: circulares y alcantarillas de cajón principalmente (INVIAS, 2009).

**5.3.3. Filtración.** La filtración se suele definir como el movimiento o flujo de un fluido a través de un medio poroso permeable. Para los fines de este manual, el fluido es el agua y el medio poroso permeable está constituido por los suelos y rocas naturales y los elementos estructurales del pavimento. El punto hasta el cual permite el medio poroso que fluya el fluido, es decir, su permeabilidad, depende de la manera como estén interconectados sus vacíos y del tamaño y la forma de dichas conexiones. (INVIAS, 2009). 14

**5.3.4. Velocidad de diseño.** Es el proceso de asignación de la Velocidad de Diseño donde se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad de los usuarios. Es por esto que la velocidad de diseño a lo largo del trazado debe ser tal que los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos y/o muy frecuentes en la velocidad con la finalidad de obtener una máxima seguridad el recorrido. (INVIAS, 2008).

**5.3.5. Carretera.** Infraestructura del transporte cuya finalidad es permitir la circulación de vehículos en condiciones de continuidad en el espacio y el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y de comodidad. Puede estar constituida por una o varias calzadas, uno o varios sentidos de circulación o uno o varios carriles en cada sentido, de acuerdo con las exigencias de la demanda de tránsito y la clasificación funcional de la misma. (INVIAS, 2008).

**5.3.6 Pavimento flexible.** Tipo de pavimento constituido por una capa de rodadura bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas granulares no rígidas (INVIAS, 2008).

**5.3.7. Pendiente transversal del terreno.** Corresponde aquellas pendientes que tienen las inclinaciones naturales del terreno, medidas en el sentido transversal del eje de la vía. (INVIAS, 2008).

**5.3.8. Rasante.** Es la proyección vertical del desarrollo del eje de la superficie de rodadura de la vía la cual servirá como base de colocación del pavimento (INVIAS, 2008).

**5.3.9. Vehículo de diseño.** Tipo de vehículo cuyo peso, dimensiones y características de operación se usan para establecer los controles de diseño que acomoden vehículos del tipo designado. Con propósitos de diseño geométrico, el vehículo de diseño debe ser uno, se podría decir que imaginario, cuyas dimensiones y radio mínimo de giro sean mayores que los de la mayoría de vehículos de su clase (INVIAS, 2008).

## **5.4 Marco Teórico**

**5.4.1 Estudios Geotécnicos.** Al evaluar un pavimento existente la exploración del suelo y los ensayos de laboratorio realizados a los distintos materiales utilizados en las capas del pavimento juegan un papel muy importante, debido a que éstos proporcionan información de gran valor a la hora de tomar decisiones con respecto al estado en que se encuentran los materiales de la estructura de pavimento.

Para la obtención de la información geotécnica básica de las propiedades del suelo, deben efectuarse ensayos de campo y laboratorio que determinen su distribución y propiedades físicas.

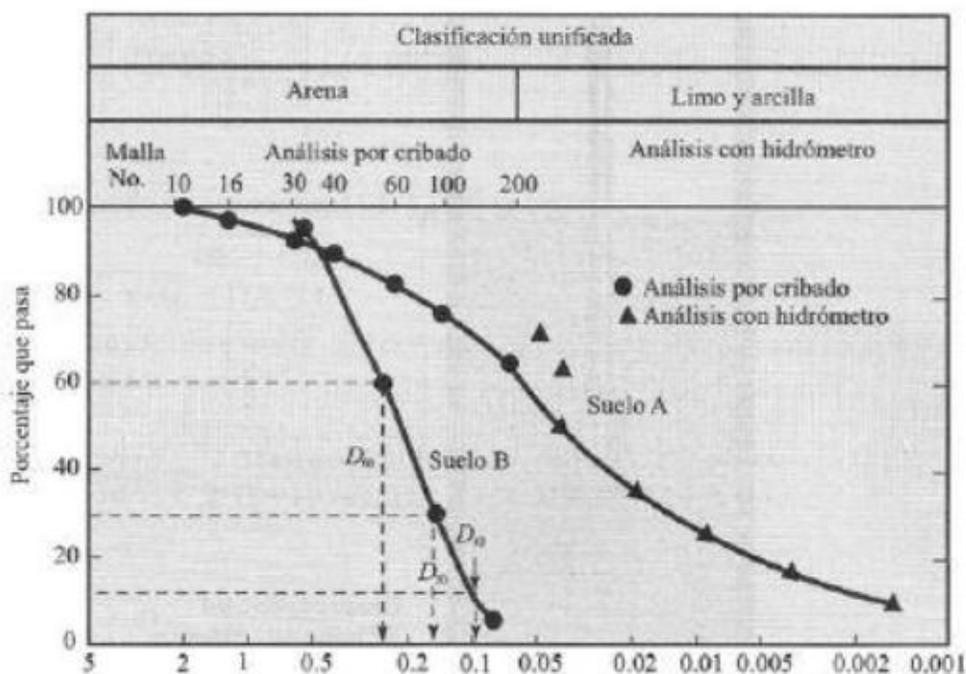
Una investigación de suelos debe comprender los siguientes estudios:

**5.4.1.1. Caracterización Geotécnica.** Tamaño de las partículas de suelos: Los tamaños de las partículas que conforman un suelo, varían en un amplio rango. Los suelos, en general, son llamados grava, arena, limo o arcillas, dependiendo del tamaño predominante de las partículas. La tabla 1 muestra los límites de tamaño de suelo separados desarrollados por el

Instituto tecnológico de Massachusetts y la Asociación de Funcionarios del Transporte y Carreteras estatales AASHTO.

**Curva de distribución granulométrica:** Los resultados del análisis mecánico se presentan generalmente en graficas semi-logarítmicas como curvas de distribución granulométrica. Los diámetros de las partículas se grafican en escala logarítmica y el porcentaje correspondiente de finos en escala aritmética.

Tabla 1



Grafica 1 Manual diseño de pavimentos flexibles (.....)

Curvas de distribución del tamaño de partículas (curvas granulométrica)

**Consistencia del suelo:** Según (Braja M. Das, 2001) Albert Mauritz Atterberg desarrollo un método para describir la consistencia de los suelos de grano fino con contenidos de agua variables a muy bajo contenido de agua, el suelo se comporta más como un sólido frágil. Cuando el contenido de agua es muy alto, el suelo y el agua fluyen como un líquido. Por tanto, dependiendo el contenido de agua, la naturaleza del comportamiento del suelo se clasifica arbitrariamente en cuatro estados básicos, denominados sólidos, semisólido, plásticos y líquido. Limite liquido (LL): Se define como el contenido de agua de un suelo fino, para el cual su resistencia al corte es aproximadamente de 25 g/cm<sup>2</sup>; Limite plástico (PL): Se define como el contenido de agua, en porcentaje, con el cual el suelo, al ser enrollado en rollitos de 3.2 mm de diámetro, se desmorona. Es el límite inferior de la etapa plástica del suelo y Limite de contracción (SL): La masa de suelo se contrae conforme se pierde gradualmente el agua del suelo. Con una pérdida continua de agua, se alcanza una etapa de equilibrio en la que más pérdida de agua conducirá a que no haya cambio de volumen.

**5.4.1.2 Consistencia del suelo:** Según (Braja M. Das, 2001) Albert Mauritz Atterberg desarrollo un método para describir la consistencia de los suelos de grano fino con contenidos de agua variables a muy bajo contenido de agua, el suelo se comporta más como un sólido frágil. Cuando el contenido de agua es muy alto, el suelo y el agua fluyen como un líquido. Por tanto, dependiendo del contenido de agua, la naturaleza del comportamiento del suelo se clasifica arbitrariamente en cuatro estados básicos, denominados sólidos, semisólido, plásticos y líquido. Limite liquido (LL): Se define como el contenido de agua de un suelo fino, para el cual su

resistencia al corte es aproximadamente de 25 g/cm<sup>2</sup>; Limite plástico (PL): Se define como el contenido de agua, en porcentaje, con el cual el suelo, al ser enrollado en rollitos de 3.2 mm de diámetro, se desmorona. Es el límite inferior de la etapa plástica del suelo y Limite de contracción (SL): La masa de suelo se contrae conforme se pierde gradualmente el agua del suelo. Con una pérdida continua de agua, se alcanza una etapa de equilibrio en la que más pérdida de agua conducirá a que no haya cambio de volumen.

Sistema unificado de clasificación de suelos: El sistema unificado de clasificación se presenta en las siguientes tablas; clasifica los suelos en dos amplias categorías: 1. Suelos de grano grueso, tipo grava o arenosos con menos del 50% pasando por la malla No. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo G o S.G significa grava o suelo gravoso y S significa arena o suelo arenoso. 2. Suelos de grano fino, con el 50% o más pasando por la malla No. 200. Los símbolos de grupos comienzan con un prefijo M, que significa limo inorgánico, C para arcilla inorgánica u O para limos y arcillas orgánicos. El símbolo Pt se usa para turbas, lodos y otros suelos altamente orgánicos. Otros símbolos son también usados para la clasificación están el W: bien graduado, P: mal graduado, L: baja plasticidad (limite liquido menor que 50) y el H: alta plasticidad (limite liquido mayor que 50).

**Tabla 2.**  
*Sistema unificado de Clasificación; para suelos arenosos.*

Grupo	Criterios
Sw	Menos de 5% pasa la malla No. 200; $C60/D10$ mayor o igual a 6; $C2=(D30)^2/(D10 \times D60)$ entre 1 y 3
SP	Menos de 5% pasa la malla No. 200; no cumple ambos criterios para SW
SM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites Atterberg se grafican debajo de la línea A; o índice de plasticidad menor que 4
SC	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites Atterberg se grafican arriba de la Línea A; índice de plasticidad menor que 7
SC-SM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites Atterberg caen en el área sombreada marcada CL-ML.
SW-SM	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW y SM
SW-SC	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW y SC
SP-SM	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP y SM
SP-SC	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP y SC

Nota fuente: Libro fundamentos de ingeniería geotécnica.

**Tabla 3.**  
*Sistema unificado de Clasificación, símbolos de grupo para suelos limosos y arcillosos.*

Símbolo de grupo	Criterios
CL	Inorgánico; $LL < 50$ ; $PI > 7$ ; se grafica sobre o arriba de la línea A
ML	Inorgánico; $LL < 50$ ; $PI > 4$ ; se grafica debajo de la línea A
OL	Orgánico; $LL - \text{seco en horno} / (LL - \text{sin secar}) < 0,75$ ; $LL < 50$
CH	Orgánico; $LL - \geq 50$ ; $PI$ se grafica sobre o arriba de la línea A
CH	Inorgánico; $LL \geq 50$ ; $PI$ se grafica debajo de la línea A
OH	Orgánico; $LL - \text{seco en horno} / (LL - \text{sin secar}) < 0,75$ ; $LL \geq 50$

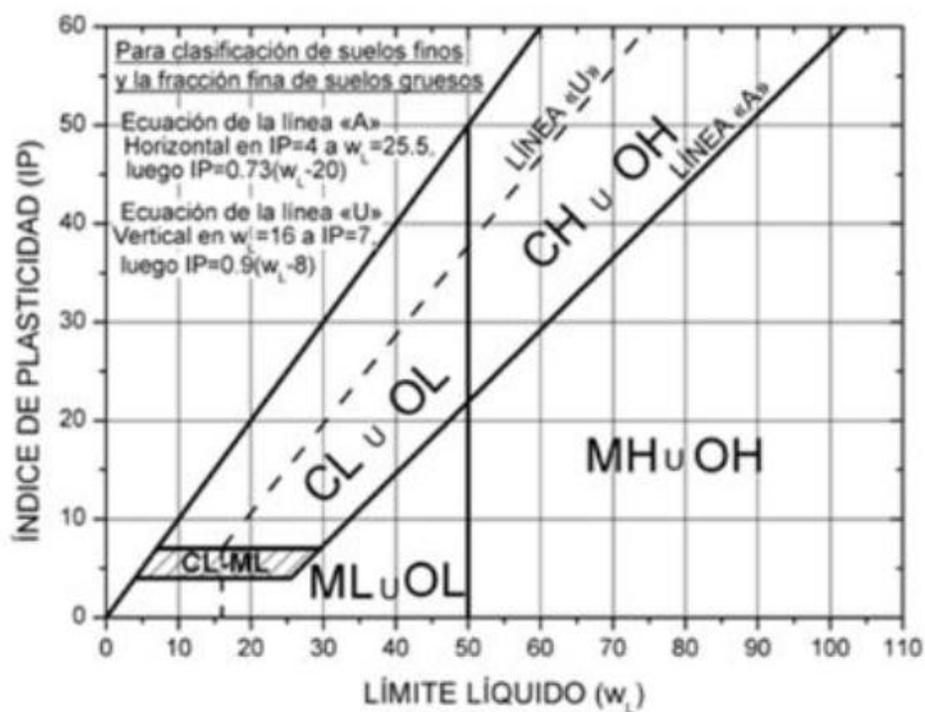
Nota fuente: Libro fundamentos de ingeniería geotécnica.

De esta forma para obtener una clasificación apropiada por medio de este sistema, es de vital importancia conocerse la siguiente información: 1. Porcentaje de grava, es decir, la fracción que pasa la malla de 76.2 mm y es retenido en la malla No. 4 (abertura de 4.75mm); 2. Porcentaje de arena, es decir, la fracción que pasa la malla No. 4 (abertura de 4.75mm) y es retenido en la malla, No. 200 (abertura de 0.075mm); 3. Porcentaje de limo y arcilla, es decir, la fracción de finos que pasan la malla No. 200 (abertura de 0.075 mm); 4. Coeficiente de

uniformidad ( $C_u$ ) y coeficiente de curvatura ( $C_z$ ); 5. Límite líquido e índice de plasticidad de la porción de suelo que pasa la malla No. 40.

Los símbolos de grupo para suelos tipo grava de grano grueso son GW, GP, GM, GC, GC-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GM, y GP-GC. Similarmente, los símbolos de grupos para suelos de grano fino son CL, ML, OL, CH, MH, OH, CL-ML y Pt.

Grafica 2



Carta de plasticidad, límites de atterberg

Nota fuente: Libro fundamentos de Ingeniería Geotécnica

#### 5.4.2 Pavimentos

Un pavimento principalmente está compuesto por una variedad de capas las cuales se deben encontrar superpuestas entre sí, de esta manera se diseña y se construye técnicamente con

materiales apropiados y con una excelente compactación. Cabe destacar que el conjunto de las estructuras estratificadas deben apoyarse directamente sobre la sub-rasante de la vía, la cual debe resistir satisfactoriamente con cada uno de los esfuerzos impuestos que las cargas repetidas de tránsito producirá y a la vez transmitirá durante el periodo de diseño a la cual fue proyecta. (Alfonso Montejó Fonseca, 2002).

De esta forma (Alfonso Montejó Fonseca, 2002) afirma que el pavimento deberá cumplir ciertos requisitos para funcionar adecuadamente:

1. Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito y a los agentes de interperismo.
2. Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos, por cuanto ella tiene una decisiva influencia en la seguridad vial. Además debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.
3. Debe presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.
4. Ser duradera en el tiempo
5. Debe ser económica
6. Debe brindar una suficiente comodidad al usuario en cuanto al ruido de rodadura
7. Debe poseer un adecuado acabado en relación al color, esto con el fin de evitar reflejos y deslumbramiento para proporcionar así seguridad al tránsito.

### 5.4.2.1 Pavimentos Flexibles

Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base. Siendo así que la distribución de cargas en este tipo de pavimento es transmitida de forma directa a las capas inferiores pues no aporta ninguna capacidad portante a la estructura. (Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

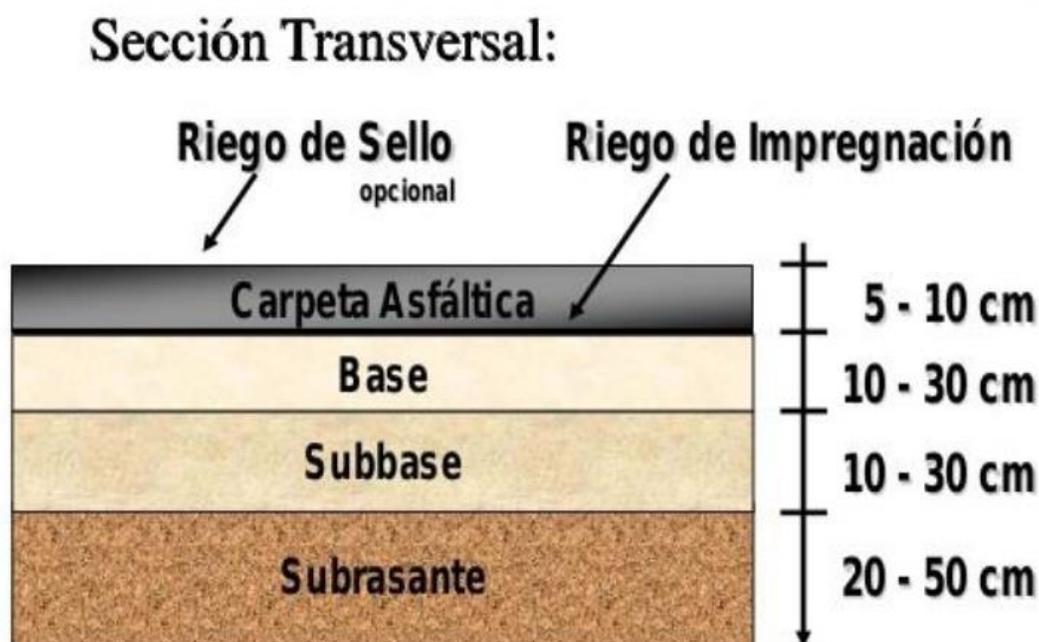


Ilustración 1

Sección típica de pavimento flexible

Nota fuente: Libro Ingeniería de pavimentos para carreteras

El pavimento flexible cuenta con unas capas que según (Alfonso Montejo Fonseca, 2002) tienen unas funciones específicas, estas capas son:

## 5.5 Marco Legal

ENTIDAD	NACION	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA	LEY 1682 DE 2013 Por la cual se adoptan medidas y disposiciones para los proyectos de infraestructura de transporte y se conceden facultades extraordinarias		
PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA	DECRETO 2171 DE 1992 Por el cual se reestructura el Ministerio de Obras Públicas y Transporte como Ministerio de Transporte y se suprimen, fusionan y reestructuran entidades de la rama ejecutiva del orden nacional		
PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA	LEY 715 DE 2001 Por la cual se dictan normas orgánicas en materia de recursos y competencias de conformidad con los artículos 151, 288, 356 y 357 (Acto Legislativo 01 de 2001) de la Constitución Política y se dictan otras disposiciones para organizar la prestación de los servicios de educación y salud, entre otros.		
ASAMBLEA DEPARTAMENTAL DEL TOLIMA		ORDENANZA NO. 0002 31 DE MAYO DE 2016 Por la cual se adopta el Plan de Desarrollo Departamental "Soluciones que transforman 2016-2019" y se conceden unas autorizaciones al señor Gobernador del Departamento del Tolima	
CONCEJO MUNICIPAL DE MELGAR TOLIMA			ACUERDO N° 005 DE 2016 Por el cual se adopta el plan de desarrollo para el municipio de Melgar, departamento del Tolima para el periodo 2016-2019
CONCEJO MUNICIPAL DE MELGAR TOLIMA			ACUERDO N° 005 DE 2016 por el cual se adopta la revisión y ajuste general ordinario del plan básico de ordenamiento territorial del municipio melgar – Tolima

Tabla 3 fuente página instituto nacional de vías

## 6. Metodología del proyecto

Las actividades ejecutadas para la realización de las diferentes alternativas de diseño de las estructuras de pavimento en el Tramo 1, comprendido desde K1+200 hasta el K14+000 clasificada como vía secundaria la cual comunica dos municipios y las zonas veredales del municipio de Melgar Tolima.

Dentro del desarrollo investigativo del proyecto se tendrá en cuenta una serie de parámetros normativos que ayudaran a la realización del mismo bajo estándares de calidad, teniendo en cuenta como base los manuales de las diferentes entidades estatales que existen en el país entre los cuales están

- Manual de diseño (AASTHO)
- Especificaciones generales de construcción de carreteras (INVIAS)

Por lo tanto, se llevarán a cabo diferentes fases y estudios través de IV fases como se relaciona a continuación.

Fases del proceso

### **Fase I. Recopilación de Información y diagnostico actual de la Vía.**

En esta fase inicial se hizo el desplazamiento a la población para hacer el reconocimiento del sector, toma de registros fotográficos, auscultación visual del estado actual de la vía y visitas de la Secretaria de Planeación, Infraestructura y Desarrollo de la Alcaldía Municipal de ambos municipios, pero ninguno aportó información veraz para nuestro proyecto.

Es así que con el diagnóstico visual de la Vía se evidenció fallas considerables en la rodadura de la Vía, clasificadas según la norma INVIAS con su respectivo registro fotográfico que ayudaran notoriamente en los anexos.

Teniendo en cuenta las visitas en campo realizadas por los investigadores se evidenció que la vía presenta deficiencias en cuanto a los parámetros más importantes que se deben tener presente para su correcto funcionamiento. Esto ocasiona que la vía se encuentre en un pésimo estado, dichas deficiencias comprenden la solución de construcción nuevamente de la Vía.

### **Fase II. Aforos y Estudio de Suelos.**

Se realizaron los aforos vehiculares con tres estaciones de conteo ubicados en el K1+200, K9+800 y K13+800, las muestras del suelo obtenidas en campo mediante pruebas en el laboratorio de la Corporación Universitaria Minuto de Dios con el fin de aprovechar los recursos que esta misma nos brinda, de esta manera se realizan ensayos respectivos a la mezcla asfáltica natural y al asfalto convencional garantizando un cuadro comparativo entre la relación costo beneficio de estas dos.

### **Fase III. Elaboración de diseños**

Esta fase consistió en la elaboración de los diseños de las estructuras de pavimento Flexible aplicando el Método AASHTO 1993 y mezcla asfáltica natural. Obtenidas las estructuras de pavimento flexible seleccionando la más favorable considerando aspectos técnicos, de seguridad, durabilidad y economía con la correspondientes conclusiones y recomendaciones para su construcción.

## 6.1 Descripción De La Zona De Estudios

La vía o zona de estudio a estudiar esta comprendida entre la abscisa k1+200 hasta el K14+000 de la Vía Melgar Icononzo Tolima y que comunica el sector vereda del municipio de Melgar Tolima.

### Ubicación

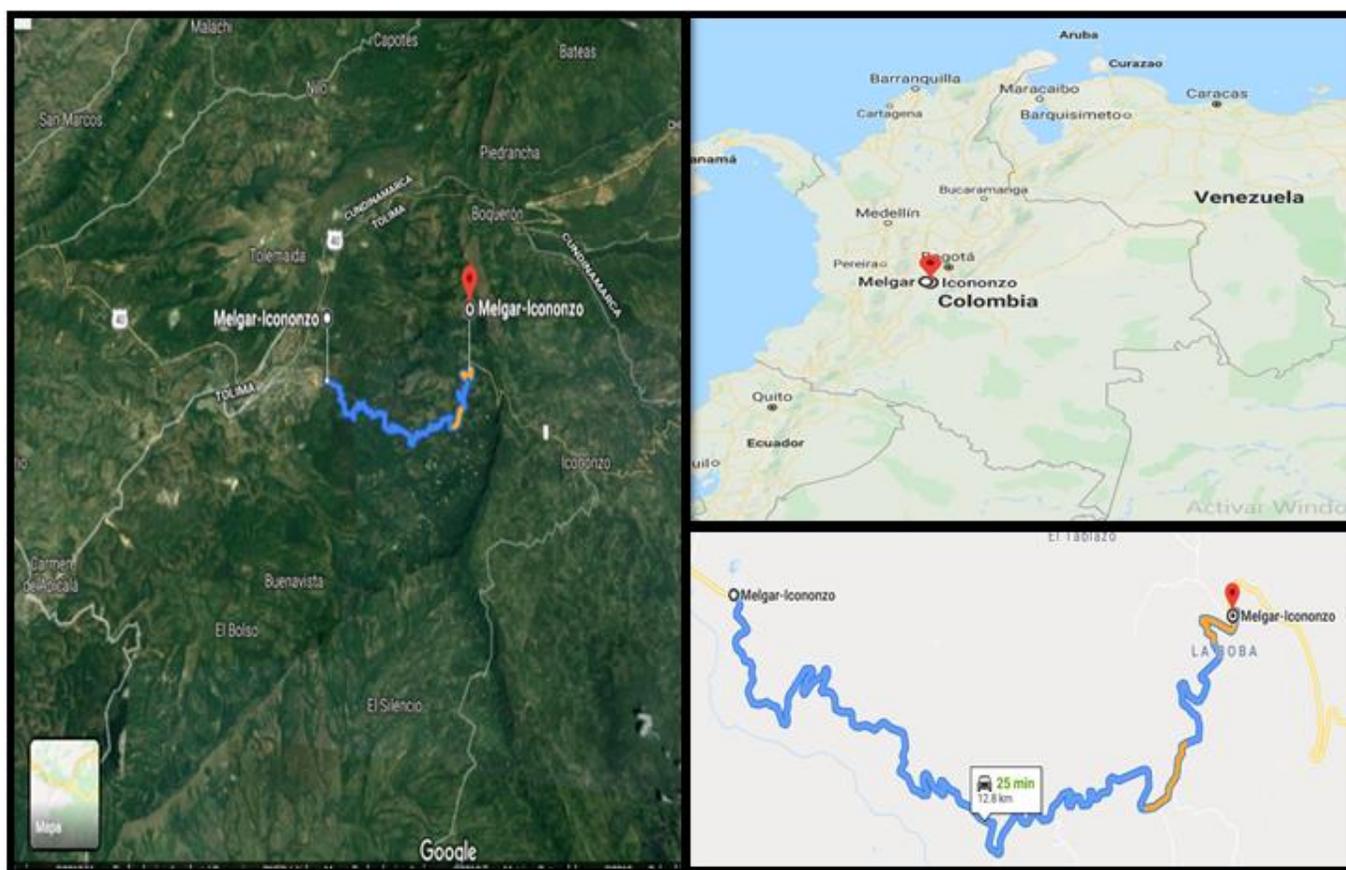


Ilustración 2 fuente Google maps

**Diagnóstico de la vía** La vía presenta una estructura de pavimento flexible que ya ha cumplido su periodo de servicio, debido a que fue construido hace más de 10 años y presenta deterioros severos con baches profundos a lo ancho y largo del carretable, que lo hacen intransitable y

peligroso para los usuarios. Son mínimos los mantenimientos preventivos y rutinarios que se le hacen por parte de las administraciones, solo algunos rellenos con asfalto en los huecos profundos para mitigar las caídas en ellos, pero que poco duran, acrecentando la problemática de la circulación vehicular.

## **6.2 Estudios De Geotecnia**

El estudio de suelos de la subrasante fue realizado por los mismos estudiantes aplicados en este proyecto bajo las instalaciones y recursos que nos brinda la Universidad Minuto de Dios, en donde se obtuvo el perfil estratigráfico y las características físicas para determinar la capacidad portante del suelo de subrasante para determinar su calidad. Ensayos de laboratorio.

Los apiques se realizaron a una profundidad de 1.00 m. Las muestras que se tomaron fueron alteradas y permitieron determinar la capacidad portante de la subrasante a través de ensayos de CBR.

En las exploraciones se registraron las condiciones estratigráficas del subsuelo y se recuperaron simultáneamente muestras representativas a diferentes profundidades. Ver anexo F. Ensayos de laboratorio.

A las muestras se les realizaron las pruebas de laboratorio que a continuación se listan:

- ❖ Humedad natural
- ❖ Lavado sobre tamiz No 200
- ❖ Análisis granulométrico
- ❖ Límites Atterberg.
- ❖ Límites de consistencia.

- ❖ Densidad.
- ❖ Ensayo de Penetración del C.B.R. en muestras alteradas.

### 6.3 Estudio De Tránsito

Uno de los factores más importante en el diseño de pavimento de una vía es el tránsito, debido a que el número de vehículos y el peso de los ejes son factores determinantes en el diseño de la estructura del pavimento.

Definiciones para el diseño del transito

**Eje sencillo:** Es un eje cuyos extremos lleva uno o dos ruedas sencillas

**Eje tándem:** Es aquel constituido por dos ejes sencillos con rueda doble en los extremos.

**Eje Trídem:** Es aquel constituido por tres ejes sencillos con rueda doble en los extremos

**Vehículos livianos:** Son aquellos de menos de 5 toneladas de capacidad tales como automóviles, camionetas, camperos.

**Vehículos Comerciales:** Son aquellos de más de 5 toneladas de capacidad tales como camiones, buses, remolques.

**Volumen de Transito:** Es el número de vehículos que circula en ambas direcciones por una sección de vía durante un periodo específico de tiempo. Este puede ser Horario, diario, semanal.

**Transito promedio diario:** Es el volumen de transito durante un periodo de tiempo, dividido por el número de días del periodo.

### Transito existente: Aquel que presenta la vía antes de ser mejorada

#### Clasificación de los vehículos

Los vehículos que circulan en el país se clasifican:

A= Vehículos livianos

B= Buses

C=Camiones

R= Remolques

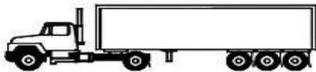
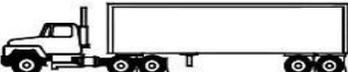
Designación	Configuración	Descripción
2S3		Tractocamión de dos ejes con semirremolque de tres ejes
3S1		Tractocamión de tres ejes con semirremolque de un eje
3S2		Tractocamión de tres ejes con semirremolque de dos ejes
3S3		Tractocamión de tres ejes con semirremolque de tres ejes
R2		Remolque de dos ejes
2 R2		Camión de dos ejes con remolque de dos ejes
2R3		Camión de dos ejes con remolque de tres ejes
3 R2		Camión de tres ejes Dobletrque con remolque de dos ejes
3 R3		Camión de tres ejes Dobletrque con remolque de tres ejes
4 R2		Camión de cuatro ejes con remolque de dos ejes

Ilustración 3 Esquema de clasificación de vehículos. Nota fuente: manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito

### Tránsito promedio diario (TPD).

El TPD es una medida de tránsito fundamental, está definida como el número total de vehículos que pasan por un punto determinado durante un periodo establecido. El periodo debe estar dado como días completos y además estar comprendido entre 1 a 365 días.

La determinación del tránsito promedio diario se hará para la vía que conduce del municipio de Melgar al Municipio de Icononzo, carpeta de rodadura en pavimento asfáltico; en 3 sectores se realizaron aforos vehiculares con el ánimo de seleccionar el TPD de mayor número de circulación de vehículos comerciales.

### Determinación del Tránsito Promedio Diario Existente (TPD)

Para la cuantificación del tránsito existente de la vía de estudio se tuvieron en cuenta las siguientes condiciones:

Para la obtención del tránsito promedio diario (TPD) se tuvo en cuenta la siguiente expresión:

$$TPDs = (5 * TPD \text{ entre semana} + 2 * TPD \text{ fin de semana}) / 7 \text{ días}$$

Tabla 4

<i>DIA</i>	<i>AUTOMOVIL, TAXI, CAMPERO, MICROBUSES, COLECTIVOS.PICK-UP</i>	<i>BUS-BUSETA</i>	<i>2 EJES PEQUEÑO</i>	<i>2 EJES GRANDE</i>	<i>TRACTORES</i>	<i>BICICLETAS</i>	<i>MOTOS</i>
<i>Entre semana</i>	2620	1175	115	65	15	250	2845
<i>Fin de semana</i>	996	446	12	8	0	198	1290

*Proyección Transito entre semana y fin de semana*

De acuerdo a los datos obtenidos en campo se elaborará el análisis de datos para el día jueves 17 de octubre de 2019 (día entre semana) y domingo 13 de octubre de 2019 (día fin de semana) para el cruce localizado en la variante de Melgar – Icononzo K1+1200; lo anterior debido a que este sector y los días escogidos son los datos obtenidos de máxima demanda de tránsito vehicular en la vía en estudio. Por otra parte, dado al alto flujo de motocicletas y bicicletas vehículos los cuales no generan afectación a la estructura de pavimento estos valores no serán empleados en el cálculo de numero de ejes equivalentes de 8.2 toneladas.

$$TPDs = (5 * TPD \text{ entre semana} + 2 * TPD \text{ fin de semana}) / 7 \text{ días}$$

**TPDs = 779 Vehículos/Día**

		<b>FORMATO CONTEOS MANUALES DE VOLUMENES DE TRANSITO</b>					Proyecto de grado		
Fecha: 13,15,17/ 10/2019      Hora de inicio: 7: 00 am      Hora final: 5: 00 pm Estación: k1+200, K9+800, 13+800      Hoja: De: Alexander      Aforador: Karent Mayorga, Fredy Arévalo, Quiñones.      Regional: Girardot			Croquis:						
	<b>AUTOMOVIL, TAXI, CAMPERO, MICROBUSES, COLECTIVOS.PICK-UP</b>	<b>BUS- BUSETA</b>	<b>2 EJES PEQUEÑOS</b>	<b>2 EJES GRANDES</b>	<b>TRACTORES</b>	<b>CICLASS</b>	<b>MOTOS</b>		
<b>DIA</b>	<b>CATEGORIA 1</b>	<b>CATEGORIA 2</b>	<b>CATEGORIA 3</b>	<b>CATEGORIA 4</b>	<b>CATEGORIA 5</b>	<b>CATEGORIA 6</b>	<b>CATEGORIA 7</b>		
<b>ESTUDIO DE TRANSITO EN CRUCE SAN JOSE K 9+800</b>									
<b>DOMINGO 13</b>	389	53	4	2	0	164	349		
<b>MARTES 15</b>	519	60	7	6	2	18	468		
<b>JUEVES 17</b>	509	61	26	16	3	24	636		

ESTUDIO DE TRANSITO EN BALNEARIO K 13+800							
DOMINGO 13	389	53	4	2	0	164	349
MARTES 15	414	51	1	2	0	8	409
JUEVES 17	561	60	9	19	3	10	149
ESTUDIO DE TRANSITO EN EL CRUCE DE LA VARIANTE MELGAR ICONOZO K 1+200							
DOMINGO 13	498	223	6	4	0	99	645
MARTES 15	524	235	23	13	3	50	569
JUEVES 17	522	264	24	18	3	52	617
<b>OBSERVACIONES: LOS DATOS SELECCIONADOS PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO SERAN LOS DEL JUEVES 17</b>							

En general, la mayor participación del volumen vehicular aforado la obtuvo el tráfico motocicletas (valor no empleado) seguido por el tráfico de vehículos livianos, en tercera posición Buses y busetas, y por último se ubican los camiones. Según las observaciones del aforador la mayor parte del volumen que transita en el sector es el vehículo particular en cercanías del Municipio de Melgar.

### 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 TPDs y la composición vehicular, como se da a conocer en a continuación:

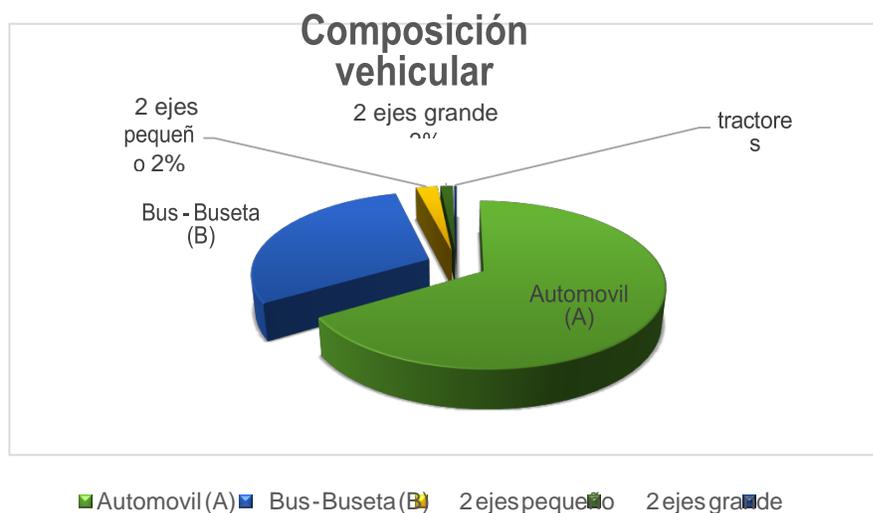


Ilustración 4 Nota fuente: Libro ingeniería de pavimentos para carreteras.

<b>Tipo de Vehículo</b>	<b>Cantida d</b>	<b>%</b>
Automóvil (A)	3616	66%
Bus - Busetas (B)	1621	30%
C2 ejes pequeño	127	2%
C2 ejes grande	73	2%
Tractores	15	0%
Bicicletas	448	0%
Motocicletas	4135	0%

De los estimativos anteriores, se aprecia que el porcentaje de vehículos comerciales representa el 18% del total, en donde predominan los buses y busetas.

### **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. El cálculo se puede realizar de dos maneras: aplicando un factor camión promedio para todos los vehículos comerciales, o haciendo cálculos individuales por vehículo, aplicando el factor de equivalencia de cada uno.

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

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

Ilustración 5 Nota fuente: Libro ingeniería de pavimentos para carreteras.

Donde: 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

Tabla 5 Nota fuente: Libro ingeniería de pavimentos para carreteras.

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

Tabla 6 Nota fuente: Libro ingeniería de pavimentos para carreteras.

TPD	779
% Buses	30%
% camiones	4%
A	34%

Tabla 7

B= % Vehículos pesados que emplean el carril de diseño (vía bidireccional)	50%
R	3%
Fc	2.81
N	10 años

Nota fuente: Libro ingeniería de pavimentos para carreteras.

Datos de entrada para cálculo de ejes equivalentes

**$N_{8.2ton} = 1.58 \times 10^6$  ejes equiv. 8.2 ton.**

#### **6.4 Diseño De Pavimentos Por El Método Aashto**

Para diseñar la estructura de pavimento según las dos alternativas de materiales planteadas (Mezcla densa en caliente y Mezcla asfáltica Natural) utilizaremos el método de la AASHTO.

En 1961 la AASHTO produjo la guía para diseño de pavimentos flexibles y en 1962 la de pavimentos rígidos; en 1972 se unieron para producir la guía para Diseño de Pavimentos y se han desarrollado actualizaciones posteriores en 1986 y 1993. La guía de 1993 contiene los mismos procedimientos de diseño de la de 1986, pero tiene diferencias en lo referente al diseño de sobre carpetas para la rehabilitación de pavimentos.

Según el método de diseño de la AASHTO, en función del número acumulado de ejes equivalentes en el período de diseño, el número estructural, la pérdida de serviciabilidad en el tiempo y del

módulo resiliente de la subrasante, se tiene el siguiente algoritmo:

$$\log W_{18} = Z S_o$$

$$9.36 \log SN = 1 + 0.20$$

$$\log \frac{PSI}{4.2} = 1.5$$

$$2.32 \log M$$

Donde:

$W_{18}(N)$  = Cantidad de ejes simples equivalentes a 18 Kips (8.2 t

- 80 KN)  $Z_R$  = Desviación estándar normal

$S_o$  = Error estándar combinado de la predicción del tránsito y de la predicción del comportamiento.

$\Delta PSI$  = Pérdida de serviciabilidad o diferencia entre el índice de servicio inicial ( $P_i$ ) y el final ( $P_f$ ).  $MR$  = Módulo Resiliente de la subrasante ( $lb/plg^2$ ).

Para su determinación se empleará la correlación establecida a partir del CBR

$$MR (\text{subras}) = 100 \times CBR (\text{Kg/cm}^2)$$

Se emplea el CBR del material remanente el cual corresponde a un material de base granular existente el cual arroja un resultado de CBR de 82.4%, Material sobre el cual se considera el empleo para la instalación de la carpeta de rehabilitación (MDC) y (MAN).

$SN$  = Número estructural indicativo del espesor total requerido de pavimento y el cual se determina a partir de la siguiente expresión:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 + \dots + a_n D_n m_n$$

Siendo:  $a_i$  = Coeficiente estructural de la capa  $i$

$D_i$  = Espesor de la capa  $i$  (en pulgadas)

$m_i$  = Coeficiente de drenaje de la capa granular  $i$

Para poder establecer la desviación estándar normal (ZR) es necesario determinar primero el nivel de confiabilidad (R %), el cual se puede obtener dependiendo del tipo o clasificación funcional de la carretera en estudio; mientras que ZR se obtiene basados en el % de confiabilidad.

### **Número estructural (Sn)**

El número estructural, SN, es un número abstracto que expresa la resistencia estructural requerida del pavimento para un soporte del suelo (MR), tránsito total expresado en ejes equivalentes de 8.2 Ton, serviciabilidad final y medio ambiente. El SN debe convertirse en espesores de rodadura, base y subbase mediante el uso de los coeficientes que representan la resistencia de los materiales de construcción.

### **Tránsito**

Representado por el número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas que utilizarán la vía en el carril de diseño durante un período determinado de tiempo.

### **CONFIABILIDAD**

La confiabilidad de un diseño es el comportamiento satisfactorio bajo las condiciones de tránsito y ambientales durante el periodo de diseño.

Nivel de confiabilidad.

Tipo de Carretera	Niveles De Confiabilidad	
	Urbana	Interurbana
Autopistas y carreteras importantes	85 - 99,9	80 - 99,9
Arterias principales	80 - 90	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Tabla 8 Nota fuente: Libro ingeniería de pavimentos para carreteras

## Coefficiente de drenaje

Por las condiciones de humedad en el terreno, se considerará la construcción de sistemas de subdrenaje adecuados en los diseños, que mejoren la calidad del drenaje en la estructura del pavimento. Es por ello, que se estima que la calificación será buena para la calidad del drenaje. Por lo tanto, se emplearán los siguientes coeficientes de drenaje:

Calidad de drenaje.

Calidad del Drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Mediano	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	el agua no se evacúa

Tabla 9 Nota fuente: Libro ingeniería de pavimentos para carreteras.

Fuente: MONTEJO FONSECA, Alfonso. Ingeniería de pavimentos. 3 ed. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2008. vol. 1, p. 474.

Valores del coeficiente de drenaje (Cd).

Calidad del Drenaje	Porcentaje de tiempo en el que la estructura del pavimento esta expuesta a niveles de humedad proximos a la saturación			
	Menos del 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 25%
Excelente	1,25 - 1,20	1,20 - 1,15	1,15 - 1,10	1,10
Bueno	1,20 - 1,15	1,15 - 1,10	1,10 - 1,00	1,00
Mediano	1,15 - 1,10	1,10 - 1,00	1,00 - 0,90	0,90
Malo	1,10 - 1,00	1,00 - 0,90	0,90 - 0,80	0,80
Muy malo	1,00 - 0,90	0,90 - 0,80	0,80 - 0,70	0,70

Tabla 10 Fuente: MONTEJO FONSECA, Alfonso. Ingeniería de pavimentos. 3 ed. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2008. vol. 1, p. 474.

## CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA

Con la ecuación del Método AASHTO 93 y con los parámetros de entrada ya establecidos, se fueron variando los espesores de las capas que conforman la estructura del pavimento hasta obtener un número de ejes equivalentes de similar magnitud al esperado. A continuación, se realiza el cálculo de dos alternativas planteadas:

*DISEÑO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO EN MEZCLA ASFALTICA  
NATURAL DE LA VIA QUE CONDUCE DEL MUNICIPIO DE MELGAR AL  
MUNICIPIO DE ICONONZO -TOLIMA*

### ALTERNATIVA 1:

#### TRAMO 1

#### PARÁMETROS DE ANÁLISIS

CONFIABILIDAD	R =	90.0 %
ERROR ESTANDAR PREDICCIÓN TRANSITO	So =	0.45 st
DESVIACION ESTANDAR NORMAL	ZR =	-1.282 1/st
PERDIDA DE SERVICIABILIDAD FINAL	DPSI =	2.2 psi
PERIODO DE ANALISIS ESTRUCTURAL	PD =	10.0 años
CBR DE DISEÑO	CBRd =	82.40 %

#### EVALUACIÓN DE LA NUEVA ESTRUCTURA

Espesor		TIPO DE	MODULO		ai	mj	SN
cm	Pulg		Kg/cm <sup>2</sup>	PSI			

		<b>CAPA</b>					
12.00	4.72	<b>MAN</b>	12000	171,429	0.20	1.00	0.94
0.0	0.00	<b>BG</b>	0	0	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	<b>SBG</b>	0.00	0	0.00	0.00	0.00
		<b>BGE</b>	8240	117,714		SNr =	0.94

### RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL

ESPESOR TOTAL DE PAVIMENTO REHABILITADO	Hreh =	0.12	m
DEMANDA NUMERO ESTRUCTURAL	SNd =	0.87	m/m
OFERTA NUMERO ESTRUCTURAL	SNr =	0.94	m/m
DEMANDA DE TRANSITO	Ndis =	2.92E+05	8,2 ton
OFERTA DE TRANSITO PARA LA ESTRUCTURA	Nreh =	4.16E+05	8,2 ton
<b>CONCEPTO: REFUERZO ESTRUCTURAL ADECUADO</b>			

#### MAN = Mezcla Asfáltica Natural

C.A. Exist = Carpeta asfáltica existente

#### BGE = Base Granular Existente

BG = Base Granular Nueva

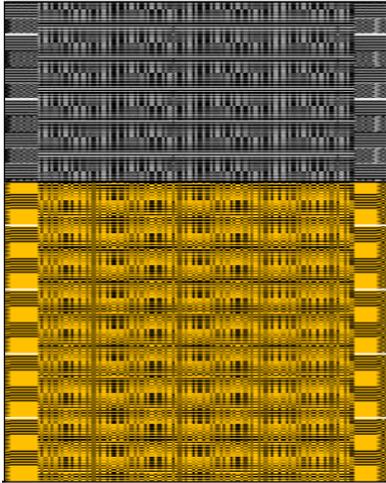
SBG = Subbase granular

MRE. = Material de Relleno Existente

SUBR = Subrasante

Tabla 11 alternativa 1 autores del proyecto

➤ Estructura alternativa 1.



MAN – Mezcla Asfáltica Natu 12cm

B.G.E

CBR = 82.4% - Resultados en laboratorio

Ilustración 6 Nota fuente: Libro  
ingeniería de pavimentos para  
carreteras.

Variación de  $a_2$  en bases tratadas con asfalto para diferentes parámetros de resistencia

**DISEÑO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO EN MEZCLA CONCRETO  
ASFALTICO (MDC) DE LA VIA QUE CONDUCE DEL MUNICIPIO**

**ALTERNATIVA 2:**

**TRAMO 1**

**PARÁMETROS DE ANÁLISIS**

CONFIABILIDAD	R =	90.0 %
ERROR ESTANDAR PREDICCIÓN TRANSITO	So =	0.45 St
DESVIACION ESTANDAR NORMAL	ZR =	-1.282 1/st
PERDIDA DE SERVICIABILIDAD FINAL	□PSI =	2.2 Psi
PERIODO DE ANALISIS ESTRUCTURAL	PD =	10.0 Años
CBR DE DISEÑO	CBRd =	82.40 %

**EVALUACIÓN DE LA NUEVA ESTRUCTURA**

Espesor		TIPO DE CAPA	MODULO		ai	mi	SN
cm	Pulg		Kg/cm <sup>2</sup>	PSI			
8.00	3.15	MDC	15000	214,286	0.30	1.00	0.94
0.0	0.00	BG	0	0	0.00	0.90	0.00
0.00	0.00	SBG	0.00	0	0.00	0.90	0.00
		BGE	8240	117,714		SNr =	0.94

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL**

ESPESOR TOTAL DE PAVIMENTO REHABILITADO	Hreh =	0.08	M
DEMANDA NUMERO ESTRUCTURAL	SNd =	0.87	m/m
OFERTA NUMERO ESTRUCTURAL	SNr =	0.94	m/m
DEMANDA DE TRANSITO	Ndis =	2.92E+05	8,2 ton
OFERTA DE TRANSITO PARA LA ESTRUCTURA	Nreh =	4.16E+05	8,2 ton

**CONCEPTO: REFUERZO ESTRUCTURAL ADECUADO**

**DE MELGAR AL MUNICIPIO DE ICONONZO -TOLIMA**

**MDC = Mezcla Densa en Caliente**

C.A. Exist = Carpeta asfáltica existente

**BGE = Base Granular Existente**

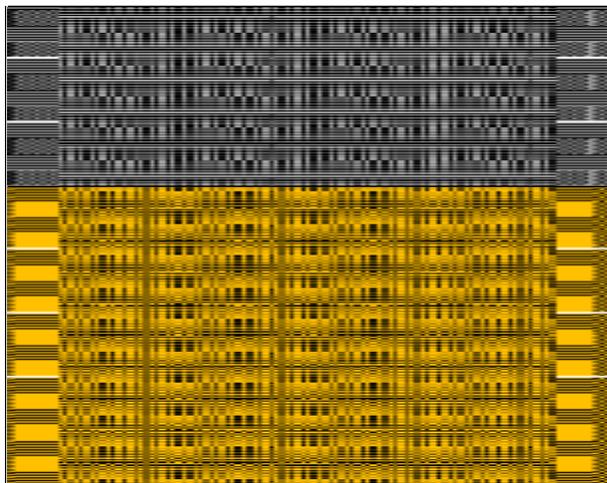
BG = Base Granular Nueva

SBG = Subbase granular

MRE. = Material de Relleno Existente

SUBR = Subrasante

Tabla 12 alternativa 2 autores del proyecto



MDC – Mezcla Densa en caliente 8 cm

MDC – Mezcla Densa en caliente  
8 cm

caliente 8 cm Existente

Ilustración 7 : Manual diseño de pavimentos  
flexibles

Variación de  $a_2$  en bases tratadas con asfalto para diferentes parámetros de resistencia.

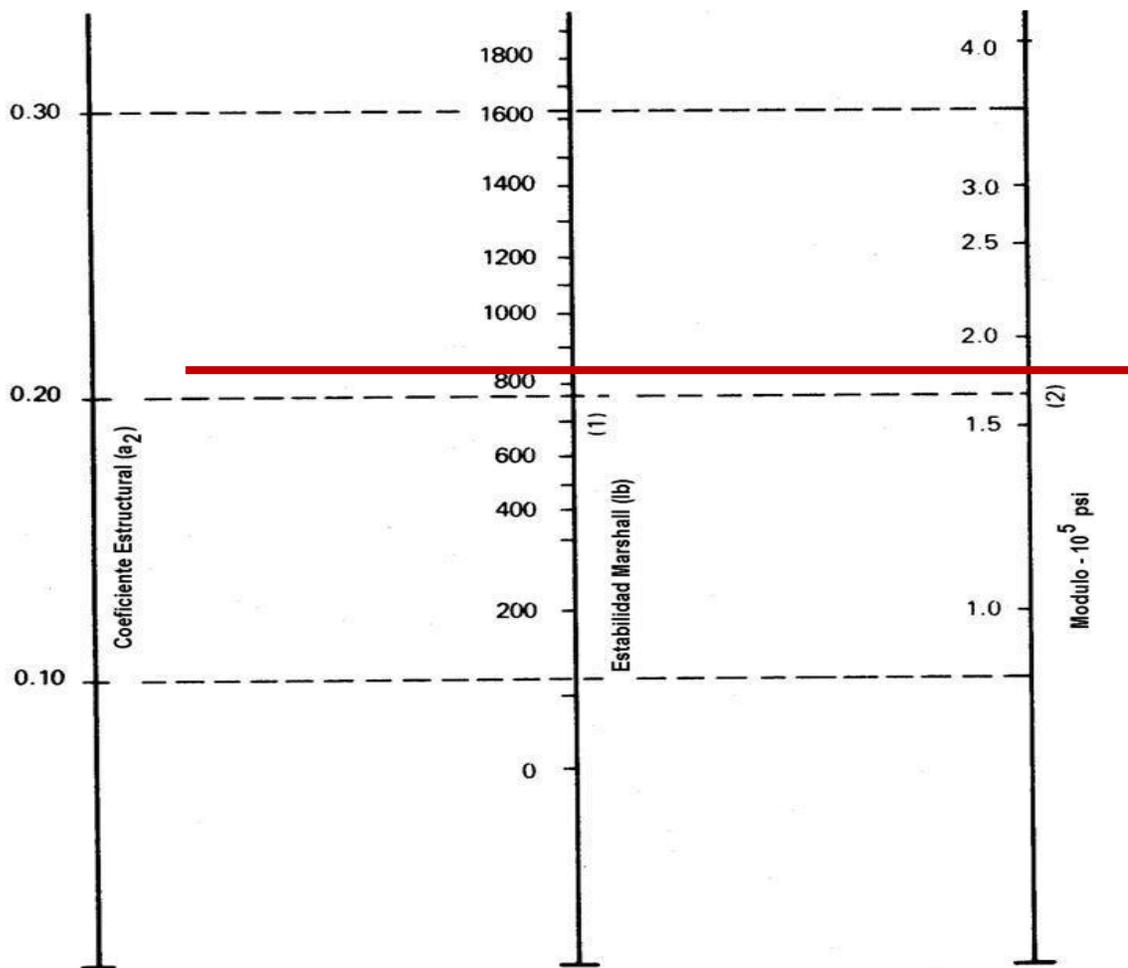


Ilustración 8 : fuente Manual diseño de pavimentos flexibles

Gráfica para hallar  $a_1$  en función del módulo resiliente del concreto asfáltico.

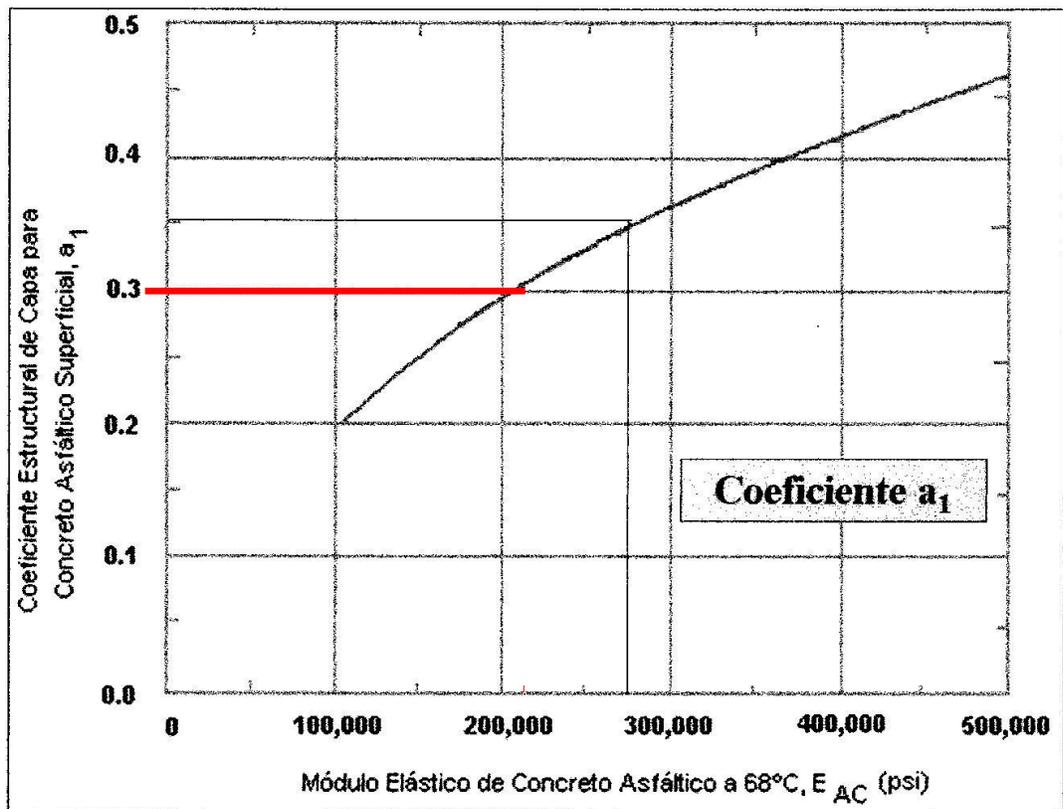


Ilustración 9 : fuente Manual diseño de pavimentos flexibles

## 7. Presupuesto

Desarrollar el presupuesto general que incluya los análisis de precios unitarios de cada actividad del proyecto.

Para la realización del presupuesto del proyecto se realizó la estructura de desarrollo del trabajo (EDT), con los respectivos ítems a desarrollar en orden lógico, además de esto se realizó el cálculo de cantidades de obra a cada una de las actividades correspondientes a ejecutar durante el desarrollo de esta, y a cada una de estas actividades se le hizo su análisis de precios unitarios (APU), donde se incluyen los costos de los materiales, equipos, transporte, y mano de obra (incluidas sus prestaciones salariales), mostrando cada uno de los costos de la actividad por unidad, ya sea en metros cúbicos(m<sup>3</sup>), metros cuadrados(m<sup>2</sup>), metros(m), o unidades globales (Und, Glb). Esto para cotizar las obras a realizar.

Además de lo mencionado anteriormente, se hicieron las especificaciones técnicas de cada uno de las actividades a desarrollar, donde se especifica la descripción del trabajo, sus materiales, la mano de obra requerida, el equipo necesario.

## Propuesta mezcla asfáltica tradicional

PRESUPUESTO DE ESTUDIO TÉCNICO COMPARATIVO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL CON EL ASFALTO CONVENCIONAL DE LA VÍA MELGAR - ICONONZO ENTRE EL KM 1.200 AL KM 14.000 VEREDA CALCUTA.					
PRESUPUESTO DE MEZCLA ASFALTICA MDC 19					
<b>LOCALIZACION:</b>	<b>Melgar Icononzo</b>				
longitud de la vía en metros	12800				
m2:	89600				
m3	8960				
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	V/UNITARIO	V/TOTAL
<b>1</b>	<b>PRELIMINARES</b>				
1,1	fresado concreto asfaltico mdc 19	m2	89600	5366	\$ 480.793.600
1,2	transporte de material sobrante incluye cargue (20 kl distancia)	kl/m3	8960	30600	\$ 274.176.000
1,3	Riego de imprimación con emulsión asfáltica	M2	98000	\$ 3.182	\$ 311.836.000
1,4	Mezcla densa en caliente para carpeta	m3	7168	\$ 627.114	\$ 4.495.153.152
<b>2</b>	<b>señalización vertical y horizontal</b>				
2.1	línea demarcación con pintura en frio	m	32000	\$ 2.350	\$ 75.200.000
2.2	TOTAL COSTO DIRECTO				
2.3	ADMINISTRACION 24%				\$ 1.352.918.100
<b>3</b>	<b>IMPREVISTOS 3%</b>				\$ <b>169.114.763</b>
3.1	UTILIDAD 5%	M3			\$ 281.857.938
3,2	TOTAL PRESUPUESTO				\$ <b>7.441.049.553</b>

Ilustración 10 Fuente autores del proyecto

PRESUPUESTO DE ESTUDIO TÉCNICO COMPARATIVO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL CON EL ASFALTO CONVENCIONAL DE LA VÍA MELGAR - ICONONZO ENTRE EL KM 1.200 AL KM 14.000 VEREDA CALCUTA.					
PRESUPUESTO DE MEZCLA ASFALTICA NATURAL					
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	<b>Melgar Icononzo</b>				
longitud de la vía en metros	12800				
m2:	89600				
m3	10752				
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT	V/UNITARIO	V/TOTAL
<b>1</b>	<b>PRELIMINARES</b>				
1,1	fresado concreto asfaltico mdc 19	m2	89600	5366	\$ 480.793.600
1,2	transporte de material sobrante incluye cargue (20 kl distancia centro de acopio).	kl/m3	8960	30600	\$ 274.176.000
1,3	Riego de imprimación con emulsión asfáltica	M2	98000	\$ 3.182	\$ 311.836.000
1,4	transporte de mezcla natural desde la dorada hasta kilómetro 14+000 vereda Calcuta	m3	8960	\$ 154.500	\$ 1.384.320.000
1,5	aplicación mezcla asfáltica natural para capa de rodadura	m3	10752	\$ 331.746	\$ 3.566.932.992
<b>2</b>	<b>señalización vertical y horizontal</b>				
2.1	línea demarcación con pintura en frio	m	32000	\$ 2.350	\$ 75.200.000
2.2	TOTAL COSTO DIRECTO				
2.3	ADMINISTRACION 24%				\$ 1.130.145.262
<b>3</b>	<b>IMPREVISTOS 3%</b>				<b>\$ 141.268.158</b>
3.1	UTILIDAD 5%	M3			\$ 235.446.930
3,2	TOTAL PRESUPUESTO				<b>\$ 7.600.118.941</b>

Ilustración 11 Fuente autores del proyecto

## Conclusiones

Lo expuesto en el desarrollo de este trabajo nos da la posibilidad de concluir:

- ✓ Po medio de la realización de los ensayo practicados en la vía Concluimos que la estructura, base y sub base se encuentra en óptimas condiciones, sin embargo la carpeta asfáltica se debe reemplazar.
- ✓ Podemos inferir que el deterioro de la vía “carpeta asfáltica” es ocasionado principalmente por la falta de drenaje.
- ✓ Mediante los ensayos practicado a las muestras asfálticas, natural como MDC 19, Se determinó que el módulo de rigidez del asfalto natural es inferior a la MDC19 por ende requiere un mayor espesor para que cumpla las características de diseño de la vía.
- ✓ Se obtuvo como resultado que para la implementación de la mezcla asfáltica natural en este proyecto tiene un costo superior a la MDC19 por el transporte de material.

## Recomendaciones

- ✓ Realizar cunetas en la vía para prevenir socavación.
- ✓ Se debe realizar un plan de trabajo para mejorar el modulo de rigidez de la mezcla asfáltica natural para poderla implementar en vías mayor trafico vehicular 4
- ✓ Es recomendable la realización de mantenimientos periódicos para que se conserven en correcto estado, funcionamiento y eviten daños estructurales, de rodadura y todos los elementos correspondientes a la vía.
- ✓ Debido a la zona geográfica de la vía se sugiere realizar medidas preventivas en tiempos de lluvia ya que pueden haber aludes de tierra

## Bibliografía

- ✓ AASHTO Guide for Design of Pavement Structures. (1993). 444 N Capital Street. E.E., Suite 249 Washington, D.C: Publisher by the american association of estate Highway and Transportation Officials.
- ✓ Alfonso Montejo Fonseca. (2002). Ingeniería de Pavimentos. Bogotá D.C: Agora editores.
- ✓ Alfonso Montejo Fonseca. (2002). Ingeniería de pavimentos para carreteras.
- ✓ Asociación Colombiana de Productores de Concreto – Asocreto. (2014, 04 08). Blog 360° en concreto. Retrieved from <http://blog.360gradosenconcreto.com/disenio-de-pavimentos-deconcreto-metodo-aashto/>
- ✓ Blasquez, L. B. (2005). Infraestructura de pavimentos. Bogotá D.C.
- ✓ Bowles, J. E. (1981). Manual de laboratorios de suelos en ingeniería civil. México: McCRAW - HILL BOOK Co. U.S.A.
- ✓ Braja M. Das. (2001). Fundamentos de Ingenieria Geotecnica. Polanco: Thomson Editores, s.a.
- ✓ Bravo, J. M. (2014, octubre 10). El tiempo. Retrieved from Sistema de transportes por carreteras en Colombia:  
[http://www.elmundo.com/portal/opinion/columnistas/sistema\\_de\\_transportes\\_por\\_carreteras\\_en\\_colombia\\_1.php#.WX\\_V84ThDIV](http://www.elmundo.com/portal/opinion/columnistas/sistema_de_transportes_por_carreteras_en_colombia_1.php#.WX_V84ThDIV)
- ✓ Canal Construcción. (2017, Julio 06). Pavimentos Flexibles. Retrieved from <http://www.urbanismo.com/pavimentos-flexibles/>
- ✓ CORPONOR. (2000). Esquema de ordenamiento territorial.
- ✓ El mundo. (2013, noviembre 15). Proyectos de 4G cambiarían la historia de Colombia. El mundo.
- ✓ Grisales. (2013). DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS. BOGOTA: ECOE EDICIONES.
- ✓ Grisales, J. C. (2013). Diseño geometrico de carreteras (Segunda edición). Bogota: Ecoe.
- ✓ <http://www.iccu.gov.co/wcm/connect/ICCU/6fe5d9c9-7a26-4143-a75b-4f5662fb25a8/LISTA+DE+PRECIOS+ICCU+2018.pdf?MOD=AJPERES&CVID=m4ggYtU&CVID=m4ggYtU&CVID=m4ggYtU&CVID=m4ggYtU>
- ✓ INVIAS. (2008). Manual De Diseño Geometrico De Carreteras.
- ✓ INVIAS. (2008). Manual de diseño geometrico de vias. Jorge Hernan Florez Galvez; Nelson Rivas Muñoz; Nixon Alexander Correa Muñoz.
- ✓ INVIAS. (2008). NORMAS Y ESPECIFICACIONES TECNICAS. BOGOTA.

**Anexos**

Ilustración 12 APIQUE K 1+200 Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 13 fuente autores del proyecto Toma de muestra k 1 + 200



Ilustración 14 fuente autores del proyecto APIQUE K 6+700



Ilustración 15 Toma de muestra k 6+700

Fuente: Autores del proyecto

Ilustración 16 APIQUE K 14+000

Fuente: Autores del proyecto

## INSPECCION VISUAL ESTADO ACUAL DE LA VIA



Ilustración 17 ESTUDIO VISUAL K 2+300

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 18

k 1 + 800 fisura piel de cocodrilo , ojo de pescado y desintegracion de borde via melgar iconozo  
Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 19

k 2+200 fisura longitudinal de construcción, fisura de borde y ausencia de obra de drenaje. via melgar icononzo.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 20

k 2+200 al k 2+300 ausencia de obra de drenaje fisura piel de cocodrilo y parcheo via melgar icononzo.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 21

k 2+200 al k 2+300 fisura piel de cocodriloausencia de obras de drenaje y ojo de pescado entre via melgar icononzo

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 22

k 2+300 al k 2+400 ojo de pescado, fisura piel de cocodrilo ausencia de obra de drenaje al costado derecho y desintegración de borde. via melgar icononzo

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 23

k 2 +400 al k2+500 ojo de pescado, parcheo, fisura ppor contraccion termica y ausencia de obras de drenaje en ambos costados. via melgar icononzo.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 24

k2+400 al k 2+500 fisura piel de cocodrilo, parcheo, fisura de junta longitudinal y ausencia de obras de drenaje en ambos costados. via melgar icononzo.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 25

k 2+500 al k 2+600 ojos de pescado, fisuras por contracción térmica y pérdida de borde al costado derecho. entre vía melgar icononzo.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 26

k2+ 600 al k 2+700 parcheo, fisura por contraccion termica, erosion de berma, y ausencia de obras de drenaje en ambos costados via melgar icononzo.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 27

k 2+600 al k 2+700 Fisura longitudinal por fatiga, fisura longitudinal de construcción, parcheo y ausencia de obra de drenaje en el costado derecho. vial melgar icononzo.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 28

k 2+ 700 al k 2+800 Fisura por fatiga, fisura longitudinal de junta de construcción y ausencia de obra de drenaje en ambos costados.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 29

k 2+700 al k 2+800 Predida de berma , fisura por contraccion termicay ausencia de obra de drenaje al costado derecho.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 30

k 2+800 al k 2+900 Ojo de pescado, parcheo, pérdida de agregados y ausencia de obra de drenaje al costado izquierdo vía melgar icononzo.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 31

k 2+800 al k 2+900Parcheo, fisura longitudinal de construcción, desintegración de berma y ausencia de obras de drenaje en ambos costados. vía melgar icononzo.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 32

k 2+800 al k 2+900 Fisura piel de cocodrilo, desintegración de borde, fisura longitudinal por fatiga, ojo de pescado ausencia de obras de drenaje en el costado derecho. vía melgar icononzo.  
Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 33

k 2+800 al k 2+900 Fisura piel de cocodrilo, desintegración de borde, fisura longitudinal por fatiga y ausencia de obras de drenaje en el costado derecho. Vía melgar icononzo.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 34

k 2+900 al k 3+000 fisura longitudinal de junta de construcción, desintegración de borde y pulimiento de agregados. vía melgar icononzo.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 35

k 2900 al k 3+000Parqueo, fisura piel de cocodrilo, ojo de pescado y ausencia de obra de drenaje al costado derecho. via melgar icononzo.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 36

k 3+000 al k 3+100 Fisura piel de cocodrilo y ausencia de obras de drenaje en ambos costados.  
vía melgar icononzo.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 37

k 3+000 al k 3+100 Ojos de pescado, fisura piel de pescado parcheo y ausencia de obras de drenaje en ambos costados vía melgar icononzo.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 38

k 3+000 al k 3+100 Fisura de contracción térmica, parcheo, fisura piel de cocodrilo y ausencia de obra de drenaje. vía melgar icononzo.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 39

k 3+000 k 3+100 Fisura piel de cocodrilo, ojo de pescado y ausencia de obra drenaje via melgar icononzo.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 40

k 3+000 al k 3+100 Fisura piel de cocodrilo, fisura longitudinal de construcción, desintegración de borde y ausencia de obra de drenaje en ambos costados vía melgar icononzo.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 41

k 3+000 al k 3+100 Fisura logitudinal de junta de construccion, fisura de piel de cocodrilo, ojo de pescado parcheo y ausencia de obras de drenaje en ambos costados via melgar icononzo.  
Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 42

k 3+100 al k 3+200 ojo de pescado, fisura piel de cocodrilo, parcheo y ausencia de obra de drenaje al costado derecho entre vía melgar icononzo.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 43

k 3+100 al k 3+200 fisura piel de cocodrilo perdida de borde y ausencia de obras de drenaje entre la vía melgar icononzo.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 44

k 3+200 al k 3+300 ojo de pescado, fisura longitudinal de construcción, fisura piel de cocodrilo y ausencia de obras de drenaje entre la vía melgar icononzo.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 45

k 3+200 al k 3+300 Desintegración de borde, fisuras por contracción térmica y ausencia de obras de drenaje entre.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 46

k3+500al 3+600 Ojo de pescado, fisura piel de cocodrilo, parcheo, perdida de borde y fisura longitudinal de construccion via melgar icononzo .

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 47

k3+500 al k 3+600 fisura transversal ojo de pescado y ausencia de obras de drenaje vía melgar icononzo.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 48

k 4+000 al k 5+000 En imagen superior fisura piel de cocodrilo, ojo de pescado, fisura por contracción térmica, ausencia de obras de drenaje en imagen inferior ojo de pescado, fisuras por contracción térmica, fisura longitudinal de construcción y ausencia de obras de drenaje vía melgar icononzo.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 49

K4+000 al k5+000 fisura longitudinal de construcción, fisura por contracción térmica y ausencia de obras de drenaje vía melgar icononzo.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 50

K 6+000 al k7+000 desintegración de borde, parcheo fisuras por contracción térmica y ausencia de obras de drenaje en ambos costados. Vía melgar icononzo

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 51

K 6+000 al k 7+000 ojo de pescado, parcheo, fisuras por contracción térmica y ausencia de obras de drenaje vía melgar icononzo

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 52

K 7+000 al k 8+000 ojos de pescado fisuras piel de cocodrilo parcheo, fisura longitudinal de construcción y ausencia de obras de drenaje vía melgar icononzo.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 53

K8+000 al k 9+000 fisura longitudinal de construcción, parcheo, ojos de pescado, fisura longitudinal por fatiga, fisura piel de cocodrilo y ausencia de obras de drenaje vía melgar icononzo.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 54

K 8+000 al k9+000 fisura longitudinal de construcción, descascamiento, fisura piel de cocodrilo, parcheo y ausencia de obras de drenaje via melgar icononzo.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 55

K 9+000 al k 10+000 ojo de pescado, fisuras piel de cocodrilo fisura longitudinal de construcción desintegración de borde y ausencia de obras de drenaje vía melgar icononzo.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 56

K 10+000 al k 11+000 fisuras piel de cocodrilo, parcheo fisura transversal y ausencia de obras de drenaje al costado izquierdo vía melgar icononzo.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 57

K 11+000 al k 12+000 parcheo, fisura longitudinal de construcción y fisura por contracción térmica vía melgar icononzo.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 58

K12+000 al k 13+000 fisura piel de cocodrilo, parcheo, fisura longitudinal de junta, ojos de pescado, fisuras por contracción térmica y ausencia de obras de drenaje.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 59 K13+000 al k 14+000 fisuras piel de cocodrilo, desintegración de borde, fisura por fatiga, desplazamiento de la mezcla y ausencia de obra de drenaje en el costado derecho vía melgar icononzo

Fuente: Autores del proyecto

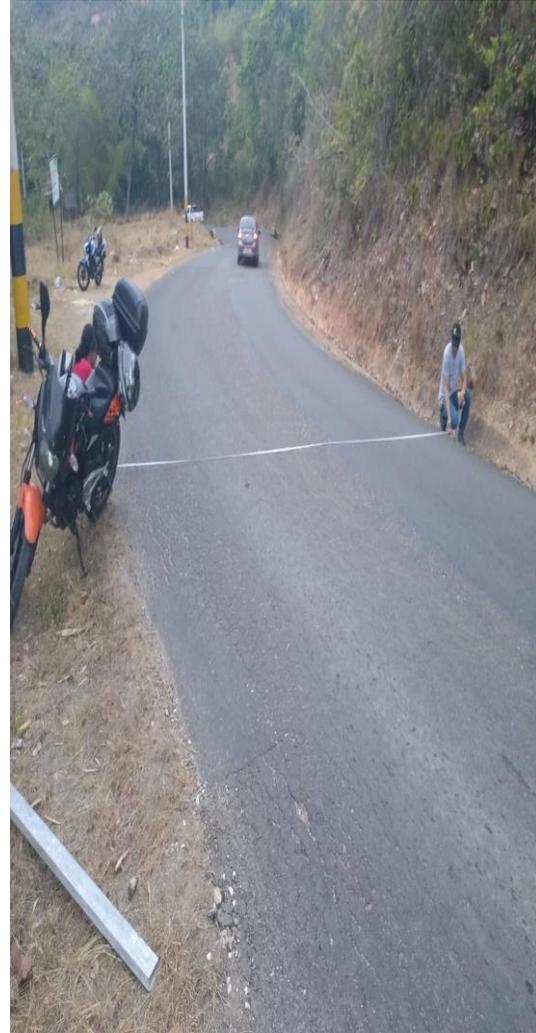


Ilustración 60

k 1+900 medida ancha de vía 7 metros vía melgar icononzo  
Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 61

molde Marshall

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 62

Manómetro para tomar temperatura

fuentes autores del proyecto



Ilustración 63

calentamiento del material asfalto natural a una temperatura de 120 grados

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 64

vaciado del material asfalto natural en molde Marshall primera muestra.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 65

compactación primera muestra asfalto natural ensayo Marshall.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 66

67 toma de temperatura asfalto natural segunda muestra

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 68

69 vaciado de material asfalto natural al molde ensayo Marshall.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 70

compactación material asfalto natural segunda muestra asfalto natural.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 71

Muestras asfalto natural.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 72

Peso de muestras asfalto natural.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 73

Toma de medidas de muestras de asfalto natural.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 74

Toma de temperatura constante a  $60^{\circ}$  a la muestra de asfalto natural.  
Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 75

Calentamiento muestra asfalto convencional

Fuente: Autores del proyecto





Ilustración 76

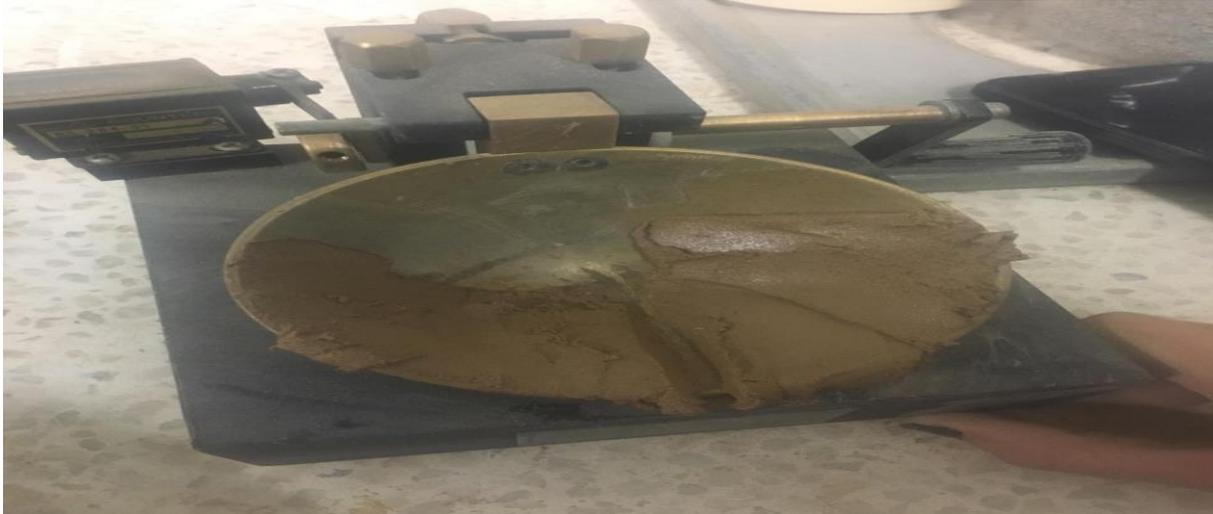
Ensayo de granulometria

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 77 Ensayo de granulometria

Fuente: Autores del proyecto



Ensayo limite liquido  
Fuente: Autores del proyecto



Preparacion de muestra para limites  
Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 78

Tamizado de muestras.

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 79

Peso de muestra para ensayo de límites

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 80

Preparacion de la muestra limites

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 81

Camisa para ensayo CBR

Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 82

Compaction material para ensayo proctor

Fuente: Autores del proyecto





Ilustración 83

Lavado de muestra para ensayo  
Fuente



Ilustración 84

Recipientes para ensayo  
Fuente: Autores del proyecto



Ilustración 85

Recipientes para límites muestras de límite plástico  
Fuente: Autores del proyecto