

**ANÁLISIS DE LESIONES A LA ESTABILIZACIÓN CON CRUDO DE CASTILLA
DE LA VÍA QUE CONDUCE A LA VEREDA EL CANEY, EN EL
DEPARTAMENTO DEL META**

ING. SANDRA PATRICIA MESA OSORIO

CÓDIGO: 2188130

ING. NELSON HERNÁN PEÑUELA LÓPEZ

CÓDIGO: 2188142

ING. VÍCTOR MAURICIO TREJOS CALVO

CÓDIGO: 2188143



**UNIVERSIDAD SANTO TÓMAS
VICERRECTORÍA GENERAL DE UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA
ESPECIALIZACIÓN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
VILLAVICENCIO
2018**

**ANÁLISIS DE LESIONES A LA ESTABILIZACIÓN CON CRUDO DE CASTILLA
DE LA VÍA QUE CONDUCE A LA VEREDA EL CANEY, EN EL
DEPARTAMENTO DEL META**

ING. SANDRA PATRICIA MESA OSORIO

CÓDIGO: 2188130

ING. NELSON HERNÁN PEÑUELA LÓPEZ

CÓDIGO: 2188142

ING. VÍCTOR MAURICIO TREJOS CALVO

CÓDIGO: 2188143

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de:
Especialista en Patología de la Construcción**

Director:
CARLOS ANDRÉS GARCÍA PÁEZ
Ing. Civil – Docente - Msc



**UNIVERSIDAD SANTO TÓMAS
VICERRECTORÍA GENERAL DE UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA
ESPECIALIZACIÓN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
VILLAVICENCIO
2018**

Tabla de Contenido

Lista de Tablas.	10
Tabla de Fórmulas.....	12
Lista de Anexos.....	13
Introducción	16
1 Objetivos del Estudio	17
1.1 Objetivo General	17
1.2 Objetivos Específicos	17
2 Marco Teórico	18
2.1 El crudo de castilla.	18
2.1.1 Localización del yacimiento y producción	18
2.2 Definición y características del crudo de castilla	19
2.3 El curado del crudo de castilla.....	21
2.4 Método de realización de la mezcla	24
2.4.1 Elaboración de mezclas en plantas:.....	24
2.4.2 Mezcla en vía:	25
2.4.3 Mezcla local:	25
2.5 Métodos de extendido y compactación	26
2.6 Puesta en servicio	27
2.7 Estudio del tránsito para diseño de pavimentos	27
2.8 Clasificación de los vehículos	29
2.9 Determinación del tránsito existente	30
3 Metodología	30
4 Historia Clínica	31
4.1 Responsables del estudio.....	32
4.2 Fecha de realización de los análisis y estudios.....	32
4.3 Localización del Municipio de Restrepo.....	32
4.3.1 Breve descripción del Municipio:	33
4.3.2 Localización de la vía en el municipio de Restrepo.....	34
4.4 Longitud de la vía	34
4.4.1 Importancia de la vía	35
4.4.2 Longitud de la vía en análisis.....	36

4.5	Mapa de zonificación sísmica del sitio donde se ubica la vía analizada	37
4.6	Descripción y perfil actual de la vía	39
4.7	Tránsito diario en el paciente	41
4.8	Extracción de núcleos.....	42
5	Análisis de los resultados de los ensayos de laboratorio.....	43
		43
6	Transito promedio diario.....	45
7	Estudio de índice de condición de pavimento mediante el método de auscultación “VIZIR”.....	46
7.1	Antecedentes.....	46
7.2	Pavimentos Flexibles.....	48
7.2.1	Tipos de Daños en el Pavimento Flexibles (Asfálticos)	48
7.2.2	Daños en la Mezcla Asfáltica.....	49
7.2.3	Capas Subyacentes	49
7.2.4	Constructivos.....	50
7.2.5	Deterioro de la Carpeta Asfáltica (carga)	50
7.2.6	Deterioro de la carpeta asfáltica (clima)	50
7.3	Metodología para Inspección visual de Pavimento	51
7.4	Pavimento Flexible – Metodología VIZIR.....	51
7.4.1	Degradaciones de Tipo A.....	52
7.4.2	Degradaciones de Tipo B.....	53
7.5	Tipo de Intervención en Pavimentos Asfálticos.....	54
7.5.1	Tratamientos previos.....	54
7.6	Restauración	54
7.6.1	Actividades de restauración:	55
7.7	Refuerzo	55
7.8	Reciclado	56
7.9	Reconstrucción	56
7.10	Resultados proceso de auscultación.....	57
7.11	Hallazgos	58
7.11.1	Tramo 1 (sección 1)	58
7.11.2	Evaluación sección 1.....	66
7.11.3	Tramo 1 (sección 2)	67

7.11.4	Evaluación sección 2.....	72
7.11.5	Tramo 1 (sección 3)	73
7.11.6	Evaluación sección 3.....	81
7.11.7	Tramo 1 (sección 4)	83
7.11.8	Evaluación sección 4.....	93
8	Presentación de alternativas	95
8.1	Propuesta 1: pavimento en caliente	95
8.1.1	Diseño estructural del pavimento flexible.....	96
8.1.2	Método AASHTO para pavimentos flexibles-1993.....	96
8.1.3	Coeficientes de drenaje de las capas granulares, m,	102
8.1.4	Espesores de la estructura para el pavimento de la alternativa 1	103
8.2	Propuesta 2: base estabilizada con crudo de castilla	104
8.2.1	Parámetros de diseño Marshall para bases estabilizadas con crudo de castilla 105	
8.2.2	Diseño de cunetas.....	106
8.2.3	Localización en secciones de corte, terraplén y en separador central:.....	106
8.2.4	Tipos de sección y seguridad vial	107
8.2.5	Revestimiento.....	109
8.2.6	Refuerzo estructural	109
8.2.7	Descole de cunetas	109
8.2.8	Propuesta de diseño de la cuneta.....	110
9	Diagnóstico	111
9.1	Contaminación de la mezcla estabilizada.....	112
9.2	Sobre tamaños en la mezcla:	112
9.3	Malos procesos constructivos:.....	112
9.4	Falta de riego de Imprimación:.....	113
9.5	Sobrecargas y paso de semovientes:	113
9.6	Ensayo de laboratorio y resultados:.....	114
9.6.1	Conclusión del diagnóstico:	114
9.6.2	Presupuestos de Alternativas Propuestas	116
9.7	Consideraciones para evitar futuras lesiones.....	118
10	Conclusiones	120
11	Bibliografía	121

Lista de Fotografías

Fotografía 1 Con Finisher o terminadora de pavimentos _____	26
Fotografía 2 Con la motoniveladora _____	26
Fotografía 3 Tránsito de Volquetas con material granular de fuentes hídricas en el sector de la vía _____	41
Fotografía 4 Tránsito continuo de camiones con carga agrícola. _____	41
Fotografía 5 Señalización preventiva de paso de ganado vacuno. _____	41
Fotografía 6 Tránsito de camiones con carga avícola viva para distribución Departamental y Nacional. _____	41
Fotografía 7 Tránsito de camiones con carga vacuna para expendio Departamental y Nacional _____	41
Fotografía 8 Paso de vehículos con gas para abastecimiento de fuentes de consumo doméstico. _____	41
Fotografía 9 Toma de registro fotográfico del equipo de corte para la extracción de núcleos. _____	42
Fotografía 10 Medición de profundidad de la extracción realizada _____	42
Fotografía 11 Toma de medida (espesor) de la briqueta y su respectivo registro _____	42
Fotografía 12 Toma de distancia del sitio de extracción del núcleo hasta el extremo de la vía _____	42
Fotografía 13 Materialización de puntos de extracción por medio de GPS. _____	42
Fotografía 14 Elementos complementarios utilizados para la toma de las briquetas. ____	42

Fotografía 15 Falla 1: Piel de cocodrilo	59
Fotografía 16 Falla 2: Piel de Cocodrilo.	60
Fotografía 17 Falla 3: Piel de Cocodrilo.	61
Fotografía 18 Falla 4: Bache.	62
Fotografía 19 Falla 5: Bache.	63
Fotografía 20 Falla 6: Desgaste superficial.	64
Fotografía 21 Falla7: Desgaste superficial.	65
Fotografía 22 Falla 8: Abultamiento.	68
Fotografía 23 Falla 9: Desgaste superficial.	69
Fotografía 24 Falla 10: Desgaste superficial.	70
Fotografía 25 Falla 11: Bache.	71
Fotografía 26 Falla12: Bache.	72
Fotografía 27 Falla 13: Desgaste superficial.	75
Fotografía 28 Falla 14: Desgaste superficial.	76
Fotografía 29 Falla 15: Piel de Cocodrilo.	77
Fotografía 30 Falla 16: Piel de Cocodrilo	78
Fotografía 31 Falla 17: Bache.	79
Fotografía 32 Falla 18: Parche.	81
Fotografía 33 Falla 19: Bache.	84
Fotografía 34 Falla 20: Bache.	85
Fotografía 35 Falla 21: Desgaste Superficial.	86
Fotografía 36 Falla 22: Desgaste Superficial.	87
Fotografía 37 Falla 25: Desgaste superficial	88

Fotografía 38 Falla 26: Desgaste Superficial.	90
Fotografía 39 Falla 27: Piel Cocodrilo.	91
Fotografía 40 Falla 28: Piel de Cocodrilo.	92

Lista de Figuras

Figura 1 Pérdida de Solventes vs Resistencia	23
Figura 2 Método de Realización de la mezcla	24
Figura 3 Mapa de Localización general de Municipio de Restrepo, fuente: Alcaldía Municipal	32
Figura 4 localización general de la vía respecto del Municipio de Restrepo, fuente: Google earth.....	34
Figura 5 longitud de la vía, fuente: Google earth.....	34
Figura 6 Tramo de vía analizado, fuente: Google Earth	36
Figura 7 Mapa de Zonificación Sísmica	36
Figura 8 Valores de Aa para cada cClasificación	36
Figura 9 Distribución de material aplicado	39
Figura 10 Corte y espesores de materiales, Perfil actual de la vía en análisis, fuente: Propia	40
Figura 11 Esquema de fallas, tramo 1- sección 1. Método VIZIR	58
Figura 12 Esquema de fallas, tramo 1- sección 2. Método VIZIR	67
Figura 13 Esquema de fallas, tramo 1- sección 3. Método VIZIR	74
Figura 14 Esquema de fallas, tramo 1- sección 4. Método VIZIR	83
Figura 15 Estructura del pavimento. Alternativa 1 Fuente propia	95
Figura16 Cálculo SN. Fuente propia.....	95
Figura 17 Estructura del pavimento, alternativa 2. Fuente Propia.....	104
Figura 18 Propuesta diseño de cunetas.	110

Lista de Tablas.

Tabla 1 Caracterización de los vehículos en Colombia.	29
Tabla 2 Resultados ensayos de laboratorio	43
Tabla 3 Toma de datos transito promedio diario	45
Tabla 4 Degradaciones tipo A, método VIZIR.	52
Tabla 5 Degradaciones Tipo B, método VIZIR	53
Tabla 6 Evaluación de índice de daño, tramo 1- sección 1.....	66
Tabla 7 Primer índice de daño, tramo 1- sección.....	66
Tabla 8 Evaluación de índice de daño, tramo 1- sección 2.....	72
Tabla 9 Primer índice de daño, tramo 1- sección 2.....	73
Tabla 10 Evaluación de índice de daño, tramo 1- sección 3.....	81
Tabla 11 Primer índice de daño, tramo 1- sección 3.....	82
Tabla 12 Evaluación de índice de daño, tramo 1- sección 4.....	93
Tabla 13 Primer índice de daño, tramo 1- sección 4.....	94
Tabla 14 Coeficiente estructural para la carpeta asfáltica. Fuente: Guía para Diseño de Estructuras de Pavimento de la AASHTO 1993.	99
Tabla 15 Niveles de Tránsito. Fuente: Especificaciones generales de construcción de carreteras, INVIAS 2012.....	99
Tabla 16 Fuente: Guía para Diseño de Estructuras de Pavimento de la AASHTO 1993 ..	100
Tabla 17 Fuente: Guía para Diseño de Estructuras de Pavimento de la AASHTO 1993 .	101
Tabla 18 Espesores de la estructura del pavimento. Alternativa 1.	103
Tabla 19 Ensayos realizados a las muestras de crudo. Fuente ensayos de laboratorio.	104

Tabla 20 resultados de ensayo de laboratorio. Fuente ensayos de laboratorio.	105
Tabla 21 Resumen de parámetros óptimos de diseño de la mezcla. Fuente Diseño mezclas en frio del Ing. Jorge Javier Peña Caicedo	105
Tabla 22 Calculo de la cantidad de crudo por m3 de material de base granular. Fuente Laboratorio de suelos.	106
Tabla 23 Presupuesto de alternativas propuestas.	117

Tabla de Fórmulas

Fórmula 1 Coeficiente estructural base granular.	100
Fórmula 2 Coeficiente estructural sub base granular.	101
Fórmula 3 Cálculo de espesores.....	102
Fórmula 4 Precipitación mm - Villavicencio – Meta. Fuente: IDEAM.....	103
Fórmula 5 Cálculo de porcentaje de lluvias.....	103

Lista de Anexos

Anexo 1 Resultado diseño Marshall efectuado con crudo de castilla. Norma INVIAS 2013. (Carpeta DISEÑO CRUDO).	125
Anexo 2 Resultados de Núcleos de base estabilizada con crudo de castilla. (carpeta ESCANEADO LABORATORIOS CRUDO).	125
Anexo 3 Estudio de tránsito promedio diario (carpeta TPD).	125
Anexo 4 Esquemas de fallas, Método VIZIR. (carpeta VIZIR).	125

Resumen

Las vías veredales y algunas que conducen a diferentes Municipios en el Departamento del Meta hacia la primera década del presente milenio, aún presentaban aspectos precarios debido a la falta de inversión por parte de las administraciones de turno.

A lo anterior, no eran esquivas las condiciones de descuido de las vías que comunicaban las cabeceras municipales con las inspecciones y centros poblados y a su vez, estos mismos con la capital del Departamento del Meta, de esta manera, se dificultaba la prestación de servicios públicos, asistencia médica, educación, comercialización de productos autóctonos y desarrollo rural.

El desarrollo y progreso de toda la región se fue deteriorando y atrasando toda vez que los grupos al margen de la ley se apoderaron de un amplio sector del Departamento, es así que se imposibilitó la inversión pública no solo en vías, sino en todo lo referente a saneamiento básico y salud.

Cabe destacar que el Departamento del Meta es privilegiado por la variedad de climas, que gran parte del parque natural Chingaza pertenece al Municipio de Cubarral y que existe una reserva natural denominada “La Macarena”, esto quiere decir que existe una gran diversidad de especies nativas, que sus tierras son productoras de muchas especies maderables, peces, frutas y hortalizas.

Las precariedades eran latentes en todos los corredores viales que comunicaban comercial y turísticamente una región que si bien es cierto no representa poblacionalmente un gran porcentaje, sí lo es en cuanto a la producción agrícola y últimamente gran generador de petróleo, el cual trajo consigo importantes multinacionales y de paso una gran crisis social.

Los recorridos realizados por los lugareños y habitantes de veredas hasta las cabeceras Municipales se realizaban en campero, medio que se veía restringido en época de invierno ya que se imposibilitaban el tráfico por las pésimas condiciones de las trochas, adicionemos a lo anterior que en esta región del País llueve las tres cuartas partes del año.

Sobre el año 2012 el Departamento del Meta celebra contratos de obra pública los cuales tienen por objeto realizar el mejoramiento de las vías veredales y dentro de estas, la vía al Caney, tal mejoramiento consiste en estabilizar la base mediante la aplicación de crudo de Castilla, este mejoramiento consiste en la aplicación de crudo de Castilla o bitumen a la base granular mejorando las condiciones físicas de la vía e incrementando la velocidad de circulación y por ende acortando el tiempo de recorrido.

Introducción

A través de los años se ha realizado la recuperación y construcción de algunas vías en el departamento del Meta, las cuales, sobre la década de los setenta, ochenta, noventa e incluso para este nuevo siglo se encontraban en un total abandono, además fue latente y notable la falta de inversión de recursos públicos tanto del gobierno local como del gobierno Nacional.

Progresivamente con el ingreso de empresas multinacionales para la explotación de hidrocarburos en sitios inhóspitos, se vio la apremiante necesidad de construir y adecuar vías con el fin de facilitar la movilización de los vehículos, de maquinaria pesada, equipos y demás, bajo este principio se inicia una nueva etapa de desarrollo vial en el Departamento del Meta.

Además, casi de forma accidental y paralela se observa que de la explotación de los pozos petroleros se pueden aprovechar elementos con fines de mejoramientos de vías, dichos recursos naturales procesados generaron alternativas para optimizar la comunicación entre veredas y municipios del Departamento, de esta manera, se han venido interviniendo carreteras de segundo orden bajo el concepto de bases estabilizadas con crudo de castilla.

1 Objetivos del Estudio

1.1 Objetivo General

Presentar alternativas para el uso del crudo de castilla en los mejoramientos de vías de segundo orden a nivel nacional mediante la optimización de bases granulares, además generar diagnósticos para la reparación y recuperación de las vías estabilizadas con este método, así como establecer criterios técnicos para su correcta aplicación, específicamente la vía que conduce a la vereda El Caney en el municipio de Restrepo-Meta.

1.2 Objetivos Específicos

- Determinar las causas de las lesiones que presenta la superficie de la vía que conduce hacia la vereda El Caney – Municipio de Restrepo en el departamento del Meta.
- Establecer alternativas de reparación mediante la implementación de procesos óptimos que mejoran la calidad de la base estabilizada.
- Relacionar criterios y consideraciones para prolongar la vida útil de una vía con este tipo de especificaciones técnicas.
- Establecer criterios para la mezcla y extendida de la base estabilizada con crudo de castilla mediante el uso de equipos mecánicos.
- Especificar la capacidad de carga para una vía con este tipo de especificaciones.

2 Marco Teórico

2.1 El crudo de castilla.

2.1.1 Localización del yacimiento y producción

El campo Castilla está localizado a 50 kilómetros al Sur-Este de la Ciudad de Villavicencio en el Departamento del Meta (Llanos Orientales). Este yacimiento es un anticlinal orientado en dirección nor-este-sur-este, que sirvió de trampa del petróleo entre los intervalos de las arenas inferiores del terciario y las arenas superiores del cretáceo. El campo Castilla la Nueva tiene una extensión de 19.000 hectáreas, con 20 pozos en producción y un rendimiento de 16.400 barriles diarios.

El Crudo de Castilla se encuentra en forma de emulsión, formada por gotas minúsculas de agua dispersas en aceite de petróleo, esta emulsión es bombeada desde los pozos, a través de 20 tuberías que llegan a la piscina de enfriamiento y son depositados en los tanques de surgencia en donde se inyecta un aditivo rompedor de la emulsión, que hace que las gotas se vuelvan más grandes provocando un asentamiento más rápido.

Luego, el Crudo de Castilla pasa a tratamiento térmico, elevando su temperatura a 185°F, para pasar a dos tanques de lavado, en donde es obligado a romper la emulsión y drenando el agua resultante, de tal forma que el crudo sobrenada al volumen de agua, este último proceso lleva un tiempo aproximado de diez (10) horas.

Finalmente, el crudo separado del agua y con un contenido menor a 0,5% en volumen, se lleva a los tanques de almacenamiento, en donde se puede drenar más agua que se separe para ser bombeado a la estación de entrega.

Así, el Crudo de Castilla, es transportado en carro tanques, para ser utilizado como combustible o como ligante asfáltico en la pavimentación de carreteras.

2.2 Definición y características del crudo de castilla

El crudo de petróleo de Castilla en su estado natural, se encuentra emulsificado con un 40 a 60% de agua y durante el proceso de producción, que consiste en una etapa de enfriamiento, adición de aditivos, sedimentación del asfalto y desalinización, dejando un producto asfáltico que sirve como combustible y presenta buenas condiciones para usarlo en la pavimentación.

El Crudo de Castilla, es un crudo pesado, que está compuesto por 83% de cemento asfáltico y un 17% de solventes en el ensayo de destilación a 360°C según la norma ASTM D 402. El asfalto residual, producto de la destilación a 360°C, contiene un 23,4% de asfaltenos y un 76,6% de málenos, proporciones que garantizan la durabilidad de este ligante y lo hacen apto para su uso, como ligante asfáltico en la pavimentación.

El Crudo de Castilla tiene un peso específico igual a 0,978 en el ensayo dado por la norma ASTM D 70 y una densidad de 13,5° API, es muy viscoso a temperatura ambiente, presentando los puntos de combustión e inflamación a los 91°C y a los 61°C respectivamente, en el ensayo ASTM 1310.

Como cualquier producto asfáltico su manejabilidad obedece a rangos de viscosidad, los cuales son de 85 +/- 10 Segundos Saybolt Furol (1,7 +/- 0,2 Poises) para la mezcla y de 140 +/- 15 SSF (2,8 +/- 0,3 Poises) para la compactación, con la diferencia que, para los asfaltos líquidos, la temperatura correspondiente se calcula para cuando el producto haya perdido el

50% de solventes, dicha temperatura sirve para los ensayos de compactación en las pruebas de diseño en el laboratorio. La viscosidad para el mezclado tanto en campo como en el laboratorio, se alcanza cuando se calienta el crudo de Castilla entre los 70°C y 80°C (161°F – 179°F), plantándose así, la recomendación de elevar lentamente la temperatura, sin dejar expuestos los elementos incandescentes de los tanques de calentamiento, cuidando siempre el efecto de las corrientes de aire.

La viscosidad para la compactación en obra corresponde a la temperatura ambiente, pero para mezcla en el laboratorio, esta viscosidad se consigue a los 108°C, obteniéndose la temperatura de curado en el laboratorio, para muestras de ensayo a 119°C, 11°C mayor a la compactación, según el Instituto Norteamericano del Asfalto.

Un resumen de las características encontradas en el laboratorio de la Universidad del Cauca, se presentan resultados que, al compararlos con los rangos de clasificación de los asfaltos líquidos artificiales, el Crudo de Castilla, se puede definir como un asfalto líquido natural que se encuentra entre un MC 250 y un SC 250 y que, en cuanto a pérdida de solventes, tiene un comportamiento similar al de un RC 250.

El crudo de Castilla, es más liviano que el agua, con un peso específico de 0,978 a 25°C, el contenido de agua es menor a 0,6%, característica que debe ser determinada constantemente para evitar espuma en el calentamiento. En el ensayo de destilación a 360°C, se obtiene un residuo asfáltico del orden de 83%, en cuya composición química se encontró un 23,4% de asfaltenos y un 73,6% de málenos, condición que garantiza su durabilidad.

2.3 El curado del crudo de castilla

El crudo de Castilla, como cualquier asfalto líquido, debe perder solventes para que el cemento asfáltico ligue las partículas de los agregados y la velocidad con que lo haga va a depender de varios factores, como son:

- La temperatura ambiente
- La temperatura del crudo de Castilla
- La temperatura de la Mezcla
- El viento
- La humedad higroscópica
- La presión atmosférica
- La aireación en obra
- La granulometría de los agregados
- La absorción de los agregados
- La fricción de partículas
- La humedad inicial de los agregados
- La condición de película súper delgada (Dosificación del ligante)

La temperatura, es el factor más determinante en el curado de un asfalto líquido, a mayor temperatura ambiente, del ligante o de la mezcla, más alta será la velocidad con que se pierde solventes.

El viento, es otro factor que ayuda a desprender los solventes de un riego o de una mezcla asfáltica, aunque es impredecible su magnitud, es un aliado en las obras cada vez que aumenta la velocidad de curado con su presencia.

La humedad higroscópica o ambiente, también va a afectar la salida de los solventes, tanto como en climas secos, la pérdida de solventes es más rápida que en climas húmedos, con la circunstancia que el agua del medio ambiente tratará de humectar los agregados o la mezcla, caso en el cual sería inconveniente airear las mezclas.

La presión atmosférica es otro parámetro que afectará en los diferentes proyectos la pérdida de los solventes; a nivel del mar se tendrá un mayor tiempo de curado que en otras altitudes, a mayor columna de aire, la salida de solventes será menor.

La granulometría de los agregados, influirá en el curado de las mezclas, pues gradaciones abiertas de partículas gruesas, permitirán la salida de solventes en forma más rápida que las gradaciones más densas y finas.

La absorción de los agregados, es un factor a considerar dentro del fenómeno de curado, cuando las partículas sean recubiertas del crudo de Castilla, los solventes trataran de ser absorbidos por los orificios de los agregados, y el efecto será más importante en la medida que los agregados se encuentren más secos.

La humedad de la mezcla de los agregados (máximo el 3%) permitirá la absorción o la difusión de los solventes en la película de aire libre, la cual retendrá por más tiempo y en el caso de que la presencia de agua sea mayor, la mezcla se presentará como inestable y conllevará a las deformaciones tempranas.

Los procesos constructivos que se adopten, desarrollaran una menor o mayor aireación y una mayor o menor fricción entre partículas, que liberaran calor y exposición de la película de

asfalto que recubre los agregados, por ejemplo, el proceso de mezclado en vía o en patio con motoniveladora, liberará más solvente que el mezclado en planta; el proceso de extendido con motoniveladora genera mayor exposición y fricción entre partículas que el extendido con terminadora de pavimentos.

La pérdida de solventes del crudo de Castilla en las mezclas con agregados, involucra paulatinamente la pérdida de la manejabilidad y un incremento de la estabilidad o resistencia a los esfuerzos y deformaciones en las mezclas compactadas. En la figura 1, se muestra el efecto de la pérdida de solventes en el incremento de la resistencia a la compresión simple, trabajando con briquetas elaboradas con el porcentaje óptimo de crudo de Castilla y un agregado areno-limoso, expuesto a una temperatura ambiente de 17°C en promedio y humedad higroscópica mayor a 70%.

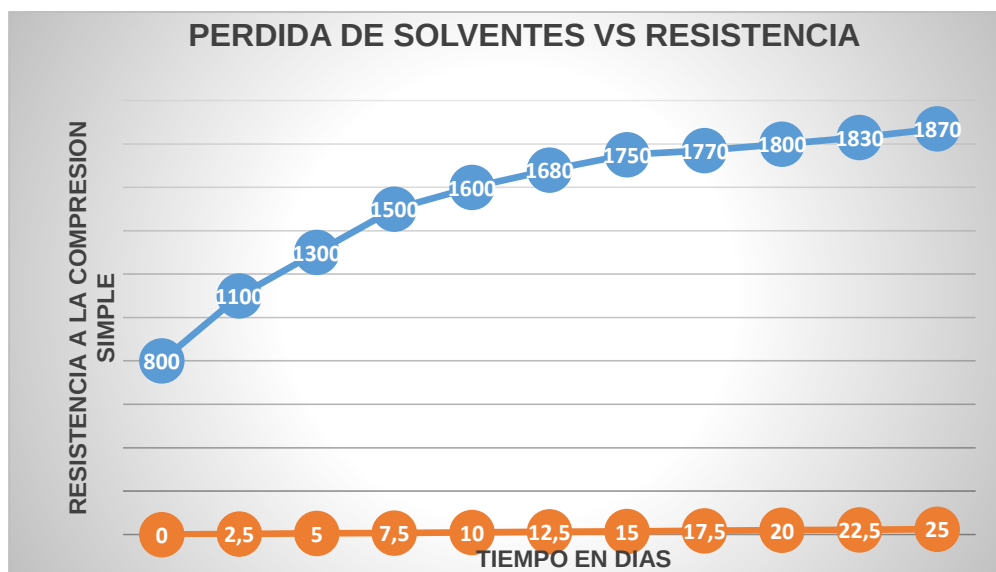


Figura 1 Perdida de Solventes vs Resistencia

2.4 Método de realización de la mezcla

MEZCLA EN PLANTAS	MEZCLA EN VIA	MEZCLA LOCAL
• Plantas fijas • Plantas móviles	• Pulvimixer o mezclador mecanico • Motoniveladora o irrigador • Rastrillo agricola e irrigador	• Mezcladora o trompo • Con palas a mano

Figura 2 Método de Realización de la mezcla.

2.4.1 Elaboración de mezclas en plantas:

El mezclado por medio de una planta fija garantiza una buena dosificación del crudo, un buen manejo de la granulometría y la condición de humedad y una mezcla homogénea. En este proceso, el crudo de Castilla se debe calentar entre 70 y 80°C y los agregados pueden secarse usando una temperatura igual o mayor a 10°C, estas condiciones de temperatura favorecerán el rendimiento de la mezcla y disminuirá el tiempo de curado.

El mezclado en planta móvil se realiza directamente en la vía y dependiendo del equipo que se disponga este puede recibir el agregado desde las volquetas, dosificar el crudo, mezclarlo y extenderlo o bien levantar el agregado previamente dispuesto en un cordón.

2.4.2 Mezcla en vía:

Otro procedimiento ampliamente conocido y aplicado es la mezcla en vía, que sin lugar a dudas representa un medio para trabajar en zonas aisladas o en aquellos proyectos que por su magnitud no necesitan la instalación de la planta.

El uso de pulvimixer requiere del acordonamiento del agregado y dependiendo si el equipo tiene o no el dispensador de ligante incorporado se requerirá de carro tanque imprimador.

El empleo de motoniveladora para el mezclado y el tanque irrigador para la dosificación requiere de tramos de no más de 100 metros de longitud para controlar el proceso, en el desarrollo es conveniente controlar el volumen de agregados y los sucesivos riegos de crudo de Castilla.

El efecto de mezclado de la motoniveladora puede ser reemplazado por la acción de un rastrillo agrícola o se pueden combinar los dos procedimientos para aumentar el rendimiento.

La homogeneidad y la no contaminación de la mezcla depende en gran medida de la pericia del operador.

2.4.3 Mezcla local:

Para proyectos menores como andenes y reparaciones locativas como parcheo en pavimentos, la mezcla se puede realizar con la ayuda de una mezcladora de concretos hidráulicos o trompos, o en su defecto con pala a mano.

2.5 Métodos de extendido y compactación

Dependiendo de la importancia del proyecto y del equipo disponible se establecen procesos con el fin de optimizar la calidad y estabilidad de la mezcla.

Es de relacionar que los siguientes métodos se pueden desarrollar e implementar en obras de baja complejidad o reparcheos:

- Extendido de la mezcla con pala, mezcla en semicaliente
- Extendido con regla y pala

Sin embargo, en la ejecución de obras de mediana y alta complejidad se recomienda el uso de los siguientes métodos de extendida de la mezcla estabilizada con crudo de Castilla, que para todos los casos se debe ejecutar seguidamente la compactación mecánica por medio de un vibro compactador, rana, benitin o el que el proyecto y su importancia requiera.



Fotografía 1 Con Finisher o terminadora de pavimentos. Fuente: Propia



Fotografía 2 Con la motoniveladora. Fuente: Propia

2.6 Puesta en servicio

Como se entiende que la mezcla va ganando resistencia a los esfuerzos y deformaciones a medida que pierde los solventes, y que además el 17% que contiene el crudo de Castilla son de diversa composición, que algunos y en poca cantidad serán prácticamente no volátiles, es necesario realizar diferentes pruebas en el laboratorio y en el campo si es posible sobre muestras sueltas y compactas, conocer la capacidad de perder solventes versus la resistencia medida por compresión simple o la estabilidad Marshall, de esta forma se podrá controlar mejor el tiempo de puesta en servicio.

Sin embargo, para tráfico liviano la mezcla se puede dar en servicio dirigiendo el tráfico por bandas transitables señaladas y las cuales se varían de tiempo en tiempo, obligando al tráfico a realizar una compactación que se debe complementar con el paso de un rodillo liso para corregir algunos ahuellamientos que se generen.

2.7 Estudio del tránsito para diseño de pavimentos

- a) **Eje sencillo:** es un eje en cuyos extremos lleva una o dos ruedas sencillas.
- b) **Eje tándem:** es aquel constituido por dos ejes sencillos con rueda doble en los extremos.
- c) **Eje tridem:** es aquel constituido por tres ejes sencillos con rueda doble en los extremos.
- d) **Vehículos livianos:** Son aquellos de menos de 5 toneladas de capacidad tales como automóviles, camionetas, camperos, etc.

- e) **Vehículos comerciales:** Son aquellos de más de 5 toneladas de capacidad tales como camiones, buses, remolques, etc.
- f) **Volumen de tránsito:** Es el número de vehículos que circulan en ambas direcciones por una sección de vía durante un período específico de tiempo. Este puede ser horario, diario, semanal, etc.
- g) **Tránsito promedio diario:** Es el volumen de tránsito durante un período de tiempo, dividido por el número de días del período. Abreviadamente se denota como TPD. Según el período utilizado para medir el volumen de tránsito, el TPD puede ser anual, mensual o semanal, denominándose TPDA, TPDM, Y TPDS, respectivamente.
- h) **Tránsito existente:** Es aquel que presenta la vía antes de ser pavimentada.
- i) **Tránsito atraído:** Es el volumen de tránsito que, sin cambiar ni su origen ni su destino, puede ocupar la futura vía pavimentada como ruta alterna, afluyendo a ella a través de otras vías ya existentes.
- j) **Tránsito generado en una vía nueva o mejorada:** Es el volumen de tránsito que resulta como consecuencia del desarrollo económico y social de la nueva zona de influencia.
- k) **Tránsito inducido:** Es la suma del tránsito atraído y generado.
- l) **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 del tránsito, la libertad de manejo, la seguridad y los costos de operación.
- m) **Volumen de servicio:** Es el volumen de tránsito que le corresponde a cada nivel de servicio.

- n) **Capacidad:** La capacidad de una vía o de un carril es el número máximo de vehículos que puede circular por una u otra durante un período de tiempo determinado sin que se presenten demoras ni restricciones en la libertad de movimiento de los vehículos.

2.8 Clasificación de los vehículos

EI INV (Instituto Nacional de Vías) ha designado la siguiente terminología para los vehículos que circulan en el país.

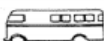
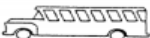
A = Vehículos livianos.

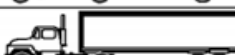
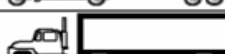
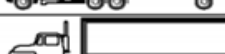
B = Buses.

C = Camiones.

Además, ha clasificado el tipo de vehículo de acuerdo con el número y disposición de sus ejes de la forma que se muestra en la Tabla 1.

Caracterización de los vehículos en Colombia

TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
AUTOS		  
BUSES	BUSETA	
	BUS	
	BUS METROPOLITANO	
C2-P	CAMION DE DOS EJES PEQUEÑO	
C2-G	CAMION DE DOS EJES GRANDE	

TIPO DE VEHICULO		ESQUEMA
C3 Y C4	CAMION C3	
	CAMION C4	
	TRACTO-CAMION C2-S1	
	TRACTO-CAMION C2-S2	
	TRACTO-CAMION C3-S1	
C5	TRACTO-CAMION C3-S2	
> C5	TRACTO-CAMION C3-S3	

Fuente: Caracterización del Tránsito, Ingeniero Fernando Sánchez Sabogal

Tabla 1 Caracterización de los vehículos en Colombia.

2.9 Determinación del tránsito existente

La información necesaria para cuantificar el tránsito existente de una vía se debe recolectar con base en los procedimientos de la Ingeniería de Tránsito.

La información que se requiere es la siguiente:

- a) El tránsito promedio diario semanal (TPDS).
- b) Número, tipo y peso de los ejes de los vehículos pesados.

3 Metodología

Se expone la metodología que se implementara en la ejecución en el proceso de rehabilitación del tramo en observación con crudo de castilla.

1. Levantamiento, reconocimiento del sitio de análisis.
2. Obtención de documentos públicos, planos catastrales y demás.
3. Visitas de campo para el análisis de las lesiones en la vía.
4. Extracción de núcleos de acuerdo a las lesiones observadas.
5. Determinación en laboratorio de las causas de las lesiones observadas.
6. Apoyo documental de textos y de profesionales con amplia experiencia con crudo de castilla.
7. Presentación de propuesta con la mezcla óptima que genera la duración o tiempo de vida útil esperado y requerido.

4 Historia Clínica

De acuerdo a las fallas encontradas y luego de establecer con anterioridad la verdadera importancia y el servicio que presta la vía para los habitantes, visitantes, comerciantes, usuarios en general y con el fin de determinar las causas de los daños que presenta en la actualidad el corredor, se inicia un proceso de análisis investigativo técnico cuya única finalidad es establecer las causas de los daños y plantear soluciones constructivas que coadyuven con la estabilidad de la vía y que esta a su vez traduzca progreso y bienestar a los lugareños.

En los análisis previos se comprueba que esta vía ha sido intervenida por medio de contratos de obra otorgados por la gobernación del Meta y por la alcaldía municipal de Restrepo y que el alcance de cada uno de estos es:

- Conformación de la banca.
- Construcción de alcantarillas y/o box coulvert.
- Suministro, extendida y compactación de sub base granular.
- Suministro, extendida y compactación de base granular estabilizada con crudo de castilla.

Las características, ubicación e información particular y general del paciente seleccionado se detallan en el presente documento.

4.1 Responsables del estudio

Ingenieros:

Sandra Patricia Mesa Osorio

código: 2188130

Nelson Hernán Peñuela López

código: 2188142

Víctor Mauricio Trejos Calvo

código: 2188143

4.2 Fecha de realización de los análisis y estudios

Fecha de extracción de núcleos: 17 de julio de 2017

Fecha de realización de Vizir: 06 de junio de 2017

Fecha de realización de T.P.D: 24 de abril de 2017

4.3 Localización del Municipio de Restrepo

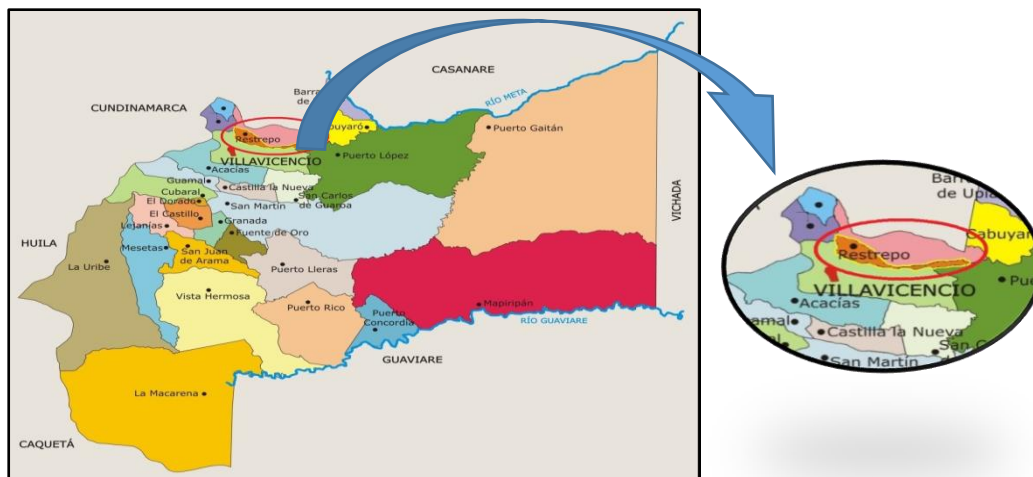


Figura 3 Mapa de Localización general de Municipio de Restrepo, fuente: Alcaldía Municipal

4.3.1 Breve descripción del Municipio:

Ubicado en el Piedemonte Llanero se encuentra a 10 Km. de Villavicencio. En 1912 el caserío fue elevado a municipio con el nombre de la Colonia, el cual fue cambiado en 1915 por el de Restrepo, como homenaje al donante de los terrenos, señor Emiliano Restrepo Echevarría. Al parecer la presencia humana en los yacimientos salinos de Upín se presentó desde tiempos prehispánicos con integrantes de la familia Guayupe, quienes utilizando la sal sostuvieron intercambios comerciales con habitantes de las fronterizas provincias muiscas. Es una de las poblaciones más pintorescas y progresistas del Llano. Tuvo su origen bajo el gobierno del General Rafael Reyes, cuando este ilustre mandatario dispuso en 1906, la creación de una colonia penal en el sitio que hoy ocupa la población.

El Municipio de Restrepo se encuentra ubicado a 4° 16'' latitud norte y 73° 34' 25'' de longitud oeste del Meridiano de Greenwich y a 570 Mts. Sobre el nivel del mar. Según la zonificación agro ecológica ICA – IGAC Restrepo está ubicada en una zona de tierras de Planicie pluvial de Piedemonte, de relieve ligeramente ondulado con pendientes hasta de 12% y tierras aluviales de relieve Plano con pendientes hasta del 3% igualmente dentro del relieve del Municipio encontramos un sector montañoso como parte de la cordillera con alturas hasta 2700 Mts sobre el nivel del mar; la altura sobre el nivel del mar es de 570 metros promedio.

Extensión total: 434 Km²

Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): 570

Temperatura media: 25. 8° C

4.3.2 Localización de la vía en el municipio de Restrepo

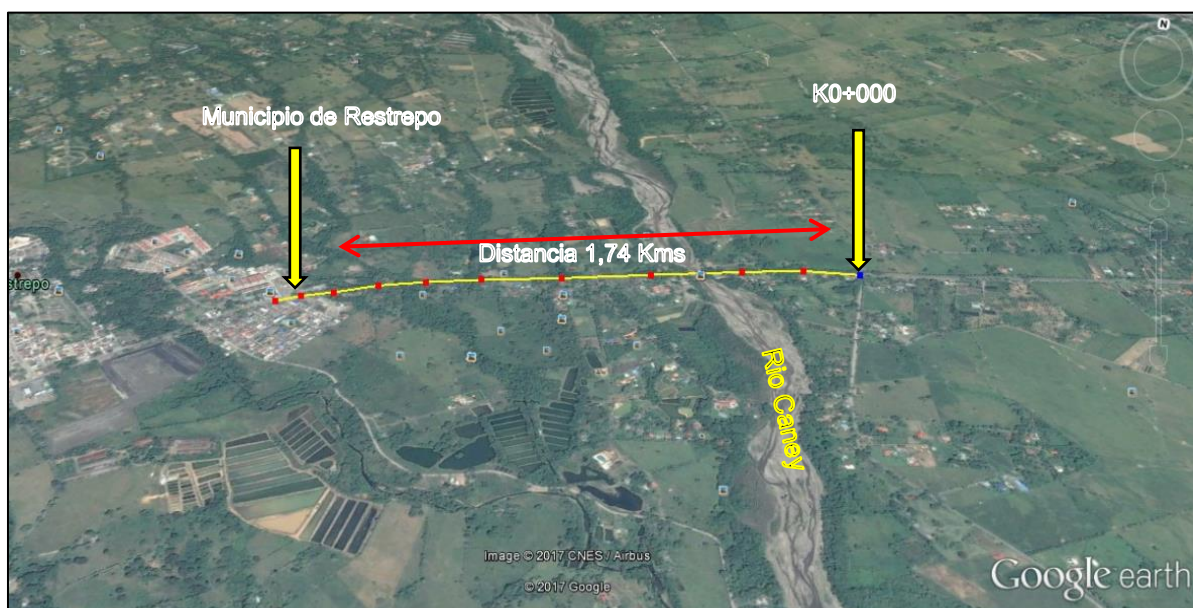


Figura 4 localización general de la vía respecto del Municipio de Restrepo, fuente: Google Earth

El K0+000 de la vía se ubica a 1,74 Kms del municipio de Restrepo (Meta), sobre la vía que comunica a Villavicencio con el Departamento del Casanare, ruta 65 denominada como “Marginal de la selva”. Fuente de la imagen: Google Earth.

4.4 Longitud de la vía

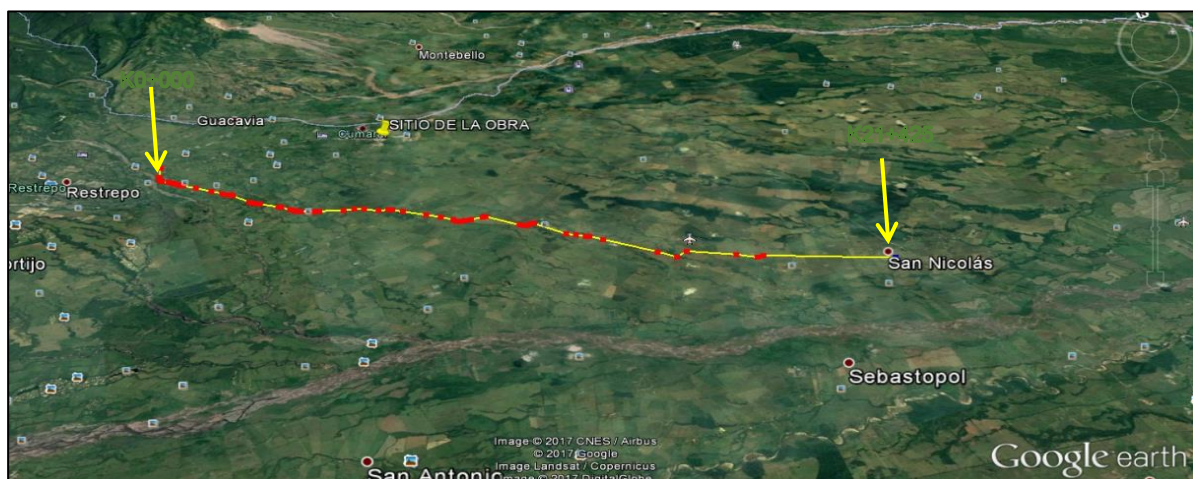


Figura 5 longitud de la vía, fuente: Google Earth

La longitud de la vía secundaria es de 21,425 Kms hasta la Vereda San Nicolás. En el recorrido se encuentran los centros poblados de san Nicolás y veredas como Buenos Aires, San Bernardo y Vega La Grande. Fuente de la imagen: Google Earth.

4.4.1 Importancia de la vía

El departamento del Meta y en especial los Municipios aledaños a su capital Villavicencio, han experimentado en los últimos años un importante crecimiento en la economía gracias a los beneficios de la inversión en la vía que comunica con la capital del País, este tipo de economía activa corresponde al turismo el cual abastece un importante renglón de los ingresos per cápita de sus moradores o habitantes.

No alejado de esta influencia turística está el municipio de Restrepo el cual se ubica a sólo 15 Kms al nor-orienté de Villavicencio, esta población genera gran atractivo a propios y visitantes por su gastronomía autóctona como el pan de arroz y la “mamona” o carne de res. Alrededor del movimiento turístico se generan otros tipos de atractivos como el avistamiento de aves naturales y por supuesto los espectaculares amaneceres y atardeceres que engalanan la majestuosidad del llano. Es así, que para abastecer la demanda de visitantes se han construido e implementado por esta ruta: casas fincas campestres, parques y complejos turísticos que ofrecen comodidad y planes vacacionales, siendo estos de gran aceptación por parte de los turistas.

Además de la gran escalada turística, esta región ha sido generadora y fuente de productos agrícolas como plátano, yuca, arroz y caña de azúcar entre otros, así como productora de aves

y carne de res en menor escala, es por esto, que por el corredor vial constantemente circulan camiones con eje tándem.

Otro factor atrayente de un gran volumen de tráfico son las fuentes hídricas que se ubican al sur del municipio de Restrepo y en límites con municipio de Villavicencio, toda vez que de estas se extrae legal e ilegalmente material granular para las diferentes obras civiles del Departamento del Meta.

Por último y no menos importante son las empresas petroleras que deambulan y permanecen en constante búsqueda de pozos para su explotación, de esta manera, esta vía concentra además de la carga de tráfico una gran importancia en el desarrollo económico de la región norte del Departamento del Meta.

4.4.2 Longitud de la vía en análisis

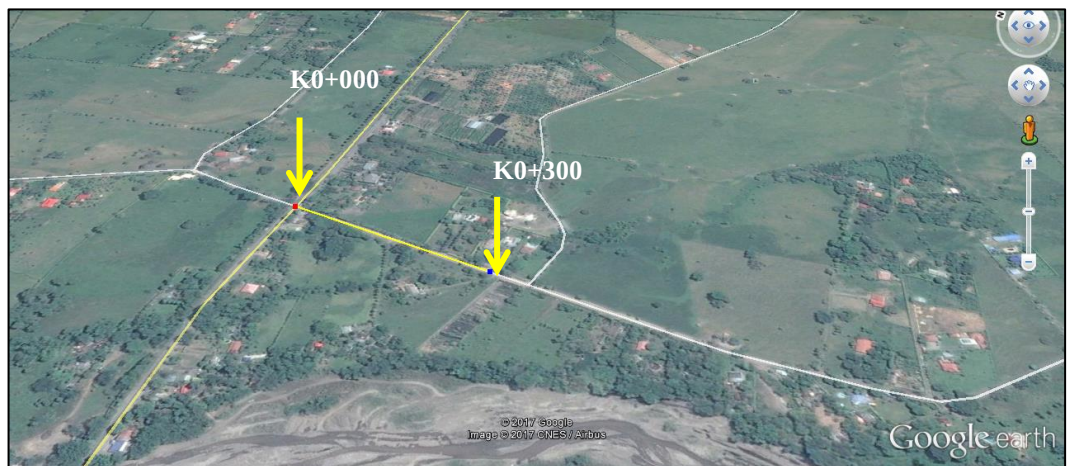


Figura 6 Tramo de vía analizado, fuente: Google Earth

Para efectos de análisis y de estudios y de acuerdo a lo observado en el sitio se tomó un tramo de trescientos metros lineales de vía (300 ml), a los cuales se les realizó la respectiva auscultación de lesiones mediante la inspección visual y la extracción de briquetas. A

4.5 Mapa de zonificación sísmica del sitio donde se ubica la vía analizada

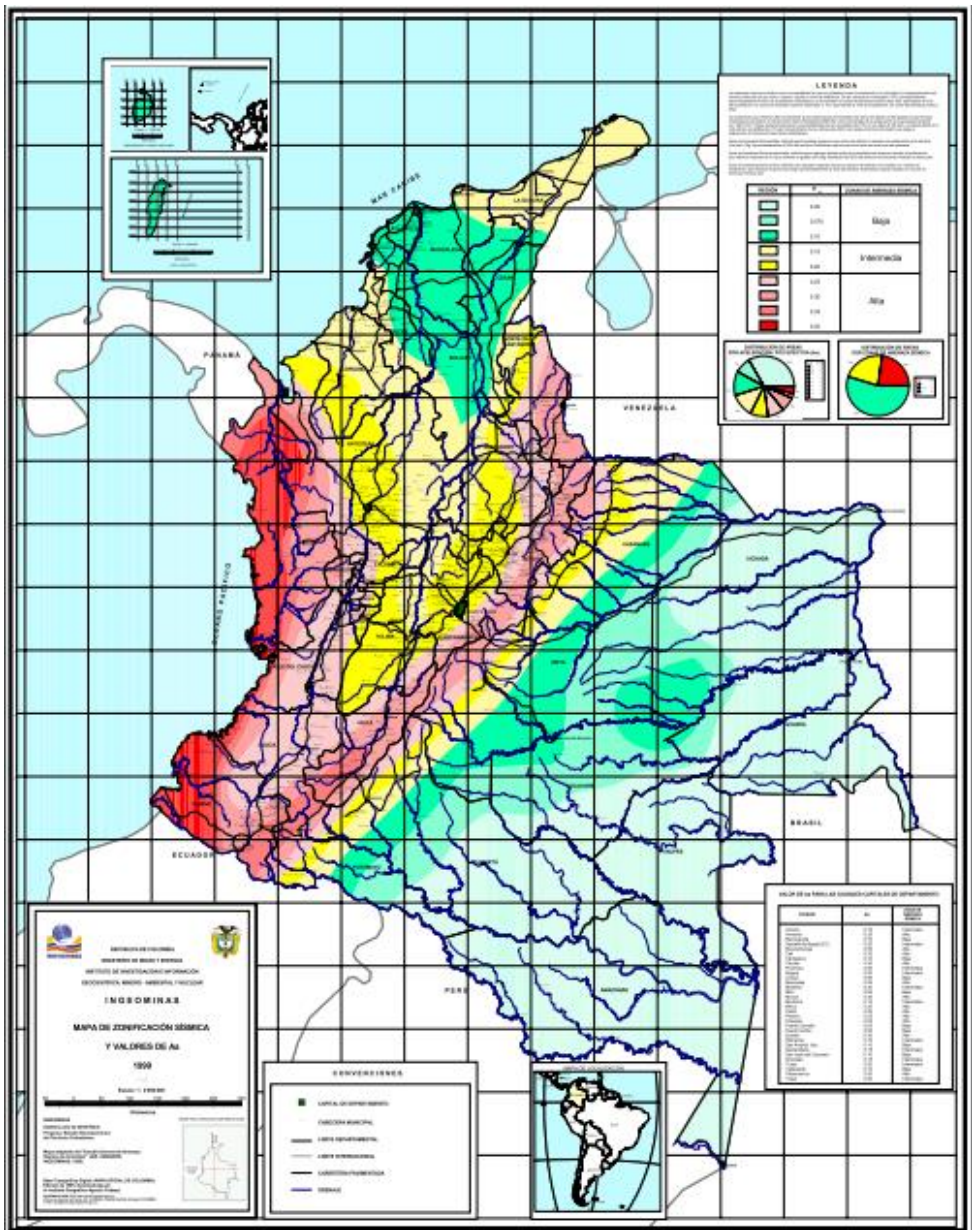


Figura 7 Mapa de zonificación sísmica fuente: Ingeominas

De acuerdo al Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 el Municipio de Restrepo (Meta) se encuentra ubicado en una zona sísmica alta con un valor $A_a=0,30$, en la figura 7 se observa la zonificación sísmica del territorio Colombiano y dentro del cual se observan las diferentes clasificaciones territoriales de acuerdo al nivel de amenaza sísmica.

REGIÓN	A_a	ZONAS DE AMENAZA SÍSMICA
	0.05	Baja
	0.075	
	0.10	
	0.15	Intermedia
	0.20	
	0.25	Alta
	0.30	
	0.35	
	0.40	



Figura 8 Valores de A_a para cada clasificación, fuente: Ingeominas

4.6 Descripción y perfil actual de la vía

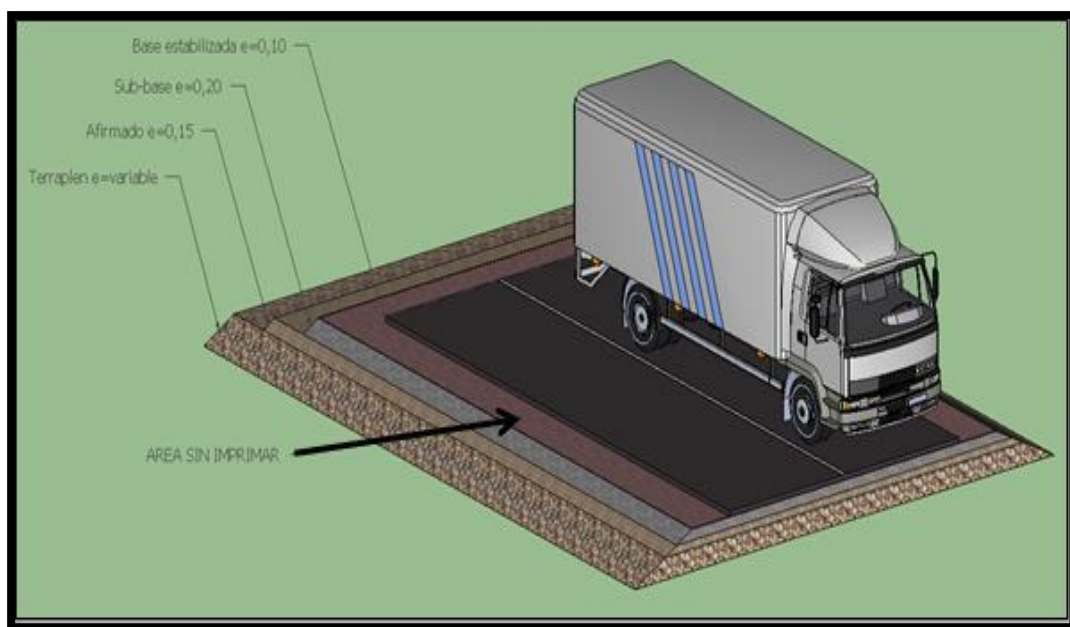


Figura 9 Distribución de material aplicado

Los procedimientos constructivos observados durante la ejecución de la obra no fueron los óptimos, ya que entre otros aspectos el material estabilizado no fue protegido debidamente y no hubo homogeneidad en la mezcla, de tal forma que prematuramente se empezaron a presentarse daños con severidad alta en la superficie de la vía tales como Afloramientos, huellas longitudinales y desplazamientos, etc.

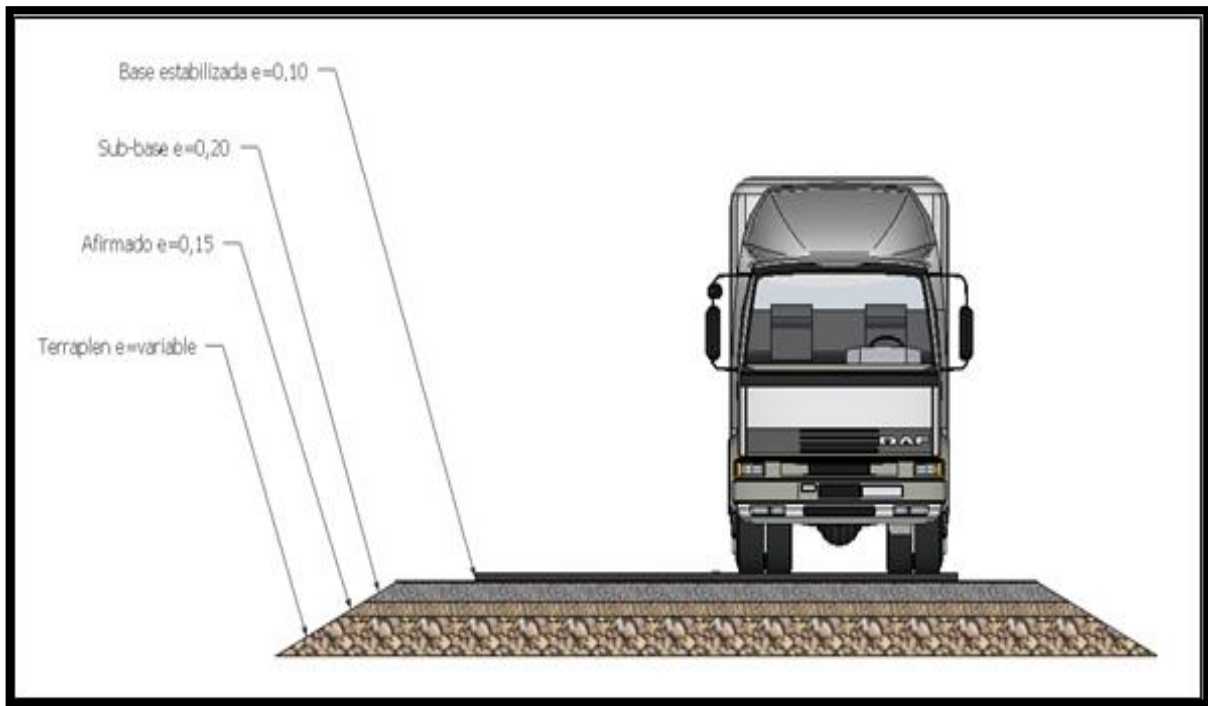


Figura 10 Corte y espesores de materiales, Perfil actual de la vía en análisis, fuente: Propia

Actualmente en el departamento del Meta se realizan procesos “rudimentarios” para la construcción de vías estabilizadas con crudo de castilla, aún no existen políticas públicas de estandaricen los métodos a seguir, de esta forma el mezclado de la base granular con el crudo se realiza con motoniveladora generando una mezcla no homogénea que posteriormente se refleja en inconvenientes superficiales.

4.7 Tránsito diario en el paciente



Fotografía 3 Tránsito de Volquetas con material granular de fuentes hídricas en el sector de la vía. Foto tomada por los autores del estudio.



Fotografía 4 Tránsito continuo de camiones con carga agrícola. Foto tomada por los autores del estudio.



Fotografía 5 Señalización preventiva de paso de ganado vacuno. Foto tomada por los autores del estudio.



Fotografía 6 Tránsito de camiones con carga avícola viva para distribución Departamental y Nacional. Foto tomada por los autores del estudio.



Fotografía 7 Tránsito de camiones con carga vacuna para expendio Departamental y Nacional. Foto tomada por los autores del estudio.



Fotografía 8 Paso de vehículos con gas para abastecimiento de fuentes de consumo doméstico. Foto tomada por los autores del estudio.

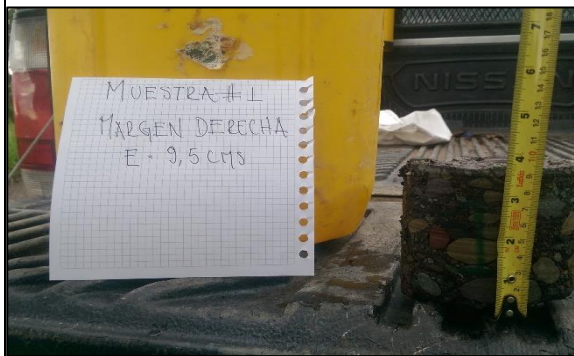
4.8 Extracción de núcleos.



Fotografía 8 Toma de registro fotográfico del equipo de corte para la extracción de núcleos. Foto tomada por los autores del estudio.



Fotografía 9 Medición de profundidad de la extracción realizada. Foto tomada por los autores del estudio.



Fotografía 10 Toma de medida (espesor) de la briqueta y su respectivo registro. Foto tomada por los autores del estudio.



Fotografía 11 Toma de distancia del sitio de extracción del núcleo hasta el extremo de la vía. Foto tomada por los autores del estudio.



Fotografía 12 Materialización de puntos de extracción por medio de GPS. Foto tomada por los autores del estudio.



Fotografía 13 Elementos complementarios utilizados para la toma de las briquetas. Foto tomada por los autores del estudio.

5 Análisis de los resultados de los ensayos de laboratorio.

A continuación, se realiza un análisis a los resultados de las extracciones realizadas en el sitio a la base estabilizada con crudo de castilla:

PARÁMETRO O ENSAYO		RESULTADOS OBTENIDOS					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS EXTRAÍDOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS I.N.V. E – 782 – 13		VER CURVA GRADACIÓN DE LA MUESTRA # 1	VER CURVA GRADACIÓN DE LA MUESTRA # 2	VER CURVA GRADACIÓN DE LA MUESTRA # 3	VER CURVA GRADACIÓN DE LA MUESTRA # 4	VER CURVA GRADACIÓN DE LA MUESTRA # 5	VER CURVA GRADACIÓN DE LA MUESTRA # 6
EXTRACCIÓN CANTITATIVA DEL ASFALTO EN MEZCLAS EN CALIENTE PARA PAVIMENTOS I.N.V. E – 732 – 13		PROMEDIO % 4.28	PROMEDIO % 5.03	PROMEDIO % 5.11	PROMEDIO % 4.28	PROMEDIO % 5.00	PROMEDIO % 4.35
ESPESOR (cm)		9.5	8.6	6.4	11.0	11.5	13.5
COORDENADAS	N	4°15'40.20"	4°15'40.20"	4°15'34.10"	4°15'34.10"	4°15'03.00"	4°15'03.00"
	O	73°32'28.20"	73°32'28.20"	73°32'9.44"	73°32'9.44"	73°31'53.40"	73°31'53.40"

Tabla 2 Resultados ensayos de laboratorio

Es evidente que el espesor aplicado en el momento de la extendida de la mezcla no fue auscultada y verificada por los constructores o el interventor de la obra, es así, que el espesor de la muestra No. 3 tan solo tiene 6.4 cm frente a los 10 cm requeridos en promedio para una mezcla de este tipo. En contraposición encontramos un espesor de la muestra No. 6 de 13.5 cm. A los anteriores resultados se estiman cuáles son las posibles causas para obtener esta diferencia tan acentuada entre una briqueta y la otra.

Como primera medida es palpable que no existió un correcto procedimiento técnico de vigilancia y supervisión tanto por parte del contratista, así como del interventor de la obra, es indispensable relacionar que el bombeo normal de una vía se debe realizar para este tipo de obra (base estabilizada con crudo de castilla) desde la sub base, esto quiere decir que en esta capa ya deben ir definidos los bombeos, así como los peraltes de la vía. Estos procedimientos anteriormente mencionados definen una capa de base estabilizada constante

y uniforme en toda su superficie. Después de lo mencionado es más fácil constructivamente extender la mezcla con la finalizadora y por ende se facilita el control de espesores por parte de los intervinientes del proyecto.

Es concluyente que para el caso puntual y en el tramo de vía analizado no se realizaron los procesos requeridos, de tal manera, que se observan grandes diferencias entre los espesores de las muestras extraídas.

En los análisis cuantitativos del porcentaje de asfalto se analizan serias diferencias respecto de las solicitudes requeridas, una mezcla en crudo de castilla debe obedecer plenamente a un estudio granulométrico versus un porcentaje óptimo de crudo, dentro de las investigaciones realizadas un equivalente porcentual promedio oscila entre el 5 y 5.2%. Para el caso de nuestro paciente analizado se encontraron resultados de 4.28 y 4.35% el cual es el resultado de procedimientos equívocos de mezcla del material granular con el crudo de castilla, siendo este proceso óbice para la obtención de mezclas de buena calidad y con medianos periodos de vida útil. Impera por tanto conceptualizar y unificar procesos para el mezclado de los materiales que conforman la mezcla estabilizada con crudo de castilla, tal que, se garantice homogeneidad y buena adherencia del bitumen con los agregados.

Actualmente la industria ha desarrollado y construido tolvas para realizar mezclas en frio, de tal manera, que dependiendo del proyecto a ejecutar se de uso de los equipos necesarios y requeridos con el fin de optimizar mezclas. Para este caso puntual la mezcla se realizó mediante el uso de la motoniveladora, lo cual, y considerando la magnitud del proyecto se prestó para una mala homogenización, así como para la contaminación de la misma, dado que, las mezclas mediante equipos mecánicos se llevan a cabo en patios o lotes de gran

dimensión, los cuales no están exentos de elementos nocivos como plásticos, madera y elementos metálicos que finalmente terminan afectando la estabilidad de la obra.

6 Transito promedio diario

		ANÁLISIS DE LESIONES A LA ESTABILIZACIÓN CON CRUDO DE CASTILLA DE LA VÍA QUE CONDUCE A LA VEREDAD EL CANEY, MUNICIPIO DE RESTREPO-META.										1
		TRANSITO PROMEDIO DIARIO										HOJA
Fecha (D.M.A): 08 de Abril de 2017		Estación de Aforo: Inicio de vía										
Condición Climática: día soleado		Abcisa: K0+300										
Aforador: Victor Mauricio Torres Gallo												
Coordinador:												
Hora Inicio	Hora Final	TAXIS	AUTOS	BUS INTERM	BUSETA	C-2P	C-2G	C-3-4	C5	≥C6	Motos	
8:56 am	9:56 am		1	38	0	0	6	10	4	1	0	NA
9:56 am	10:56 am		5	26	0	3	12	10	6	2	3	NA
10:56 am	11:56 am		3	32	0	0	11	1	1	2	4	NA
11:56 am	12:56 pm		1	30	0	2	3	2	1	3	1	NA
12:56 pm	1:56 pm		1	31	0	3	4	3	1	4	2	NA
1:56 pm	2:56 pm		1	48	0	1	1	0	0	0	0	NA

Tabla 3 Toma de datos transito promedio diario

Para efectos de conocer el tipo de tránsito y vehículos que circulan por la vía en análisis, se realizaron de manera aleatoria los días 08, 23 y 24 de abril de 2017 aforos donde se discriminan los siguientes tipos de vehículos:

- Taxis
- Automóviles particulares
- Buses
- Busetas
- Camión C-2P

- Camión C-2G
- Camión C-3-4 eje tándem
- C5
- $\geq$ C6

Como resultado de los anteriores aforos se determina que la mayor cantidad de vehículos que transitan por el carreteable son los automóviles y que los camiones pequeños y grandes tienen una gran presencia en la vía, lo anterior como resultados de la explotación agrícola y ganadera que se da en el sector, sin embargo, un gran renglón lo ocupa los vehículos tipo doble troque o con eje tándem, siendo estos los utilizados para la comercialización del material granular que se encuentra y explotan en las reservas hídricas que se ubican en las Veredas intermedias de la vía. Es así, que mediante este análisis cuantitativo y calificativo se determina que la vía está constantemente afectada por el tránsito de vehículos de gran capacidad, no obstante, este es el resultado que genera el mejoramiento de cualquier tipo de vía intermedia (tránsito inducido).

7 Estudio de índice de condición de pavimento mediante el método de auscultación “VIZIR”

7.1 Antecedentes

La infraestructura vial es un agente determinante en el desarrollo social, económico y cultural de las diferentes regiones de nuestro país, es por eso que es importante considerar a nuestros pavimentos como el principal activo económico que posee la nación, en la actualidad el estado de las vías primarias y secundarias se encuentran por debajo de los niveles de competitividad requeridos por el medio. Un alto porcentaje de las vías del departamento del Meta se encuentran en la actualidad en mal estado y el presupuesto con

que se cuenta es escaso para las necesidades de inversión requeridas para proyectos de infraestructura vial.

Esta eventualidad dificulta la movilidad vehicular y peatonal de los sectores afectados, ya que el departamento presenta altos niveles de crecimiento, viéndose afectado por diversos desarrollos urbanísticos, turísticos, agrarios e industriales, que traen como consecuencia el deterioro de las vías de circulación existentes y el espacio público adicionalmente, la malla vial local construida se encuentra en constante proceso de deterioro debido al tránsito permanente de vehículos por lo que se hace necesario realizar acciones para su mejoramiento que permitan mantener o prolongar la vida útil de los pavimentos existentes.

Así mismo al recuperar las vías secundarias se mejora la movilidad de las personas y productos del agro que se producen en el territorio metense y así incentivar la primera fuente de producción económica. Poder trasladar los productos por estas vías en buen estado después de un mejoramiento de base con crudo de castilla, suministra rutas que reducen significativamente el tiempo en su recorrido, mejorando de esta forma la calidad de vías de la población de las diferentes veredas aledañas a los principales municipios del departamento del Meta.

Las actividades de mejoramiento de base con crudo de castilla e intervención de rehabilitación y mantenimiento de las estructuras de pavimentos flexibles pueden ser de tipo estructural y funcional las cuales representaran beneficios cualitativos, una vez que estos permitirán realizar desplazamientos de una forma segura y confortable, adicionalmente cuantitativos dado que permitirá evitar los sobrecostos por construcción de una infraestructura nueva en casos innecesarios donde la estructura posea vida residual.

7.2 Pavimentos Flexibles

Se denomina pavimentos flexibles a aquellos cuya estructura total se deflecta o flexiona dependiendo de las cargas que transitan sobre él. El uso de pavimentos flexibles se realiza fundamentalmente en zonas de abundante tráfico como puedan ser vías, aceras o parkings. Son Construidos con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivo.

Las capas de un pavimento flexible suelen ser: capa superficial o capa superior que es la que se encuentran en contacto con el tráfico rodado y que normalmente ha sido elaborada con varias capas asfálticas. La capa base es la capa que está debajo de la capa superficial y está, normalmente, construida a base de agregados y puede estar estabilizada o sin estabilizar. La capa sub – base es la capa o capas que se encuentra inmediatamente debajo de la capa base. En muchas ocasiones se prescinde de esa capa sub – base.

7.2.1 Tipos de Daños en el Pavimento Flexibles (Asfálticos)

Los procesos de auscultación de la ingeniería de pavimentos catalogan los deterioros de la estructura considerando los agentes que podrían afectarla, agentes como el clima, el tránsito, materiales utilizados y el proceso constructivo, generan un consumo de la estructura, así mismo estos factores enmarcan la clasificación global del tipo de daño del pavimento dividida entre funcionales y estructurales. Reconocer el tipo de falla y la causa es la esencia para determinar la intervención adecuada en la estructura de pavimentos.

Este informe busca en base a la posible información recolectada en una inspección visual mediante la metodología VIZIR determinar el estado de deterioro de un pavimento flexible,

esto permitirá estudiar el comportamiento estructural y funcional del mismo, para poder dar una primera propuesta de las estrategias de intervención a evaluar.

Según la Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos en carreteras, se muestran las clases, tipos y causas origen de los deterioros de los pavimentos asfálticos, información inicial para establecer las estrategias de intervención, adicionalmente a continuación se anexan alguno de los deterioros más comunes en nuestra infraestructura Nacional, así como la causa que los originaron.

7.2.2 Daños en la Mezcla Asfáltica

- ☐ Exudación.
- ☐ Ahuellamiento.
- ☐ Meteorización/ desprendimiento de agregados.
- ☐ Huecos.

7.2.3 Capas Subyacentes

- ☐ Abultamientos y hundimientos.
- ☐ Corrugación.
- ☐ Depresión.
- ☐ Grieta de borde.
- ☐ Desnivel carril/berma.
- ☐ Grieta longitudinal y transversal.
- ☐ Ahuellamiento
- ☐ Hinchamiento

7.2.4 Constructivos

- ☐ Exudación.
- ☐ Parcheo.
- ☐ Huecos.
- ☐ Meteorización/ desprendimiento de agregados.

7.2.5 Deterioro de la Carpeta Asfáltica (carga)

- ☐ Piel de cocodrilo.
- ☐ Grieta longitudinal y transversal.
- ☐ Pulimento de agregados.
- ☐ Huecos.
- ☐ Desplazamiento.
- ☐ Grietas parabólicas (Slipagge)
- ☐ Meteorización/ desprendimiento de agregados.

7.2.6 Deterioro de la carpeta asfáltica (clima)

- ☐ Agrietamiento en bloque.
- ☐ Grietas de reflexión de clima.

7.3 Metodología para Inspección visual de Pavimento

La auscultación de vías se constituye en un elemento esencial en la gestión de pavimentos, razón por la cual se hace necesario realizar un seguimiento del estado actual de las redes viales a través de inspecciones visuales, para proporcionar la información necesaria para el procesamiento de datos que pueden utilizarse para determinar los modelos de comportamiento de las estructuras de pavimentos.

Con base en lo anterior se ejecutó como actividad principal el inventario de las fallas del pavimento para el tramo en estudio con el propósito de calificarlo dentro de los parámetros de funcionalidad y así determinar el estado superficial en que se encuentra la estructura de pavimento.

7.4 Pavimento Flexible – Metodología VIZIR

El método de evaluación técnica de pavimentos flexibles VIZIR, relaciona dos parámetros. primero es de tipo funcional, el cual está orientado hacia la comodidad y seguridad de los usuarios; y el segundo es de tipo estructural, donde se relaciona la capacidad que tiene el pavimento para soportar apropiadamente el tránsito actual y futuro. El inventario de fallas visibles es el primero de un conjunto de pasos necesarios para evaluar la condición global de un pavimento. Esta información es la que determina la localización y extensión de las investigaciones posteriores, con el fin de establecer un juicio apropiado sobre la condición del pavimento que es objeto de evaluación.

Existen tipos de degradación en los pavimentos asfálticos y diferentes niveles de gravedad para cada tipo. Estos deterioros se deben identificar considerando factores como: Tipo, gravedad y extensión.

Una de las formas más apropiadas para presentar los datos de la inspección visual en campo es su representación en formatos del tipo “esquema itinerario”, en los cuales se pueden representar los diversos deterioros a lo largo de la vía, con su extensión y nivel de gravedad.

7.4.1 Degradaciones de Tipo A

Caracterizan una condición estructural del pavimento sea que este unida a las condiciones de las diversas capas y el suelo de subrasante o simplemente a las capas asfálticas. Son degradaciones debidas a insuficiencia de la capacidad estructural de la calzada.

Degradaciones tipo A – método Vizir			
Deterioro	Nivel de gravedad		
	1 (bajo)	2 (medio)	3 (alto)
Ahuellamiento u otras deformaciones estructurales	Sensible al usuario pero poco importante Flecha < 20 mm	Deformaciones importantes. Hundimientos localizados o ahuellamientos. 20mm ≤ flecha ≤ 40mm	Deformaciones que afectan de manera importante la comodidad y la seguridad de los usuarios Flecha > 40mm
Grietas longitudinales por fatiga	Fisuras finas en la banda de rodamiento	Fisuras abiertas y a menudo ramificadas	Fisuras muy ramificadas y/o muy abiertas (grietas). Bordes de fisuras ocasionalmente degradados.
Piel de cocodrilo	Piel de cocodrilo formada por mallas grandes	Mallas más densas (<500mm), con pérdidas	Mallas con grietas muy abiertas y con fragmentos
	(>500mm) con fisura fina, sin pérdida de materiales	ocasionales de materiales, desprendimientos y ojos de pescado en formación	separados. Las mallas son muy densas (< 200mm), con pérdida ocasional o generalizada de materiales.
Bacheos y parcheos	Intervención de superficie ligada a deterioros de tipo B	Intervenciones ligadas a deterioros tipo A	Ocurrencia de fallas en zonas reparadas

Tabla 4 Degradaciones tipo A, método VIZIR.

7.4.2 Degradaciones de Tipo B

Su mayoría es de tipo funcional y dan lugar a reparaciones que generalmente no están ligadas a la capacidad estructural de la vía. Su origen se encuentra más bien en deficiencias constructivas y condiciones locales particulares que el tránsito ayuda a poner en evidencia. Entre los deterioros de tipo B se citan: agrietamiento, ojos de pescado.

Deterioro		Nivel de Gravedad				
		1	2	3	4	5
Grieta longitudinal de junta o construcción		Fina y única	-ancha (10mm o más) si desprendimiento o -fina ramificada	Anchas o con desprendimientos o ramificadas		
Grietas de contracción térmica		Fisuras finas	Anchas sin desprendimiento, o finas con desprendimientos o fisuras ramificadas	Anchas con desprendimientos		
Grietas parabólicas		Fisuras finas	Anchas sin desprendimientos	Anchas con desprendimientos		
Grietas de borde		Fisuras finas	Anchas sin desprendimientos	Anchas con desprendimientos		
abultamientos		$F < 20\text{mm}$	$200\text{mm} \leq F \leq 40\text{mm}$	$F > 40\text{mm}$		
Ojos de pescado* (por cada 100m)	cantidad	< 5	5 a 10	< 5	> 10	5 a 10
	Diámetro	≤ 300	≤ 300	≤ 1000	≤ 300	$\leq$

Desprendimientos: -Pérdida de la película ligante -Pérdida de agregados		Perdidas aisladas	Perdidas continuas		Perdidas generalizadas y muy marcadas
Descascaramiento o	Prof. (mm)	≤ 25	≤ 25	> 25	> 25
	Area (m²)	$\leq 0,8$	$> 0,8$	$\leq 0,8$	$> 0,8$
Pulimento agregados		No se definen niveles de gravedad			
Exudación		puntual	Continua sobre la banda de rodamiento		Continua y muy marcada
Afloramientos -De mortero -De agua		Localizados y apenas perceptibles	intensos		Muy intensos
Desintegración de los bordes del pavimento		Inicio de la desintegración	La calzada ha sido afectada en un ancho de 500mm o mas		Erosión extrema que conduce a la desaparición del revestimiento asfáltico
Escalonamiento entre calzada y berma		Desnivel de 10 a 50 mm	Desnivel entre 500 y 100 mm		Desnivel superior a 100 mm
Erosión de las bermas		Erosión incipiente	Erosión pronunciada		La erosión pone en peligro la estabilidad de la calzada y la seguridad de los usuarios

Tabla 5 Degradaciones Tipo B, método VIZIR

7.5 Tipo de Intervención en Pavimentos Asfálticos

7.5.1 Tratamientos previos

Por lo general las actividades de restauración y refuerzo requieren actividad complementarias previas, las cuales permitirán garantizar el desempeño de estructura a mediano y corto plazo. Algunos pavimentos cuando no se ejecuta adecuada reparación previa tienen a reflejar las fisuras en la superficie de las capas nuevas. A continuación, se citan algunas de las actividades previas contempladas en la Guía metodológica de rehabilitación de pavimentos asfálticos:

- ☐ Sello de fisuras.
- ☐ Parcheo y bacheo.
- ☐ Capa de nivelación.
- ☐ Fresado.

7.6 Restauración

Este tipo de actividades están enfocadas en solucionar una necesidad de tipo funcional, dependiendo de la actividad a desarrollar se obtendrán los siguientes beneficios por el desarrollo de estas actividades encontramos los siguientes:

- ☐ Suministrar una nueva superficie de rodamiento con base estabilizada en crudo de castilla.
- ☐ Sellar áreas de fisuras.
- ☐ Impermeabilizar la superficie.
- ☐ Mejorar el drenaje superficial.

- ☐ Mejorar la fricción superficial.
- ☐ Reducir la rata de degradación del pavimento.
- ☐ Mejorar el aspecto de la calzada.
- ☐ Reducir el ruido de la rodadura.
- ☐ Proporcionar una diferencia visual entre la calzada y la berma.

7.6.1 Actividades de restauración:

- ☐ Sello tipo niebla o riego en negro.
- ☐ Sello de arena-asfalto.
- ☐ Tratamiento superficial.
- ☐ Lechada asfáltica.
- ☐ Micro aglomerado en frío.
- ☐ Sello del cabo.
- ☐ Micro aglomerado en caliente.
- ☐ Mezcla drenante.
- ☐ Sobre capa delgada.

7.7 Refuerzo

Esta metodología consiste en instalar una capa superior de un espesor determinado con crudo de castilla mediante la cual se obtiene beneficios en cuanto a la capacidad estructural del pavimento (prolongando el periodo de diseño) y corrección de deficiencia superficial, sin embargo, para que la sobre capa cumpla su función es indispensable escoger los materiales y espesores adecuados, para emplear.

7.8 Reciclado

Esta metodología permite retirar el material, realizar un tratamiento y reutilizarlo obteniendo corrección de deficiencias superficiales y en el caso de combinar con otras metodologías aumentar la capacidad estructural del pavimento. Algunos de los tipos de reciclado se relacionan a continuación.

- ☐ Reciclado en planta en caliente.
- ☐ Reciclado en el sitio.
- ☐ Reciclado superficial en caliente.
- ☐ Reciclado en frío en el sitio.
- ☐ Reciclado en frío con conglomerados hidráulicos.
- ☐ Reciclado mixto en frío en el sitio.

7.9 Reconstrucción

Esta alternativa contempla el retiro y remplazo total o parcial de toda la estructura de pavimentos, siendo estas la que más costos representa, motivo por el cual se recomienda se utilice cuando el Índice de deterioro superficial se encuentre entre 5 y 7 (tablas método VIZIR), y la estructura no cuente con vida residual adicional. El tipo de reconstrucción básicamente depende del tipo de estructura existente, por lo cual esta se clasifica de la siguiente manera:

- ☐ Reconstrucción tipo flexible.
- ☐ Reconstrucción de tipo semiflexible o semirrígido.
- ☐ Reconstrucción de tipo rígido.

- Reconstrucción blanco.

7.10 Resultados proceso de auscultación

El siguiente informe presenta el proceso que se realizó para adelantar el trabajo de campo mediante el cual realizamos una inspección visual y aplicamos la metodología VIZIR para pavimentos flexibles a un tramo de la vía que conduce a la vereda el Caney Municipio de Restrepo Meta, el cual clasificamos como Tramo 1 comprendido entre las abscisas k0+000 – k0+200.

En la primera etapa adelantada el martes 06 de junio de 2017, se realizó la inspección visual a la vía, en este se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin (ANEXO 2), y corresponden a los formatos para la inspección de pavimentos asfálticos que se anexan a este informe.

Este trabajo de Inspección se adelantó bajo todas las medidas necesarias de seguridad mientras se realizaba el desplazamiento en la vía, se utilizaron dispositivos de señalización y contamos con la compañía escolta para el personal en la vía de un vehículo.

En la segunda etapa luego de completar la inspección visual de campo, se trabajó bajo la interpretación y manipulación de la información recolectada, sobre los daños y se determinó el porcentaje de afectación teniendo en cuenta los cálculos de los respectivos índices que determina la metodología. El presente informe tiene un alcance únicamente académico, ya que el mismo se realiza como trabajo de modalidad de grado (T.P.I) de la Especialización en Patología de la Construcción de la Universidad Santo Tomas Sede Villavicencio.

7.11 Hallazgos

7.11.1 Tramo 1 (sección 1)

Longitud del Tramo: 50 m

Abscisas: K0+000 – K0+50

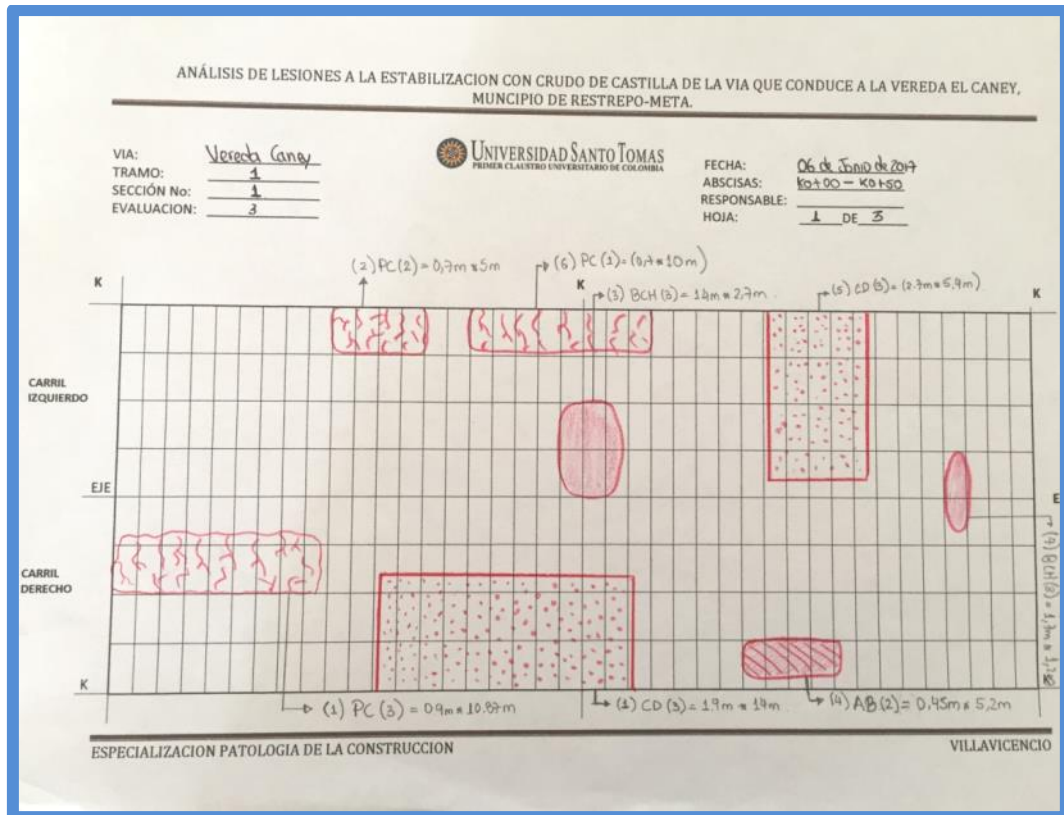


Figura 11 Esquema de fallas, tramo 1- sección 1. Método VIZIR

7.11.1.1 Fallas Presentadas

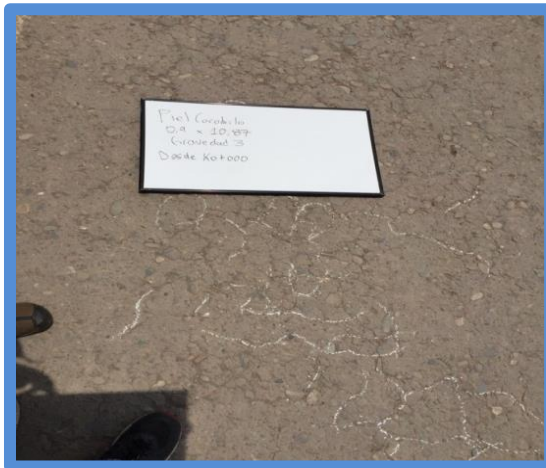
7.11.1.1.1 Piel de Cocodrilo (PC; m2)

Corresponde a una serie de fisuras interconectadas con patrones irregulares, generalmente localizadas en zonas sujetas a repeticiones de cargas, la figuración tiende a iniciarse en el fondo de las capas asfálticas, donde los esfuerzos de tracción son mayores bajo la acción de

las cargas. Las fisuras se propagan a la superficie inicialmente como una o más fisuras longitudinales paralelas. Ante la repetición de cargas de tránsito, las fisuras se propagan formando piezas angulares que desarrollan un modelo parecido a la piel de un cocodrilo, tal pieza tiene por lo general un diámetro promedio menor que 30 cm.

La piel de cocodrilo es usual también encontrarlas en zonas donde se ha generado deformaciones en el pavimento que no están relacionados con fallas estructurales si no con mecanismos como por ejemplo problemas de drenaje mal ejecutadas y subrasante expansiva entre otras. Este daño no es común en capas de material asfáltico colocadas sobre placas de concreto rígido

7.11.1.1.2 Piel de cocodrilo K0+000-K0+011 Carril Derecho



Fotografía 14 Falla 1: Piel de cocodrilo Foto tomada por los autores del estudio.

□ **Área de la Falla:** 9.783 m²

□ **Severidad: (3) Alta** las fisuras han evolucionado (abertura mayor que 3mm) se presenta desgaste o desportillamiento en los bordes y los bloques se encuentran sueltos o se mueven ante el tránsito, incluso llegando a presentar descascaramiento y bombeo.

□ **Evolución Probable:** Deformaciones, descascaramiento y baches.

7.11.1.1.3 Piel de Cocodrilo K0+ 011– K0+016 Carril Izquierdo.



Fotografía 15 Falla 2: Piel de Cocodrilo. Foto tomada por los autores del estudio.

□ **Área de la Falla:** 3.5 m²

□ **Severidad: (2) Media** las fisuras han formado un patrón de polígonos pequeños y angulosos, que pueden tener un ligero desgaste en los bordes y aberturas entre 1mm y 3mm, sin evidencia de bombeo.

□ **Evolución Probable:** Deformaciones, descascaramiento y baches.

7.11.1.1.4 Piel de cocodrilo K0+018-K0+28 Carril Izquierdo



Fotografía 16 Falla 3: Piel de Cocodrilo. Foto tomada por los autores del estudio.

□ **Área de la Falla:** 7 m²

□ **Severidad: (1) Baja** serie de fisuras longitudinales paralelas, pueden llegar a tener aberturas de 3mm principalmente en la huella, que no presentan desportillamiento, con pocas o ninguna conexión entre ellas y no existe evidencia de bombeo.

□ **Evolución Probable:** Deformaciones, descascaramiento y baches.

7.11.1.1.5 Baches (BCH; m²)

Desintegración total de la carpeta asfáltica que deja expuesto los materiales granulares lo cual lleva a un aumento del área afectada y al aumento de la profundidad debido a la acción del tránsito. Dentro de este tipo de deterioros se encuentran los ojos de

pescado que corresponden a baches de forma redondeada y profunda variable, con bordes bien definidos que resultan de una deficiencia localizada en las capas estructurales.

7.11.1.1.6 Bache K0+024-K0+027 Carril Izquierdo



Fotografía 17 Falla 4: Bache. Foto tomada por los autores del estudio.

□ **Área de la Falla:** 3.78 m²

□ **Severidad: (3) Alta** Profundidad de afectación mayor que 50mm, que llega a afectar la base granular.

7.11.1.1.7 Bache K0+35-K0+41 Carril Derecho



Fotografía 18 Falla 5: Bache. Foto tomada por los autores del estudio.

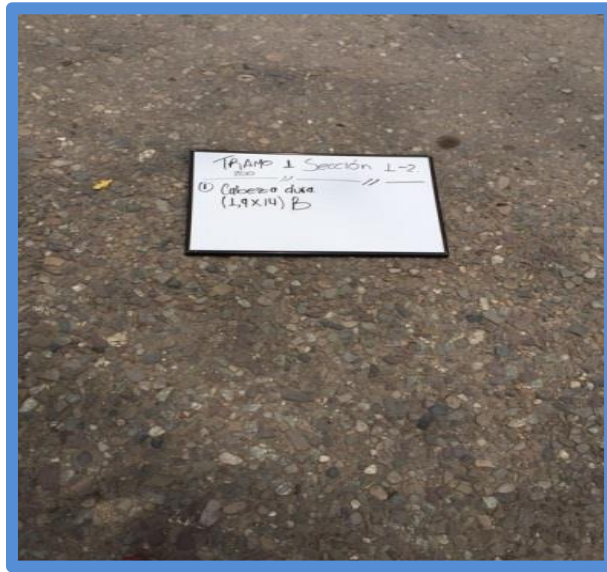
□ **Área de la Falla:** 2.04 m²

□ **Severidad: (3) Alta** Profundidad de afectación mayor que 50mm, que llega a afectar la base granular.

7.11.1.1.8 Desgaste Superficial (DSU; m²)

Corresponde al deterioro del pavimento ocasionado principalmente por acción del tránsito, agentes abrasivos o erosivos. Se presenta como pérdida de ligante y mortero. Suele encontrarse en las zonas por donde transitan los vehículos. Este daño provoca aceleración del deterioro del pavimento por acción del medio ambiente y tránsito

7.11.1.1.9 Desgaste Superficial K0+018 – K0+032 Carril Derecho



Fotografía 19 Falla 6: Desgaste superficial. Foto tomada por los autores del estudio.

□ **Área de la Falla:** 26,6 m²

Severidad: (3) Alta si en la superficie ha comenzado a producirse la desintegración superficial de la capa de rodadura y se presenta desprendimiento evidente y partículas sueltas sobre la cabeza.

□ **Evolución Probable:** Perdida del Agregado.

7.11.1.1.10 Desgaste Superficial K0+35 – K0+41 Carril Derecho



Fotografía 20 Falla7: Desgaste superficial. Foto tomada por los autores del estudio.

□ **Área de la Falla:** 14.58 m²

□ **Severidad: (3) Alta si** en la superficie ha comenzado a producirse la desintegración superficial de la capa de rodadura y se presenta desprendimiento evidente y partículas sueltas sobre la cabeza.

□ **Evolución Probable:** Perdida del Agregado

7.11.2 Evaluación sección 1

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS VILLAVICENCIO													
ESPECIALIZACION PATOLOGIA DE LAS CONSTRUCCIONES													
ANALISIS DE LESIONES A LA ESTABILIZACION CON CRUDO DE CASTILLA DE LA VIA QUE CONDUCE A LA VEREDA EL CANEY, MUNICIPIO DE RESTREPO-META.													
Via:	Vereda El Caney				Fecha:	06-jun							
Tramo:	1				Abcisa:	K0+000-K0+050							
Seccion No:	1				Ancho via:	6							
Longitud tramo	50				Hoja:	1-3							
Abcisa inicial	Abcisa final	Tipo de lesion	Simbol o	Grado severidad	Unidad de medida	Dimensiones		% de afectacion	Indice fisuramiento (If)	Indice deformacion (Id)	Indice de daño	Correccion indice de daño	Indice de deterioro superficial Is
						Largo	Ancho						
K0+000	K0+011	PIEL DE COCODRILO	PC	3	m2	0,9	10,87	3,26%	2	N/A	3	0	3
K0+011	K0+016	PIEL DE COCODRILO	PC	2	m2	0,7	5	1,17%	2	N/A			
K0+048	K0+063	DESGASTE SUPERFICIAL (CABEZA DURA)	DSU	3	m2	14	1,9	8,87%	N/A	2			
K0+024	K0+027	BACHE	BCH	3	m2	1,4	2,7	1,26%	N/A	2			
K0+018	K0+028	PIEL DE COCODRILO	PC	1	m2	0,7	10	2,33%	1	N/A			
K0+035	K0+041	DESGASTE SUPERFICIAL (CABEZA DURA)	DSU	3	m	2,7	5,4	4,86%	N/A	2			
K0+044	K0+046	BACHE	BCH	3	m2	1,7	1,2	0,68%	N/A	2			

Tabla 6 Evaluación de índice de daño, tramo 1- sección 1.

Primer índice de daño	Id				
	0	1-2	3	4-5	
	0	1	2	3	4
	1-2	2	3	4	5
	3	4	5	5	6
	4-5	5	6	7	7

Tabla 7 Primer índice de daño, tramo 1- sección

El lumbral de intervención de acuerdo al índice de deterioro LS, con un valor indicativo de 3 nos determina un estado regular del pavimento, para el cual los trabajos de mantenimientos requeridos. Representa pavimentos con agrietamientos estructural y pocas o ninguna deformación, así como pavimentos no fisurados, pero con deformaciones de alguna importancia. Su estado superficial se considera regular y lo suficientemente degradado, por lo tanto, la acción sé que requiere son tratamientos de rehabilitación de mediana intensidad.

7.11.3 Tramo 1 (sección 2)

Longitud del Tramo: 50m

Abscisas: K0+100 – K0+200

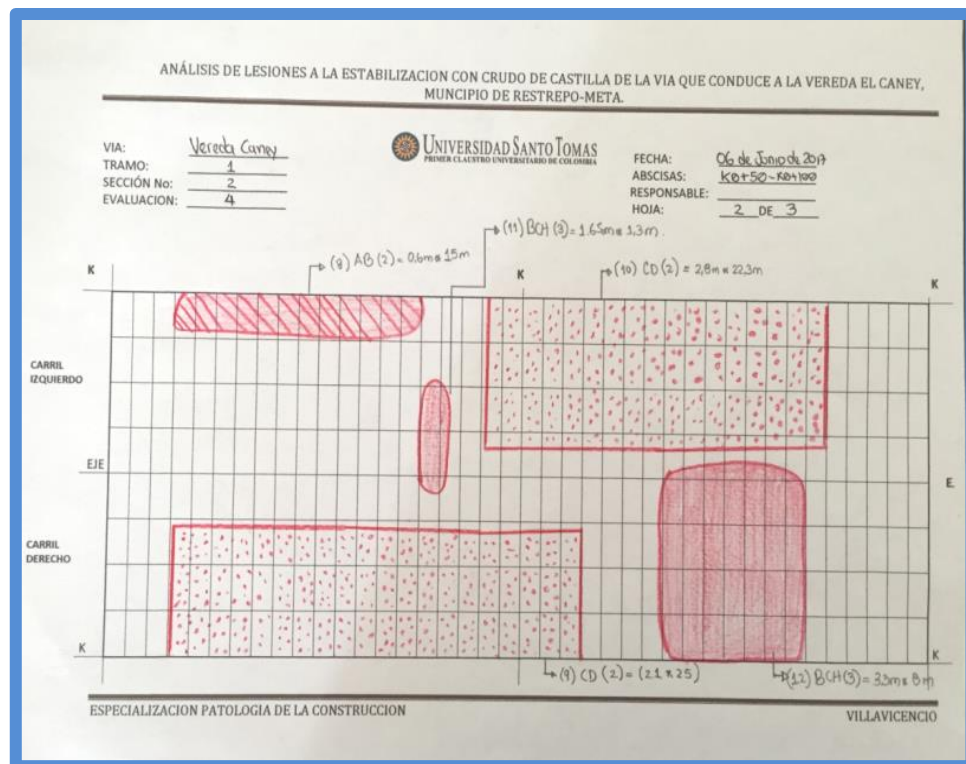


Figura 12 Esquema de fallas, tramo 1- sección 2. Método VIZI

7.11.3.1 Fallas Presentadas

7.11.3.1.1 Abultamiento (AB; m2)

Este deterioro se asigna a los abombamientos o prominencias que se presentan en las superficies del pavimento. Pueden presentarse bruscamente ocupando pequeñas áreas o gradualmente en áreas grandes, acompañados en algunos casos por fisuras.

7.11.3.1.2 Abultamiento K0+057- K0+072 Carril Derecho



Fotografía 21 Falla 8: Abultamiento. Foto tomada por los autores del estudio.

☐ **Área de la Falla:** 9 m2

☐ **Severidad :(2m) Media:** Se genera acumulación de material de concreto asfáltico con acumulación de material bituminoso y exudación.

☐ **Evolución Probable:** figuración, desprendimientos, exudación, ahuellamiento.

7.11.3.1.3 Desgaste Superficial (DSU; m2)

Corresponde al deterioro del pavimento ocasionado principalmente por acción del tránsito, agentes abrasivos o erosivos. Se presenta como perdida de ligante y mortero. Suele encontrarse en las zonas por donde transitan los vehículos. Este daño provoca aceleración del deterioro del pavimento por acción del medio ambiente y tránsito.

7.11.3.1.4 Desgaste Superficial K0+58 – K0+83 Carril Izquierdo



Fotografía 22 Falla 9: Desgaste superficial. Foto tomada por los autores del estudio.

□ **Área de la Falla:** 52.5 m2

□ **Severidad: (2) Media** Cuando la Profundidad de las irregularidades es mayor de 3mm y llega a 10mm. Se observan las partículas de agregado grueso y se siente la vibración y una diferencia de sonido en las llantas al transitar sobre el pavimento.

7.11.3.1.5 Desgaste Superficial K0+048 – K0+063 Carril Derecho



Fotografía 23 Falla 10: Desgaste superficial. Foto tomada por los autores del estudio.

□ **Área de la Falla:** 62,44 m²

□ **Severidad: (3) Alta si** en la superficie ha comenzado a producirse la desintegración superficial de la capa de rodadura y se presenta desprendimiento evidente y partículas sueltas sobre la cabeza.

□ **Evolución Probable:** Perdida del Agregado.

7.11.3.1.6 Baches (BCH; m2)

Desintegración total de la carpeta asfáltica que deja expuesto los materiales granulares lo cual lleva a un aumento del área afectada y al aumento de la profundidad debido a la acción del tránsito. Dentro de este tipo de deterioros se encuentran los ojos de pescado que corresponden a baches de forma redondeada y profunda variable, con bordes bien definidos que resultan de una deficiencia localizada en las capas estructurales.

7.11.3.1.7 Bache K0+068-K0+070 Carril Izquierdo



Fotografía 24 Falla 11: Bache. Foto tomada por los autores del estudio.

□ **Área de la Falla:** 2.145 m2

□ **Severidad: (3) Alta** Profundidad de afectación mayor que 50mm, que llega afectar la base granular.

7.11.3.1.8 Bache K0+087-K0+095 Carril Izquierdo



Fotografía 25 Falla12: Bache. Foto tomada por los autores del estudio.

□ **Área de la Falla:** 26.4 m²

□ **Severidad: (3) Alta** Profundidad de afectación mayor que 50mm, que llega a afectar la base granular.

7.11.4 Evaluación sección 2

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS VILLAVICENCIO													
ESPECIALIZACION PATOLOGIA DE LAS CONSTRUCCIONES													
ANALISIS DE LESIONES A LA ESTABILIZACION CON CRUDO DE CASTILLA DE LA VIA QUE CONDUCE A LA VEREDA EL CANEY, MUNICIPIO DE RESTREPO-META.													
Via:	Vereda El Caney				Fecha:	06-jun							
Tramo:	1				Abcisa:	K0+050-K0+100							
Seccion No:	2				Ancho via:	6							
Longitud tramo	50				Hoja:	2-3							
Abcisa inicial	Abcisa final	Tipo de lesion	Simbol o	Grado severidad	Unidad de medida	Dimensiones		% de afectacion	Indice fisuramiento (lf)	Indice deformacion (ld)	Indice de daño	Correcion indice de daño	Indice de deterioro superficial Is
						Largo	Ancho						
K0+057	K0+072	ABULTAMIENTO	AB	2	m2	0,6	15	3,00%	N/A	2	5	0	5
K0+058	K0+083	DESGASTE SUPERFICIAL (CABEZA DURA)	DSU	2	m2	2,1	25	17,50%	N/A	3			
K0+068	K0+070	BACHE	BCH	3	m2	1,65	1,3	0,72%	N/A	2			
K0+057	K0+082	DESGASTE SUPERFICIAL (CABEZA DURA)	DSU	3	m2	2,8	22,3	20,81%	N/A	4			
K0+087	K0+095	BACHE	BCH	3	m2	3,3	8	8,80%	N/A	2			

Tabla 8 Evaluación de índice de daño, tramo 1- sección 2.

Primer índice de daño	Id \ If	0	1-2	3	4-5
	0	1	2	3	4
	1-2	3	3	4	5
	3	4	5	5	6
	4-5	5	6	7	7

Tabla 9 Primer índice de daño, tramo 1- sección 2

El lumbral de intervención de acuerdo al índice de deterioro LS, con un valor indicativo de 5 nos determina un estado altamente deteriorado del pavimento, para el cual los trabajos de mantenimientos requeridos. Son indicativos de pavimentos con agrietamientos y deformaciones abundantes, cuyo deficiente estado superficial exige la ejecución de acciones de trabajos importantes de rehabilitación.

7.11.5 Tramo 1 (sección 3)

Longitud del Tramo: 50m

Abscisas: K0+100 – K0+150

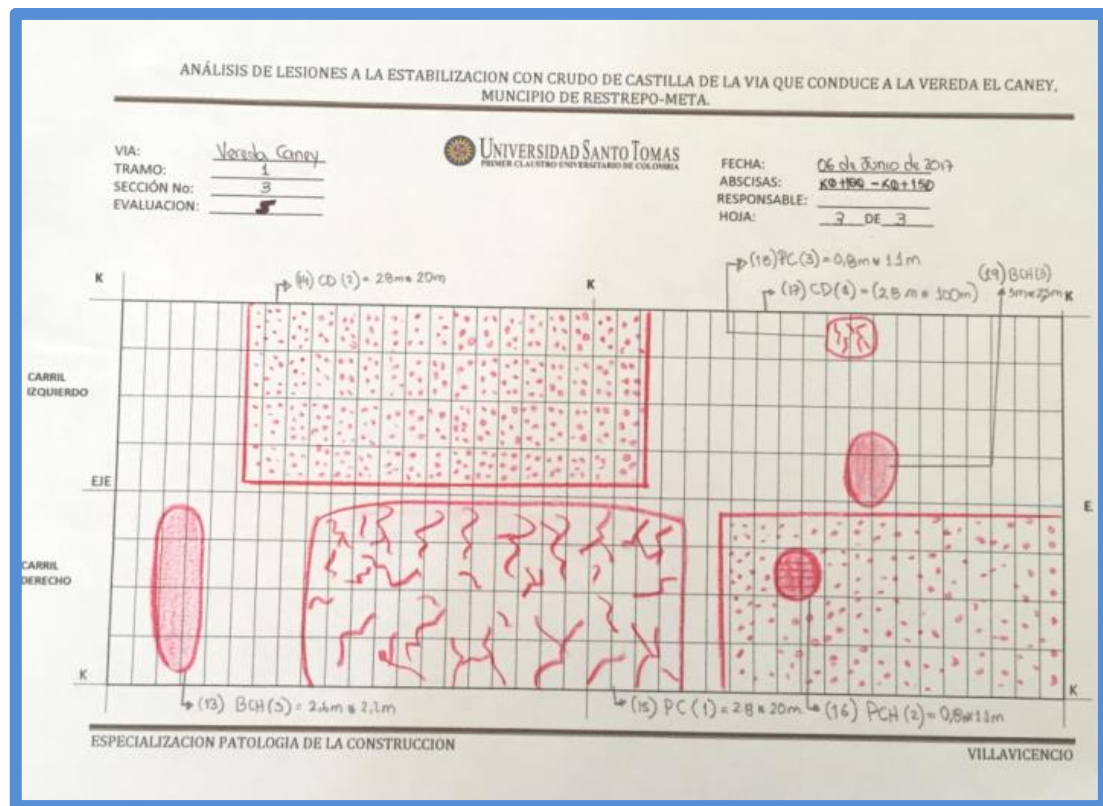


Figura 13 Esquema de fallas, tramo 1- sección 3. Método VIZIR

7.11.5.1.1 Desgaste Superficial (DSU; m2)

Corresponde al deterioro del pavimento ocasionado principalmente por acción del tránsito, agentes abrasivos o erosivos. Se presenta como perdida de ligante y mortero. Suele encontrarse en las zonas por donde transitan los vehículos. Este daño provoca aceleración del deterioro del pavimento por acción del medio ambiente y tránsito.

7.11.5.1.2 Desgaste Superficial K0+110 – K0+130 Carril Izquierdo



Fotografía 26 Falla 13: Desgaste superficial. Foto tomada por los autores del estudio.

- ☐ **Área de la Falla:** 56 m²
- ☐ **Severidad: (2) Media** Cuando la Profundidad de las irregularidades es mayor de 3mm y llega a 10mm. Se observan las partículas de agregado grueso y se siente la vibración y una diferencia de sonido en las llantas al transitar sobre el pavimento.
- ☐ **Evolución Probable:** Perdida del Agregado.

7.11.5.1.3 Desgaste Superficial K0+100 – K0+150 Carril Derecho



Fotografía 27 Falla 14: Desgaste superficial. Foto tomada por los autores del estudio.

☐ **Área de la Falla:** 280 m²

☐ **Severidad: (3) Alta si** en la superficie ha comenzado a producirse la desintegración superficial de la capa de rodadura y se presenta desprendimiento evidente y partículas sueltas sobre la cabeza.

☐ **Evolución Probable:** Perdida del Agregado.

7.11.5.1.4 Piel de Cocodrilo (PC; m²)

Corresponde a una serie de fisuras interconectadas con patrones irregulares, generalmente localizadas en zonas sujetas a repeticiones de cargas, la figuración tiende a iniciarse en el fondo de las capas asfálticas, donde los esfuerzos de tracción son mayores bajo la acción de las cargas. Las fisuras se propagan a la superficie inicialmente como una

o más fisuras longitudinales paralelas. Ante la repetición de cargas de tránsito, las fisuras se propagan formando piezas angulares que desarrollan un modelo parecido a la piel de un cocodrilo, tal pieza tiene por lo general un diámetro promedio menor que 30cm. La piel de cocodrilo es usual también encontrarlas en zonas donde se ha generado deformaciones en el pavimento que no están relacionados con fallas estructurales si no con mecanismos como por ejemplo problemas de drenaje mal ejecutadas y subrasante expansiva entre otras. Este daño no es común en capas de material asfáltico colocadas sobre placas de concreto rígido.

7.11.5.1.5 Piel de cocodrilo K0+110-K0+130 Carril Derecho

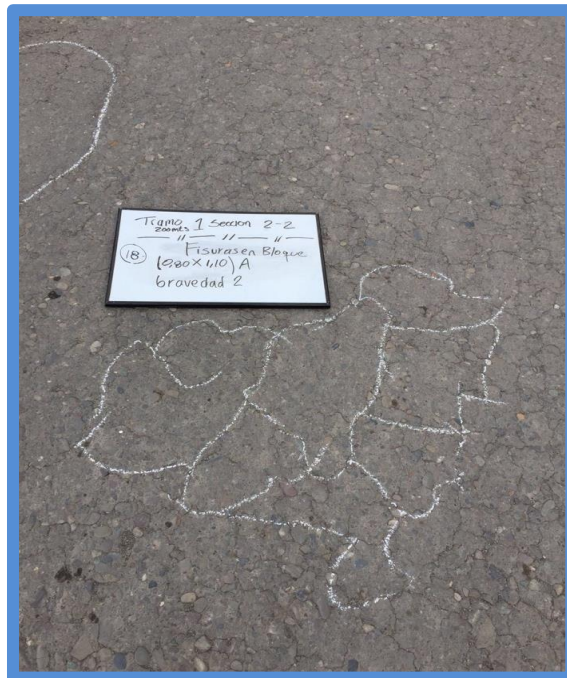


Fotografía 28 Falla 15: Piel de Cocodrilo. Foto tomada por los autores del estudio.

□ **Área de la Falla:** 56 m²

- **Severidad: (3) Alta** las fisuras han evolucionado (abertura mayor que 3mm) se presenta desgaste o desportillamiento en los bordes y los bloques se encuentran sueltos o se mueven ante el tránsito, incluso llegando a presentar descascaramiento y bombeo.
- **Evolución Probable:** Deformaciones, descascaramiento y baches.

7.11.5.1.6 Piel de Cocodrilo K0+ 137– K0+140 Carril Izquierdo.



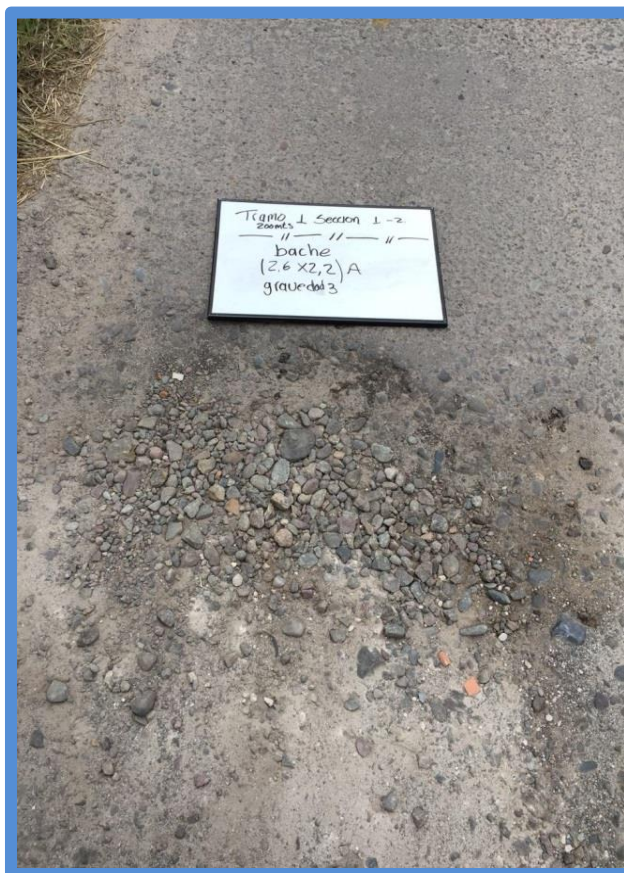
Fotografía 29 Falla 16: Piel de Cocodrilo. Foto tomada por los autores del estudio.

- **Área de la Falla:** 0.88 m²
- **Severidad: (3) Alta** las fisuras han evolucionado (abertura mayor que 3mm) se presenta desgaste o desportillamiento en los bordes y los bloques se encuentran sueltos o se mueven ante el tránsito, incluso llegando a presentar descascaramiento y bombeo.
- **Evolución Probable:** Deformaciones, descascaramiento y baches.

7.11.5.1.7 Baches (BCH; m2)

Desintegración total de la carpeta asfáltica que deja expuesto los materiales granulares lo cual lleva a un aumento del área afectada y al aumento de la profundidad debido a la acción del tránsito. Dentro de este tipo de deterioros se encuentran los ojos de pescado que corresponden a baches de forma redondeada y profunda variable, con bordes bien definidos que resultan de una deficiencia localizada en las capas estructurales.

7.11.5.1.8 Bache K0+105-K0+108 Carril Derecho



Fotografía 30 Falla 17: Bache. Foto tomada por los autores del estudio.

☐ **Área de la Falla:**5.72

☐ **Severidad: (3) Alta** Profundidad de afectación mayor que 50mm, que llega a afectar la base granular.

☐ **Evolución Probable:** Perdida del Agregado.

7.11.5.1.9 Bache K0+137-K0+139 Carril Derecho

☐ **Área de la Falla:**2.5 m²

☐ **Severidad: (3) Alta** Profundidad de afectación mayor que 50mm, que llega a afectar la base granular.

☐ **Evolución Probable:** Perdida del Agregado.

7.11.5.1.10Parche (PCH; m²)

Corresponde a áreas donde el pavimento original fue removido y reemplazado por un material similar o diferente, ya sea para reparar la estructura (a nivel de concreto asfáltico o hasta los granulares) o para permitir la instalación o reparación de alguna red de servicios (acueducto, gas, etc.

7.11.5.1.11Parche K0+132- K0+135 Carril Derecho

☐ **Área de la Falla:** 0.88 m²

☐ **Severidad: (2) Media** el parche se encuentra en buenas condiciones y se desempeña satisfactoriamente, se evidencia disgregamiento parcial.

□ **Evolución Probable:** De acuerdo con la naturaleza del daño, Sin embargo, puede existir una aceleración del deterioro general del pavimento producidos por agentes externos.



Fotografía 31 Falla 18: Parche. Foto tomada por los autores del estudio.

7.11.6 Evaluación sección 3

ANÁLISIS DE LESIONES A LA ESTABILIZACION CON CRUDO DE CASTILLA DE LA VIA QUE CONDUCE A LA VEREDA EL CANEY, MUNICIPIO DE RESTREPO-META.													
Vía:	Vereda El Caney				Fecha:	06-jun							
Tramo:	1				Abcisa:	KD+100-KD+150							
Seccion No:	3				Ancho vía:	6							
Longitud tramo	50				Hoja:	3-3							
Abcisa inicial	Abcisa final	Tipo de lesion	Simbol o	Grado severidad	Unidad de medida	Dimensiones		% de afectacion	Indice fisuramiento(If)	Indice deformacion(Id)	Indice de daño	Correccion indice de daño	Indice de deterioro superficial
						Largo	Ancho						
KD+105	KD+108	BACHE	BCH	3	m2	2,6	2,2	1,91%	N/A	2	5	0	5
KD+110	KD+130	DESGASTE SUPERFICIAL (CABEZA DURA)	DSU	2	m2	2,8	20	18,67%	N/A	3			
KD+110	KD+130	PIEL DE COCODRILO	PC	1	m2	2,8	20	18,67%	2	N/A			
KD+100	KD+150	DESGASTE SUPERFICIAL (CABEZA DURA)	DSU	3	m2	2,8	100	93,33%	N/A	3			
KD+137	KD+139	BACHE	BCH	3	m2	1	2,5	0,83%	N/A	2			
KD+137	KD+140	PIEL DE COCODRILO	PC	3	m2	0,8	1,1	0,29%	N/A	2			
KD+132	KD+135	PARCHEO	PCH	2	m2	0,8	1,1	0,29%	N/A	2			

Tabla 10 Evaluación de índice de daño, tramo 1- sección 3.

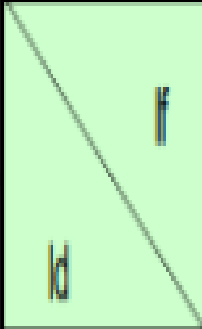
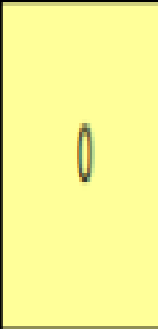
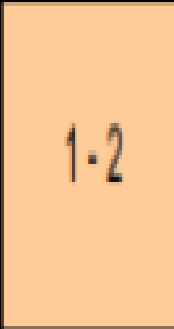
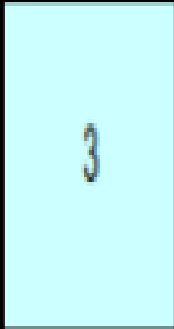
Primer índice de daño						
		0	1	2	3	4
		1-2	3	3	4	5
		3	4	5	5	6
		4-5	5	6	7	7

Tabla 11 Primer índice de daño, tramo 1- sección 3.

El lumbral de intervención de acuerdo al índice de deterioro LS, con un valor indicativo de 5 nos determina un estado altamente deteriorado del pavimento, para el cual los trabajos de mantenimientos requeridos. Son indicativos de pavimentos con agrietamientos y deformaciones abundantes, cuyo deficiente estado superficial exige la ejecución de acciones de trabajos importantes de rehabilitación.

7.11.7 Tramo 1 (sección 4)

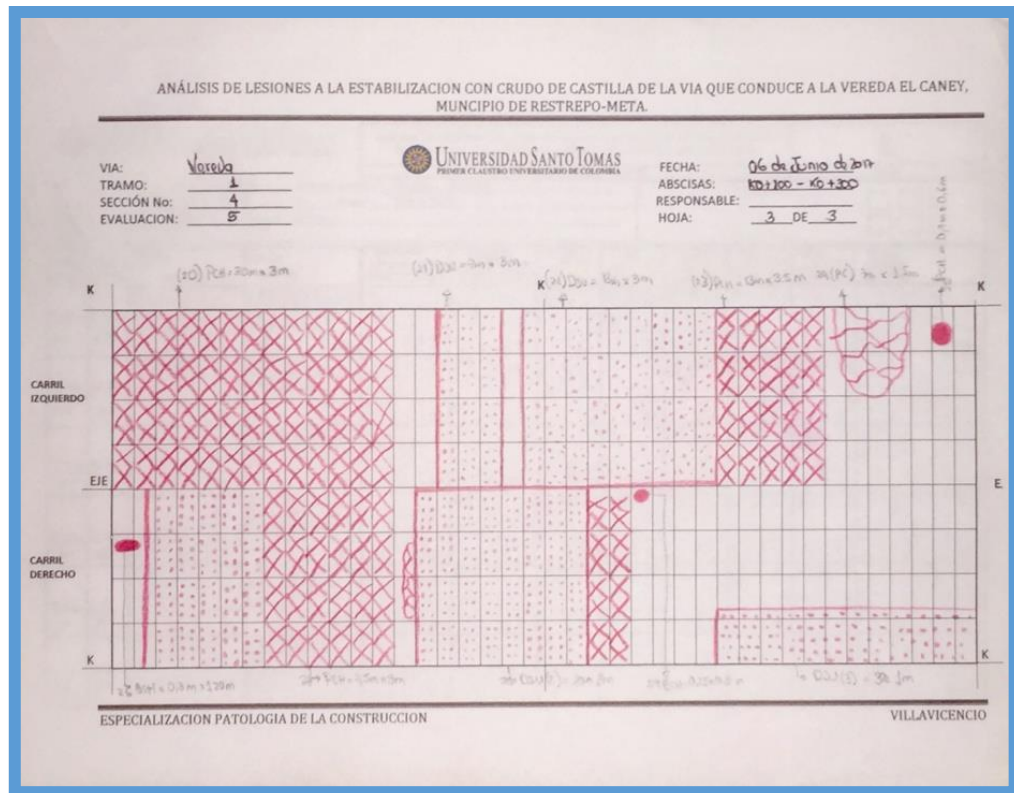


Figura 14 Esquema de fallas, tramo 1- sección 4. Método VIZIR

7.11.7.1 Fallas presentadas

7.11.7.1.1 Baches (BCH; m2)

Desintegración total de la carpeta asfáltica que deja expuesto los materiales granulares lo cual lleva a un aumento del área afectada y al aumento de la profundidad debido a la acción del tránsito. Dentro de este tipo de deterioros se encuentran los ojos de pescado que corresponden a baches de forma redondeada y profunda variable, con bordes bien definidos que resultan de una deficiencia localizada en las capas estructurales.

7.11.7.1.2 Bache K0+201 Carril Derecho

- **Área de la Falla:** 0.36m²
- **Severidad: (3) Alta** Profundidad de afectación mayor que 50mm, que llega afectar la base granular.
- **Evolución Probable:** Destrucción de la estructura.

7.11.7.1.3 Bache K0+259 Carril Derecho



Fotografía 32 Falla 19: Bache. Foto tomada por los autores del estudio.

- **Área de la Falla:** 0.075m²

□ **Severidad: (3) Alta** Profundidad de afectación mayor que 50mm, que llega a afectar la base granular.

□ **Evolución Probable:** Destrucción de la estructura.

7.11.7.1.4 Bache K0+294 Carril Izquierdo

□ **Área de la Falla:** 0.42m²

□ **Severidad: (3) Alta** Profundidad de afectación mayor que 50mm, que llega a afectar la base granular.



Fotografía 33 Falla 20: Bache. Foto tomada por los autores del estudio.

7.11.7.1.5 Desgaste Superficial (DSU; m²)

Corresponde al deterioro del pavimento ocasionado principalmente por acción del tránsito, agentes abrasivos o erosivos. Se presenta como pérdida de ligante y mortero. Suele

encontrarse en las zonas por donde transitan los vehículos. Este daño provoca aceleración del deterioro del pavimento por acción del medio ambiente y tránsito.

7.11.7.1.6 Desgaste Superficial K0+202 – K0+217 Carril Derecho

□ **Área de la Falla:** 52.5m²

□ **Severidad: (2) Media** Cuando la Profundidad de las irregularidades es mayor de 3mm y llega a 10mm. Se observan las partículas de agregado grueso y se siente la vibración y una diferencia de sonido en las llantas al transitar sobre el pavimento.

□ **Evolución Probable:** Pérdida del Agregado.

7.11.7.1.7 Desgaste Superficial K0+234 – K0+254 Carril Derecho



Fotografía 34 Falla 21: Desgaste Superficial. Foto tomada por los autores del estudio.

□ **Área de la Falla:** 70m²

□ **Severidad: (2) Media** Cuando la Profundidad de las irregularidades es mayor de 3mm y llega a 10mm. Se observan las partículas de agregado grueso y se siente la vibración y una diferencia de sonido en las llantas al transitar sobre el pavimento.

7.11.7.1.8 Desgaste Superficial K0+270 – K0+300 Carril Derecho



Fotografía 35 Falla 22: Desgaste Superficial. Foto tomada por los autores del estudio.

□ **Área de la Falla:** 30m²

□ **Severidad: (3) Alta si** en la superficie ha comenzado a producirse la desintegración superficial de la capa de rodadura y se presenta desprendimiento evidente y partículas sueltas sobre la cabeza.

□ **Evolución Probable:** Perdida del Agregado.

7.11.7.1.9 Desgaste Superficial K0+238 – K0+245 Carril Izquierdo

□ **Área de la Falla:** 24.5m²

□ **Severidad: (2) Media** Cuando la Profundidad de las irregularidades es mayor de 3mm y llega a 10mm. Se observan las partículas de agregado grueso y se siente la vibración y una diferencia de sonido en las llantas al transitar sobre el pavimento.

□ **Evolución Probable:** Pérdida del Agregado.

7.11.7.1.10 Desgaste Superficial K0+245 – K0+270 Carril Izquierdo



Fotografía 36 Falla 25: Desgaste superficial. Foto tomada por los autores del estudio.

□ **Área de la Falla:** 77m²

□ **Severidad: (2) Media** Cuando la Profundidad de las irregularidades es mayor de 3mm y llega a 10mm. Se observan las partículas de agregado grueso y se siente la vibración y una diferencia de sonido en las llantas al transitar sobre el pavimento.

☐ **Evolución Probable:** Pérdida del Agregado.

7.11.7.1.11 Parche (PCH; m2)

Corresponde a áreas donde el pavimento original fue removido y reemplazado por un material similar o diferente, ya sea para reparar la estructura (a nivel de concreto asfáltico o hasta los granulares) o para permitir la instalación o reparación de alguna red de servicios (acueducto, gas, etc.).

7.11.7.1.12 Parche K0+217- K0+232 Carril Derecho

☐ **Área de la Falla:** 52.5m²

☐ **Severidad: (1) Baja el** parche está en muy buenas condiciones y se desempeña satisfactoriamente.

☐ **Evolución Probable:** De acuerdo con la naturaleza del daño, Sin embargo, puede existir una aceleración del deterioro general del pavimento.

7.11.7.1.13 Parche K0+254- K0+258 Carril Derecho

☐ **Área de la Falla:** 12.7m²

☐ **Severidad: (1) Baja el** parche está en muy buenas condiciones y se desempeña satisfactoriamente

7.11.7.1.14 Parche K0+200- K0+230 Carril izquierdo

☐ **Área de la Falla:** 105m²

□ **Severidad: (1) Baja el** parche está en muy buenas condiciones y se desempeña satisfactoriamente.

Evolución Probable: De acuerdo con la naturaleza del daño, Sin embargo, puede existir una aceleración del deterioro general del pavimento.

7.11.7.1.15 Parche K0+270- K0+283 Carril Izquierdo

□ **Área de la Falla:** 45.5 m²

□ **Severidad: (1) Baja el** parche está en muy buenas condiciones y se desempeña satisfactoriamente.

□ **Evolución Probable:** De acuerdo con la naturaleza del daño, Sin embargo puede existir una aceleración del deterioro general del pavimento.



Fotografía 37 Falla 26: Desgaste Superficial. Foto tomada por los autores del estudio.

7.11.7.1.16 Piel de Cocodrilo (PC; m2)

Corresponde a una serie de fisuras interconectadas con patrones irregulares, generalmente localizadas en zonas sujetas a repeticiones de cargas, la figuración tiende a iniciarse en el fondo de las capas asfálticas, donde los esfuerzos de tracción son mayores bajo la acción de las cargas. Las fisuras se propagan a la superficie inicialmente como una o más fisuras longitudinales paralelas. Ante la repetición de cargas de tránsito, las fisuras se propagan formando piezas angulares que desarrollan un modelo parecido a la piel de un cocodrilo, tal pieza tiene por lo general un diámetro promedio menor que 30cm.

7.11.7.1.17 Piel de cocodrilo K0+235 – K0+236.4 Carril Derecho



Fotografía 38 Falla 27: Piel Cocodrilo. Foto tomada por los autores del estudio.

□ **Área de la Falla:** 1.68m²

□ **Severidad: (3) Alta** las fisuras han evolucionado (abertura mayor que 3mm) se presenta desgaste o desportillamiento en los bordes y los bloques se encuentran sueltos o se mueven ante el tránsito, incluso llegando a presentar descascaramiento y bombeo.

□ **Evolución Probable:** Deformaciones, descascaramiento y baches.

7.11.7.1.18 Piel de cocodrilo K0+283 – K0+290 Carril Izquierdo



Fotografía 39 Falla 28: Piel de Cocodrilo. Foto tomada por los autores del estudio.

□ **Área de la Falla:** 10.5m²

□ **Severidad: (2) Media** las fisuras han formado un patrón de polígonos pequeños y angulosos, que pueden tener un ligero desgaste en los bordes y aberturas entre 1mm y 3mm, sin evidencia de bombeo.

□ **Evolución Probable:** Deformaciones, descascaramiento y baches.

7.11.8 Evaluación sección 4

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS VILLAVICENCIO														
ESPECIALIZACION PATOLOGIA DE LAS CONSTRUCCIONES														
ANALISIS DE LESIONES A LA ESTABILIZACION CON CRUDO DE CASTILLA DE LA VIA QUE CONDUCE A LA VEREDA EL CANEY, MUNICIPIO DE RESTREPO-META.														
Via:	Vereda El Caney					Fecha:	06-jun							
Tramo:	1					Abcisas:	K0+200-K0+300							
Seccion No:	3					Ancho via:	6							
Longitud tramo	100					Hoja:	3-3							
Abcisa inicial	Abcisa final	Tipo de lesion	Simbol o	Grado severidad	Unidad de medida	Dimensiones		% de afectacion	Indice fisuramiento(If)	Indice deformacion(Id)	Indice de daño	Correccion indice de daño	Indice de deterioro superficial Is	
						Largo	Ancho							
K0+200	K0+230	PARCHEO	PCH	2	m2	30	3,5	17,50%	N/A	2	5	0	5	
K0+239	K0+268	DESGASTE SUPERFICIAL (CABEZA DURA)	DSU	2	m2	20	7	23,33%	N/A	3				
K0+202	K0+204	BACHE	BCH	3	m2	0,3	1,2	0,06%	N/A	2				
K0+270	K0+ 283	PIEL DE COCODRILO	PCH	2	m2	7	1,5	1,75%	2	N/A				
K0+ 200	K0+ 300	EROSION DE BERMA	SB	1	m	100	2	33,33%	N/A	2				

Tabla 12 Evaluación de índice de daño, tramo 1- sección 4.

Primer índice de daño		$I_f \backslash I_d$	0	1-2	3	4-5
		0	1	2	3	4
		1-2	3	3	4	5
		3	4	5	5	6
		4-5	5	6	7	7

Tabla 13 Primer índice de daño, tramo 1- sección 4

El lumbral de intervención de acuerdo al índice de deterioro LS, con un valor indicativo de 5 nos determina un estado altamente deteriorado del pavimento, para el cual los trabajos de mantenimientos requeridos. Son indicativos de pavimentos con agrietamientos y deformaciones abundantes, cuyo deficiente estado superficial exige la ejecución de acciones de trabajos importantes de rehabilitación.

8 Presentación de alternativas

8.1 Propuesta 1: pavimento en caliente

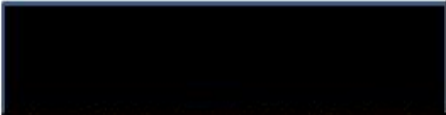
		E S P E C I F I C A C I O N E S INVIAS 2007	E S P E C I F I C A C I O N E S INVIAS 2012
10 CMS		MDC - 2 ART.-450-07	MDC-19 ART.-450-13
20 CMS		BG-1 ART.-330-07	BG-38 ART.-330-13
20 CMS		SBG-1 ART.-320-07	SBG-50 ART.-320-13

Figura 15 Estructura del pavimento. Alternativa 1 Fuente propia

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento:
☒ Pavimento flexible ☐ Pavimento rígido

Confiability (R) y Desviación estándar (So):
 90 % Z_R=1.282 So = .45

Serviciabilidad inicial y final:
 PSI inicial = 4.2 PSI final = 2

Módulo resiliente de la subrasante:
 Mr = 13155 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:
 Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)
 Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)
 Coeficiente de transmisión de carga - (J)
 Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis:
☒ Calcular SN ☐ Calcular W18

Número Estructural:
 SN = 3.64

W18 = 6780455

Calcular Salir

Figura 16 Cálculo SN. Fuente propia

8.1.1 Diseño estructural del pavimento flexible

Se realizará el diseño del pavimento flexible utilizando la metodología propuesta por la AASHTO1 el cual considera no solo el tránsito sino también se emplean los conceptos de niveles de servicio y confianza, calidad del drenaje de las capas granulares y los diferentes módulos dinámicos de cada material a utilizar en esta estructura, también se calcula otra alternativa empleando la metodología INVIAS.

8.1.2 Método AASHTO para pavimentos flexibles-1993

8.1.2.1 Parámetros de diseño

- Tránsito. Expresado en número de ejes equivalentes de 8.2 ton. en el carril de diseño durante el periodo de diseño.
- Nivel de confianza. De acuerdo con la categoría de la vía
- Error Normal Combinado
- Módulo Resiliente de la subrasante. Obtenido mediante correlación del CBR (%) de diseño.
- La calidad del drenaje de las capas granulares.
- Niveles de servicio inicial (Po) y final (Pt)

8.1.2.2 El tránsito

Haciendo uso de la información calculada previamente se tiene que el número de ejes equivalente de 8.20 ton. en el carril de diseño durante el periodo de diseño, es de $6.78E+06$.

Por otra parte, la vía a intervenir por conectar a la vía que conduce al municipio de Puerto López (vía Nacional) con la vía del Amor tiene una categoría de segundo orden.

8.1.2.3 Nivel de confianza

Este parámetro permite incluir dentro del diseño del pavimento algún grado de seguridad de acuerdo con la importancia de la vía, para el posterior cálculo de la desviación estándar y (Z_r).

8.1.2.4 Niveles de servicio

El índice de serviciabilidad tiene en cuenta el comportamiento del pavimento y queda definido por una calificación entre 1 y 5, está definido por la diferencia entre la serviciabilidad inicial (P_o) y la final (P_t). Dado que un pavimento nuevo siempre tendrá alguna irregularidad y ha recibido cargas durante su construcción, se considera que su calificación o serviciabilidad inicial (P_o) no podrá ser 5.

De acuerdo con la Guía para Diseño de Estructuras de Pavimento de la AASHTO 1993, un valor adecuado para la serviciabilidad inicial en un pavimento flexible es del orden de 4.2.

Por otra parte, la serviciabilidad final (P_t) está regida por el umbral de falla funcional, que no es más que aquel nivel o calificación en la cual un usuario no podrá transitar por esta vía en condiciones de seguridad y comodidad. Para Colombia se recomiendan los siguientes valores de P_t .

8.1.2.5 Error normal combinado, so

De acuerdo con la AASHTO, el error normal combinado tiene en cuenta la desviación del diseño, la variación de las propiedades de los materiales y de la subrasante, y variaciones en la estimación del tránsito, condiciones climáticas y calidad en la construcción.

Para proyectos de construcción de pavimento flexible nuevo se recomienda un $S_o = 0.45$.

8.1.2.6 Mezcla densa en caliente (EMoc)

Las mezclas asfálticas que se producen en el mercado regional, de acuerdo con los controles de calidad de algunas de estas plantas, desarrollan módulos medianos a bajos, salvo aquellas mezclas con polímeros las cuales son de alto módulo. Estos módulos están del orden de 20000 a 25000 kg/cm². Para el presente diseño se asumirá un valor de 22500 kg/cm², por lo cual es un parámetro importante en la producción de las mezclas para evitar fallas en la carpeta asfáltica antes de la terminación del periodo de diseño.

A partir de este dato se puede determinar el valor del coeficiente estructural para la carpeta asfáltica (a_1) utilizando la siguiente carta.

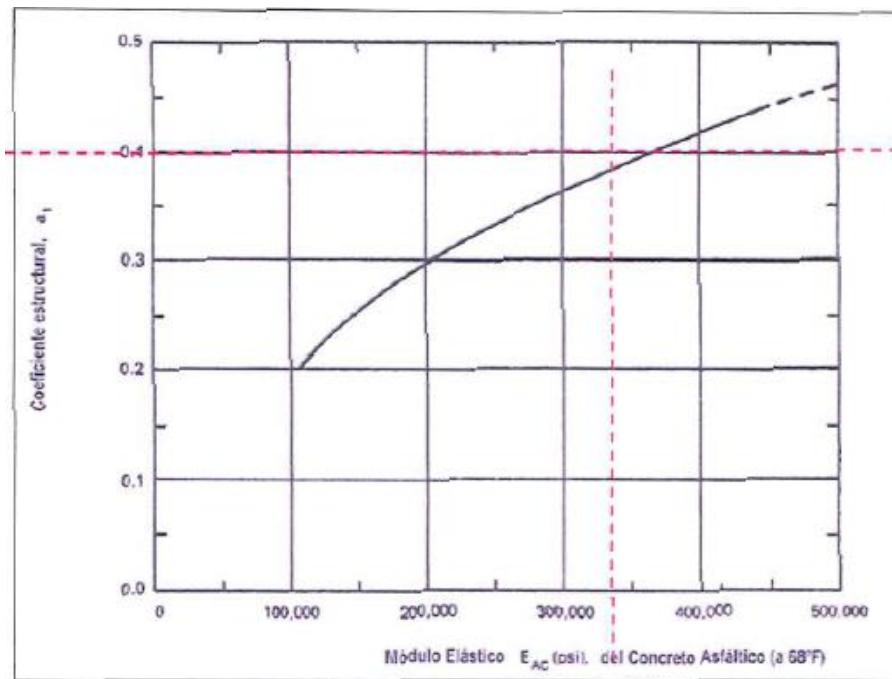


Tabla 14 Coeficiente estructural para la carpeta asfáltica. Fuente: Guía para Diseño de Estructuras de Pavimento de la AASHTO 1993.

El módulo dinámico para el concreto asfáltico es de = 321.429 psi.

El coeficiente estructural del concreto asfáltico es= 0.38/pulg.

BASE GRANULAR (BG)

NIVEL DE TRÁNSITO	NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 80 kN EN EL CARRIL DE DISEÑO, N_{80kN} , MILLONES
NT1	$N_{80kN} \leq 0.5$
NT2	$0.5 < N_{80kN} \leq 5.0$
NT3	$N_{80kN} > 5.0$

Tabla 15 Niveles de Tránsito. Fuente: Especificaciones generales de construcción de carreteras, INVIAS 2012

Para un nivel de tránsito NT3 material clase A, se deben contar materiales de una muy buena calidad. Para el caso de las bases granulares, estas deben aportar un CBR mayor o igual al 95%.

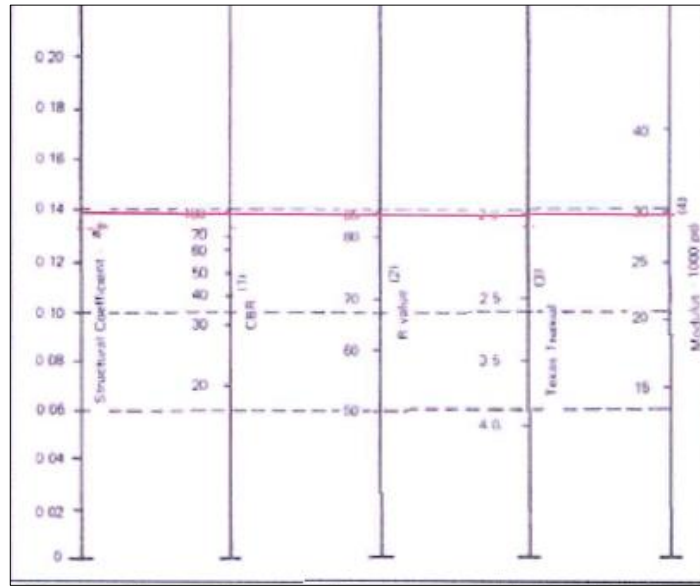


Tabla 16 Fuente: Guía para Diseño de Estructuras de Pavimento de la AASHTO 1993

El coeficiente estructural de la base granular es = 0.139/pulg.

Para determinar el módulo dinámico de la Base Granular (CBR 100%) se emplea la siguiente ecuación:

$$a_2 = 0.249 \log(E_{Bg}) - 0.977 \quad 3$$

Formula 1 Coeficiente estructural base granular.

Dónde:

a_2 = coeficiente estructural de la base granular

E_{Bg} = Modulo dinámico de la base granular

Al despejar se obtiene el siguiente valor de modulo dinámico de la base granular:

$$0.139 = 0.249 \log (E_{Bg}) - 0.977$$

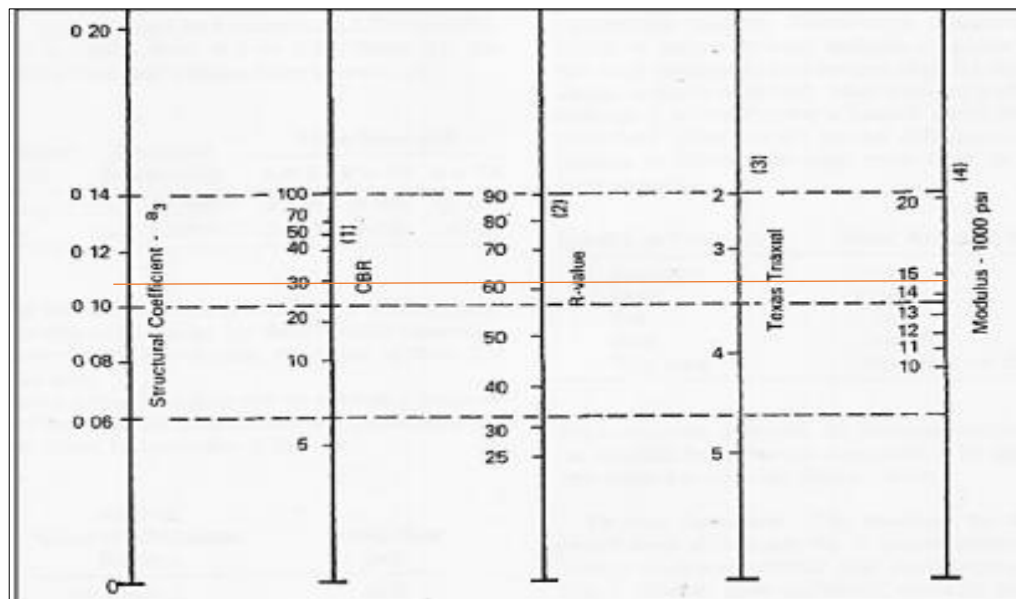


Tabla 17 Fuente: Guía para Diseño de Estructuras de Pavimento de la AASHTO 1993

El coeficiente estructural de la subbase granular es = 0.12/pulg.

Para determinar el módulo dinámico de la Subbase Granular (CBR 40%) se emplea la siguiente ecuación:

$$a_3 = 0.227 \log (ES_{sbg}) - 0.839$$

Formula 2 Coeficiente estructural sub base granular.

Dónde:

a_2 = coeficiente estructural de la subbase granular

E_{sbg} = Modulo dinámico de la subbase granular

$$0.12 = 0.227 \log (E_{sbg}) - 0.839$$

Al despejar se obtiene el siguiente valor de módulo dinámico de la subbase granular:

$$(E_{sbg}) = 16775 \text{ psi}$$

Cálculo de los espesores:

$$\log W_{18} = Z_r \times S_o + 9.36 \times \log(SN + 1) - 0.2 + \left(\frac{\log \left(\frac{\Delta PSI}{(4.2 - 1.5)} \right)}{0.40 + \left(\frac{1.094}{(SN + 1)^{0.19}} \right)} \right) + 2.32 \times \log Mr - 8.07$$

Formula 3 Calculo de espesores.

Dónde:

$W_{18} = N = 6.78 \times 10^6$ ejes equivalentes de 8.2 Ton en el carril de diseño durante el periodo de diseño.

Período de Diseño = 10 años.

Z_r = Desviación estándar normal = -1.282 para un Nivel de confianza del 90%.

S_o = Error estándar combinado = 0.45 para pavimento flexible

SN = Número estructural

Mr = Módulo resiliente de la subrasante

8.1.3 Coeficientes de drenaje de las capas granulares, m ,

Estos coeficientes se seleccionan de acuerdo con las características del material, la calidad del drenaje, y el porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación (%tws).

Para determinar el número de días con lluvia al año se toma como referencia la siguiente gráfica del IDEAM del documento "CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS DE CIUDADES PRINCIPALES Y MUNICIPIOS TURÍSTICOS".



Formula 4 Precipitación mm - Villavicencio – Meta. Fuente: IDEAM

$$\% \text{ tws} = \frac{N \text{ días con lluvia al año} \times 100}{365} = \frac{236 \times 100}{365} = 64.66\%$$

Formula 5 Calculo de porcentaje de lluvias.

8.1.4 Espesores de la estructura para el pavimento de la alternativa 1

ESPESOR	CAPA
PAVIMENTO ASFALTICO	10 CMS
BASE GRANULAR	20 CMS
SUB BASE GRANULAR	20 CMS

Tabla 18 Espesores de la estructura del pavimento. Alternativa 1.

8.2 Propuesta 2: base estabilizada con crudo de castilla



Figura 17 Estructura del pavimento, alternativa 2. Fuente Propia.

ENSAYOS		NORMA	CANTIDAD (und)
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS EXTRAÍDOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS		I.N.V. E – 782 – 13	–
EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DEL ASFALTO EN MEZCLAS EN CALIENTE PARA PAVIMENTOS		I.N.V. E – 732 – 13	–
RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL	ESTABILIDAD	I.N.V. E – 748 – 13	15
	FLUJO		15
PORCENTAJE DE VACÍOS DE AIRE EN MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS DENSAS Y ABIERTAS		I.N.V. E – 736 – 13	15
ANÁLISIS VOLUMÉTRICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS EN CALIENTE		I.N.V. E – 799 – 13	15
RELACIÓN ESTABILIDAD/FLUJO		—	15
GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTOS		I.N.V. E – 735 – 13	–

Tabla 19 Ensayos realizados a las muestras de crudo. Fuente ensayos de laboratorio.

A continuación, se relacionan los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio:

PARÁMETRO O ENSAYO		ESPECIFICACIÓN Y PARÁMETROS DE DISEÑO	RESULTADO OBTENIDO PROMEDIO	RESULTADO OBTENIDO PROMEDIO	RESULTADO OBTENIDO PROMEDIO	RESULTADO OBTENIDO PROMEDIO	RESULTADO OBTENIDO PROMEDIO
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS EXTRAÍDOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS I.N.V. E-782-13		VER CURVA	VER CURVA GRADACIÓN	VER CURVA GRADACIÓN	VER CURVA GRADACIÓN	VER CURVA GRADACIÓN	VER CURVA GRADACIÓN
EXTRACCIÓN CANTITATIVA DEL ASFALTO EN MEZCLAS EN CALIENTE PARA PAVIMENTOS I.N.V. E-732-13		5.0% ± 3	PROMEDIO % 4.00%	PROMEDIO % 4.5%	PROMEDIO % 5.0%	PROMEDIO % 5.5%	PROMEDIO % 6.0%
RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL I.N.V. E-748-13	ESTABILIDAD	Min 750 lb o 3336 N	3048	3692	4223	4776	3048
	FLUJO	2 mm-4 mm	3.1	3.4	4.0	4.5	3.1
PORCENTAJE DE VACÍOS DE AIRE EN MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS DENSAS Y ABIERTAS I.N.V. E-736-13		3% - 5%	10.9	9.2	6.9	6.3	10.9
ANÁLISIS VOLUMÉTRICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS EN CALIENTE I.N.V. E-799-13		—	44.6	51.1	62.1	65.7	44.6
RELACIÓN ESTABILIDAD / FLUJO (kN/mm)		—	1.0	1.1	1.1	1.1	1.0

Tabla 20 resultados de ensayo de laboratorio. Fuente ensayos de laboratorio.

8.2.1 Parámetros de diseño Marshall para bases estabilizadas con crudo de castilla

El diseño se hizo para porcentajes de 5.0% de crudo de Castilla y 95% de base granular. Las mezclas se elaboraron teniendo en cuenta que la temperatura promedio de mezclado y compactación es 25° centígrados, para el tipo de asfalto empleado. La tabla siguiente muestra los datos referentes al diseño Marshall para la base estabilizada con crudo de castilla.

DISEÑO MARSHALL		
CARACTERÍSTICAS	PAVIMENTACIÓN	
	DISEÑO	ESPECIFICACIÓN
Peso Unitario de la Mezcla	2.274	N.A.
Compactación, golpes/capa	75	75
Estabilidad óptima, N	4760	Min 3336
Flujo, mm	4.0	2.0 - 4.0
Vacíos en la mezcla	7.4	3.0 - 5.0
Vacíos en los agregados, %	18	Min 13
Contenido Óptimo de asfalto, %	5.0	N.A.
Estabilidad / flujo, kN/mm	1.20	N.A.

Tabla 21 Resumen de parámetros óptimos de diseño de la mezcla. Fuente Diseño mezclas en frio del Ing. Jorge Javier Peña Caicedo

El resultado final de los análisis realizados al material granular y con porcentajes de crudo de Castilla del 4.0, 4.5, 5.0, 5.5 y 6.0% respectivamente es el siguiente:

CUANTÍAS POR METRO CUBICO DE MATERIAL SUELTO	
Cantidad de crudo de castilla en porcentaje	5.0
Masa unitaria suelta del material pétreo	1.789
Cantidad de crudo de castilla en Kg por m ³	89.45
Cantidad en galones de crudo por m ³ de material granular	20.12 galones

Tabla 22 Calculo de la cantidad de crudo por m³ de material de base granular. Fuente Laboratorio de suelos.

8.2.2 Diseño de cunetas

8.2.3 Localización en secciones de corte, terraplén y en separador central:

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.

Para las cunetas en zonas de corte, los puntos de disposición son cajas colectoras de alcantarillas y salidas laterales al terreno natural en un cambio de corte a terraplén. En las cunetas en terraplén, las aguas se disponen al terreno natural mediante bajantes o alivios y en

las cunetas de un separador central las aguas también son conducidas a la caja colectora de una alcantarilla.

Las cunetas se deben localizar esencialmente en todos los cortes, en aquellos terraplenes susceptibles a la erosión y en toda margen interna de un separador que reciba las aguas lluvias de las calzadas.

Las abscisas en las cuales se deben ubicar cunetas y puntos de desagüe deben ser obtenidas a partir del análisis de los perfiles de la vía (con sus líneas de chaflán de corte y de relleno) y del diagrama de peraltes en donde se indica el sentido del bombeo (pendiente transversal) para el caso de dobles calzadas.

8.2.4 Tipos de sección y seguridad vial

La sección transversal de la vía y dentro de ella la de la cuneta, juega un papel fundamental en la seguridad vial, por lo que, al proyectar las cunetas con una determinada sección, este aspecto debe ser considerado. Cunetas con una sección inadecuada pueden originar problemas de encunetamiento de los vehículos y, en los casos más graves, hasta vuelco, más aún si por limitaciones de espacio se proyectan berma-cunetas, las que necesariamente implican circulación o permanencia de vehículos cerca a la cuneta.

Secciones rectangulares o trapezoidales profundas o con taludes altos hacen infranqueables o dificultan en gran manera la salida de vehículos, por lo que, en caso de ser empleadas, deben estar acompañadas de barreras de seguridad, bordillos o guardarruedas o, como mínimo, de señales de advertencia con el adecuado manejo desde el punto de vista de

seguridad de estos elementos que obstaculizan el tránsito vial (separación mínima desde el borde de la calzada de 60 centímetros).

Las secciones más recomendadas son, entonces, las parabólicas (con una construcción complicada y baja capacidad hidráulica), las cuales son las más adecuadas en aquellos tramos viales donde se presenta entrada y salida permanente de vehículos (estaciones de servicio, locales comerciales, etc.) y las triangulares (las más sencillas de construir), donde es esporádica o nula la circulación vial.

En el medio colombiano es usual la cuneta triangular de 1.0 m de ancho total, distribuido 0.96 m al lado de la calzada y 0.04 m del lado del talud y 0.20 m de profundidad (constituyendo un vértice de 90°), con lo que se obtiene una pendiente lateral de 20.8%. Modificaciones a estas dimensiones, siempre y cuando la pendiente al lado de la calzada sea menor o igual al 25%, son también aceptables.

Cuando la sección de la cuneta triangular para el ancho máximo disponible en la sección de la vía es insuficiente, se debe emplear una cuneta trapezoidal, deseablemente con una pendiente o talud hacia la calzada menor del 25%, condición que de no cumplirse implica el empleo de barreras de seguridad o de bordillos debidamente espaciados para permitir la entrada del agua.

Otra alternativa, cuando la cuneta triangular es insuficiente o cuando el terreno es rocoso, es el empleo de cunetas rectangulares, las cuales se deben proveer de los elementos de protección para impedir que los vehículos tiendan a caer dentro de ellas (barreras de seguridad y bordillos).

8.2.5 Revestimiento

Una cuneta y, en general, un canal, se revisten con los siguientes objetivos:

- Reducir la infiltración, la cual puede afectar la estructura misma del pavimento.
- Reducir el área mojada por permitir mayores velocidades del flujo.
- Prevenir crecimientos vegetales.
- Reducir los costos de mantenimiento.
- Mayor vida útil del canal.
- Mayor estabilidad de la sección.

Se considera, entonces, que el revestimiento de las cunetas para vías de primer y segundo orden es necesario, mientras que para vías de tercer orden es opcional y se debe definir a partir de un análisis técnico y de costos, dentro del cual se incluya el mantenimiento

8.2.6 Refuerzo estructural

En los casos en que se prevé la circulación de vehículos sobre la cuneta, como es el paso sobre cunetas parabólicas o en posibles cruces o entradas a predios, la cuneta deberá ser reforzada. Para el caso de berma-cunetas, la decisión de reforzarlas debe considerar también la existencia de sobreanchos y las condiciones particulares de cada tramo de la vía que favorezcan su uso para circulación vial o estacionamiento.

8.2.7 Descole de cunetas

El descole de las cunetas y en general el de las estructuras hidráulicas, se debe realizar sin alterar drásticamente los patrones de flujo del cuerpo de agua receptor y sin originar

problemas de socavación. Así, en cada punto de desagüe de un tramo de cuneta es necesario evaluar el impacto potencial sobre la corriente receptora en cuanto a cambios de velocidad y caudal y minimizar la erosión, ya sea con un mejor ángulo de entrega del canal y/o una velocidad igual o menor a la de la corriente receptora. Esto último se logra con disminuciones en la pendiente del canal de entrega o con incrementos en la rugosidad del revestimiento o en la sección transversal del canal.

Las condiciones para asegurar un adecuado descole de cunetas deben ser analizadas cuidadosamente en el terreno, pues pueden ser proyectadas más allá del derecho de vía, requiriendo de servidumbres.

Para el dimensionamiento de una poceta o caja colectora es necesario considerar las dimensiones y profundidad de la tubería de la alcantarilla, la profundidad del filtro entrante o el tamaño de la estructura de encole y la facilidad de mantenimiento de la obra.

8.2.8 Propuesta de diseño de la cuneta

Luego de los anteriores conceptos generales, el diseño de cuneta que se ajusta a las solicitudes y requerimientos técnicos y económicos es la siguiente:

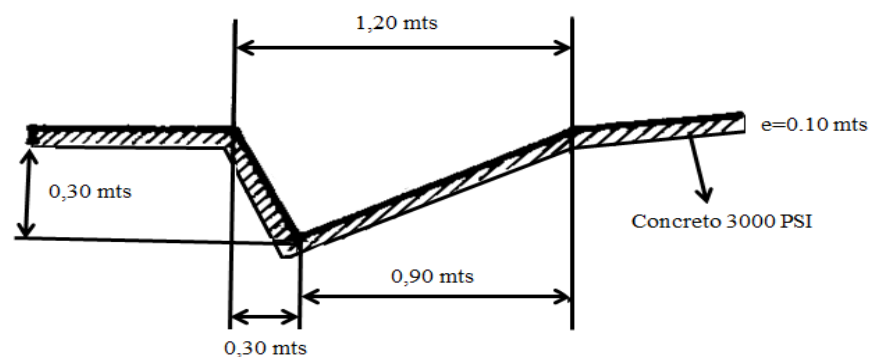


Figura 18 Propuesta diseño de cunetas. Fuente propia

Además de las anteriores características es importante relacionar que por ser esta una vía de segundo orden presenta poca o nula iluminación nocturna, de tal manera que este tipo de sección genera seguridad y bajo riesgo en caso de algún tipo de maniobra peligrosa por parte de los conductores, evitando encunetamientos y posibles accidentes.

Las cunetas deben ser construidas en concreto de 3000 psi y con espesor de 10 cms, estos elementos además de realizar la canalización y la conducción de las aguas superficiales para su posterior evacuación, también realiza labores de confinamiento de la superficie estabilizada.

El ancho diseñado de la cuneta es de 1,20 metros los cuales se ajustan al ancho de la corona de la vía, sin embargo, esta medida puede disminuir en los sitios donde hay afectación por predios.

En los accesos a fincas es importante realizar el refuerzo de la cuneta mediante el uso de malla electro soldada de 4 mm.

9 Diagnóstico

Para realizar la diagnosis del paciente seleccionado el cual corresponde al tramo entre el K0+000 al K0+300 de la vía estabilizada con crudo de Castilla que conduce a La Vereda el Caney en el Municipio de Restrepo - Meta, se procedió con los requerimientos técnicos necesarios tales como, inspección física al sitio con el fin de determinar y observar directamente las lesiones en la superficie de la base estabilizada, toma de medidas y análisis del comportamiento con el paso de vehículos de gran capacidad.

9.1 Contaminación de la mezcla estabilizada

Durante el recorrido en la visita, se pudo observar que la mezcla con elementos contaminantes como plásticos, lo que puede determinarse como sustancias nocivas y generar inconvenientes en el buen comportamiento de la capa estabilizada, lo anterior como consecuencia de la realización de la mezcla (crudo-material granular) por medio de motoniveladora, lo cual es conducente a la incorporación involuntaria de elementos ajenos que se encuentran en los lotes o patios donde se extiende y se “homogenizan” los materiales.

9.2 Sobre tamaños en la mezcla:

De la misma forma, se pudo observar sobre tamaños en los agregados utilizados en la mezcla de la base estabilizada, hasta de 4” aproximadamente. Este tamaño inadecuado en el agregado grueso, puede ser la causa de patologías en la mezcla aplicada.

9.3 Malos procesos constructivos:

En la ejecución de la obra obviaron los siguientes procesos:

- Verificar los requisitos de calidad de los materiales utilizados.
- Supervisar la correcta aplicación de los materiales, en cuanto a la extendida y compactación de la base estabilizada con crudo de castilla.
- Ejecutar ensayos de verificación de las dosificaciones de agregados y ligante en los casos donde lo requiera.
- Vigilar la regularidad y homogeneidad en la producción de las mezclas.

- Realizar la mezcla mediante equipos mecánicos y de esta forma realizar una correcta dosificación de ligante-material granular, realizar una debida homogenización entre los materiales y evitar la contaminación de los mismos.

9.4 Falta de riego de Imprimación:

No se aplicó emulsión a la superficie de la sub-base previo a la extendida de la base estabilizada con crudo de castilla, procedimiento que no es correcto y no debe ser de recibo, teniendo en cuenta, que el objeto de la imprimación es el de causar adhesión entre estas dos capas de material granular, en consecuencia, de lo anterior, se pueden producir desplazamientos horizontales de la mezcla, la cual es una alteración en la superficie atribuida a esta falta.

9.5 Sobrecargas y paso de semovientes:

La región es productora en gran proporción de frutas entre otros productos agrícolas, los que son transportados por vehículos de gran capacidad.

Debido al mejoramiento que se realizó en la vía se ha venido generando un incremento del Tráfico Promedio Diario (TPD), sobre la vía, con el consecuente aumento de velocidad y carga sobre el pavimento ya instalado; es de resaltar que independientemente la estructura instalada, base estabilizada con crudo de castilla, obedece a unos requerimientos de diseño para vías de tercer orden; su comportamiento no es igual al de un pavimento flexible en mezcla asfáltica en caliente, los cuales están diseñados para que puedan soportar vehículos de más de veinte (20) toneladas de peso.

Se evidenció en la visita el paso continuo de semovientes, a lo cual se advierte que el taconeo del ganado y los excrementos del mismo, producen un rápido envejecimiento de la capa de crudo de castilla.

9.6 Ensayo de laboratorio y resultados:

Con el fin de corroborar el espesor de capa de la base estabilizada se realizaron seis (6) briquetas entre las abscisas K0+000 a la K0+300, el promedio de este espesor fue de 10.08 cm, los cuales corresponden a datos no coincidentes y desiguales, ya que, por ejemplo, el espesor de la muestra No. 3 es de 6.4 cm y el de la muestra No. 6 es 13.5 cm.

9.6.1 Conclusión del diagnóstico:

Las lesiones que se presentan en la superficie y las cuales fueron relacionadas en el desarrollo de la presente monografía se presentan por varias causas; es evidente que hubo malos procesos constructivos y no existió el pertinente control de calidad, ya que se observó material contaminante en la mezcla lo cual es nocivo para la misma. De este mal proceso se derivan pequeñas lesiones que se convierten en baches de gran proporción.

Los sobretamaños observados generan un efecto similar al relacionado con anterioridad, ya que al desprenderse uno de estos cantos (lo cual no es difícil ya que la superficie sufre desgaste por el paso repetitivo de vehículos) va quedar sobre la superficie un “hueco” regular que va permitir al interior de la base estabilizada el ingreso de agua acelerando un proceso de bacheo y segregación de material fino.

Es notable la falta de riego de imprimación entre la base estabilizada y la sub base granular ya que abonado a esta ausencia se observaron desplazamientos horizontales de la mezcla, máximo en las curvas donde los vehículos tienden a experimentar una fuerza adicional, además de la torsión que se aplica a la superficie por las llantas del mismo.

Se observaron ataques químicos y la segregación de la mezcla por el efecto del estiércol de los semovientes que continuamente transitan por el corredor.

Es importante relacionar la falta de homogeneidad en el espesor de la mezcla estabilizada; si partimos de un espesor óptimo de 10 cms (lo cual es deducible) ninguno de los análisis realizados cumpliría con el requerimiento, lo anterior como consecuencia de la falta de control en el momento de la aplicación y extendida de la base estabilizada, al desgaste y desplazamientos de la capa estabilizada y graves errores en la estructura interna de la mezcla.

Es importante a todo lo anterior, abonar las malas prácticas que se han venido adelantando por parte de los contratistas y constructores para realizar la mezcla del material granular con el crudo de castilla, ya que para tal actividad se utilizan métodos poco convencionales con motoniveladoras y en ninguno de los casos se utilizan tolvas y/o equipos mecánicos que garanticen una mezcla homogénea con cantidades dosificadas que correspondan verdaderamente al diseño de la mezcla y no a un tanteo empírico que afecta la estabilidad de los agregados con el crudo.

Por último, es importante mencionar que la afectación, presencia y evolución de las lesiones sobre la superficie de la vía también son atribuibles al tránsito continuo de vehículos de gran capacidad de carga por la vía como por ejemplo camiones pequeños y grandes transportando semovientes, productos agrícolas, material para construcción entre otros, sin embargo, no solo estos intervienen en la afectación directa de la vía, ya que de manera continua se

observan vehículos tipo C-3-4 (eje tándem) transportar material granular saturado de agua los cuales transitan sin ningún tipo de restricción. Lo anterior teniendo en cuenta que este tipo de obras con las características ya descritas, están diseñadas y construidas para el tráfico de vehículos de mediana capacidad, para dar solución de transporte rápido y efectivo al pequeño productor de leche, verduras y frutas, entre otros, sin embargo, por acciones del tránsito inducido este tipo de carretables terminan siendo utilizados por cualquier tipo de automotor.

Otro de los inconvenientes observados, el cual abona en gran medida las lesiones que en el momento presenta la vía es la ausencia total de cunetas, esto considerando la alta pluviosidad ya que en el sector llueve tres cuartas partes del año, aunado a tal ausencia no existió una correcta ubicación y disposición de las alcantarillas y de los box coulvert.

9.6.2 Presupuestos de Alternativas Propuestas

Considerando las dimensiones del tramo de vía a intervenir es importante tener en cuenta que las alternativas presentadas consideran especificaciones técnicas las cuales garantizan el buen funcionamiento de la vía, no obstante, es evidente que hay una gran diferencia entre estas, tal diferencia económica es de más de 133 millones de pesos tan solo en 300 metros de vía.

Siempre se ha considerado que esta vía es de segundo orden que cumple con ciertos parámetros y que de una u otra forma mejoró sustancialmente la calidad de vida de los residentes del sector, sin embargo, los desgastes, lesiones y demás han sido motivados por una serie de factores externos que pueden ser reglamentados con el fin de prolongar la vida útil del carretable.

OBJETO DEL CONTRATO					
MEJORAMIENTO DE LA VÍA QUE CONDUCE A LA VEREDA EL CANEY MEDIANTE LA ESTABILIZACIÓN CON					
CRUDO DE CASTILLA EN UNA LONGUITUD DE 300 MTS					
CONTRATISTAS:			SANDRA PATRICIA MESA OSORIO		
			NELSON HERNAN PEÑUELA LOPEZ		
			VICTOR MAURICIO TREJOS CALVO		
PRESUPUESTO ALTERNATIVA No. 1					
ITEM	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	LOCALIZACION, TRAZADO Y REPLANTEO DE VIAS. INCLUYE COMISIÓN TOPOGRÁFICA, CARTERA Y PLANOS	ML	300	\$ 3.760,56	\$ 1.128.168,00
2	ESCARIFICACION DE CRUDO EXISTENTE E=0.10 M	M2	2100	\$ 1.395,36	\$ 2.930.256,00
3	EXCAVACION MECANICA EN MATERIAL COMUN (INCLUYE CARGUE MECANICO Y RETIRO DE MATERIAL 5 KM)	M3	420	\$ 23.159,52	\$ 9.726.998,40
4	SUB BASE GRANULAR BG-1 INVIAS. SUMINISTRO, EXTENDIDO, NIVELACIÓN. HUMEDECIMIENTO Y COMPACTACIÓN CON VIBROCOMPACTADOR (INCLUYE	M3	420	\$ 106.124,04	\$ 44.572.096,80
5	RIEGO DE LIGA CON EMULSION ASFALTICA CRR-1	M2	2100	\$ 3.531,60	\$ 7.416.360,00
6	BASE ESTABILIZADA CON CRUDO DE CASTILLA E=0.10 MATERIAL TRITURADO (FINISHER	M2	2100	\$ 38.699,64	\$ 81.269.244,00
7	LINEA DE DEMARCACIÓN VIAL CON PINTURA EN FRÍO (ML) E=0.12 M. INCLUYE SUMINISTRO, MICROESFERAS Y APLICACIÓN CON EQUIPO	ML	1200	\$ 3.809,16	\$ 4.570.992,00
8	CUNETA REVESTIDA CONCRETO 3,000 PSI SECCION TRANSVERSAL 1.20 X 0.10 MTS. INCLUYE HIERRO	ML	600	\$ 122.325,12	\$ 73.395.072,00
COSTO DIRECTO					\$ 225.009.187,20
AIU 31%					\$ 69.752.848,03
TOTAL					\$ 294.762.035,23

OBJETO DEL CONTRATO					
MEJORAMIENTO DE LA VÍA QUE CONDUCE A LA VEREDA EL CANEY MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MEZCLA DENSA					
EN CALIENTE EN UNA LONGUITUD DE 300 MTS					
CONTRATISTAS:			SANDRA PATRICIA MESA OSORIO		
			NELSON HERNAN PEÑUELA LOPEZ		
			VICTOR MAURICIO TREJOS CALVO		
PRESUPUESTO ALTERNATIVA No. 2					
ITEM	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	LOCALIZACION, TRAZADO Y REPLANTEO DE VIAS. INCLUYE COMISIÓN TOPOGRÁFICA, CARTERA Y PLANOS	ML	300	\$ 3.760,56	\$ 1.128.168,00
2	ESCARIFICACION DE CRUDO EXISTENTE E=0.10 M	M2	2100	\$ 1.395,36	\$ 2.930.256,00
3	EXCAVACION MECANICA EN MATERIAL COMUN (INCLUYE CARGUE MECANICO Y RETIRO DE MATERIAL 5 KM)	M3	420	\$ 23.159,52	\$ 9.726.998,40
4	SUB BASE GRANULAR BG-1 INVIAS. SUMINISTRO, EXTENDIDO, NIVELACIÓN. HUMEDECIMIENTO Y COMPACTACIÓN CON VIBROCOMPACTADOR (INCLUYE	M3	420	\$ 106.124,04	\$ 44.572.096,80
5	BASE GRANULAR BG-1 INVIAS. SUMINISTRO, EXTENDIDO, NIVELACIÓN, HUMEDECIMIENTO Y COMPACTACIÓN CON VIBROCOMPACTADOR (INCLUYE TRANSPORTE 5KM)	M3	420	\$ 121.720,32	\$ 51.122.534,40
6	RIEGO DE LIGA CON EMULSION ASFALTICA CRR-1	M2	2100	\$ 3.531,60	\$ 7.416.360,00
7	MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-19 (ASFALTO 80-100) INCLUYE SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y COMPACTACIÓN	M3	210	628501,68	\$ 131.985.352,80
8	LINEA DE DEMARCACIÓN VIAL CON PINTURA EN FRÍO (ML) E=0.12 M. INCLUYE SUMINISTRO, MICROESFERAS Y APLICACIÓN CON EQUIPO	ML	1200	\$ 3.809,16	\$ 4.570.992,00
9	CUNETA REVESTIDA CONCRETO 3,000 PSI SECCION TRANSVERSAL 1.20 X 0.10 MTS. INCLUYE HIERRO	ML	600	\$ 122.325,12	\$ 73.395.072,00
COSTO DIRECTO					\$ 326.847.830,40
AIU 31%					\$ 101.322.827,42
TOTAL					\$ 428.170.657,82

Tabla 23 Presupuesto de alternativas propuestas.

El Departamento del Meta ha tenido una fuerte crisis y deficiencias en vías intermunicipales, es así, que por ejemplo en la actualidad la vía que conduce hacia el Municipio de Uribe aún no se encuentra pavimentada, mencionamos lo anterior con el fin de generalizar la problemática respecto del inventario vial en esta región.

En este orden de ideas prima la inversión del rubro Departamental en vías que conduzcan a cascos urbanos Municipales, lo anterior en contraposición respecto de la vía que conduce a la Vereda el Caney.

Por todo lo anterior se ha decidido que la alternativa más viable, económica, segura y funcional es la No. 1.

9.7 Consideraciones para evitar futuras lesiones

Además, de realizar el reemplazo y reparación de los tramos lesionados con la mezcla optimizada y realizada con los procesos adecuados se debe tener en cuenta lo siguiente:

Previo a la instalación de la mezcla en frío es importante verificar que la capa inferior de subbase tenga el respectivo bombeo para cada uno de los extremos laterales, esto con el propósito de evacuar las aguas superficiales.

En el momento de la instalación de la mezcla en frío con Finisher se debe verificar mediante equipos mecánicos o manuales el espesor de la misma requerido (de acuerdo a los estudios) en toda su sección transversal, dicho en otras palabras, que el espesor en el eje de la vía sea igual que en los hombros de la misma.

Es importante realizar la implementación y construcción de las cunetas en concreto en cada uno de los externos laterales de la vía previos análisis topográficos de pendientes y descoles.

Teniendo en cuenta el anterior punto se deben construir estructuras adecuadas de captación y eliminación de las aguas superficiales. Además, se requiere de la implementación de estructuras tales como: box coulvert y alcantarillas en el caso de escorrentías mayores y que circunden con el área de la vía.

Dentro de los planes de manejo de tráfico es requerimiento Municipal la instalación de señalización vertical que clasifique y encasille el tipo de vehículos que deben y pueden transitar sin ningún tipo de inconveniente por la vía en análisis, lo anterior como medida de control para que la vía tenga un periodo de vida más larga, toda vez que en las inspecciones realizadas al sitio se observó el paso de tráfico con cargas excesivas que a mediano plazo fatigan la base estabilizada generando lesiones.

Se debe crear una cultura para el transporte de ganado vacuno ya que como práctica en el sitio se realiza el desplazamiento y traslado de esta clase de semoviente por el corredor vial, generando perjuicios por el taconeo de los mismos además de las lesiones que generan el estiércol sobre la superficie.

Es de orden prioritario realizar mantenimientos periódicos y rocerías en los extremos laterales de la vía y de esta forma evitar el ingreso de material vegetal y la formación de raíces sobre la superficie de la vía, igualmente, se debe realizar limpieza constante a las cunetas, box coulvert y demás estructuras en concreto, así como a los encoles y descoles de las aguas superficiales.

10 Conclusiones

- Luego de los respectivos análisis en el sitio donde se establecieron y observaron diferentes causas, además de los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio realizados a se determinaron las causas principales de las lesiones que se presentan en la vía que conduce a la vereda El Caney, tales están relacionadas con malas prácticas constructivas, tráfico pesado excesivo y falta de mantenimiento entre otras.
- Se relacionaron diferentes alternativas para optimizar tanto el proceso de instalación de la base estabilizada como el proceso de mezcla de los elementos que la conforman, definiendo estrategias técnicas alternas que mejoran considerablemente la calidad de la mezcla y el acabado de la misma.
- Dentro del presente documento se propone como alternativa de solución el uso de la base estabilizada con crudo de castilla teniendo en cuenta los criterios de instalación y de extendida, los cuales deben corresponder a parámetros técnicos y no a estándares empíricos que desmejoran la calidad del acabado y generan lesiones a corto plazo.
- La base estabilizada con crudo de castilla corresponde a una alternativa económica, segura, fácil de instalar y que satisface las necesidades de movilidad con una mediana inversión, sin embargo, dentro de la presente investigación se determina como una de las principales causas de lesión el uso o tráfico de vehículos de alto tonelaje.
- Es claro que existen múltiples factores que alteran y afectan la calidad de las vías, es por esto que es de suprema importancia realizar mantenimientos preventivos y correctivos de forma periódica, así como también, limpieza de las cunetas y rocerías.

11 Bibliografía

- ALCALDÍA DE RESTREPO, Meta. <http://www.restrepo-meta.gov.co/index.shtml#1>.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAYS AND TRANSPORTATION OFFICIALS - AASHTO. Manual de Diseño de Pavimentos en Base al Método AASHTO. San Juan de Puerto Rico. 1993.
- CUARTAS, Jorge Humberto. Aplicaciones y Experiencias sobre la Aplicación del Crudo de Castilla en la Rehabilitación de Pavimentos y en la Estabilización de Vías. Popayán. 1996.
- ECOPETROL, Gerencia de Mercadeo y Ventas Dirección de Relaciones con la Comunidad, MINISTERIO DE TRANSPORTE, Dirección General de Vías e Infraestructura. Crudo de Castilla un Ligante Asfáltico Apto para Pavimentos. Universidad del Cauca. Facultad de Ingeniería Civil. Enero de 1999. 4. Ed.
- ECOPETROL – ICP. Boletín Informativo sobre “Aditivo EXOR-1. Acelerante de Curado para Mezclas con Crudo de Castilla con Asfaltos Líquidos”. Bucaramanga. 1989.
- EVALUACIÓN TÉCNICA DE PAVIMENTOS-Ing. Elmer Díaz –Universidad Santo Tomas.
- FONSECA MONTEJO, Alfonso. Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. 2. Ed. 2002. Bogotá, D. C.: Universidad Católica de Colombia.
- GOBERNACIÓN DEL META, Agencia para la Infraestructura del Meta, http://aim-meta.gov.co/dt_benefits/apus/.

- INSTITUTO NORTEAMERICANO DEL ASFALTO. Tecnología del Asfalto y Prácticas de Construcción. Traducción de la Comisión Permanente del Asfalto de la República de Argentina. Buenos Aires. 1985.
- MANUEL DE INSPECCIÓN VISUAL PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES _ INVIAS CAPITULO 3.
- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Bogotá D.C. 2010.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE, INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, Subdirección de Apoyo Técnico. Manual de Drenaje para Carreteras. 2009.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE, Invias, Análisis Granulométrico de los Agregados Extraídos de Mezclas Asfálticas. I.N.V. E-782-13.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE, Invias, Extracción Cuantitativa del Asfalto en Mezclas en Caliente para Pavimentos. I.N.V. E-732-13.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE, Invias, Resistencia de Mezclas Asfálticas en Caliente empleando el Aparato Marshall. I.N.V. E-748-13.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE, Invias, Porcentaje de Vacíos de Aire en Mezclas Asfálticas compactadas densas y abiertas. I.N.V. E-736-13.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE, Invias, Análisis Volumétrico de Mezclas Asfálticas compactadas en Caliente. I.N.V. E-799-13.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE, Invias, Gravedad Específica Máxima de la Mezcla Asfáltica para Pavimentos. I.N.V. E-735-13.

- MINISTERIO DE TRANSPORTE, INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, Subdirección de Apoyo Técnico. Manual de Diseño de Pavimentos Asfálticos para Vías con Bajos Volúmenes de Tránsito. Bogotá. Abril 2007.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE, INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, Subdirección de Apoyo Técnico. Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras. Bogotá. 2012.
- PEÑA CAICEDO, Jorge J, ARENAS Hugo León. Mezclas en Frío, Pavimentación con Crudos Pesados, Aplicación del Crudo de Castilla. Universidad del Cauca. 1995.
- PEÑA CAICEDO, Jorge J. Mezclas en Frío, Pavimentación con Crudos Pesados, Aplicación del Crudo de Castilla. Universidad del Cauca. 1999.
- PEÑA CAICEDO, Jorge J, ARENAS Hugo León, CHAVARRO Eugenio. Influencia del Proceso de Curado en el Comportamiento Dinámico y a la Fatiga de las Mezclas Asfálticas Elaboradas con Asfaltos Líquidos. Universidad del Cauca. 1995.
- PEÑA CAICEDO, Jorge J, NAVAS Reynaldo, HERRERA Beatriz. Evaluación de Vías Secundarias, Estabilizadas con Crudos Pesados. Ministerio de Minas y Energía – Universidad del Cauca. 1997.
- PEÑA CAICEDO, Jorge J, ARENAS Hugo León. Factibilidad Técnica y Económica del Crudo de Castilla para la Estabilización de Suelos. Universidad del Cauca – Ecopetrol. 1992.
- <http://www.ideam.gov.co/>
- <https://www.google.com/maps/@4.2656904,-73.5420559,646m/data=!3m1!1e3>.

- ftp://ftp.ani.gov.co/Tercera%20Ola/Pasto%20Mojarras/1.1/1.1.7a/Anexos/04_DD/Anx/01_Corr/02_Rec/SGC/PastoChacha-2015-261-002145-2/14-Map_Amen_Sism_Col_ZonAmenSismValoresAa-1999/mapa/pdf/amensis.pdf

Anexos

Anexo 1 Resultado diseño Marshall efectuado con crudo de castilla. Norma INVIA 2013.
(Carpeta DISEÑO CRUDO).

Anexo 2 Resultados de Núcleos de base estabilizada con crudo de castilla. (carpeta
ESCANEADO LABORATORIOS CRUDO).

Anexo 3 Estudio de tránsito promedio diario (carpeta TPD).

Anexo 4 Esquemas de fallas, Método VIZIR. (carpeta VIZIR).