

**ESTUDIO PATOLÓGICO EN LA BASE ESTABILIZADA CON CRUDO DE
CASTILLA DEL K0+230 AL K2+330 DE LA VÍA DE ACCESO A LA VEREDA LA
ARGENTINA DEL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO META**

Ing. YEIS FABIÁN CHAVES GÓMEZ

Ing. NATALY XIMENA HERNÁNDEZ ROMERO

Ing. CLAUDIA MILENA RICAURTE RINCÓN

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

VICERRECTORÍA DE UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA

ESPECIALIZACIÓN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

VILLAVICENCIO

2018

**ESTUDIO PATOLÓGICO EN LA BASE ESTABILIZADA CON CRUDO DE
CASTILLA DEL K0+230 AL K2+330 DE LA VÍA DE ACCESO A LA VEREDA LA
ARGENTINA DEL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO META.**

Ing. YEIS FABIÁN CHAVES GÓMEZ
Ing. NATALY XIMENA HERNÁNDEZ ROMERO
Ing. CLAUDIA MILENA RICAURTE RINCÓN

**Trabajo final de grado presentado como requisito para optar al título de
Especialista en Patología de la Construcción**

Director de Investigación
Ing. JAIRO ZÚÑIGA

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
VICERRECTORÍA DE UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA
ESPECIALIZACIÓN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
VILLAVICENCIO

2018

Nota de aceptación

PRESIDENTE DEL JURADO

JURADO LECTOR

JURADO OYENTE

Villavicencio - Meta, septiembre de 2018.

Tabla de contenido

	Pág.
Introducción.....	12
1. Justificación	13
2. Objetivos.....	15
2.1. Objetivo general	15
2.2. Objetivos específicos.....	15
3. Marco referencial	16
3.1. Teórico.....	16
3.1.1. Crudo de castilla.....	16
3.1.2. Estabilización de base con crudo de Castilla	18
3.2. Legal.....	19
3.3. Histórico del uso del Crudo de Castilla.....	19
4. Alcances y limitaciones.....	22
4.1. Alcances.....	22
4.2. Limitaciones.....	25
5. Metodología.....	26
5.1. Fase 1: Investigación	26
5.1.1. Preliminares.....	26
5.1.2. Descripción de la selección del paciente.....	28
5.2. Fase 2: Ejecución en campo.....	28
5.3. Fase 3: Diagnóstico	28
5.4. Fase 4: Propuestas de intervención	29
6. Historia clínica	30
6.1. Responsables del estudio	30
6.2. Fecha de realización del estudio.....	30
6.3. Datos generales del paciente	30

6.4. Uso.....	31
6.5. Uso del entorno	31
6.6. Fecha de construcción.....	32
6.7. Sistema constructivo.....	32
6.8. Renivelación de la banca	32
6.9. Técnica constructiva	33
6.10. Uso actual y previsto	34
6.11. Importancia	34
6.12. Normativa actual que lo rige	35
6.13. Aplicación patológica	35
6.14. Datos específicos de las lesiones.....	35
6.15. Descripción de la patología más relevante en el paciente	36
6.16. Fichas de auscultamiento de cada tramo:	37
6.16. Clasificación y origen de las patologías	40
6.16.1. Datos generales del entorno	40
6.16.2. Estudios de suelos.....	42
6.17. Diagnostico	50
6.17.1. Tipo de fallas identificadas: Mecánicas	50
6.17.2. Tipo de fallas identificadas: Antropogénicas	54
7. Estudio de vulnerabilidad sísmica.....	57
7.1. Falla El Mirador	58
8. Propuesta de intervención.....	61
8.1. Propuesta de intervención No 1: Reparación parcial con base estabilizada con crudo de castilla con actividades adicionales en poda y tala de arboles	61
8.1.1. Colocación del material de reparación.....	62
8.1.2. Curado.....	62
8.2 Propuesta de intervención No 2: Reparación parcial con micropavimento con actividades adicionales en poda y tala de arboles	63

8.2.1. Técnica o proceso constructivo	64
8.2.2 Consideraciones para evitar futuras lesiones	65
9. Presupuesto para las propuestas de intervención	67
10. Programación de actividades propuestas de intervención	69
10.1. Programación de actividades propuestas de Intervención No 1.....	69
10.2. Programación de actividades propuesta de intervención No 2	70
11. Conclusiones y recomendaciones	71
Bibliografía y web grafía.....	73
Anexos.....	75

Lista de figuras

Figura 1. Representación esquemática de los productos asfálticos líquidos.	17
Figura 2. Localización general de los tramos de la vía de acceso a la Vereda La Argentina de Villavicencio	23
Figura 3. Localización del segmento No 1: K0+230 - K0+320	23
Figura 4. Localización del segmento No 2: K1+930 – K2+000.....	24
Figura 5. Localización del segmento No 3: K2+090 - K2+280	24
Figura 6. Vía de acceso a la Vereda la Argentina en el Municipio de Villavicencio	31
Figura 7. Tipo de Cimentación.	33
Figura 8. Ficha de Auscultación del Tramo No. 1	37
Figura 9. Ficha de Auscultación del Tramo No. 2.....	38
Figura 10. Ficha de Auscultación del Tramo No. 3	39
Figura 11. Localización Corregimiento No 3- Vereda La Argentina	40
Figura 12. Parámetros climáticos promedio de Villavicencio (1971-2000)	41
Figura 13. Resultado de la Curva Granulométrica Tramo A.....	45
Figura 14. Resultado de la Curva Granulométrica Tramo B.....	46
Figura 15. Resultado de la Curva Granulométrica Tramo C.....	46
Figura 16. Limite Liquido Tramo A	47
Figura 17. Limite Liquido Tramo B.....	47
Figura 18. Limite Liquido Tramo C.....	48
Figura 19. Caracterización granulométrica de la base estabilizada	49
Figura 20. Curva granulométrica de la base estabilizada.....	50
Figura 21. Mapa de amenazas sísmicas de la zona en estudio.	57
Figura 22. Zonas de amenaza sísmica en la ciudad de Villavicencio	58
Figura 23. Ubicación aproximada de la falla el Mirador	59
Figura 24. Ubicación aproximada de la falla Bavaria.....	59

Figura 25. Falla de Bavaria con respecto al río Guatiquía	60
Figura 26. Perdida de Solventes vs Resistencia.....	63

Lista de tablas

Tabla 1. Franjas granulométricas del material de base granular	18
Tabla 2. Tramos viales en estudio.....	22
Tabla 3. Descripción de tramos viales en estudio	35
Tabla 4. Resultado de los CBR de los tramos.	43
Tabla 5. Índice de Plasticidad	48
Tabla 6. Eventos sísmicos presentados en el municipio de Villavicencio	60
Tabla 7. Presupuesto estimado para propuesta de intervención No 1 de los tramos A-B-C...	67
Tabla 8. Presupuesto para la propuesta de intervención No 2.....	68

Lista de fotografías

Fotografía 1. Primer recorrido e identificación de lesiones del paciente, ubicadas en el K0+250.....	27
Fotografía 2. Primer recorrido e identificación de lesiones del paciente, ubicadas en el k1+930.....	27
Fotografía 3. Carrotanque imprimador aplicando escalonadamente el crudo de Castilla. Vereda María Piñuela.....	33
Fotografía 4. Extensión de crudo de Castilla con Pala y Regla a mano. Vereda María Piñuela.	34
Fotografía 5. Toma de Muestra para CBR No 1. Vereda La Argentina	43
Fotografía 6. Toma de Muestra para CBR No 2. Vereda La Argentina	44
Fotografía 7. Toma de Muestra para CBR No 3. Vereda La Argentina.	44
Fotografía 8. Realización del primer apique. Vereda La Argentina.	44
Fotografía 9. Realización del segundo apique y toma de muestra. Vereda La Argentina.	45
Fotografía 10. Localización en el Tramo A. Vereda La Argentina	51
Fotografía 11. Localizadas en el Tramo C. Vereda La Argentina	51
Fotografía 12. Desgaste superficial de la vía en estudio. Vereda La Argentina.....	52
Fotografía 13. Piel de cocodrilo en la vía en estudio. Vereda La Argentina.....	53
Fotografía 14. Cuneta con sección Hidráulica insuficiente. Vereda La Argentina.	54
Fotografía 15. Entrada a fincas en la vía en estudio. Vereda La Argentina.	55
Fotografía 16. Entrada a fincas en la vía en estudio. Vereda La Argentina.	55
Fotografía 17. Sombra de árboles sobre la vía en estudio. Vereda La Argentina.	56
Fotografía 18. Proceso constructivo del Micropavimento	64

Lista de anexos

1. PLANO TOPOGRÁFICO
2. REGISTRO FOTOGRÁFICO SONDEOS ESTUDIO DE SUELOS
3. FICHAS DE HISTORIA CLÍNICA
4. FICHAS DE DIAGNÓSTICO GENERALES
5. PRESUPUESTO OBRAS REQUERIDAS
6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Introducción

Los pavimentos son la estructura que constituye en general la movilidad tanto en las vías urbanas como en las rurales, es por esto que es de vital importancia la conservación y adecuado mantenimiento en ellas, para que de este modo se siga garantizando la seguridad, la comodidad y la economía de los sectores que la componen.

El problema con el Municipio de Villavicencio, es la deficiencia en la calidad de algunas vías en especial las del orden rural y la red terciaria. Esto no solamente debido a la falta de mantenimiento de estas vías sino por la falta de la cultura del mantenimiento el cual alarga su vida útil, sino también por el costo que significa dichas intervenciones.

En el presente estudio se dará a conocer el diagnóstico de las patologías encontradas en la estructura de la vía que Comunica a la Vereda La Argentina y que fueron identificadas de manera visual analizando únicamente la capa de rodadura, la descripción se realizó basada en la información del “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” de INVIAE el cual dará un direccionamiento hacia las posibles causas y la evolución que presentará la patología en caso de no ser intervenida.

Posteriormente se muestran las posibles soluciones que pueden estar dirigidas a dos tipos de intervenciones que son: Mantenimiento o reconstrucción. Con las diferentes opciones se realiza un análisis para finalmente tomar la decisión según el resultado que se quiera obtener en cuestión de durabilidad.

1. Justificación

Se elige la vía de la Vereda La Argentina, que se encuentra construida en base estabilizada con crudo de Castilla, ya que es común encontrar este material en gran parte de las vías terciarias de la región del Meta como consecuencia de la producción de este tipo de asfalto en Castilla la Nueva, además que es un material con características naturales favorables para este tipo de mejoramientos y es muy económico en comparación con los materiales artificiales más comunes.

Este estudio ayudará a la intervención oportuna de las lesiones que se presentan en la base estabilizada con crudo de Castilla, para evitar la presencia de deterioros mayores que generen costos excesivos en los mantenimientos y las rehabilitaciones.

A nivel social, la vía es usada como destino turístico – deportivo por lo que su mejoramiento incentiva el turismo, además debido al gran afluente de ciclistas se minimiza el riesgo de caídas y accidentes. Esta intervención permitiría a la comunidad conocer y garantizar por medio de la Junta, el mantenimiento adecuado a la vía y procurar que la inversión hecha por el Estado no se desaproveche y se siga garantizando el uso de este material para este tipo de vías veredales que se proyectan como sitios turísticos y de vivienda rural campestres de diferentes extractos sociales.

Las alternativas diseñadas podrán ser de utilidad como guía en una futura restauración estructural de la vía mencionada, de tal forma que los tramos en estudio sean adecuados para garantizar la conectividad, seguridad y tránsito de las personas que la usen en sus desplazamientos desde o hacia la Vereda La Argentina, lo que puede mejorarles su calidad de vida.

Debido a estas razones se evidencia la necesidad del desarrollo del presente estudio, ya que al ser previo a las intervenciones permite obtener la información necesaria que lleve a

realizar estudios detallados con el fin de garantizar que los mantenimientos preventivos o reparaciones que se hagan en los tramos afectados tengan una durabilidad y eficiencia adecuada.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Desarrollar un estudio patológico en la estructura de la base estabilizada con Crudo de Castilla del k0+230 al k2+330 en la vía de acceso a la Vereda La Argentina del municipio de Villavicencio-Meta, además proponer posibles tratamientos para restablecerlo o mejorarlo si es necesario.

2.2. Objetivos específicos

- Identificar los tramos que se encuentran afectados por efecto de las Sombras, los árboles y falta de drenajes que van hacer material de estudio, realizando su inspección, con el registro fotográfico.
- Describir las patologías que se encuentren en la vía de la Vereda La Argentina con base estabilizada con crudo de Castilla en los tramos seleccionados.
- Definir la causa principal que está generando cada patología existente en los 3 tramos identificados de la vía con base estabilizada con crudo de Castilla de acuerdo a estudios de laboratorio.
- Formular acciones que mitiguen los efectos de las patologías en los 3 tramos identificados de la vía con base estabilizada con crudo de Castilla.

3. Marco referencial

3.1. Teórico

El crudo de Castilla como asfalto natural está determinado por el origen del cual viene formado el material, naturalmente como cualquier otro elemento, sometido a intemperismo y la acción geológica se encuentran varios tipos de estructuración molecular y composición química. De esta forma se pueden encontrar, asfaltos Nativos, sólidos o semisólidos, por ejemplo; Puros o casi puros (Crudo del petróleo); Asociados con materia mineral (crudos combinados con agregados) y Asfaltitas duras (Gilsonitas). Se tomarán los crudos pesados como parte de los asfaltos naturales ya que a pesar de que se originan por la explotación industrializada, se les somete a muy poco o ningún proceso industrial luego de su acopio.

3.1.1. Crudo de castilla

Es un crudo pesado que contiene 83 por ciento de cemento asfáltico y 17 por ciento de solventes de mediana volatilidad, es un líquido viscoso de color negro, muy pesado siendo un asfalto residual producto de la destilación a 360°C, contiene un 23,4% de asfaltenos y un 76,6% de maltenos, cantidades que garantizan la durabilidad de este ligante y lo hacen apto para pavimentación, de acuerdo al ARTÍCULO 341P – 17 ESPECIFICACIÓN

PARTICULAR BASE ESTABILIZADA CON UNA MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL.

El crudo de Castilla tiene un peso específico igual a 0,978 y una densidad de 13,5° API, es muy viscoso a temperatura ambiente, presentando un punto de combustión a los 91°C, el punto de inflamación a los 61°C y la viscosidad para su manejo se alcanza cuando se calienta entre los 70°C y 80°C . Este crudo se ha utilizado con aceptable éxito en el Departamento del Meta y ha servido para la estabilización de capas granulares, riegos de imprimación, mezclas asfálticas para capas de rodadura, cunetas y ciclo vías para diferentes climas, pendientes y niveles de tránsito, también su uso se ha extendido para el mantenimiento de pavimentos en la tarea de parcheo y de reciclaje en frío. (Blanco y Corrales, 2017; p. 36)

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 y contiene más cemento asfáltico que sus homólogos artificiales los asfaltos líquidos RC,MC, SC o las emulsiones asfálticas. En la figura 1 se muestra en forma proporcional la cantidad de cemento presente en los asfaltos líquidos (a), en las emulsiones asfálticas (b) y en el crudo de Castilla (c).



Figura 1. Representación esquemática de los productos asfálticos líquidos.

Fuente: Blanco y Corrales (2017).

3.1.2. Estabilización de base con crudo de Castilla

Consiste en la elaboración, extensión y compactación de una mezcla de agregados pétreos y el crudo de Castilla. El material por estabilizar será usado como capa de rodadura según indicaciones del proyecto y su fabricación se hará en la vía o en planta. Consiste en la estabilización de un material granular no tratado o agregado pétreo con crudo de castilla. Por lo general, el agregado pétreo utilizado es similar al que se utiliza para conformar una capa de base granular tipo BG-1 o BG-2. Para el caso de bases estabilizadas con crudo de Castilla se recomienda utilizar las especificaciones para tráfico tipo NT1 (Rondón y Reyes, 2015).

Tabla 1. Franjas granulométricas del material de base granular

Tamiz		Porcentaje que pasa	
Normal	Alterno	BG-1	BG-2
37.5 mm	1 1/2"	100	-
25.0 mm	1	70-100	100
19.0 mm	3/4"	60-90	70-100
9.5 mm	3/8"	45-75	50-80
4.75 mm	No. 4	30-60	35-65
2.0 mm	No. 10	20-45	20-45
425 Vrm	No. 40	10-30	10-30
75 Vtm	No. 200	5-15	5-15

Fuente: INVIAS (2013). E- INV 330.

El diseño de este tipo de mezcla se realiza por medio del método Marshall (AASHTO T 245, INV. E-748-13), midiendo la estabilidad del flujo cuando la briqueta presente 25 °C de temperatura. La obtención del porcentaje óptimo de crudo de castilla se obtiene al alcanzar una estabilidad mínima aproximada de 250kg y un flujo comprendido entre 2 y 4mm, cuando las briquetas se compactan a 75 golpes por cara. El porcentaje de vacíos en la mezcla debe estar comprendido entre 3% y 5%. El valor aproximado promedio de vacíos en los agregados

pétreos debe oscilar por el orden de 12%. La estabilidad residual, después de inmersión durante cuatro días a 25 °C, debe presenta un valor de 75% (Rondón y Reyes, 2015).

3.2. Legal

Se ha tomado como base las normas de construcción del Instituto Nacional de Vías y las recomendaciones técnicas del Instituto Norteamericano del Asfalto sobre las mezclas en frío y la aplicación de los asfaltos líquidos. En estos documentos se encuentran las condiciones que deben cumplir los materiales para la elaboración de mezclas asfálticas con Crudo de Castilla, para bases estabilizadas y capas de rodadura, las características del ligante natural, los diferentes métodos para la dosificación y los procedimientos de elaboración de las mezclas y su aplicación en obra. Aunque el Crudo de Castilla es un ligante asfáltico cuyo comportamiento es similar al de un asfalto líquido y se puede usar para la estabilización de suelos gravo arenosos de baja plasticidad.

- Normas y Especificaciones técnicas del Instituto Nacional de vías (INVIAS).
- Manual para la inspección Visual de Pavimentos Flexibles (INVIAS).
- AASHTO 93.
- Plan de Ordenamiento Territorial.

3.3. Histórico del uso del Crudo de Castilla.

En los años de 1946 a 1948, en el Departamento del meta, la empresa Shell Oil Company realizó las primeras exploraciones y perforo los pozos de San Martín 2-5-6 y Chafurray 1, encontrando crudos pesados de una densidad aproximada a 13.5 grados API.

La primera aplicación del Crudo de Castilla, debido a sus componentes, fue la del sustituto del combustóleo o fuel-oil, realizándose en 1976 una prueba a escala industrial en la ladrillera Santa Fe de la ciudad de Bogotá. Luego de una prueba exitosa se inició su comercialización, consolidándose como los primeros clientes Acerías Paz del Río y Cementos Diamante. El consumo del crudo se ha incrementado desde 1.167 barriles diarios

en 1995 hasta 16.000 en 2005, crudo que utilizan en sus calderas y secadoras más de 200 industrias.

La Universidad Nacional de Colombia y la Universidad Santo Tomas de la ciudad de Bogotá en 1980 y 1989 respectivamente, iniciaron la investigación del crudo de Castilla como ligante en pavimentos, produciendo dos trabajos importantes que desafortunadamente no trascendieron.

En 1991 la División de Combustibles Líquidos de Ecopetrol, interesada por un mejor aprovechamiento de este recurso natural impulso la investigación que en ese mismo año adelantaría la Universidad del Cauca, para ofrecer a la ingeniería Nacional una alternativa interesante por su gran flexibilidad y bajo costo para pavimentación de vías.

Desde hace mucho tiempo se han venido usando indistintamente como material en diferentes etapas de la construcción. Este material es un líquido espeso menos denso que el agua, con una densidad API menor a 202, generalmente presentan una composición química nafténica aun cuando su destilación genera diversos productos, en la mayoría de los casos no puede ser explotados de la mejor manera dada su baja rentabilidad, teniéndose que emplear de manera directa con muy poco o ningún proceso industrial. En Colombia los más conocidos son: Crudo de Castilla; Crudo de Gaván; Crudo de Cedrales, el primero de los cuales fue ha sido el más estudiado en el país.

Como principales usos del crudo de castilla como asfalto líquido que es, se puede utilizar para todas las aplicaciones de la ingeniería internacional que ha desarrollado para los asfaltos líquidos artificiales, los cuales se pueden enmarcar en la siguiente relación:

- Estabilización de suelos fino y granulares
- Estabilización de afirmados
- Riegos de imprimación, liga de protección

- Mezcla asfáltica para: Diques, Capas de rodadura, capas de bermas, revestimientos de canales y cunetas, bordillos, andenes de vías peatonales, canchas deportivas, parcheo de calles y reciclaje de pavimentos.

Como ventaja principal de usar el Crudo de Castilla es sin lugar a dudas la economía, los costos se reducen de un 10% hasta un 53% según su aplicación, la técnica desarrollada y la región en donde se utilice (Rondón y Reyes, 2015). Por consiguiente el uso en el Departamento del Meta está determinado principalmente por su localización geográfica del yacimiento, lo hace que se encuentre en un punto estratégico para ser explotado y utilizado como alternativo en la pavimentación o mejoramiento en este tipo de vías; el campo de explotación se encuentra en “Castilla La Nueva” que se está localizado a 50 kilómetros al sudeste de la ciudad de Villavicencio Departamento del Meta y a unos 143.80 Kilómetros de la Ciudad de Bogotá D.C.

Se convierte en una opción muy versátil, utilizando la técnica apropiada respaldada por un buen diseño de laboratorio, la aplicación del crudo de Castilla puede llegar a regiones en donde las técnicas convencionales con otros productos resultan costosas por la instalación de plantas en calientes o similares, permitiendo realizar mezclas in situ y que para trabajos pequeños pueden ser extendidas a mano, teniendo un tiempo prudente para su extendido y compactación. La aplicación no requiere de equipos diferentes a los comúnmente usados en Colombia para la construcción de Carreteras, adicional a esto la mezclas elaboradas con Crudo de Castilla pueden ser acopiadas, debidamente protegidas del agua, hasta el momento en que las condiciones ambientales permita su extendido y compactación.

4. Alcances y limitaciones

4.1. Alcances

De acuerdo a las observaciones realizadas a la vía, se definió como área de trabajo 2,5 km de la Base Estabilizada con Crudo de Castilla a lo largo del cual se presentan las patologías, desde el K0+230 al K2+280 que a su vez dividimos en 3 segmentos que corresponden a 1.610 m²; debido a que hay tramos de la vía que se encuentran en óptimas condiciones y no se considera necesario hacer referencia a estos sectores.

Para el desarrollo de este estudio patológico se hizo necesario la recopilación de información previa como planos de localización, una inspección visual para determinar el grado de lesión y/o deterioro y finalmente se realizaron pruebas y ensayos de laboratorio que respaldan el diagnóstico inicial, lo anterior tiene como fin desarrollar dos alternativas de intervención o recomendaciones a lugar, ya que ambas variables dependen de los resultados que arroje el análisis de la información recopilada. Cumpliendo así con las etapas de un estudio patológico, historia clínica, diagnóstico e intervención.

Los tramos que se van a considerar de acuerdo al plano de localización son:

Tabla 2. Tramos viales en estudio

TRAMO No	SEGMENTO	ABSCISADO	ML	ANCHO DE CARRIL/ ML	M2
A	1	K0+230 - K0+320	90	4,6	414
B	2	K1+930 – K2+000	70	4,6	322
C	3	K2+090 - K2+280	190	4,6	874

Fuente: Autores del estudio.

La vía como tal, junto con los tres tramos en estudio se puede visualizar en las figuras 2, 3, 4 y 5 que se presentan en las dos páginas siguientes a este texto.



Figura 2. Localización general de los tramos de la vía de acceso a la Vereda La Argentina de Villavicencio
Fuente: Adaptado de Google Maps (2018).



Figura 3. Localización del segmento No 1: K0+230 - K0+320
Fuente: Adaptado de Google Maps (2018).



Figura 4. Localización del segmento No 2: K1+930 – K2+000

Fuente: Adaptado de Google Maps (2018).



Figura 5. Localización del segmento No 3: K2+090 - K2+280

Fuente: Adaptado de Google Maps (2018).

La zona rural del Municipio de Villavicencio políticamente está dividida en 55 veredas, las cuales están agrupadas en siete (7) corregimientos, la jurisdicción de estos fue definida

mediante el Acuerdo No 033 de Noviembre 26 de 1997. De acuerdo a esta agrupación la Vereda La Argentina se clasificada en la Zona 1 del Corregimiento No 3, que se encuentra ubicada hacia la parte nor-occidental del Municipio; por la vía que conduce al Municipio de Restrepo, tomando las márgenes izquierda y derecha del Rio Gautiquia, zona de influencia de la micro Cuenca alta del Rio Guatiquia. Coordenadas: Latitud norte 4°10'42" – 4°17'33" Longitud oeste 73°36'24" – 73°46'21". La zona 1 limita por el norte con el municipio de El Calvario, por el occidente con el Departamento de Cundinamarca (Municipio de Quetame), por el sur con el casco urbano del Municipio de Villavicencio, por el oriente con el Municipio de Restrepo. Tiene una extensión aproximada de 11.143 Ha, comprende las veredas La Bendición, La Argentina, Palmichal, Santa María Baja, Santa María Alta, San Cristóbal, Quebrada Honda, San José Bajo, San José Alto, Puente Abadía, Lourdes, Santa Teresa y Santa Helena. La zona 1 comprende un relieve fuertemente quebrado a escarpado, con pendientes largas, muy pronunciadas mayores del 50%. Los suelos se han desarrollado a partir de arcillolitas y areniscas conglomeráticas, son superficiales a profundos; de texturas moderadamente finas a finas; con baja retención de humedad, algunos erosionados y otros con marcada susceptibilidad a la erosión. El piso térmico de la zona 1 se encuentra entre los 800 y 2.000 metros de altura sobre el nivel del mar, en clima que va de cálido a medio, con temperaturas que oscilan entre los 18°C y los 25°C.

Las veredas que conforman la zona 1, por encontrarse en áreas con pendientes muy pronunciadas y largas, donde el bosque ha sido talado, se observa la pérdida del suelo muy rápidamente por arrastre hídrico.

4.2. Limitaciones

Se limita el estudio a solo la patología presente en estos tres segmentos, producidas principalmente por la presencia de humedad derivada por las sombras de los árboles, por ubicación de árboles frutales y la falta de adecuados drenajes.

5. Metodología

El estudio patológico se realizó siguiendo el proceso investigativo: Contextualización del paciente, ejecución de labores en campo, diagnóstico y propuestas de intervención.

5.1. Fase 1: Investigación

Se realizó la recopilación de la mayor cantidad de información relacionada con la construcción de la vía en Base estabilidad con crudo de castilla, se incluyó los beneficios del crudo de Castilla y la cotidianidad de usarlo en las vías interveredales en el departamento del Meta.

5.1.1. Preliminares

Por ser una vía de uso público no fue necesario solicitar permisos para hacer el recorrido y tomar los datos necesarios para la identificación del paciente, donde inicialmente la intención era identificar la gravedad y la proporción del daño de la vía. Seguidamente también gracias a la inspección visual se tomaron las determinaciones de los ensayos necesarios para obtener información detallada de la caracterización de los materiales usados en la construcción.

Se realizaron recorridos previos en los cuales se observaron las lesiones del paciente, al reconocer que efectivamente se presentan patologías, se da inicio al estudio recopilando información general mediante observación de la vía, su localización y la toma de fotografías de las fallas para posteriormente ser comparadas con el manual de inspección de INVIAS, y hacer una recopilación más detallada mediante la realización de levantamiento topográfico y unos estudios de suelos.



Fotografía 1. Primer recorrido e identificación de lesiones del paciente, ubicadas en el K0+250.

Nota: Tomada en julio de 2018.



Fotografía 2. Primer recorrido e identificación de lesiones del paciente, ubicadas en el k1+930

Nota: Tomada en julio de 2018.

5.1.2. Descripción de la selección del paciente

El paciente fue seleccionado teniendo en cuenta las directrices y conocimientos aprendidos durante los módulos de las cátedras del posgrado ESPECIALIZACIÓN DE PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN, en temas relacionados con el módulo de vías, específicamente en Bases Estabilizadas con crudo de Castilla y Patologías causadas por presencia de árboles, sombras, humedades y falta de drenajes en vías de este tipo.

Se elige la vía de la Vereda La Argentina para resaltar las propiedades del crudo de castilla al ser usado satisfactoriamente en pavimentos y por presentar patologías similares a las Mezclas Densas en Caliente - MDC.

5.2. Fase 2: Ejecución en campo

Se realizó un recorrido de reconocimiento del paciente, se tomaron las mediciones correspondientes y fotografías de las patologías que se presenta la vía, se analiza durante varios días la clase de tránsito. Luego de tener las actividades de reconocimiento del terreno se procedió a dividir la vía en sectores, localizar las lesiones y se ordenaron los ensayos de laboratorio correspondientes. La idea en esta fase es obtener toda la información necesaria que cubra todos los interrogantes de la investigación para así iniciar la fase de diagnóstico.

5.3. Fase 3: Diagnóstico

Una vez terminada la fase de ejecución en campo, se procedió a realizar un análisis de los resultados, a clasificar la información obtenida y a procesarla con el fin de obtener hipótesis y finalmente un diagnóstico preciso y fidedigno de la causa más probable de las lesiones presentes para así poder darles el tratamiento necesario y prevenir que se vuelvan a presentar las patologías.

Luego de haber identificado las patologías presentes a los largo de los 2,33 kilómetros de vía, se comparan las fotografías con el Manual de Inspección Visual de INVIAS, se

caracterizan las lesiones y según los resultados de los ensayos de laboratorio se comienzan a descartar o confirmar las posibles causas de cada una de ellas.

Para facilitar la caracterización se llenaron fichas técnicas en donde se detallaron cada caso y de manera muy específica la información que encamina primero a identificar la causa de la patología y finalmente las propuestas de intervención en cada punto.

5.4. Fase 4: Propuestas de intervención

Cumpliendo con el proceso de las fases y conociendo la raíz de las enfermedades de nuestro paciente se procedió a dar dos posibles propuestas de intervención que estarán encaminadas como primera medida a la reparación y si el resultado de la investigación es de un deterioro incontrolable o total que es una un poco más drástica que es la reconstrucción total de la estructura de la vía.

La intervención permitirá tomar la decisión de realizar o no el mejoramiento de la vía, para ello se facilita un presupuesto y unas recomendaciones técnicas para evitar futuras patologías y garantizar la durabilidad del proyecto.

6. Historia clínica

La determinación del análisis de deterioro presentado en la Base Estabilizada con Crudo de Castilla se realiza gracias a su ubicación geográfica dentro del Municipio de Villavicencio, puesto que esta es una vía principal de acceso veredal por la cual transitan a diario vehículos de carga, de servicio público y de particulares, por este motivo las soluciones previstas deben ser de carácter funcional. Es decir que la Base Estabilizada con Crudo de Castilla de la vía de acceso a la Vereda La Argentina debe ser estructural y geoméricamente apta para soportar las cargas repetitivas de los diferentes vehículos.

6.1. Responsables del estudio

En la recolección de información participaron tres (3) estudiantes de la Universidad Santo Tomas de Aquino del programa Especialización en Patología de la Construcción, Cohorte Villavicencio, quienes se encargaron de la indagación en campo. La toma de datos se realizó por medio del reconocimiento y la ubicación de la vía escogida para el estudio; para ello se determinaron los puntos de iniciación y finalización.

Ingenieros civiles:

- Claudia Milena Ricaurte.
- Nataly Ximena Hernández Romero.
- Yeis Fabián Chaves Gómez

Laboratorio de suelos:

- NHSQ Ingeniería S.A.S.

6.2. Fecha de realización del estudio

El estudio se realiza a partir del 15 de Octubre de 2017.

6.3. Datos generales del paciente

Nombre: Vía de acceso a la Vereda La Argentina en el Municipio de Villavicencio Meta.

Localización: Se encuentra ubicada en la Malla vial Rural del Municipio de Villavicencio meta en las siguientes coordenadas: Latitud norte 4°10'42" – 4°17'33" Longitud oeste 73°36'24" – 73°46'21".

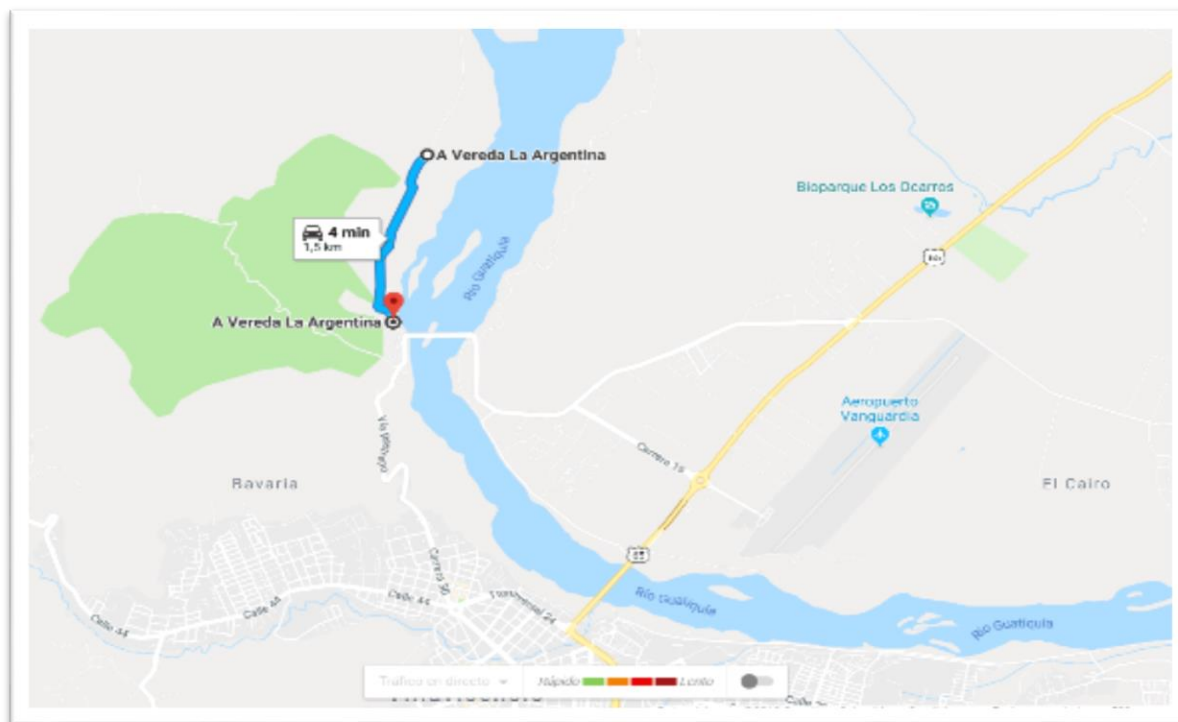


Figura 6. Vía de acceso a la Vereda La Argentina en el Municipio de Villavicencio

Fuente: Adaptado de Google Maps (2018).

6.4. Uso

La vía es usada comúnmente por los habitantes de las veredas La Argentina, Palmichal, Santa María Baja, Santa María Alta, San Cristóbal, Quebrada Honda, San José Bajo, San José Alto, Puente Abadía, Lourdes, Santa Teresa y Santa Helena; este sector es muy utilizado por ciclistas y los vehículos de los Contratista del mantenimiento de la bocatoma del acueducto de Villavicencio que utilizan este sector para llegar al sitio.

6.5. Uso del entorno

El sector está destinado para la construcción de vivienda rural y se encuentran lotes usados para producción de ganado, peces y algunas pequeñas huertas pero predomina la construcción de vivienda campestre.

6.6. Fecha de construcción

Esta vía fue construida en el año de 2012.

6.7. Sistema constructivo

Es un mejoramiento realizado en Base granular estabilizado con crudo de Castilla, consiste en la estabilización de un material granular con crudo de castilla y una conformación de una vía existente trazada a la necesidad por el acceso de la comunidad. En donde se realizaron las siguientes actividades para su construcción:

6.8. Renivelación de la banca

Consistió en la escarificación, la conformación, renivelación y compactación del afirmado existente, con adición de material granular con características de Sub Base Granular de tamaño máximo de 2" con el propósito de darle altura de acuerdo a la sección del tipo de cimentación de diseño; así como la conformación de cunetas.

Subbase: Este trabajo consistió en el suministro, transporte, colocación y compactación de material de subbase granular sobre la superficie preparada, en diferentes capas de conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones que fueron indicadas en Planos.

Capas Estructurales: Se realizó una capa de rodadura con adición de crudo pesado (de castilla), para cumplir funciones de una estabilización de un afirmado con material triturado seleccionado como base y extendido con una pavimentadora.

Obras de Drenaje: Consistió en general el suministro, elaboración y colocación de los materiales para la construcción de cunetas en concreto, alcantarillas y box culvert fundidas en el lugar indicadas en los planos. Todo lo anterior con el fin de darle prioridad a las exigencias del tránsito en lo referente a la seguridad y a la velocidad de operación que obligan al mejoramiento continuo de los criterios de diseño y, por consiguiente, a su aplicación en el mejoramiento de la carretera existente.

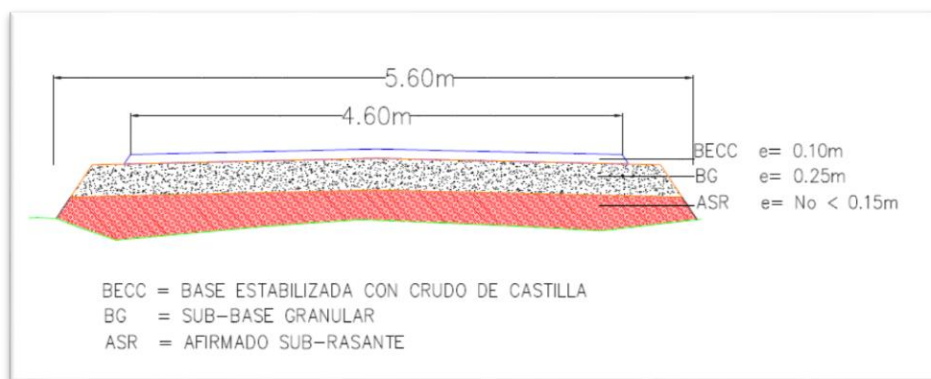


Figura 7. Tipo de Cimentación.

Fuente: Autores del estudio.

6.9. Técnica constructiva

El crudo de Castilla siendo un asfalto líquido natural apto para usarlo como ligante de los agregados, se puede lograr con él una mezcla asfáltica cuya calidad va a depender de las características físicas de los agregados, del contenido del ligante y del procedimiento constructivo que se utiliza, en el cual un buen control de la calidad dará garantía de los trabajos realizados. El procedimiento constructivo se realizó usando un carrotanque imprimador para la aplicación escalonada del crudo de Castilla (ver fotografía 1), el cual debe estar entre 70 y 80 grados centígrados de temperatura, y una motoniveladora que mediante pasadas sucesivas lograra que los agregados se recubran fácilmente.



Fotografía 3. Carrotanque imprimador aplicando escalonadamente el crudo de Castilla. Vereda María Piñuela

Fuente: Autores del estudio.

En esta operación es importante que los agregados estén secos o con una humedad inferior al 3% para evitar la inestabilidad futura de la mezcla. El Método de extendido se puede realizar con: 1. Con terminador de pavimentos o finisher. 2. Con motoniveladora. 3. Con pulvimixer. 4. Con pala y regla (a Mano).



Fotografía 4. Extensión de crudo de Castilla con Pala y Regla a mano. Vereda María Piñuela.

6.10. Uso actual y previsto

La vía actualmente comunica las veredas de La Argentina, Palmichal, Santa María Baja, Santa María Alta, San Cristóbal, Quebrada Honda, San José Bajo, San José Alto, Puente Abadía, Lourdes, Santa Teresa y Santa Helen y el propósito es de recuperar la estructura de rodadura para adecuarla para que continúe prestando este servicio y adicional a esto darle la prioridad a las exigencias del tránsito en lo referente a la seguridad vial y a la velocidad de operación que obligan al mejoramiento continuo de los criterios de diseño y, por consiguiente, a su aplicación en el mejoramiento de la vía existente.

6.11. Importancia

La vía de acceso a la Vereda La Argentina hace parte de la malla vial del Municipio de Villavicencio y por el tránsito que maneja es considerada vía rural principal, en ella se utilizó una Base estabilizada con Crudo de Castilla como capa de rodadura, presenta cuentas en concreto y Alcantarillas para drenaje de aguas lluvias. Es una vía de acceso interveredal,

tiene aproximadamente 855 habitantes (censados en 2010) es usada como destino turístico para caminatas, Ciclo montañismo, también es una de las entradas a la bocatoma del acueducto de Villavicencio.

6.12. Normativa actual que lo rige

Para el diseño actual, aplica para la realización y construcción de la vía, las especificaciones del INVIAS (Instituto Nacional de Vías), para la construcción de carreteras desde el artículo 100 hasta el artículo 900. Entre ellas en determinado caso se mencionan algunas que se utilizan según las actividades a ejecutar, como es el ARTÍCULO 341P – 17 ESPECIFICACIÓN PARTICULAR BASE ESTABILIZADA CON UNA MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL. Todas las especificaciones, al igual que la normatividad técnica constructiva nacional e internacional, son exigidas para la construcción de este tipo de vías y son exigidas por los Entes de Control para su supervisión.

6.13. Aplicación patológica

PREVENTIVA (X)

6.14. Datos específicos de las lesiones

El Tramo de la vía del presente estudio tiene una longitud aproximada de 2.500 ml desde el k0+230 donde inicia el tramo de base estabilizada entrada principal del conjunto Montellano con nomenclatura Carrera 35 No 22-67, hasta el k2+280 fin del tramo de vía No 3, para realizar el análisis de las patologías del tramo se fraccio por segmentos a partir de las abscisas, quedando 3 sub-segmentos viales así:

Tabla 3. Descripción de tramos viales en estudio

TRAMO No	SEGMENTO	ABSCISADO	ML	ANCHO DE CARRIL/ ML	M2
A	1	K0+230 - K0+320	90	4,6	414
B	2	K1+930 – K2+000	70	4,6	322
C	3	K2+090 - K2+280	190	4,6	874

Fuente: Autores del estudio.

En los segmentos de la vía, según la inspección visual y el recorrido de reconocimiento presenta varias patologías, entre ellas por presencia de árboles, humedades y ausencia de obras de arte que han ocasionado el pulimento del agregado, el descascaramiento, piel de cocodrilo, pérdida de la película del ligante. Estas fueron clasificadas en este estudio en dos grupos: por el uso normal de las vías y antropogénicas que son las encontradas en entradas a fincas, por falta de poda de árboles y presencia de humedades. Esta serie de características permiten definir cuáles son las causas y posteriormente los procedimientos más adecuados para hacer la rehabilitación y el mantenimiento correspondiente que supla las necesidades para que la vía cumpla con su función y sea duradera.

6.15. Descripción de la patología más relevante en el paciente

Teniendo en cuenta que un pavimento es una estructura con cierta capacidad para absorber como energía elástica potencial el trabajo de deformación impuesto por cada carga circulante durante su vida útil; retirada la carga, dicha energía es la determinante de la recuperación elástica o cuasi elástica de las deformaciones producidas, la que será tanto más completa cuanto menor relajación de la energía elástica se ha producido durante el tiempo que ha actuado la carga. De lo anterior se puede decir, que a lo largo de los 2.500 metros lineales de la vía se identificó la siguiente patología General que fue clasificada en:

- **Fallas de superficie:** comprende los defectos de la superficie de rodamiento debidos a fallas de la subbase y de la capa de rodadura, que no guardan relación con la estructura de la calzada. Este tipo de falla genera un deterioro de la capa de rodadura ocasionado principalmente por la acción del tránsito, agentes abrasivos o erosivos. Se presenta como pérdida de ligante. Este tipo de falla provoca aceleración del deterioro de la base estabilizada por la acción del medio ambiente y del tránsito.

6.16. Fichas de auscultamiento de cada tramo:

Tramo No 1.


Ficha de Auscultamiento - Observación			
Grupo de Fichas:		Ficha No.	1
Proyecto:	ESTUDIO PATOLÓGICO EN LA BASE ESTABILIZADA CON CRUDO DE CASTILLA DEL K0+230 AL K2+330 DE LA VÍA DE ACCESO A LA VEREDA LA ARGENTINA DEL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO META.		
Lugar de Evaluación:	K0+230 A K0+320		
Elemento Evaluado:	VIA - TRAMO 1		
Descripción		Observaciones	
<p>Se presenta a lo largo del tramo y en ambos costados de la vía que esta compuesta por gran arbolización que mantienen la vía con sombra; esto se puede observar en casi todo el día en algunas partes de este tramo; lo que mantiene a la vía en una temperatura baja y humedad constante aún despues de presentarse precipitación de lluvia.</p> <p>Se puede observar un deterioro superficial de la vía producto de la humedad que permanece en ésta.</p>		<p>En las fotografías se puede observar manchas de humedad sobre la vía y practicamente las zonas que presentan dichas manchas son las que más presentan deterioro.</p> <p>El desprendimiento de los áridos sobre la vía genera un peligro inminente a los que transitan sobre ésta haciendo que pierdan el control durante el frenado.</p>	
Planos - Fotografías - Esquemas			
			
Lesión	<ul style="list-style-type: none"> - Deterioro superficial. - Pérdida de áridos. 		
Causa	SOMBRA		
Estado			
Bueno			
Regular			
Malo	Necesita intervención pero su urgencia es tratable.		
Materiales	Sub base Granular y Capa de Rodadura en Base Estabilizada con Crudo de Castilla	Diagnóstico	Lesiones en la vía por afectaciones de uso, agravadas por la humedad.
Ubicación	K0 + 230 al K0 + 320	Propuesta Intervención	Reparación a profundidad parcial y poda de los arboles con un mejoramiento de la cuneta margen Derecha
Causa	Humedad prolongada	Alcance de la propuesta	K0+230 al K2+330 de la vía
Hipótesis	Esta zona por permanecer a la sombra de los arboles, se concentra la humedad.	Riesgos	Accidentalidad
Estudios a realizar	CBR -Granulometría -Límites de Attemberg -% de humedad -Perfil -Contenido de asfalto		
Tipo de proyecto	Mantenimiento		
Profesionales	Topografo - Ingeniero civil o Ingeniero de vías - Especialista en patología de la construccion.		
Observaciones de la ficha			
Otras Consideraciones			

Figura 8. Ficha de Auscultación del Tramo No. 1

Tramo No 2.


Ficha de Auscultamiento - Observación	
Grupo de Fichas:	Ficha No. 2
Proyecto:	ESTUDIO PATOLÓGICO EN LA BASE ESTABILIZADA CON CRUDO DE CASTILLA DEL K0+230 AL K2+330 DE LA VÍA DE ACCESO A LA VEREDA LA ARGENTINA DEL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO META.
Lugar de Evaluación:	K1+930 A K2+00
Elemento Evaluado:	VIA - TRAMO 2
Descripción	Observaciones
<p>Se presenta en este tramo de la vía afectación en aproximadamente 70 metros, los cuales van desde la abcisa K1+930 al K2 + 00; al igual que en el tramo inicial hay presencia de árboles los cuales producen sombra, pero la diferencia es que la densidad de la copa del árbol es menor y no presenta afectación por esto. El problema de estos árboles radica en el tipo, los cuales son frutales en este caso en particular (mango), en el cual las ramas están sobre la vía dejando caer los frutos; éstos se descomponen sobre la vía acumulandose con el tiempo y con la presencia de la humedad se exparsen sobre la vía causando un deterioro superficial en la misma.</p>	<p>En las fotografías se puede evidenciar un desgaste superficial de la misma, pérdida del ligante asfáltico lo que hace que se desprendan los áridos, quedando sueltos y afectando la vía cada vez a mayor profundidad.</p> <p>La descomposición de la fruta permanece sobre la vía, formando un masa que al contacto con las llantas de los vehículos no permite que halla buena fricción y generando un peligro a los conductores.</p>
Planos - Fotografías - Esquemas	
	
Lesión	- Perdida del ligante asfáltico - Deterioro superficial.
Causa	ARBOLES
Estado	
Bueno	
Regular	Necesita intervención pero su urgencia es tratable y aplazable
Malo	
Materiales	Sub base Granular y Capa de Rodadura en Base Estabilizada con Crudo de Castilla
Ubicación	K1+930 A K2+00
Causa	Descomposición de materia orgánica y constante humedad.
Hipótesis	La ubicación de un arbo de la especie Mangifera indica, comúnmente mango. La descomposicon de su fruto y las hojas hacen que permanezca en estado humedo, como la obstruccion de las obras hidraulicas.
Estudios a realizar	CBR -Granulometría -Límites de Attemberg -% de humedad -Perfil -Contenido de asfalto
Tipo de proyecto	
Profesionales	Topografo - Ingeniero civil o Ingeniero de vías - Especialista en patología de la construccion.
Observaciones de la ficha	
Otras Consideraciones	
Diagnóstico	Acumulación de materia contaminante en descomposicion sobre la vía que junto con la humedad genera un deterioro superficial de la vía.
Propuesta Intervención	Reparación a profundidad parcial y tala del arbol.
Alcance de la propuesta	K0+230 al K2+330 de la vía
Riesgos	Accidentalidad

Figura 9. Ficha de Auscultación del Tramo No. 2

Tramo No 3.


Ficha de Auscultamiento - Observación	
Grupo de Fichas:	Ficha No. 3
Proyecto:	ESTUDIO PATOLÓGICO EN LA BASE ESTABILIZADA CON CRUDO DE CASTILLA DEL K0+230 AL K2+330 DE LA VÍA DE ACCESO A LA VEREDA LA ARGENTINA DEL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO META.
Lugar de Evaluación:	K2+090 A K2+280
Elemento Evaluado:	VIA - TRAMO 3
Descripción	Observaciones
<p>En este tramo que corresponde a las abcisas K2 + 090 al K2 + 280, el problema principal son las cunetas, ya que al momento de presentarse lluvias en el sector una gran cantidad de agua llega a las cunetas, las cuales rebosan por obstrucciones en su paso o por insuficiencia; por otro lado en los sitios donde no hay cunetas el agua simplemente atraviesa la vía buscando una salida o simplemente llevando un recorrido por los sectores que presentan menor nivel de elevación.</p> <p>En este sector se ve gran desgaste superficial de la vía, en algunas partes podemos encontrar baches y en otros sitios el crecimiento vegetal en los costados de la vía.</p>	<p>En las fotografías podemos evidenciar lesiones como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desgaste superficial de la vía. - Bacheo. - Pérdida de áridos. <p>El principal problema es la afectación producida por el agua, además de esto podemos evidenciar el crecimiento de material vegetal en los costados de la vía, el cual puede llegar a tener afectaciones adicionales.</p>
Planos - Fotografías - Esquemas	
	
Lesión	- Desgaste superficial de la vía. - Bacheo. - Pérdida de áridos.
Causa	CUNETAS
Estado	
Bueno	
Regular	
Malo	Necesita intervención pero su urgencia es tratable
Materiales	Sub base Granular y Capa de Rodadura en Base Estabilizada con Crudo de Castilla
Ubicación	K2+090 A K2+280
Causa	Falta e insuficiencia de cunetas.
Hipótesis	Existe un lote aledaño a la vía que se encuentra desocupado del cual su aguas lluvias estan canalizadas a la cuneta existen; haciendo que su capacidad hidraulica sea insuficiente.
Estudios a realizar	CBR -Granulometría -Límites de Atterberg -% de humedad -Perfil -Contenido de asfalto
Tipo de proyecto	
Profesionales	Topografo - Ingeniero civil o Ingeniero de vias - Especialista en patologia de la construccion.
Observaciones de la ficha	
Diagnóstico	Afectación severa por la escorrentía sobre la vía, la cual ha provocado las lesiones mencionadas.
Propuesta Intervención	parcial y aumenta la capacidad hidraulica de la cuneta existente.
Alcance de la propuesta	K0+230 al K2+330 de la vía
Riesgos	Accidentalidad

Figura 10. Ficha de Auscultación del Tramo No. 3

6.16. Clasificación y origen de las patologías

Se clasificaron en Mecánicas y Antropogénicas.

Su origen:

Mecánicas: Bases Estabilizadas que primeramente estuvieron bien proporcionados y construidos y que con el paso del tiempo y la continua repetición de cargas sufren efectos de fatiga, degradación estructural, pérdida de resistencia y acumulación de deformaciones.

Antropogénicas: Se refiere a los efectos, procesos o materiales que son el resultado de actividades humanas, en el caso de este estudio son por la Redirección de aguas superficiales y por siembra de árboles frutales.

6.16.1. Datos generales del entorno

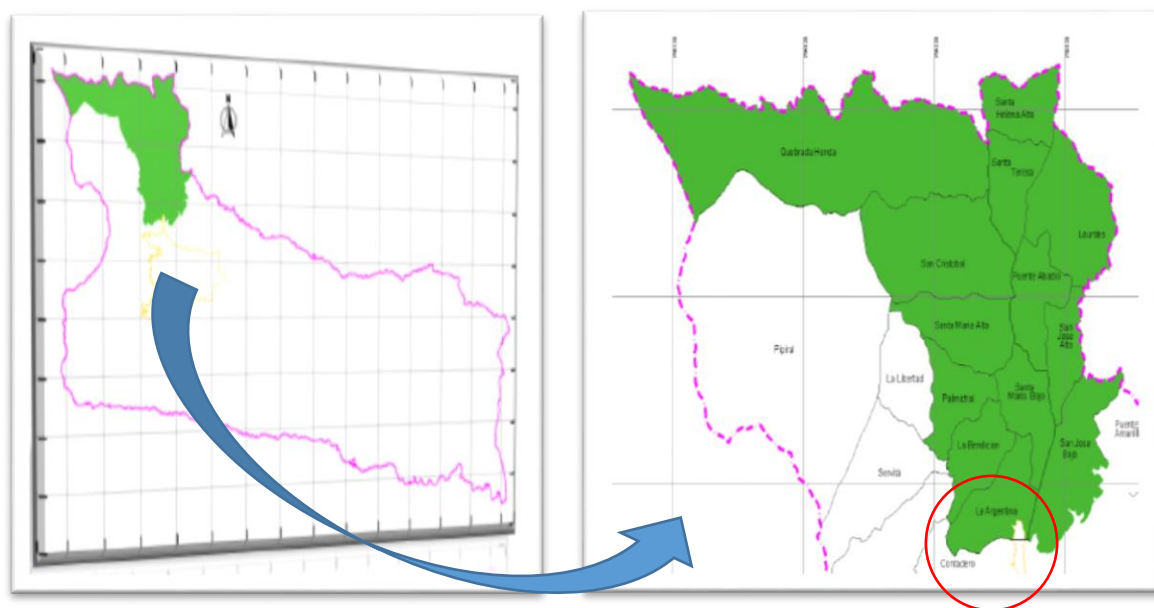


Figura 11. Localización Corregimiento No 3- Vereda La Argentina

Fuente: INGEOMINAS (2001).

Las veredas que iniciaron su poblamiento son: 1) Vereda Quebrada Honda: la cual inicia su colonización en 1910 aproximadamente por la parte alta del río Guatiquía de los municipios de San Juanito y El Calvario. 2) Vereda Santa Clara: fundada en 1930 aproximadamente por personas que provenían de Cundinamarca, Boyacá y de los municipios del Calvario y San Juanito en busca de mejores oportunidades de vida y algunos por situaciones de vivienda. 3)

Vereda Santa María Alta; fundada en los años 80' aproximadamente por personas que provenían de los municipios del Calvario, Quetame, Momfort, Quebrada Honda y la Cuenca alta del río Guatiquía. 4) Vereda de Palmichal, poblada desde 1985 aproximadamente. En su mayoría por personas provenientes del Calvario, cuyo fin era de adquirir tierras más baratas. 5) Vereda Santa María Baja, en esta zona los habitantes provienen de San Juanito, el Calvario y Quetame, poblada en los años 70'. 6) Vereda La Argentina, recibe su nombre desde el año 1992, ya que esta anteriormente pertenecía a la Vereda Bendición. De acuerdo con el DANE y la UMATA, se estima que en el año 2005 el número de habitantes del corregimiento fue de 1499.

Clima: Debido a su cercanía a la línea del ecuador y su baja altitud, comparte el clima monzónico Am, la ciudad tiene un clima cálido con temperaturas desde la mínima 20°C, hasta la máxima 39°C, anuales promedio durante el día que van desde 21 hasta 36 grado celsius. La temperatura guarda cierta relación con la precipitación, de manera que los meses más calurosos son aquellos en que la lluvia es menor, en especial febrero y marzo, en los cuales la temperatura máxima sobrepasa en la zona urbana los 35 °C, y los meses más frescos son aquellos considerados como los meses más lluviosos, en Enero Mayo y Julio siendo la temperatura máxima alrededor de 29 y 32°C.

Parámetros climáticos promedio de Villavicencio (1971-2000) [ocultar]													
Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. máx. abs. (°C)	38.2	37.8	38.5	39.3	39.7	37.9	38.3	37.5	39.2	38.1	39.4	38.4	38.8
Temp. máx. media (°C)	33.2	35.1	34.9	33.9	35.6	34.3	33.4	35.6	34.6	34.1	34.6	33.7	33.8
Temp. media (°C)	29.3	27.8	28.2	27.5	27.9	29.3	30.9	30.5	29.7	27.2	30.1	28.6	28.9
Temp. mín. media (°C)	21.9	21.7	22.9	22.4	22.8	23.1	23.1	22.2	24.4	21.7	22.6	21.5	22.5
Temp. mín. abs. (°C)	20.9	20.8	22.9	20.5	20.4	21.5	21.6	21.7	20.5	21.0	21.4	20.7	20.8
Precipitación total (mm)	64	129	227	526	627	522	439	416	396	470	411	157	4384
Días de lluvias (≥ 1 mm)	8	10	15	23	27	27	26	24	22	22	21	14	239
Horas de sol	162	122	106	107	122	111	110	133	151	157	141	163	1585
Humedad relativa (%)	69	67	72	79	82	83	83	80	78	79	80	76	77

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)¹⁰

Figura 12. Parámetros climáticos promedio de Villavicencio (1971-2000)

Fuente: INGEOMINAS (2001).

6.16.2. Estudios de suelos

El presente estudio de suelos ha sido solicitado con el fin de conocer el estado de la cimentación general de la vía en Base Estabilizada, para su inmediata recuperación.

El objeto del estudio es investigar las condiciones de los suelos existentes en el área donde se desarrolló el proyecto y dar las recomendaciones geotécnicas relacionadas con las intervenciones que se deben hacer para el mejoramiento de cimentación de la vía.

6.16.2.1. Exploración y muestreo del suelo

Con el fin de conocer las características del suelo en el sitio del proyecto, se procedió a realizar (3) apiques, hasta una profundidad de 80 cm, localizados en los extremos del sitio de la vía (ver fotografías 3 y 4).

Las excavaciones y las observaciones realizadas permitieron determinar los estratos que conforman el perfil de suelos de la zona; de ellos se obtuvieron muestras alteradas para realizar los ensayos de granulometría con lavado sobre tamiz 200, límites de consistencia (líquido, plástico), clasificación y caracterización de agregado y extracción de asfalto de la base estabilizada.

Los resultados de los ensayos realizados y los perfiles estratigráficos obtenidos se detallan en los anexos.

Como primer resultado tenemos el que se realizó mediante la norma I.N.V. E – 148 RELACIÓN DE SOPORTE DEL SUELO EN EL LABORATORIO (CBR DE LABORATORIO) – (ASTM D1883 – AASHTO T 193) Donde se determinó el índice de resistencia del suelo de cada tramo denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido debido a su origen, como CBR (California Bearing Ratio). El ensayo se realizó en forma análoga sobre muestras remoldeada y compactada tomadas del terreno en cada tramo de estudio. Este índice se utilizara para evaluar la capacidad de soporte del suelo de subrasante y de las capas de base, sub-base y del afirmado de acuerdo a su clasificación.

Tabla 4. Resultado de los CBR de los tramos.

TRAMO No	SEGMENTO	ABSCISADO	PUNTO EXTRACCION	CBR	CATEGORIAS
A	1	K0+230 - K0+320	K0+500	3.4%	Subrasante Pobre
B	2	K1+930 - K2+000	K1+900	7.2%	Subrasante Regular
C	3	K2+090 - K2+280	K2+300	5.6%	Subrasante Pobre

Fuente: Autores del estudio.

De acuerdo a los resultados de las muestras en el Tramo A en el Segmento 1 el valor del C.B.R. con inmersión se determinó el índice de resistencia en 3.4% encontrándose en el rango de la Subrasante Pobre de acuerdo a las categorías (De $CBR \geq 3\%$ a $CBR < 6$). En el Tramo B en el Segmento 2 el valor del C.B.R. con inmersión se determinó el índice de resistencia en 7.2% encontrándose en el rango de la Subrasante Regular (De $CBR \geq 6\%$ a $CBR < 10$). Y por último en el Tramo C en el Segmento 3 el valor del C.B.R. con inmersión se determinó el índice de resistencia en 5.6% encontrándose en el rango de la Subrasante Pobre (De $CBR \geq 3\%$ a $CBR < 6$). Se consideraran como materiales aptos para las capas de la subrasante suelos con CBR igual o mayor a 6%.



Fotografía 5. Toma de Muestra para CBR No 1. Vereda La Argentina

Fuente: Laboratorio NHQS (2018).



Fotografía 6. Toma de Muestra para CBR No 2. Vereda La Argentina

Fuente: Laboratorio NHQS (2018).



Fotografía 7. Toma de Muestra para CBR No 3. Vereda La Argentina.

Fuente: Laboratorio NHQS (2018).



Fotografía 8. Realización del primer apique. Vereda La Argentina.



Fotografía 9. Realización del segundo apique y toma de muestra. Vereda La Argentina.

Fuente: Autores del estudio.

En los ensayos de I.N.V. E – 123 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO – (AASHTO T 88, ASTM D 422) en donde se realizó el análisis granulométrico que tiene por objeto la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo, donde se clasifico el suelo mediante la AASHTO en A-1-b en Gravas con arena (GM) color café con material sedimentario compuesto por grava limosa con arena para los tres (03) tramos en estudio.

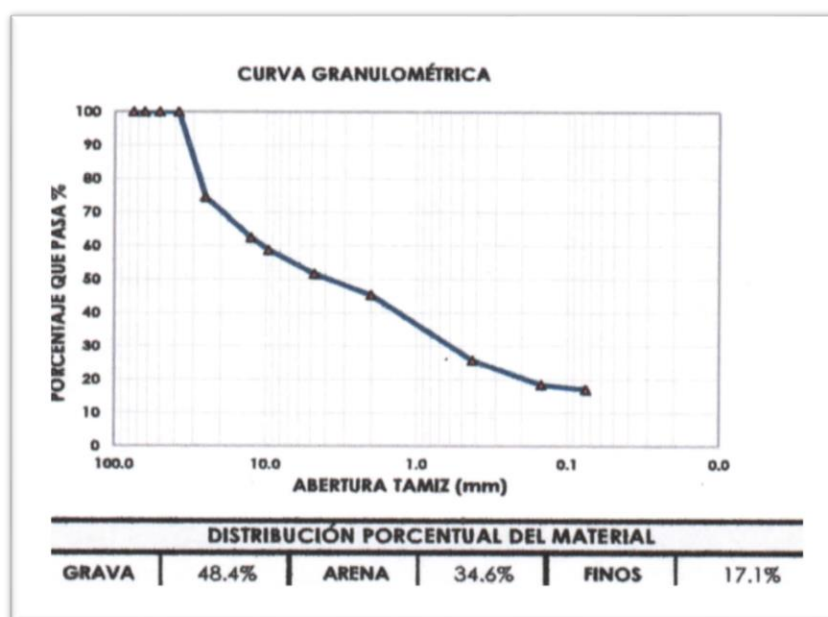


Figura 13. Resultado de la Curva Granulométrica Tramo A

Fuente: Autores del estudio.

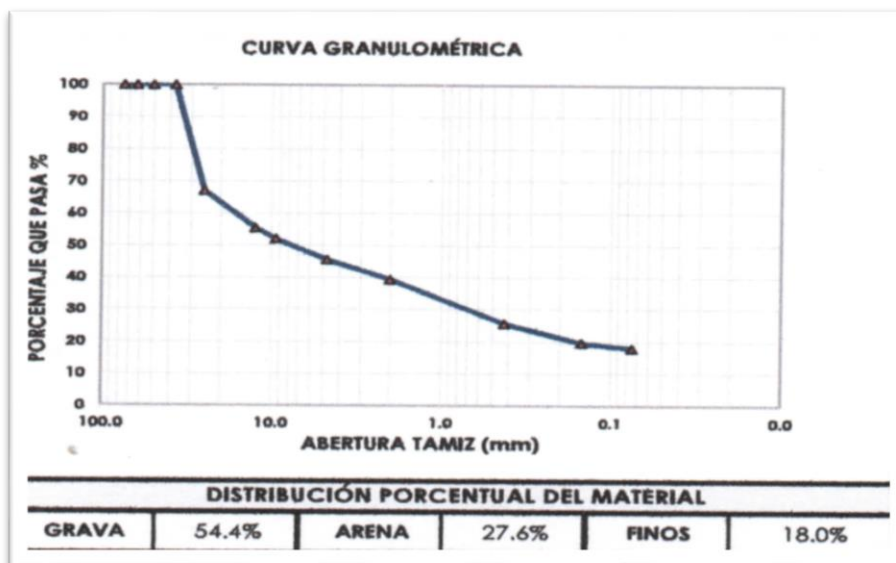


Figura 14. Resultado de la Curva Granulométrica Tramo B

Fuente: Autores del estudio.

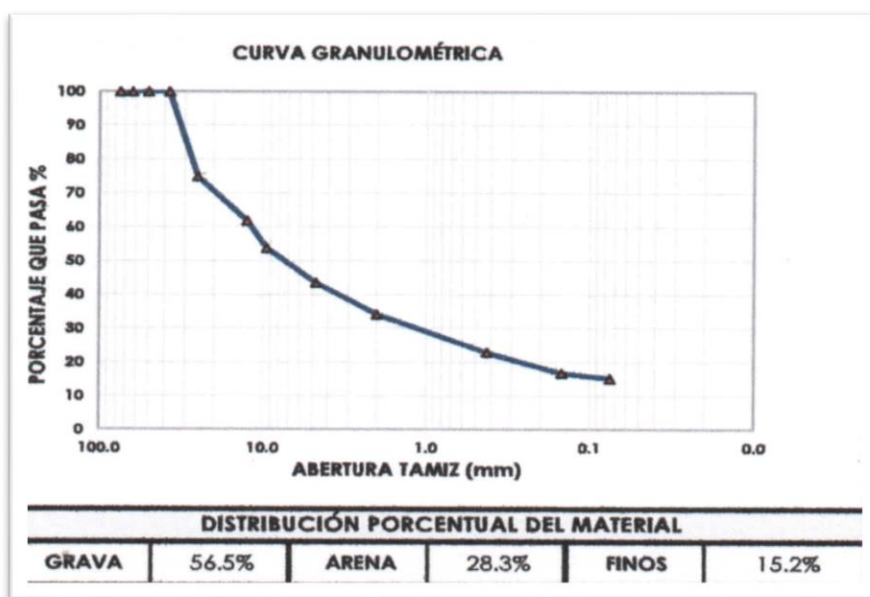


Figura 15. Resultado de la Curva Granulométrica Tramo C

Fuente: Autores del estudio.

Los resultados representan la distribución de los tamaños que posee la muestra mediante el tamizado según especificaciones de la Norma I.N.V. E – 123. A partir del cual se pudo estimar, con mayor o menor aproximación las demás propiedades. Este análisis granulométrico dio por finalidad la determinación de la proporción de sus diferentes elementos constituyentes y su clasificación en función de su tamaño de cada tramo.

En el Ensayo realizado mediante el I.N.V. E – 125 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS - (AASHTO T 89) se determinó el límite líquido del suelo para cada tramo y su correspondiente contenido de humedad, de donde fue expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, teniendo presente éste cuando se halla en el límite entre el estado líquido y el estado plástico.

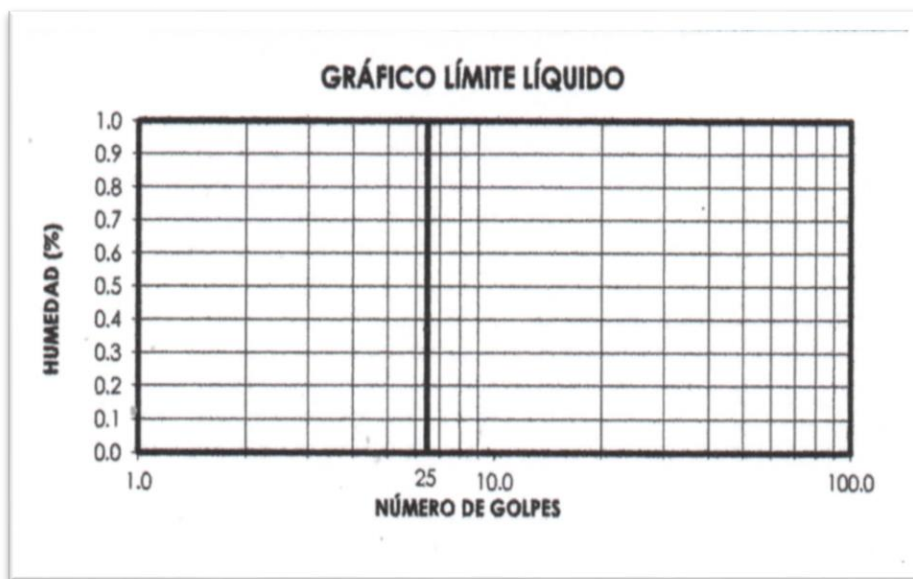


Figura 16. Limite Liquido Tramo A

Fuente: Autores del estudio.

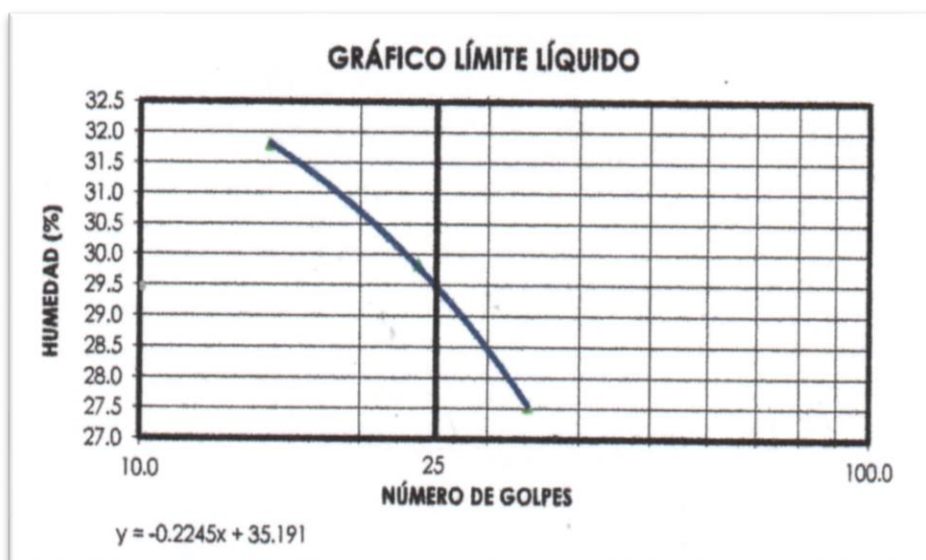


Figura 17. Limite Liquido Tramo B

Fuente: Autores del estudio.

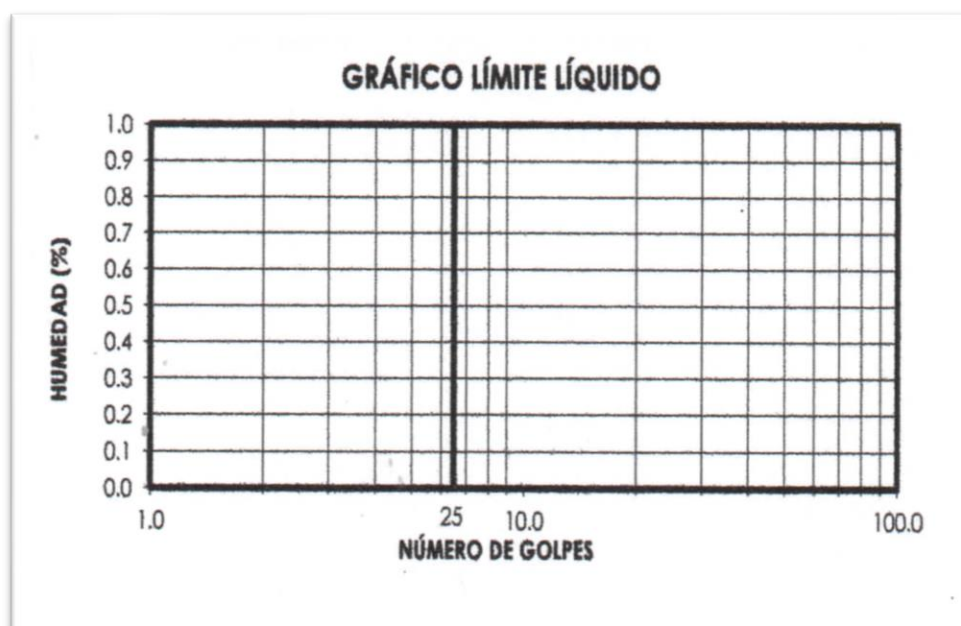


Figura 18. Límite Líquido Tramo C

Fuente: Autores del estudio.

I.N.V. E – 126 LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD – (AASHTO T 90)

El objetivo de este ensayo fue determinar en el laboratorio el límite plástico del suelo de cada tramo y por consiguiente el cálculo del índice de plasticidad, que es una propiedad de estabilidad que representa los suelos hasta cierto límite de humedad sin disgregarse. El análisis granulométrico que se realizó a cada muestra nos permitió apreciar estas características, de los cuales los límites establecen cuan sensible es el comportamiento de cada tramo en relación a su contenido de humedad (agua).

Tabla 5. Índice de Plasticidad

LÍMITE LÍQUIDO : % LL	LL, MÁXIMO REQUISITO	LÍMITE PLÁSTICO: %LP	ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LA MUESTRAS	IP MAX REQUISITO DE LA NORMA INVIAS	PLASTICIDAD	CARACTERÍSTICAS	TRAMO
-	35	-	N.P	7	NO PLÁSTICO	SUELOS EXENTOS DE ARCILLA	A
29.6	35	26.8	2.8	7	BAJA	SUELOS POCO ARCILLOSO	B
-	35	-	N.P	7	NO PLÁSTICO	SUELOS EXENTOS DE ARCILLA	C

Fuente: Autores del estudio.

En los ensayos realizados a la BASE ESTABILIZADA CON MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL (I.N.V. A – 341P-17) Se determinó en el laboratorio el porcentaje del asfalto natural de la mezcla que se extrajo de la vía y se realizó el análisis granulométrico de este material. Teniendo presente que los resultados obtenidos con este método se pueden ver afectado por la edad de los materiales ensayados ya que las muestras más viejas tienden a producir contenidos ligeramente menores de asfalto. De acuerdo al resultado del ensayo el porcentaje de asfalto natural (Crudo de Castilla) es de 3.26%, ya que no se cuenta con la fórmula de trabajo que utilizaron en la construcción de la Base estabilizada, se usó como referencia el parámetro que establece como criterio de aceptación INVIAS que se encuentra como mínimo de 4.93% para este tipo de mejoramientos. Teniendo un 1.51% por debajo del requerimiento mínimo exigido, de esto se pudo establecer que se encuentra en un parámetro aceptable considerando que la vía lleve construida hace 5 años y del cual su tránsito es constante.

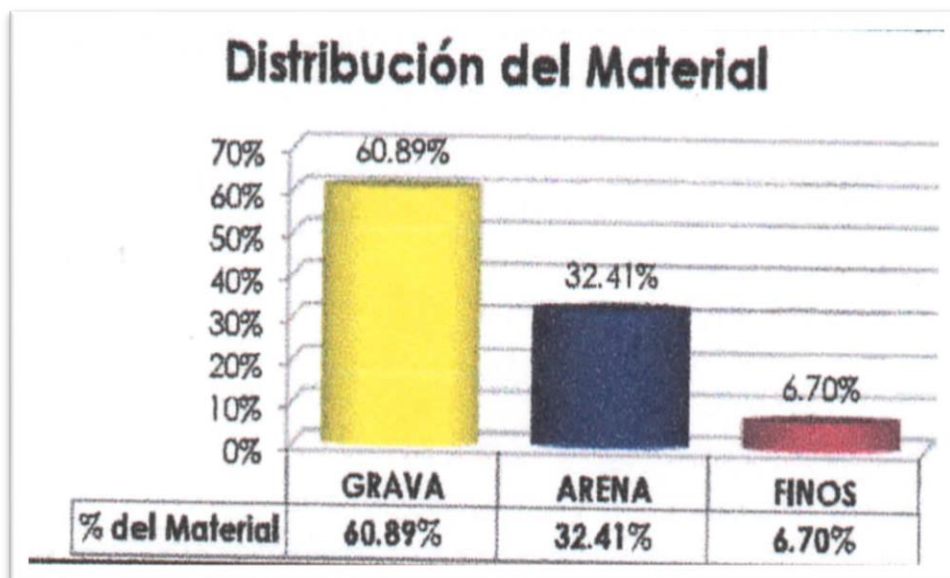


Figura 19. Caracterización granulométrica de la base estabilizada

Fuente: Autores del estudio.

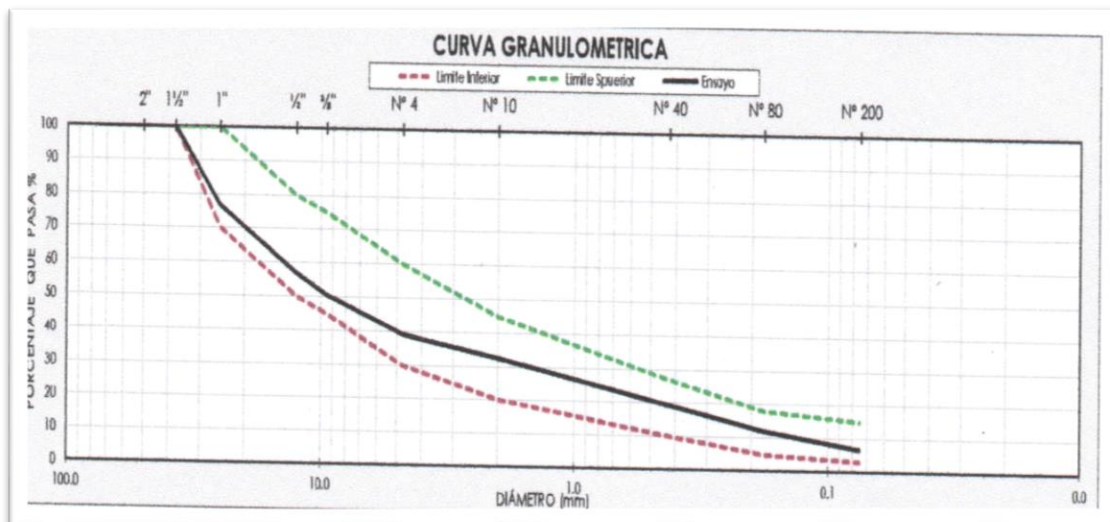


Figura 20. Curva granulométrica de la base estabilizada

Fuente: Autores del estudio.

El ensayo de la base se encuentra en las franjas granulométricas de los agregados combinados para la construcción de las capas estabilizadas con una mezcla asfáltica natural, de acuerdo a la Tabla 341P-1 del Art. 341P de la Especificación Particular de INVIAS.

6.17. Diagnostico

Para el diagnostico de los tres tramos identificados en el recorrido visual y que conforman la zona en estudio, se toma como referente los conceptos y recomendaciones el Manual para la Inspección visual de pavimentos Flexibles del Ministerio de transporte y el Instituto nacional de vías (INVIAS).

6.17.1. Tipo de fallas identificadas: Mecánicas

6.17.1.1. Baches

Se identificó este tipo de falla en los tramos A y C, ya que en los puntos se encuentra en una desintegración total de la base estabilizada que deja expuestos los materiales granulares lo cual lleva a la extensión del área afectada y al aumento de la profundidad debido a la acción del tránsito. Dentro de este tipo de deterioro se encontraron los ojos de pescado que corresponden a baches de forma redondeada y profundidad variable, con bordes bien

definidos que resultan de una deficiencia localizada en las capas estructurales (INVIAS, 2013).



Fotografía 10. Localización en el Tramo A. Vereda La Argentina

Fuente: Autores del estudio.



Fotografía 11. Localizadas en el Tramo C. Vereda La Argentina

Fuente: Autores del estudio.

Posibles Causas

- Retención de agua en zonas fisuradas.
- Presencia de Humedad
- Evolución de otros daños, especialmente de piel de cocodrilo.
- Deficiencia de espesores de capas estructurales.

Evolución probable

Destrucción de la estructura.

6.17.1.2. Desgaste superficial

En el tramo C se evidencio un deterioro más crítico por presentarse pérdida de ligante. Que es ocasionado principalmente por la acción del tránsito en presencia de la escorrentía del agua cuando hay periodos de lluvia, esto debido a la deficiencia de la capacidad hidráulica de la cuneta existencia. Este daño provoca aceleración del deterioro de la Base por acción del medio ambiente y del tránsito.



Fotografía 12. Desgaste superficial de la vía en estudio. Vereda La Argentina.

Fuente: Autores del estudio.

Causas

- Por escorrentía superficial por deficiencia de obras de arte
- Acción intensa del agua u otros agentes abrasivos.

Evolución del problema

Pérdida del agregado y destrucción de la estructura.

6.17.1.3. Piel de cocodrilo

En el tramo C se evidencio una serie de fisuras interconectadas con patrones irregulares, generalmente localizadas en zonas sujetas a repeticiones de carga. La figuración tiene a iniciarse en el fondo de las capas.



Fotografía 13. Piel de cocodrilo en la vía en estudio. Vereda La Argentina.

Fuente: Autores del estudio.



Fotografía 14. Cuneta con sección Hidráulica insuficiente. Vereda La Argentina.

Fuente: Autores del estudio.

Causas

- Problemas de drenaje que afectan los materiales granulares.
- Falla por fatiga de la estructura.
- Falla de la base estabilizada.
- Deformaciones de la subrasante.

Evolución probable

Deformaciones, descascaramiento, baches.

6.17.2. Tipo de fallas identificadas: Antropogénicas

6.17.2.1. Acceso a fincas

En el Tramo C especialmente en el sector de las entradas a las finca, las adaptaciones que realizaron para el acceso a las viviendas y de esta forma facilitar el ingreso de los vehículos, son elementos que no hacen parte de la estructura de la vía por lo que provoca comportamientos ajenos al uso habitual de la Base Estabilizada, debido a que obstaculizan o retienen el caudal de las cunetas provocando desbordamiento en temporada de lluvias. Estas estructuras en concreto provocan que los automóviles golpeen continuamente al entrar y salir

este espacio, al igual que en época de invierno se entorpece el recorrido del agua que al no pasar únicamente por la cuneta destinada para la conducción del agua se empieza a desgastar la Base Estabilizada.



Fotografía 15. Entrada a fincas en la vía en estudio. Vereda La Argentina.

Fuente: Autores del estudio.



Fotografía 16. Entrada a fincas en la vía en estudio. Vereda La Argentina.

Fuente: Autores del estudio.

6.17.2.2. Sombra de arboles

En el tramo C se encuentra el árbol *Mangifera indica*, comúnmente llamado Mango; su ramaje se encuentra muy extenso y sus frutos se depositan sobre la vía. Provocando descomposición de este y permanecía de humedad en este punto, ocasionando un desgaste superficial, con pérdida de los agregados por la acción del tránsito en presencia de saturación.



Fotografía 17. Sombra de árboles sobre la vía en estudio. Vereda La Argentina.

Fuente: Autores del estudio.

7. Estudio de vulnerabilidad sísmica

Villavicencio es la Ciudad más importante de los Llanos Orientales Colombianos, tiene una población que supera los 190.000 habitantes, distando de Bogotá 113,5 km conduciendo (Colombia Distancia, <http://www.colombiadistancia.com/distance/26002189-26001851>). Se encuentra en una zona con una amenaza sísmica importante, a lo que hay que sumarle una alta pluviosidad y una dramático historial de grandes movimientos de remoción en masa. Se encuentra ubicada sobre una amplia variedad de materiales, que van desde rocas duras metamórficas de las formación de Quetame y brechas de Buenavista a depósitos aluviales recientes a lo largo de los ríos Guatiquia, Ocoa y Upin. Estos últimos con posibilidad de licuefacción debido a la granulometría de los materiales, a la posición del nivel freático y a las aceleraciones del suelo esperadas.

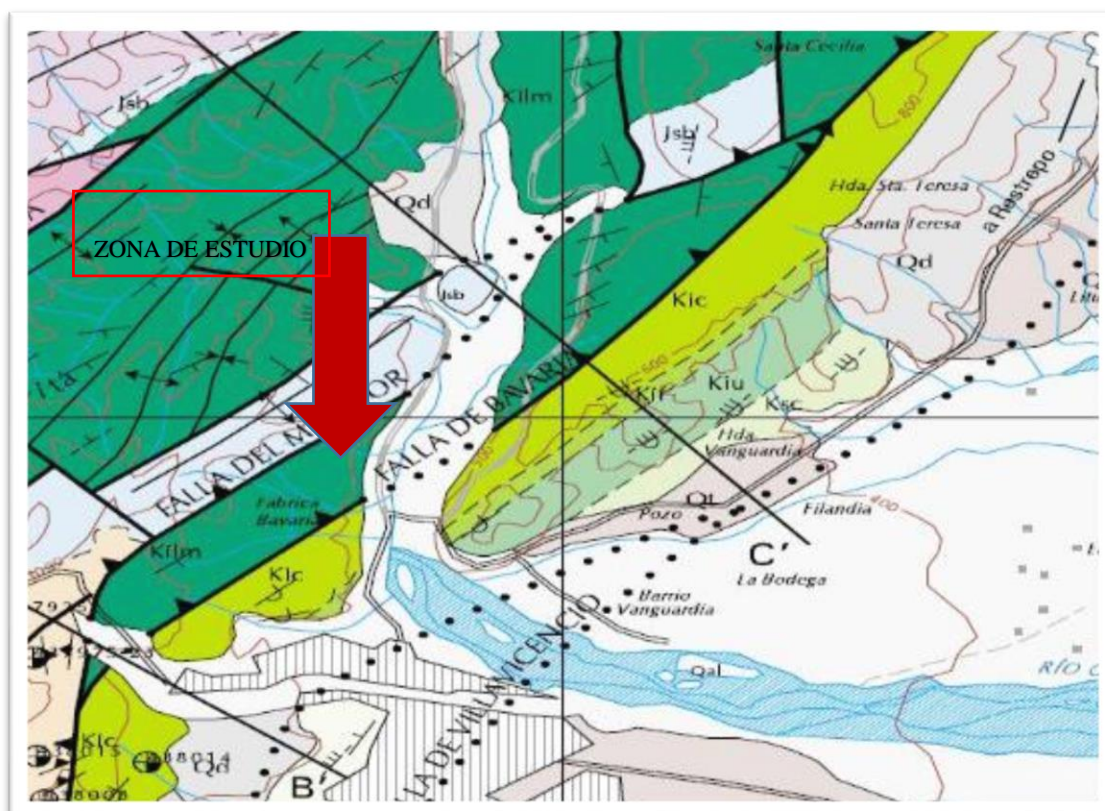


Figura 21. Mapa de amenazas sísmicas de la zona en estudio.

Fuente: Alcaldía de Villavicencio (2008).

Los resultados de la evaluación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa, muestran una calificación de Amenaza Alta en un 12% del sector rural municipal, remitida a la zona de la vertiente oriental de la cordillera. Las altas pendientes y las unidades geológicas constitutivas, además de la susceptibilidad geomórfica del terreno, hacen de esta parte del municipio una zona altamente susceptible a la remoción en masa, dada la incidencia en la misma zona de factores detonantes como las altas precipitaciones, intervención antrópica y la posibilidad de eventos sísmicos.

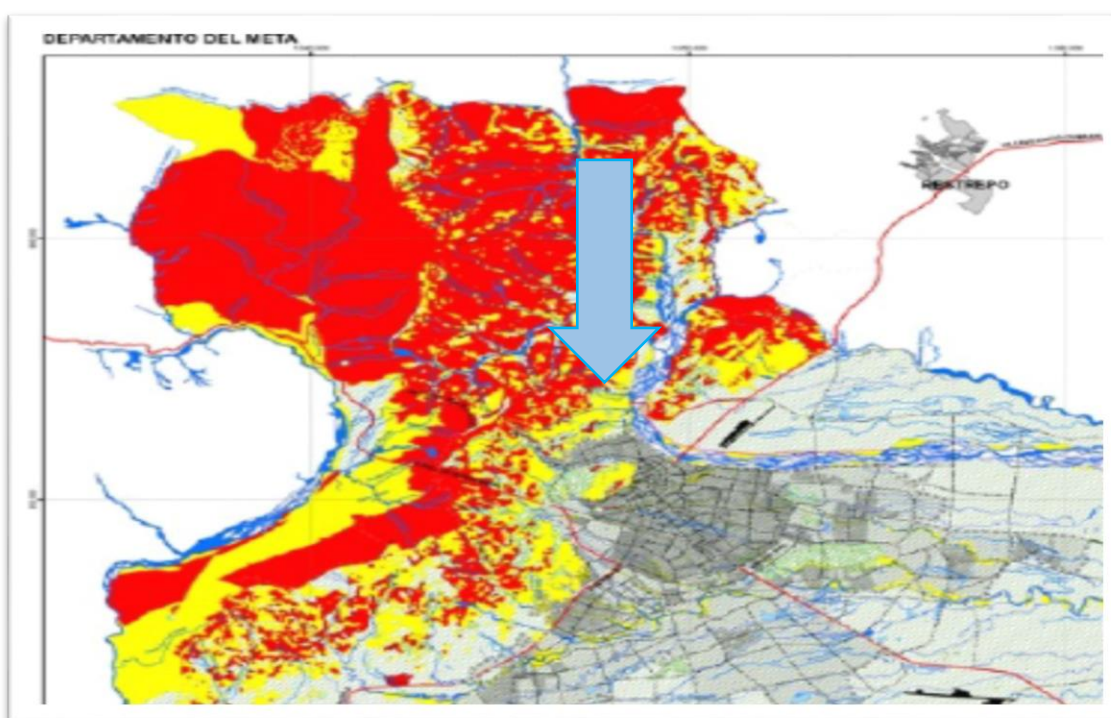


Figura 22. Zonas de amenaza sísmica en la ciudad de Villavicencio

Fuente: Alcaldía de Villavicencio (2008).

7.1. Falla El Mirador

La falla el mirador es una falla de dirección noreste, de cabalgamiento, de Angulo relativamente bajo, buzante al oeste (corte bb'); pone en contacto la secuencia metamórfica de Quetame con las lutitas de Macanal. al noroeste de la plancha afecta las rocas del cretácico y del jurásico superior; al suroeste esta truncado por el sistema de fallas Villavicencio-Colepato la zona de falla, en el sitio el mirador, a un kilómetro al noroeste de la ciudad de

Villavicencio, presenta una extensión mayor a los 200m, con un alto cizallamiento de roca, lo que trae como consecuencia, en la época de intenso invierno, continuos deslizamiento y



alteración de la banca de la carretera que conduce a la antigua vía a Bogotá.

Figura 23. Ubicación aproximada de la falla el Mirador

Figura 24. Ubicación aproximada de la falla Bavaria

Fuente: Alcaldía de Villavicencio (2008).

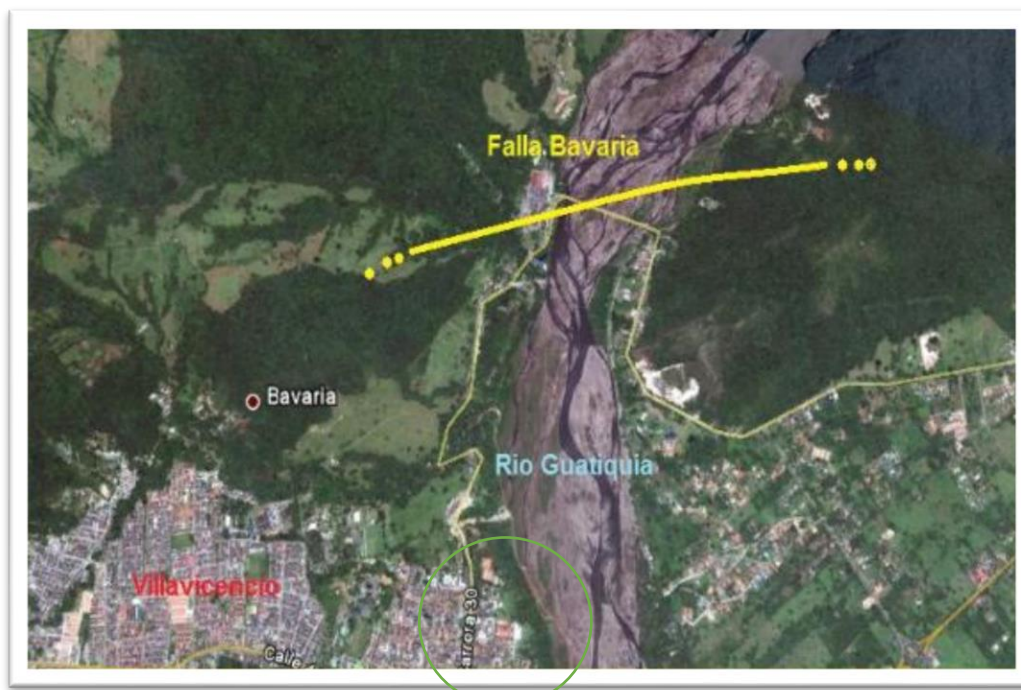




Figura 25. Falla de Bavaria con respecto al río Guatiquía

Fuente: Alcaldía de Villavicencio (2008).

Los eventos sísmicos más representativos presentados en el Municipio de Villavicencio se han exteriorizado en:

Tabla 6. Eventos sísmicos presentados en el municipio de Villavicencio

AÑO	EVENTOS
18 DE AGOSTO 1917	DAÑOS EN LA CATEDRAL
29 DE ENERO DE 1963	DAÑOS EN LA OFICINAS DE LA GOBERNACION Y CUARTELES DE LA POLICIA
10 DE FEBRERO DE 1967	DAÑOS AL BANCO DE BOGOTA, BANCO CAFETERO, CONCENTRACION ABRAHAM LINCOLN

Fuente: Clopad.

8. Propuesta de intervención

De acuerdo al diagnóstico se realizan dos propuestas de intervención apropiadas para recuperar la vida útil de la vía estabilizada con crudo de Castilla y así evitar la evolución de los daños y lesiones encontradas.

8.1. Propuesta de intervención No 1: Reparación parcial con base estabilizada con crudo de castilla con actividades adicionales en poda y tala de arboles

Cuando los niveles de deterioro son bajos se recomienda optar por una reparación a profundidad parcial, éste tipo de reparación comprende la remoción y reemplazo de algunas zonas de la base estabilizada, puede emplearse siempre y cuando el daño sólo sea superficial.

La ejecución de reparaciones en profundidad parcial se aplica en los siguientes casos:

- Descascaramiento superficial.
- Bacheo

Definir los límites de reparación: los límites de la reparación deben ser extendidos más allá del área deteriorada, esto se realiza con el fin de asegurar la remoción de todo el residuo defectuoso y permite brindar mayor integridad a la reparación, la delimitación de la demolición se debe mantener en áreas cuadradas o rectangulares para evitar formas irregulares que puedan causar nuevas fisuras o grietas.

Si se tienen reparaciones con espaciamientos de menos de 60 cm entre ellas, se recomienda realizar una única reparación, esto hace más sencillo el proceso de reparación y disminuye los costos del proyecto.

Se debe realizar una poda y una tala de árboles en cada tramo, de tal forma que permita más entrada de luz solar en los puntos donde hay presencia constante de humedad. Esta actividad permitirá la circulación de aire y luz solar en estas zonas, para no seguir

permitiendo la humedad constante en el cual permanecen, de igual forma la tala definitiva del árbol de Mango del tramo No 2.

8.1.1. Colocación del material de reparación

El material de reparación debe ser seleccionado tomando en cuenta los requerimientos de puesta al servicio, espesor de la reparación, exigencias del proyecto, entre otras.

Con el fin de generar una reparación monolítica se recomienda el uso de una emulsión asfáltica como imprimación para la unión entre la base estabilidad de reparación y la sub base existente.

8.1.2. Curado

El crudo de castilla, como todo producto bituminosos líquido, necesita perder los solventes para aportar la adherencia necesaria que al final dará la estabilidad (resistencia) deseada en la zona de reparación. El tiempo de curado dependerá de diferentes factores y entre los más importantes se puede enumerar: 1. Temperatura ambiental. 2. Tipo de clima (seco o húmedo). 3. El viento. 4. Facilidad de evaporación. 5. Tipo de agregado. Sin embargo en clima cálido se puede esperar obtener un buen comportamiento de una mezcla a los 5 días de elaborada. Este tiempo de curado es conveniente porque permite alcanzar la mezcla hasta el momento oportuno para su extendido y compactación, o su manipulación sin temor a que se enfríe o se endurezca hasta lograr el acabado final de la capa de rodadura que se va a reemplazar. De todos modos se recomienda que la mezcla solo se puede extender después de elaboradas o almacenada y solo se deben compactar cuando pierdan un 25% de solventes, si la mezcla va a ser usada en mantenimiento como es el caso, o cuando pierda un 50% si la mezcla será utilizada en una capa nueva, ya sea de rodadura o estructural. 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. 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. 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 26, 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%.

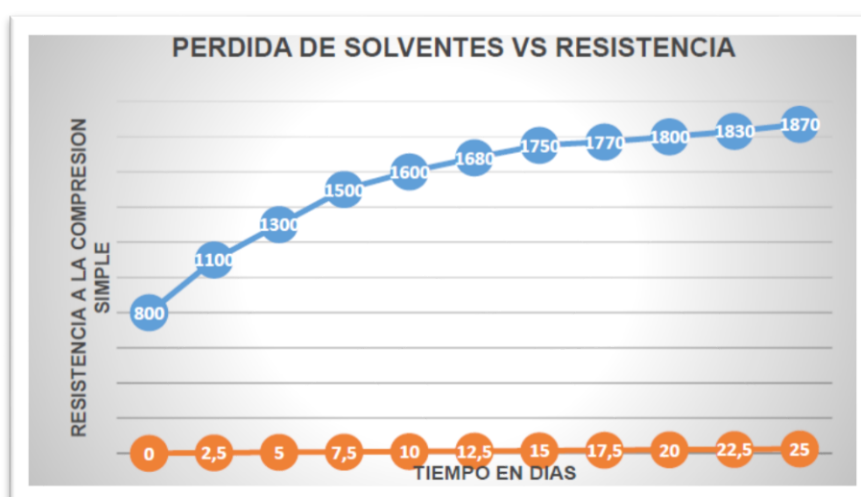


Figura 26. Perdida de Solventes vs Resistencia

8.2 Propuesta de intervención No 2: Reparación parcial con micropavimento con actividades adicionales en poda y tala de arboles

El uso del micropavimentos permite la construcción de capas de rodadura muy económicas, en especial para vías de bajo tráfico, y constituye una alternativa para la rehabilitación de pavimentos asfálticos con problemas funcionales superficiales, o con patologías que no comprometen el desempeño estructural. La fatiga o deformación permanente se consideran como deterioros avanzados, lo cual obliga a otro tipo de intervenciones. Las intervenciones con lechadas asfálticas contribuyen al desarrollo sostenible, son amigables con el medio ambiente,

permiten una mayor duración de los pavimentos existentes, y optimizan el uso de los materiales y disminuyen el volumen de emisiones a la atmosfera.

La versatilidad de los micropavimentos o el “slurry seal” como se conoce en el mundo reduce el deterioro de las vías y el costo de mantenimiento de las mismas. El uso adecuado de los micropavimentos “slurry seal”, permite brindar soluciones para sellar los pavimentos que presentan un estado de oxidación muy avanzado. Además, permite restaurar la textura superficial y proveerla de mayor resistencia al deslizamiento. Se puede utilizar para corregir el desprendimiento de partículas o (“raveling”).

Otro uso que se le da a los micropavimentos, tiene que ver con la impermeabilización de las capas de rodadura, y este puede ser desde el nivel de subrasante estabilizada, o sub-base y base granular.

8.2.1. Técnica o proceso constructivo

El Slurry Seal terminado deberá dejar una superficie homogénea, deberá adherirse firmemente a la superficie preparada. Como tal este trabajo consiste en la elaboración de una mezcla de agregados pétreos, agua, emulsión asfáltica de rotura lenta, convencional o modificada con polímeros, llenante mineral y, eventualmente, aditivos, sobre la superficie de los tramo de la vía afectada por las patologías identificada.



Fotografía 18. Proceso constructivo del Micropavimento

8.2.2 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 se debe verificar mediante equipos mecánicos o manuales el espesor de la misma requerido 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 couvert 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.

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 culvert y demás estructuras en concreto, así como a los encoles y descoles de las aguas superficiales.

9. Presupuesto para las propuestas de intervención

Seguidamente se presenta, en las tablas 5 y 6, los presupuestos de los posibles requerimientos económicos que costaría aplicar las propuestas de intervención diseñadas, datos que fueron tomados de la lista Oficial de precios del AIM – Agencia de Infraestructura del Meta.

Tabla 7. Presupuesto estimado para propuesta de intervención No 1 de los tramos A-B-C

PRESUPUESTO ESTIMADO PARA PROPUESTA DE INTERVENCION No 1 DE LOS TRAMOS A-B-C					
ITEM	DESCRIPCION	UNID	CANT	V. UNIT	V. TOTAL
1.0	PRELIMINARES				
1.1	TOPOGRAFIA VIAS INC NIVELAC ANCHO CALZ=6-8MT, SUBR	ML	350,00	2.517,00	880.950,00
1,2	PODA Y TALA DE ARBOLES	UND	15,00	785.000,00	11.775.000,00
	SUBTOTAL				12.655.950,00
2.0	EXPLANACIONES				
2.1	SUB-BASE GRANULAR DE RIO SELECCIONADO TAM MAX 2" INC 10KM	M3	483,00	45.164,00	21.814.212,00
2.2	RENIVELACION Y COMPACTACION DE LA BANCA EXISTENTE DE 6-8 mts DE ANCHO	KM	0,35	1.119.960,00	391.986,00
2.4	EXCAV. SECAS EN CONGLOMERADO MANUAL INC RETIRO	M3	270,00	28.458,00	7.683.660,00
	SUBTOTAL				29.889.858,00
3.0	ESTABILIZACION CRUDO DE CASTILLA				
3.1	RIEGO DE IMPRIMACION	M2	1.610,00	3.073,00	4.947.530,00
3.1	ESTABILIZACION CRUDO DE CASTILLA E=0.10M MAT.TRITURADO	M2	1.610,00	24.711,00	39.784.710,00
	SUBTOTAL				44.732.240,00
4	OBRAS DE ARTE				
4,1	CUNETAS EN CONCRETO	M3	12,50	685.600,00	8.570.000,00
	SUBTOTAL				8.570.000,00
5	SEÑALIZACION				
5,1	MARCA VIAL CON PINTURA EN FRIO	ML	1.050,00	3.852,00	4.044.600,00
	SUBTOTAL				4.044.600,00
TOTAL COSTOS DIRECTOS					99.892.648,00
COSTOS INDIRECTOS					
ADMINISTRACIÓN			24%	\$ 23.974.236,00	
IMPREVISTOS			3%	\$ 2.996.779,00	
UTILIDAD			4%	\$ 3.995.706,00	
TOTAL COSTOS INDIRECTOS					\$ 30.966.721,00
VALOR TOTAL PRESUPUESTO				\$	130.859.369,00

Fuente: Autores del estudio.

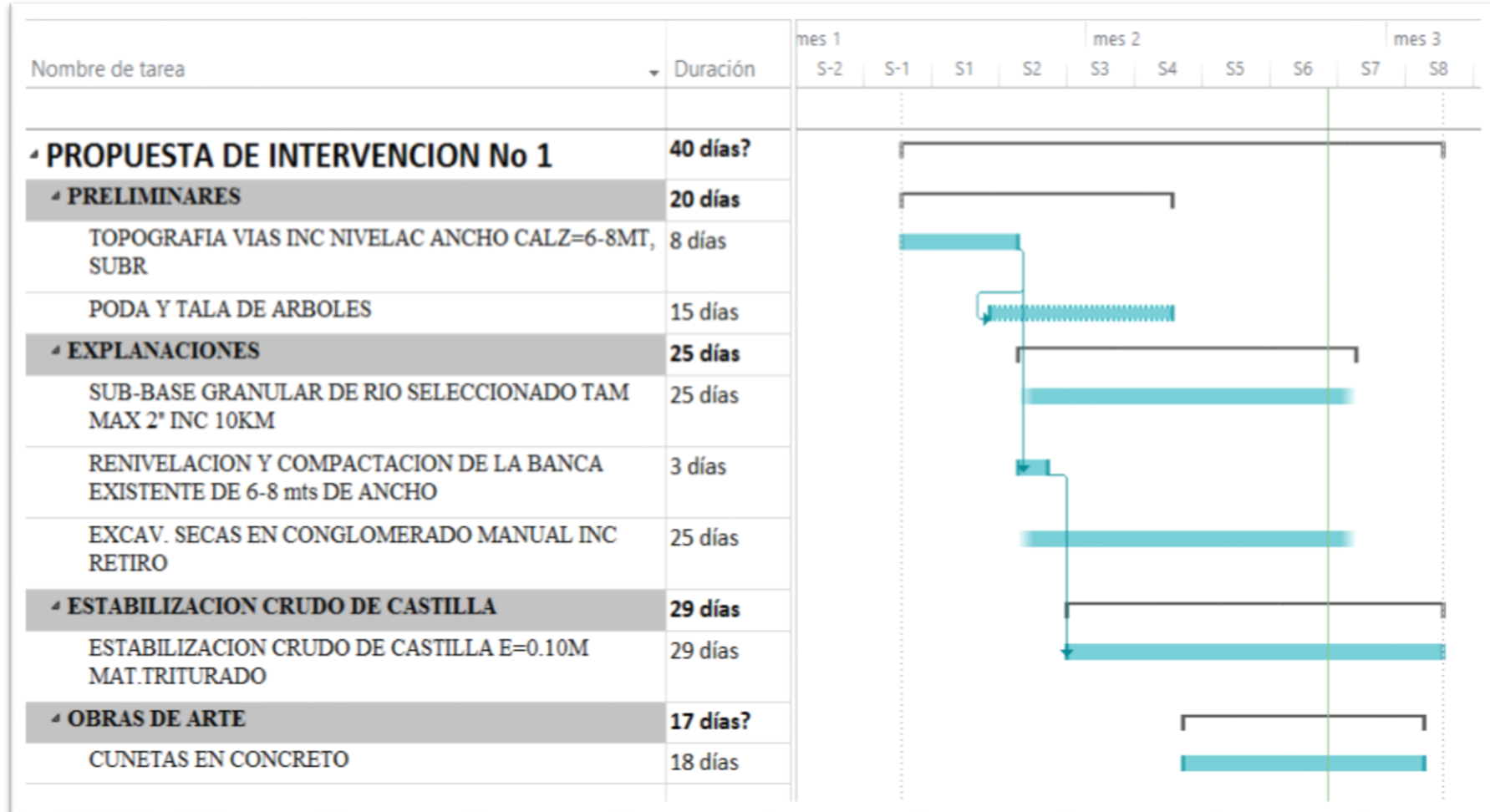
Tabla 8. Presupuesto para la propuesta de intervención No 2

PRESUPUESTO ESTIMADO PARA PROPUESTA DE INTERVENCION No 2 DE LOS TRAMOS A-B-C					
ITEM	DESCRIPCION	UNID	CANT	V. UNIT	V. TOTAL
1.0	PRELIMINARES				
1.1	TOPOGRAFIA VIAS INC NIVELAC ANCHO CALZ=6-8MT, SUBR	ML	350,00	2.517,00	880.950,00
1,2	PODA Y TALA DE ARBOLES	UND	15,00	785.000,00	11.775.000,00
	SUBTOTAL				12.655.950,00
2.0	EXPLANACIONES				
2.1	SUB-BASE GRANULAR DE RIO SELECCIONADO TAM MAX 2" INC 10KM	M3	483,00	45.164,00	21.814.212,00
2.2	RENIVELACION Y COMPACTACION DE LA BANCA EXISTENTE DE 6-8 mts DE ANCHO	KM	0,35	1.119.960,00	391.986,00
2.4	EXCAV. SECAS EN CONGLOMERADO MANUAL INC RETIRO	M3	270,00	28.458,00	7.683.660,00
	SUBTOTAL				29.889.858,00
3.0	MICROPAVIMENTO				
3.1	RIEGO DE IMPRIMACION	M2	1.610,00	3.073,00	4.947.530,00
3,2	APLICACIÓN CAPA DE MICROPAVIMENTO ESPESOR 8 MM	M2	1.610,00	12.222,00	19.677.420,00
	SUBTOTAL				24.624.950,00
4	OBRAS DE ARTE				
4,1	CUNETAS EN CONCRETO	M3	12,50	685.600,00	8.570.000,00
	SUBTOTAL				8.570.000,00
5	SEÑALIZACION				
5,1	MARCA VIAL CON PINTURA EN FRIO	ML	1.050,00	3.852,00	4.044.600,00
	SUBTOTAL				4.044.600,00
TOTAL COSTOS DIRECTOS					79.785.358,00
COSTOS INDIRECTOS					
ADMINISTRACIÓN			24%	\$ 19.148.485,00	
IMPREVISTOS			3%	\$ 2.393.560,00	
UTILIDAD			4%	\$ 3.191.414,00	
TOTAL COSTOS INDIRECTOS					\$ 24.733.459,00
VALOR TOTAL PRESUPUESTO				\$	104.518.817,00

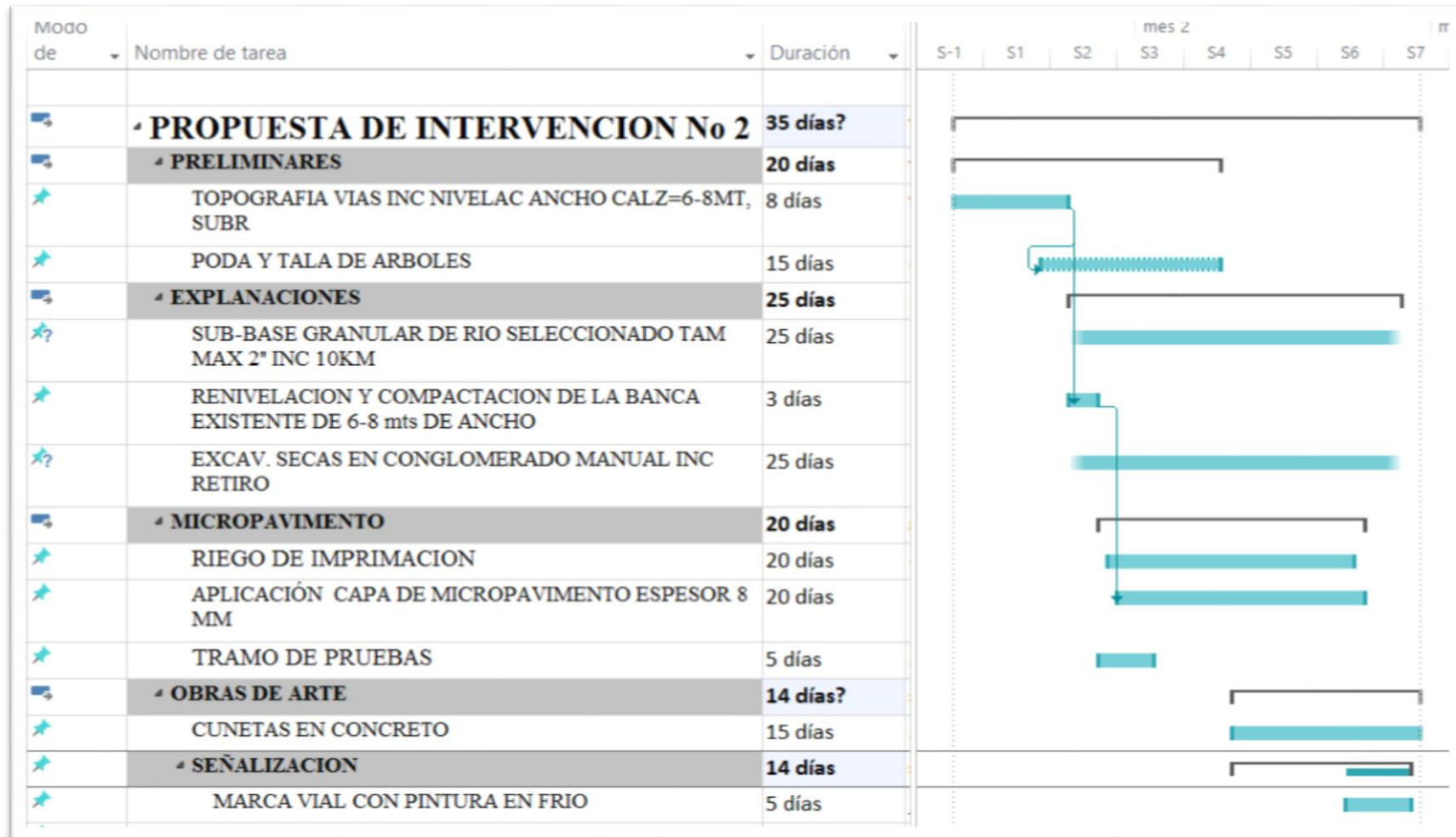
Fuente: Autores del estudio.

10. Programación de actividades propuestas de intervención

10.1. Programación de actividades propuestas de Intervención No 1



10.2. Programación de actividades propuesta de intervención No 2



11. Conclusiones y recomendaciones

Las siguientes conclusiones se derivan de la inspección visual de las lesiones de cada tramo y la severidad de las mismas en cada sitio, con el apoyo de los resultados de las muestras recolectadas y analizadas en el laboratorio.

Se realizó el recorrido a lo largo de la vía que comunica a la Vereda La Argentina en donde se identificaron los tres tramos de Estudio (K0+230-K0+320, K1+930-K2+090, K2+000-K2+280), en el que se encuentran las principales patologías que son causadas por humedades de aguas lluvias, ya sea por capilaridad, filtración, absorción y sombras.

Se definen las patologías existentes y las causas en cada tramo de la Vía, apoyándonos con los alineamientos establecidos en el MANUAL DE INSPECCIÓN VISUAL DEL INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS- I.N.V.I.A.S

Se hace la descripción de los diferentes tipos de falla que se identificaron en la vía estabilizada con crudo de Castilla, las cuales se dividieron en mecánicas: baches, desgaste superficial, piel de cocodrilo y; antropogénicas: acceso a fincas y sombra de arboles, dichas descripciones se apoyan con los estudios de suelos que aportaron a su caracterización.

Los estudios de suelos arrojaron resultados normales en lo que respecta a la estructura de la vía, teniendo en cuenta el desgaste por el tiempo de construcción, la falta de mantenimiento y el tránsito constante. Sin embargo al desconocer el diseño de la subbase, base y base estabilizada con crudo de Castilla no podemos asegurar si hubo errores en el diseño o en la ejecución pero se recomienda que para este tipo de bases estabilizadas con crudo de Castilla el %CBR sea mayor al 6% y el contenido de asfalto sea mayor al 4,93%.

Por lo anterior, se recomienda el uso del Micropavimento para realizar las reparaciones parciales de cada tramo, esta solución adoptada representa un mejor aprovechamiento de los recursos económicos que normalmente se destinan a la conservación de las vías rurales, ya que la experiencia indica que más o menos durante cuatro años no sería necesario efectuar mantenimiento con este tipo material.

El mejoramiento de estos tramos cumple con un fin social, pues índice en una mejora de la calidad de vida en todos los sectores poblacionales rurales que no posee las vías en mal estado.

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 26.3 millones de pesos tan solo en 350 metros de vía.

Siempre se ha considerado que esta vía es de tercer 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.

Bibliografía y web grafía

- Agnusdei, J (LEMIT). T. IOSCO, Omar (LEMIT), Ing. JAIR, Mario (SHELL BITUMEN) (1900). Aplicación Nuevas Tecnologías para el mantenimiento vial. Calle 52 e 121/122, La Plata, Bs. As.
- Alcaldía de Villavicencio (2008). Expediente municipal: Suelo, espacio público, división territorial. Unidad XI. Villavicencio: Alcaldía de Villavicencio.
- Benavides, M. F.; Naarhen, V.; Posada, D.; Fajardo, H. y Morera, R. (2013). *Patología de los pavimentos flexibles*, Universidad Cooperativa de Colombia, Villavicencio.
- Blanco, D. O. y Corrales, B. (2017). *Evaluación técnico financiera de la utilización de un surfactante en la biorremediación de lodos aceitosos del campo Castilla*, Tesis de pregrado. Bogotá: Fundación Universidad de América.
- Gobernación del Meta, Agencia para la Infraestructura del Meta, http://aim-meta.gov.co/dt_benefits/apus/.
- INGEOMINAS; (2001). Memoria Explicativa Geología de la plancha 266 Villavicencio Escala 1:100.000. Bogotá.
- Instituto Chileno del Asfalto. Boletín técnico No 1. Lechadas asfálticas y micropavimentos “aclarando conceptos”.
- Laboratorio NHQS (2018). Ensayos CBR Vereda La Argentina de Villavicencio. Villavicencio: NHQS.
- Peña, J.J. y Arenas, H. L. (Junio de 1995). *Un Ligante Asfáltico Apto Para Pavimentos Y Reciclaje De Pavimentos Asfálticos*. Universidad del Cauca.

Peña Caicedo, J.J.; Navas, R. y Herrera, B. (1997). Evaluación de Vías Secundarias, Estabilizadas con Crudos Pesados. Ministerio de Minas y Energía – Universidad del Cauca.

Rondón, H. A. y Reyes, F. A. (2015). *Pavimentos: Materiales, construcción y diseño*. Bogotá: Ecoe Ediciones.

UNAL e INVIAS (2006) *Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles*. Bogotá Colombia.

Anexos

Anexo No 1 - Estudios de Suelos.

Anexo No 2 - Fichas Historia Clínica y Plano Topográfico.

