

“ESTUDIO PATOLÓGICO DE TRAMO 4 DE LA VÍA ESPINAL- COELLO DEL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA”

Presentado A:

Mgtr. Walter Mauricio Barreto Castillo

Universidad Santo Tomás

Vicerrectoría De Universidad Abierta Y A Distancia

Especialización Patología De La Construcción

Ibagué – 2021

“ESTUDIO PATOLOGICO DE TRAMO 4 DE LA VIA ESPINAL- COELLO DEL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA”

Presentado Por:
Ing. Wilmer Andrey Quiroga Ortiz
Ing. Civil. María Paula Rojas Salcedo

Universidad Santo Tomás
Vicerrectoría De Universidad Abierta Y A Distancia
Especialización Patología De La Construcción
Ibagué – 2021

CONTENIDO

1. RESUMEN	12
2. INTRODUCCION	13
3. JUSTIFICACION	14
4. OBJETIVOS	15
4.1 OBJETIVO GENERAL	15
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
5 METODOLOGIA	16
5.1 REUNIR LA INFORMACION	16
5.2 VISITA Y TRABAJO DE CAMPO	16
5.2.1 ABCISADO DE ESTUDIO	16
5.2.2 INSPECCIÓN VISUAL DE LA VÍA	16
5.2.3 ANÁLISIS DE LOS DATOS	16
5.2.4 DIAGNÓSTICO DE LA POSIBLE SOLUCIÓN.....	17
5.3 EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO METODOLOGIA VIZIR.....	17
5.4 METODOLOGÍA CON EL MANUAL PARA LA INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES (CONVENIO INTERADMINISTRATIVO 0587 -03 DE 2006).....	17
5.4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS	17
6 HISTORIA CLINICA	25
6.1 LOCALIZACIÓN	25
6.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	25
6.3 DATOS GENERALES DEL ENTORNO.	26
6.4 EDIFICACIONES U OBRAS VECINAS.	26
7 INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	28
7.1.1 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	49
7.2 GUÍA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS ASFALTICOS DE CARRETERAS.....	20
7.2.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	20
7.2.2 DETERMINACIÓN DE NIVEL DE GRAVEDAD POR TRAMO	65
7.2.3 CLASIFICACIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO	74
7.3 POSIBLES ALTERNATIVAS PARA LA REHABILITACIÓN DEL TRAMO EN ESTUDIO.....	75
7.3.1 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA DE REHABILITACIÓN TRAMO KM 0+000 AL KM 0+900	76

8	METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS	78
9	FACTORES AMBIENTALES	79
10	TRABAJOS DE CAMPO	82
10.1	CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS	82
10.1.1	ENTORNO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO	82
10.1.2	CARACTERIZACIÓN DE LA SUBRASANTE	83
10.1.3	CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE	84
10.2	CONDICIONES DE APOYO, DETERMINADAS POR EL DISEÑO GEOMÉTRICO	86
10.3	CBR Y MÓDULO RESILIENTE DE DISEÑO	87
11	ESTUDIO DE TRÁNSITO	88
11.1	TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO	88
11.2	FACTOR DE OCUPACIÓN DEL CARRIL DE DISEÑO	89
11.3	FACTOR DAÑO	89
11.4	DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE EJES EQUIVALENTES A EJES SIMPLES DE 8.2 TONELADAS	90
12	DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS	93
12.1	ESTRUCTURA DE ACUERDO CON EL MANUAL DE INVÍAS	93
12.2	DISEÑO DE ESPESORES A PARTIR DE LA METODOLOGÍA DE LA GUÍA DE LA AASHTO'93	93
12.2.1	MÓDULO RESILIENTE DE LA SUBRASANTE	93
12.2.2	TRANSITO	93
12.2.3	NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO	94
12.2.4	DETERMINACIÓN DE LOS ESPESORES DE DISEÑO	94
12.2.5	ESPESORES MÍNIMOS EN FUNCIÓN DEL NÚMERO ESTRUCTURAL	95
12.2.6	ESTABILIDAD Y FACTIBILIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN	98
12.3	VERIFICACIÓN MECANICISTA	98
12.3.1	MÓDULO DINÁMICO DEL CONCRETO ASFÁLTICO	99
12.3.2	TEMPERATURA DE TRABAJO DE LA MEZCLA	99
12.3.3	PENETRACIÓN DEL ASFALTO A 25°C, PUNTO DE ABLANDAMIENTO E ÍNDICE DE PENETRACIÓN	99
12.3.4	RIGIDEZ DEL CEMENTO ASFALTICO	101
12.3.5	MÓDULO DINÁMICO DE LA MEZCLA	102
12.3.6	MÓDULOS Y RELACIONES DE POISSON	103
12.3.7	AGRIETAMIENTO POR FATIGA	104
12.3.8	RESPUESTA DE LA SUBRASANTE	106
12.3.9	DEFORMACIÓN VERTICAL POR COMPRESIÓN	106
12.4	RESULTADO DE LA VERIFICACIÓN	107
13	ESTRUCTURA RECOMENDADA	112
14	ESPECIFICACIONES Y NORMAS DE ENSAYO	112

<u>15</u>	<u>PRESUPUESTO.....</u>	<u>113</u>
<u>16</u>	<u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</u>	<u>115</u>
<u>17</u>	<u>REFERENCIAS</u>	<u>116</u>

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tabla guía de identificación de daños y gravedad metodología VIZIR	18
Tabla 21. Deterioros tipo A.....	21
Tabla 22. Deterioros tipo B	21
Tabla 23. Niveles de gravedad de los deterioros Tipo A	22
Tabla 24. Niveles de gravedad de los deterioros tipo B.....	23
Tabla 25. Relación niveles de gravedad juntas metodologías VIZIR	24
Tabla 2. Levantamiento de deterioros del K0+000 al K0+100	28
Tabla 3. Levantamiento de deterioros del K0+100 al K0+200	31
Tabla 4. Levantamiento de deterioros del K0+200 al K0+300	35
Tabla 5. Levantamiento de deterioros del K0+300 al K0+400	37
Tabla 6. Levantamiento de deterioros del K0+400 al K0+500	40
Tabla 7. Levantamiento de deterioros del K0+500 al K0+600	42
Tabla 8. Levantamiento de deterioros del K0+600 al K0+700	44
Tabla 9. Levantamiento de deterioros del K0+700 al K0+800	46
Tabla 10. Levantamiento de deterioros del K0+800 al K0+900	49
Tabla 11. Resumen deterioro estructural (AH, DL y DT)	50
Tabla 12. Resumen deterioro estructural (FL, FPC y B)	51
Tabla 13. Resumen deterioro funcional (FLJ, FTJ y FCT)	52
Tabla 14. Resumen deterioro funcional (FP, FB y O)	53
Tabla 15. Resumen deterioro funcional (DM, PL y PA)	54
Tabla 16. Resumen deterioro funcional (D, PU y EX).....	55
Tabla 17. Resumen deterioro funcional (AM, AA y DB)	56
Tabla 18. Resumen deterioro funcional (ECB, EB y S)	57
Tabla 19. Resumen deterioro estructural + funcional, y % de área de daño	58
Tabla 20. Resumen de deterioro estructural y funcional.....	60
Tabla 26. Gravedad deterioros tipo A (AH, DL y DT)	65
Tabla 27. Gravedad deterioros tipo A (FLF y FPC)	66
Tabla 28. Gravedad deterioros tipo A (B) y nivel de gravedad representativo GR	66
Tabla 29. Gravedad deterioros tipo B (FLJ, FTJ, FCT, FP y FB)	67
Tabla 30. Gravedad deterioros tipo B (DM).....	67
Tabla 31. Gravedad deterioros tipo B (O, PL, PA y D)	68

Tabla 32. Gravedad deterioros tipo B (PU, EX, AM y AA)	68
Tabla 33. Gravedad deterioros tipo B (DB, ECB, EB y S)	69
Tabla 34. Determinación de índice de deterioro superficial If(1) y If(2) FLF y FPC	70
Tabla 35. Determinación de índice de deterioro superficial del pavimento flexible por metodología VIZIR para AH, DL y DT	71
Tabla 36. Determinación de índice de deterioro superficial inicial Is	72
Tabla 37. Determinación de índice de deterioro superficial final Is	73
Tabla 38. Clasificación del estado del pavimento de acuerdo a Is final	74
Tabla 39. Clasificación de la categoría del estado del pavimento	74
Tabla 40. Regiones climáticas, según temperatura y precipitación	79
Tabla 41. Información de temperatura del aire en la estación Chicoral.	80
Tabla 42. Temperatura media de la estación Chicoral.	81
Tabla 43. Registro de precipitación mensual y total anual en la estación Chicoral.	81
Tabla 44. Resultados de laboratorio	83
Tabla 45. Resultados de CBR	84
Tabla 46. CBR criterio del promedio aritmético	85
Tabla 47. CBR de diseño criterio método Instituto del Asfalto	85
Tabla 48. Percentiles para determinar el CBR de diseño de acuerdo con el criterio del Instituto del Asfalto	86
Tabla 49. Espesor mínimo de mejoramiento	87
Tabla 50. Clasificación de la subrasante	88
Tabla 51. Tasas promedio del crecimiento de tránsito	88
Tabla 52. Estaciones de aforo y sentidos de circulación medidos	88
Tabla 53. Tránsito Promedio Diario (TPD)	89
Tabla 54. Factores de equivalencia de carga por tipo de vehículo	89
Tabla 55. Composición vehicular Espinal - Coello	89
Tabla 56. Composición vehicular Coello - Espinal	90
Tabla 57. Ejes equivalentes a ejes simples de 8.2 t en el carril de diseño	92
Tabla 58. Ejes equivalentes ajustados	92
Tabla 59. Intervalos de tránsito definidos en el manual de diseño de INVÍAS	92
Tabla 60. Clasificación de tránsito	93
Tabla 61. Cartas de diseño y espesores resultantes de aplicación de la metodología del manual de INVÍAS	93
Tabla 62. Coeficientes de aporte y de drenaje adoptados	95

Tabla 63. Espesores de diseño a partir de la aplicación del método de la guía AASHTO'93	98
Tabla 64. Módulos y relaciones de Poisson para la verificación mecanicista.....	103
Tabla 65. Componentes del factor de desplazamiento – Shell	104
Tabla 66. Resultado de la verificación mecanicista.....	112
Tabla 67. Estructura de pavimento recomendada	112
Tabla 68. Especificaciones de construcción de pavimentos	113
Tabla 69. Espesor mínimo de mejoramiento.....	115

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del proyecto	25
Figura 2. Sección transversal	26
Figura 3. Edificaciones u obras vecinas	27
Figura 5. Área total afectada m ² (Deterioro estructural + Deterioro funcional)	59
Figura 6. % de área afectada (Deterioro estructural + Deterioro funcional)	59
Figura 7. % de área afectada (Deterioro estructural)	61
Figura 8. Área total afectada m ² (Deterioro estructural)	61
Figura 9. % de área afectada (Deterioro funcional)	62
Figura 10. Área total afectada m ² (Deterioro funcional)	62
Figura 11. Área de distribución por daños con respecto al área total afectada	62
Figura 12. % de distribución por daños con respecto al área total afectada	63
Figura 13. Distribución de los daños de severidad baja por cada tipo	63
Figura 14. Distribución de los daños de severidad media por cada tipo	64
Figura 15. Distribución de los daños de severidad alta por cada tipo	64
Figura 16. Matriz para determinar los índices If e Id	70
Figura 17. Determinación índice de deterioro Is	72
Figura 18. Corrección del índice de deterioro superficial	73
Figura 19. Deterioros típicos de los pavimentos de concreto asfáltico y posibles técnicas rehabilitación	76
Figura 20. Deterioros típicos de los pavimentos de concreto asfáltico y posibles técnicas rehabilitación	77
Figura 21. Esquema de metodología INVIAS empleada en el diseño de pavimentos	78
Figura 22. Esquema de metodología AASHTO 93 empleada en el diseño de pavimentos	79
Figura 23. Mapa de distribución de temperatura media anual	80
Figura 24. Selección del %CBR a partir de los percentiles de 75% para el criterio del Instituto del Asfalto	86
Figura 25. Determinación de los espesores de las capas mediante aproximaciones	96
Figura 26. Nomograma para calcular el índice de penetración y temperatura T800	100
Figura 27. Especificaciones del cemento asfáltico - Artículo 400 INV-2012	101
Figura 28. Nomograma de Van Der Poel para determinar el módulo dinámico (Stiffness) del asfalto	102
Figura 29. Nomograma para el cálculo del módulo dinámico (Stiffness) de las mezclas asfálticas ..	103
Figura 30. Nomograma de fatiga para determinación de ϵ_f de la mezcla en función de S_m y V_b (sentido Espinal-Coello)	105

Figura 31. Nomograma de fatiga para determinación de ϵ_t de la mezcla en función de S_m y V_b (sentido Coello-Espinal)	106
Figura 32. Metodología Racional Software CEDEM, AASHTO 93 Espinal-Coello	108
Figura 33. Metodología Racional Software CEDEM, INVIAS Espinal-Coello	109
Figura 34. Metodología Racional Software CEDEM, AASHTO 93 Coello-Espinal	110
Figura 35. Metodología Racional Software CEDEM, INVIAS Coello-Espinal	111
Figura 36. Presupuesto de la obra vial	114

ANEXOS

Anexo 1. Localización de apiques y resultados de los ensayos de laboratorio

Anexo 2. Registro fotográfico

1. RESUMEN

El presente documento está enfocado en los resultados obtenido mediante la aplicación de la metodología para la inspección visual de pavimentos flexibles (convenio interadministrativo 0587 -03 de 2006). Y la evaluación de la condición del pavimento mediante la metodología VIZIR.

Estas metodologías permiten establecer el diagnóstico del paciente el cual sugiere la reconstrucción total del pavimento, debido que más del 50% de las lesiones encontradas se encuentran clasificadas como deterioros Tipo A que determina la condición estructural del pavimento.

Por último, se presentan las dos propuestas de intervención las cuales se elaboran con la asesoría de un especialista en pavimentos, considerando los requerimientos técnicos del paciente, el entorno y su comunidad.

2. INTRODUCCION

La aplicación de estudio patológicos en la construcción está orientada a mejorar y extender la vida útil de las construcciones para estos se deben considerar las necesidades de las mismas y de los usuarios de estas construcciones, lo cual permite al profesional establecer la propuesta de trabajo más acertada en cada caso. Estas propuestas de intervención pueden ir desde el ajuste y mejoramiento de los procesos constructivos en proyectos que apenas se encuentran en proceso de diseño o ejecución, hasta obras de mantenimiento y conservación que buscan evitar el avance de los deterioros en ellas y extender su vida útil o tiempo de servicio.

Este documento contiene los procesos metodológicos aplicado el estudio patológico realizado en el tramo 4 de la vía Espinal- Coello del departamento del Tolima, aquí se encuentra recopilado desde el levantamiento de lesiones, la aplicación de estudios y análisis de los deterioros hasta la elaboración de una propuesta de intervención.

la metodología aplicada en un estudio patológico se divide en tres etapas fundamentales las cuales son:

Historia Clínica: en esta primera etapa se realiza el reconocimiento del paciente lo cual consiste en visitas de campo, recopilación de información y el levantamiento de lesiones. Esto debe suministrar las bases necesarias para determinar los estudios básicos a aplicar, teniendo ya una hipótesis de las posibles causas de estos deterioros

Diagnóstico: En esta etapa se confirma cuál de las hipótesis de la historia clínica es la verdadera, a este punto se llega una vez se analizan los resultados de los estudios aplicados, junto con el procesamiento de lesiones, para este caso se empleó la metodología para la inspección visual de pavimentos flexibles (convenio interadministrativo 0587 -03 de 2006). Y la evaluación de la condición del pavimento mediante la metodología VIZIR

Intervención: Una vez se cuenta con un sólido diagnóstico del paciente se debe suministrar alguna propuesta de intervención las cuales serán analizadas para encontrar la propuesta más acertada de acuerdo a las condiciones, técnicas y financieras del paciente y su entorno.

3. JUSTIFICACION

Sobre esta vía principal se ubican diversas fuentes de economía para habitantes del sector, fuentes de ingreso como: restaurantes, bares o discotecas, droguerías, ferreterías, tiendas y supermercados, además de esto sobre esta vía pasan constantemente los buses de transporte de pasajeros que rodean al municipio de El Espinal. También es uno de los accesos más importantes del municipio a sus sectores industrial, comercial, hotelero, bancario y turístico.

Esta avenida denominada Betania calle 9 es el principal conector del municipio con la variante que conduce al Terminal de Transportes, la cual también conduce hacia el Municipio de Coello y cuya importancia es vital para el desarrollo económico, social y cultural del sector, presenta actualmente diversas patologías graves en cuanto a su estructura de pavimento asfáltico.

La vía se encuentra en un estado marginal, el cual requiere una intervención urgente que permita a los usuarios transitar de forma segura, recuperar el estado de servicio disminuye la probabilidad de accidentes en este tramo, facilita en acceso de insumos desde y hacia el área urbana.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar la inspección visual, la evaluación de los deterioros de los pavimentos asfálticos, definir una alternativa de rehabilitación de los pavimentos y diseñar las obras de rehabilitación requeridas en los tramos de construcción, para que éstas soporten las cargas debidas al tráfico, teniendo en cuenta las condiciones medioambientales y la caracterización geotécnica en las cuales se desarrolla el proyecto vial.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar el estado actual de la vía mediante el método Vizir.
- Seleccionar las técnicas de rehabilitación de acuerdo a la información recolectada y evaluada, que mejor se ajusten para la corrección de los defectos existentes.
- Analizar la información referente a las condiciones medioambientales e hidrológicas de la zona, bajo las cuales tendrá lugar el diseño de las obras de rehabilitación del pavimento.
- Caracterizar de manera general la zona de estudio, desde el punto de vista geológico y geotécnico.
- Tener en cuenta la información resultante del estudio de tránsito en el diseño las obras de rehabilitación del pavimento en un período determinado.
- Definir una metodología de trabajo según la cual se realizará el diseño de las obras de rehabilitación de los pavimentos, teniendo en cuenta las condiciones del proyecto.
- Diseñar las obras de rehabilitación del pavimento, con base en las condiciones climáticas, niveles de tránsito y características geotécnicas de los suelos de fundación y deterioros.

5 METODOLOGIA

Teniendo en cuenta que los pavimentos son estructuras diseñadas para entregar al usuario seguridad y confort al momento de conducir, esto conlleva a que el camino debe entregar un nivel de servicio acorde a la demanda solicitada. La evaluación de pavimentos consiste en un informe, en el cual se presenta el estado en el que se encuentre la superficie de la capa de rodadura del mismo, para de esta manera poder adoptar las medidas adecuadas de reparación y mantenimiento, con las cuales se pretende prolongar la vida útil de los pavimentos, es así, que es de suma importancia elegir y realizar una evaluación que sea objetiva y acorde al medio en que se encuentre.

La evaluación de pavimentos es importante, pues permitirá conocer a tiempo los deterioros presentes en la superficie, y de esta manera realizar las correcciones, consiguiendo con ello brindar al usuario una serviciabilidad óptima. Con la realización de una evaluación periódica del pavimento se podrá predecir el nivel de vida de una red o un proyecto. La evaluación de pavimentos, también permitirá optimizar los costos de rehabilitación, pues si se trata un deterioro de forma temprana se prolonga su vida de servicio ahorrando de esta manera gastos mayores.

Para poder llevar a cabo el trabajo según los requerimientos necesarios se deben realizar las siguientes actividades para lograr los objetivos estimados, estas actividades se dividen en 4 pasos y son las siguientes:

- Reunir la información necesaria.
- Visita y trabajo de campo.
- Análisis de los datos.
- Diagnóstico de la posible solución

5.1 REUNIR LA INFORMACION

Esta actividad consiste en recopilar toda la información necesaria para tener unas buenas bases informativas y así desarrollar el trabajo.

5.2 VISITA Y TRABAJO DE CAMPO

5.2.1 Abcísado de estudio

Se realizó un abscísado del tramo de vía de estudio cada 100 metros, tomando como abscisa inicial K0+000 y como abscisa final K0+900.

5.2.2 Inspección visual de la vía

Se desarrolló un recorrido del tramo de vía de estudio (K0+000 – K0+900) en el cual se registraron los daños existentes sobre la capa de rodadura del pavimento.

5.2.3 Análisis de los datos

Se hace una recopilación de los datos obtenidos en la visita de campo, con el fin de realizar un análisis detallado de los resultados obtenidos, evaluando los valores dados para proceder con la metodología empleada.

5.2.4 Diagnóstico de la posible solución

Para la parte final se lleva a cabo un diagnóstico del tramo de vía de estudio (K0+000 – K0+900), con el fin de determinar la respectiva alternativa para el diseño de obras de rehabilitación.

5.3 EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO METODOLOGIA VIZIR

Para realizar la evaluación de la condición existente del pavimento, se evaluó por medio de la metodología VIZIR, la cual establece una diferencia entre las fallas funcionales y estructurales del pavimento, esta metodología clasifica los daños o deterioros de la capa de rodadura del pavimento en dos categorías, A y B. Las degradaciones del Tipo A, se caracterizan por una condición estructural del pavimento y se trata de deformaciones debidas a insuficiencia en la capacidad estructural del pavimento, por otra parte las deformaciones del tipo B, en su mayoría de tipo funcional, dan lugar a reparaciones que generalmente no están ligadas a la capacidad estructural de la capa de rodadura de la mezcla asfáltica, su origen se encuentra más bien en deficiencias constructivas que el tránsito ayuda a poner en evidencia.

Para llevar a cabo la evaluación de las condiciones de la superficie de rodadura se utilizaron dos metodologías, una tomada del "Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (convenio interadministrativo 0587 -03 de 2006)" la cual nos sirve para determinar los porcentajes correspondientes a cada una de las fallas dentro del área de observación intervenida y la otra es la "Guía Metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras" que nos permitió identificar el índice de deterioro del pavimento flexible.

Para la ejecución de este trabajo se realizó una inspección visual con el fin de hacer una evaluación de las condiciones de la superficie de rodadura del pavimento, según los diferentes tipos de daños encontrados a la superficie de rodadura del pavimento para el tramo de vía el cual va hacer objeto de estudio y evaluación, dicho tramo posee una longitud de 0.9 Km en doble calzada y un ancho promedio de calzada de 7.5 m.

Para la metodología VIZIR se recomienda una unidad de muestreo de 100 metros, para realizar la respectiva evaluación de los daños de la superficie de rodadura del pavimento.

5.4 METODOLOGÍA CON EL MANUAL PARA LA INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES (CONVENIO INTERADMINISTRATIVO 0587 -03 DE 2006).

Para la aplicación del modelo de auscultación VIZIR se desarrolló con base a dos manuales diferentes en los que se aplica el modelo VIZIR sin embargo cada uno arroja datos diferentes. Para la primera recolección de información se realizó mediante "Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (Convenio interadministrativo 0587 -03 de 2006)".

5.4.1 Recolección de datos

Los datos recolectados se registraron con base a los formatos establecidos por el "Convenio interadministrativo 0587 -03 de 2006" y se evaluaron cada 100 metros de acuerdo a la recomendación de la metodología.

Para esta metodología los daños se clasifican de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 1. Tabla guía de identificación de daños y gravedad metodología VIZIR

TIPO DE DAÑO	CONVENC.	SEVERIDADES		
		BAJA	MEDIA	ALTO
FISURAS				
Fisuras longitudinales (m)	FL	Abertura < 1mm o selladas.	Abertura 1-3mm, sin sello, algunas fisuras lleves la cruzan.	Abertura >3mm, posee alto desgaste, algunas fisuras medias las cruzan, causa vibración al vehículo.
Fisuras transversales (m)	FT			
Fisuras en juntas de construcción (m)	FCL, FCT			
Reflexión de juntas de pavimentos rígidos (m)	FJL, FJT			
Fisuras en media luna (m²)	FML			
Fisuras de borde (m)	FBD			
Fisuras en bloque (m²)	FB	Los bloques se han comenzado a formar, pero no están claramente definidos y están conformados por fisuras < 1mm o selladas, sin desgaste en ellas.	Bloques definidos por fisuras 1-3mm, o sin sellante, con desgaste leve.	Bloques bien definidos por fisuras >3mm que presentan alto desgaste.
Piel de cocodrilo (m²)	PC	Serie de fisuras longitudinales paralelas con abertura de hasta 3mm, principalmente en la huella.	Las fisuras han formado bloques que tienen un ligero desgaste en los bordes.	Área con bloques sueltos de bordes desgastados, puede existir bombeo.
Fisuras por deslizamiento de capas (m²)	FDC	Fisuras < 1mm o selladas.	Fisuras 1-3mm, pueden existir agrietamientos alrededor con aberturas menores a 1mm	Fisuras >3mm, pueden existir agrietamientos entre las fisuras con aberturas mayores a 1mm.
Fisuración incipiente (m²)	FIN	Sin grados de severidad asociados		
DEFORMACIONES				
Ondulaciones (m²)	OND	Altura < 10mm	Altura 10-20mm	Altura > 20mm
Abultamiento (m²)	AB			
Hundimiento (m²)	HUN	Altura < 20mm	Altura 10-40mm	Altura > 40mm
Ahuellamiento (m²)	AHU	Altura < 10mm	Altura 10-25mm	Altura > 25mm
DAÑOS SUPERFICIALES				

TIPO DE DAÑO	CONVENC.	SEVERIDADES		
		BAJA	MEDIA	ALTO
Desgaste superficial (m²)	DSU	Pérdida de la estructura uniforme de la superficie, con irregularidades hasta de 3 mm.	Profundidad de las irregularidades entre 3 mm y 10 mm, se observa el agregado grueso, el vehículo experimenta vibración y ruido.	Ha comenzado desintegrarse la superficie, presenta desprendimientos evidentes y partículas sueltas sobre la calzada.
Pérdida del agregado (m²)	PA	Se observa pequeños huecos cuya separación es mayor a 0,15 m.	Existe un mayor desprendimiento de agregados con separaciones entre 0,05 m y 0,15 m.	Desprendimiento extensivo de agregados con separaciones menores a 0,05 m, superficie muy rugosa, se observan agregados sueltos.
Pulimiento del agregado (m²)	PU	Sin grados de severidad asociados		
Cabezas duras (m²)	CD	Sin grados de severidad asociados		
Exudación (m²)	EX	Se hace visible en la superficie en franjas aisladas y de espesor delgado que no cubre los agregados gruesos.	Exceso de asfalto libre que conforma una película cubriendo parcialmente los agregados.	Cantidad significativa de asfalto en la superficie cubriendo casi la totalidad de los agregados, aspecto húmedo de intensa coloración negra.
Surcos (m²)	SU	Sin grados de severidad asociados		
DETERIORO DE CAPAS ESTRUCTURALES				
Descascaramiento (m²)	DC	Altura < 10mm	Altura 10-25mm	Altura > 25mm
Bache o hueco (m²)	BCH	Profundidad < 25mm, corresponde al desprendimiento de tratamientos superficiales o capas delgadas.	Profundidad entre 25-50 mm, afecta incluso la base asfáltica	Profundidad > 50mm, llega a afectar la base granular

TIPO DE DAÑO	CONVENC.	SEVERIDADES		
		BAJA	MEDIA	ALTO
Parcheo (m²)	PCH	Esta es muy buena condición y se desempeña satisfactoriamente.	Presenta algunos daños de severidad baja a media y deficiencias en los bordes.	Presenta daños de severidad alta y requiere ser reparado pronto.
OTROS DAÑOS				
Corrimiento vertical de la berma (1) (m, h)	CV	Altura < 6mm	Altura 6-25mm	Altura > 25mm
Separación de la berma (m, s)	SB	Altura < 3mm	Altura 3-10mm	Altura < 10mm
Afloramiento de agua (m) (1)	AFA	Sin grados de severidad asociados		
Afloramiento de fino (3)	AFI	Sin grados de severidad asociados		

Fuente: Elaboración propia, adaptación Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (Convenio interadministrativo 0587 -03 de 2006).

5.5 GUÍA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS DE CARRETERAS.

Como se especificó anteriormente, esta metodología adicional nos permite identificar los porcentajes de deterioro de las fallas presentes en los tramos intervenidos, como también nos permite identificar el "Índice de deterioro" dato importante en la realización de este proyecto.

Para la determinación del índice de deterioro superficial "Is" el primer paso consiste en el cálculo del índice de fisuración (If), el cual depende de la gravedad y la extensión de las fisuras y agrietamientos de tipo estructural en el tramo evaluado. Debido a que en la tabla de gravedad de deterioros se consideran de manera independiente dos tipos de fisuras, se deberá tomar como representativo de la zona el mayor de los dos índices calculados. Después de ello se calcula un índice de deformación (Id), el cual también depende de la gravedad y extensión de las deformaciones de origen estructural, ya teniendo el índice de fisuración (If) y el índice de deformación (Id) la combinación de estos dos índices me genera una primera calificación del tramo de estudio la cual debe ser corregida según la extensión y calidad de los trabajos de parcheo y bacheo que se deban realizar. Realizada la corrección necesaria cuando corresponda se obtiene el "Índice de Deterioro Superficial final, (Is)", el cual califica el tramo de estudio según los índices de deterioro y según la longitud de muestreo que estemos realizando, el valor del "Is" varía entre 1 y 7 y su cálculo se realiza de la manera como se muestra en la Figura 15.

5.5.1 Recolección de información

La recolección de información se realizó usando la información que va de la tabla 2 a la tabla 10 Resumen de datos y obtención de porcentaje de daños metodología VIZIR, ya que no varía con respecto a los daños, solamente cambian algunas siglas.

Sin embargo las siglas para este manual varían un poco quedando como guía la siguiente tabla resumen pero tomando en cuenta los mismos parámetros de la anterior metodología en que se mantiene las unidades de medida y los tipos de falla, hay que tener en cuenta que para este manual

se dividen los tipos de falla en dos grupos, el primer grupo en los deterioros del "Tipo A" que se caracterizan principalmente por que afectan la condición estructural del pavimento y el otro grupo son los deterioros del "Tipo B" que en su mayoría afectan de manera funcional el pavimento.

- Deterioros del tipo A:

Tabla 2. Deterioros tipo A

NOMBRE DEL DETERIORO	CÓDIGO	UNIDAD DE MEDIDA
Ahuellamiento	AH	m
Depresiones o hundimientos longitudinales	DL	m
Depresiones o hundimientos transversales	DT	m
Fisuras longitudinales por fatiga	FLF	m
Fisuras piel de cocodrilo	FPC	m
Bacheos y zanjas reparadas	B	m

Fuente: Elaboración propia, adaptación Guía Metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. INVIAS

- Deterioros del tipo B:

Tabla 3. Deterioros tipo B

NOMBRE DEL DETERIORO	CODIGO	UNIDAD DE MEDIDA
Fisura longitudinal de junta de construcción	FLJ	m
Fisura transversal de junta de construcción	FTJ	m
Fisuras de contracción térmica	FCT	m
Fisuras parabólicas	FP	m
Fisura de borde	FB	m
Ojos de pescado	O	un
Desplazamiento o abultamiento o ahuellamiento de la mezcla	DM	m
Pérdida de la película de ligante	PL	m
Pérdida de agregados	PA	m
Descascaramiento	D	m ²
Pulimento de agregados	PU	m
Exudación	EX	m
Afloramiento de mortero	AM	m

NOMBRE DEL DETERIORO	CODIGO	UNIDAD DE MEDIDA
Afloramiento de agua	AA	m
Desintegración de los bordes del pavimento	DB	m
Escalonamiento entre calzada y berma	ECB	m
Erosión de las bermas	EB	m
Segregación	S	m

Fuente: Elaboración propia, adaptación Guía Metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. INVIAS

Al momento de relacionar los datos encontramos una nueva manera de medir la gravedad de los daños para este manual, es que las medidas se hacen más cuantitativas que cualitativas. Sin embargo, el nivel de gravedad no varía significativamente con la clasificación de la gravedad de daños, para este caso se debió tener en cuenta la siguiente tabla:

- Niveles de gravedad de los deterioros Tipo A

Tabla 4. Niveles de gravedad de los deterioros Tipo A

DETERIORO	NIVEL DE GREVEDAD		
	1	2	3
Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales.	Sensible al usuario, pero poco importante. Prof < 20mm.	Deformaciones importantes. Hundimientos localizados o ahuellamientos $20 \text{ mm} \leq \text{prof} \leq 40 \text{ mm}$	Deformaciones que afectan de manera importante la comunidad y la seguridad de los usuarios >40mm.
Fisuras longitudinales por fatiga.	Fisuras finas en la huella de rodamiento. < 6mm	Fisuras abiertas y a menudo ramificadas.	Fisuras muy ramificadas, y/o muy abiertas. Bordes de fisuras ocasionalmente degradados.
Piel de cocodrilo.	Piel de cocodrilo formada por mallas grandes (>500mm) con fisuración fina, sin pérdida de materiales.	Mallas más densas (<500 mm), con pérdidas ocasionales de materiales, desprendimientos y ojos de pescado en formación.	Mallas con grietas muy abiertas y con fragmentos separados. Las mallas son muy densas (<200mm), con pérdida ocasional o generalizada de materiales.
		Intervenciones ligadas a deterioros tipo A.	

DETERIORO	NIVEL DE GREVEDAD		
	1	2	3
	Intervención de superficies ligadas al deterioro del tipo B.	Comportamiento satisfactorio de la reparación.	Ocurrencia de fallas en las zonas reparadas.

Fuente: Elaboración propia, adaptación Guía Metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. INVIAS

- Niveles de gravedad de los deterioros tipo B

Tabla 5. Niveles de gravedad de los deterioros tipo B

DETERIORO		NIVEL DE GREVEDAD		
		1	2	3
Fisuras longitudinales de junta de construcción.		Fina y única < 6mm.	Ancha ($\leq 6\text{mm}$) sin desprendimiento o fina ramificación.	Ancha ($\leq 6\text{mm}$) con desprendimientos o ramificada
Fisuras de contracción térmica.		Fisuras finas < 6mm.	Anchas ($\leq 6\text{mm}$) sin desprendimientos, o finas con desprendimientos o fisuras ramificadas	Anchas ($\leq 6\text{mm}$) con desprendimiento.
Fisuras parabólicas.		Fisuras finas < 6mm.	Anchas ($\leq 6\text{mm}$) sin desprendimientos.	Anchas ($\leq 6\text{mm}$) con desprendimientos.
Fisuras de borde.		Fisuras finas < 6mm.	Anchas ($\leq 6\text{mm}$) sin desprendimientos.	Anchas ($\leq 6\text{mm}$) con desprendimientos.
Abultamientos.		$h < 20\text{ mm}$	$20\text{ mm} \leq h \leq 40\text{ mm}$	$h > 40\text{ mm}$
Ojos de pescado (por cada 100 m).	Cantidad	< 5	5 a 10 / <5	>10 / 5a 10
	Diámetro (mm)	≤ 300	$\leq 300 / \leq 1000$	$\leq 300 / \leq 1000$
Desprendimientos: Pérdida de película de ligante. Pérdida de agregados.		Pérdidas asiladas	Pérdidas continuas	Pérdidas generalizadas y muy marcadas.
Descascaramiento	Pro. (mm)	≤ 25	$\leq 25 / >25$	>25
	Área (m ²)	$\leq 0,8$	$>8 / \leq 0,8$	>0.8
Pulimiento agregados		Long. Comprometida <10% de sección (100m)	Long. Comprometida $\geq 10\%$ a < 50% de la sección (100m)	Long. Comprometida >50% de la sección (100m)

DETERIORO	NIVEL DE GREVEDAD		
	1	2	3
Exudación	Puntual, área específica	Continua sobre las trayectorias por donde circulan las ruedas del vehículo	Continua y muy marcada, en diversas aéreas.
Afloramientos: - De mortero - De agua.	localizados y apenas perceptibles	Intensos	Muy intensos
Desintegración de los bordes de pavimento	Inicio de la desintegración, sectores localizados	La calzada ha sido afectada en un ancho de 500 mm o más.	Erosión extrema que conduce a la desaparición del revestimiento asfáltico
Escalonamiento entre calzadas y berma	Desnivel entre 10 mm a 50 mm	Desnivel entre 50 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.
Segregación	Long. Comprometida <10% de sección (100m)	Long. Comprometida $\geq 10\%$ a < 50% de la sección (100m)	Long. Comprometida >50% de la sección (100m)

Fuente: Elaboración propia, adaptación Guía Metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. INVIAS

De acuerdo a esta tabla, y al observar la relación con la clasificación de gravedad anterior, trabajamos los mismos niveles de gravedad identificados en el manual anterior así:

Tabla 6. Relación niveles de gravedad juntas metodologías VIZIR

Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (Convenio interadministrativo 0587-03 de 2006)	Guía Metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras
Alta	3
Media	2
Baja	1

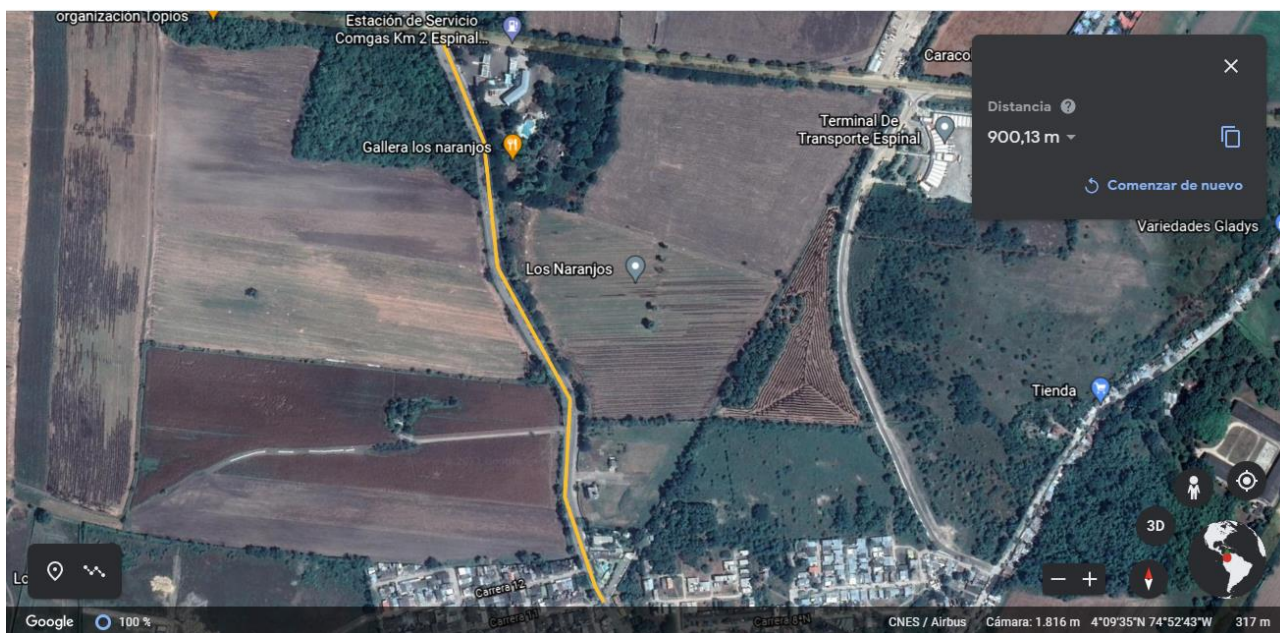
Fuente: Elaboración propia.

6 HISTORIA CLINICA

6.1 LOCALIZACIÓN

El tramo de vía en doble calzada a la cual se realizará el diseño de las obras de rehabilitación de los pavimentos se encuentra localizado desde la intersección con la variante Girardot – Gualanday en el punto denominado EDS Terpel hasta la cabecera municipal de El Espinal con una longitud aproximada de 0.9 km. Esta avenida denominada Betania calle 9 es el principal conector del municipio con la variante que conduce al Terminal de Transportes, la cual también conduce hacia el Municipio de Coello y cuya importancia es vital para el desarrollo económico, social y cultural del sector, presenta actualmente diversas patologías graves en cuanto a su estructura de pavimento asfáltico.

Figura 1. Localización del proyecto



Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Maps ®

6.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

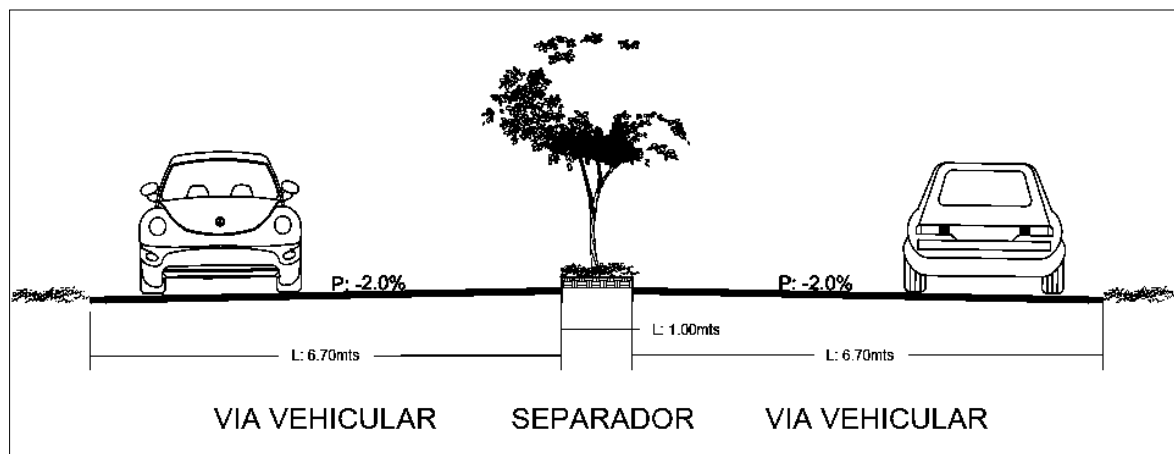
Esta vía en doble calzada se encuentra muy deteriorada ya que su construcción se realizó hace más de 20 años por ende se evidencian diferentes tipos de deterioros del Tipo "A", que caracterizan la condición estructural del pavimento como: depresiones longitudinales y transversales, fisuras longitudinales por fatiga, fisuras piel de cocodrilo, bacheos y parcheos, y los deterioros del Tipo "B", en su mayoría de tipo funcional como: fisura longitudinal y transversal de junta de construcción, fisuras de borde, ojos de pescado, pérdida de la película del ligante, pérdida de agregados, descascaramiento y desintegración de los bordes del pavimento, además de deficiencias en el drenaje superficial, al no haber existencia de mantenimientos rutinarios y periódicos.

El Espinal se encuentra a 60 minutos de la ciudad de Ibagué (capital del departamento del Tolima) con una distancia de 57 kilómetros, es el segundo municipio más poblado del departamento del Tolima también conocido como la capital arrocera del centro del país. Se conecta con la variante ubicada adyacentemente a este municipio, vía la cual continua hacia destinos del sur del departamento.

Sobre esta vía principal se ubican diversas fuentes de economía para habitantes del sector, fuentes de ingreso como: restaurantes, bares o discotecas, droguerías, ferreterías, tiendas y supermercados,

además de esto sobre esta vía pasan constantemente los buses de transporte de pasajeros que rodean al municipio de El Espinal. También es uno de los accesos más importantes del municipio a sus sectores industrial, comercial, hotelero, bancario y turístico.

Figura 2. Sección transversal



Fuente: Plano topográfico del proyecto - Alcaldía Municipal El Espinal

6.3 DATOS GENERALES DEL ENTORNO.

El proyecto se encuentra en el Espinal la segunda ciudad del Tolima, el cual tiene una superficie total de 231 km², de los cuales 4.26 km² corresponde al área urbana, este municipio tiene una vocación agrícola, predominando el cultivo de arroz, sorgo, algodón y maíz. (Alcaldía El Espinal, 2019)

Espinal se encuentra a 324 metros sobre el nivel del mar. El clima de Espinal está clasificado como tropical. Este clima es considerado Aw según la clasificación climática de Köppen-Geiger. La temperatura aquí es en promedio 27.7 °C. La precipitación aproximada es de 1415 mm. (Climate.Data.org)

El Espinal se encuentra a 60 minutos de la ciudad de Ibagué (capital del departamento del Tolima) con una distancia de 57 kilómetros, es el segundo municipio más poblado del departamento del Tolima también conocido como la capital arrocera del centro del país. Se conecta con la variante ubicada adyacentemente a este municipio, vía la cual continua hacia destinos del sur del departamento.

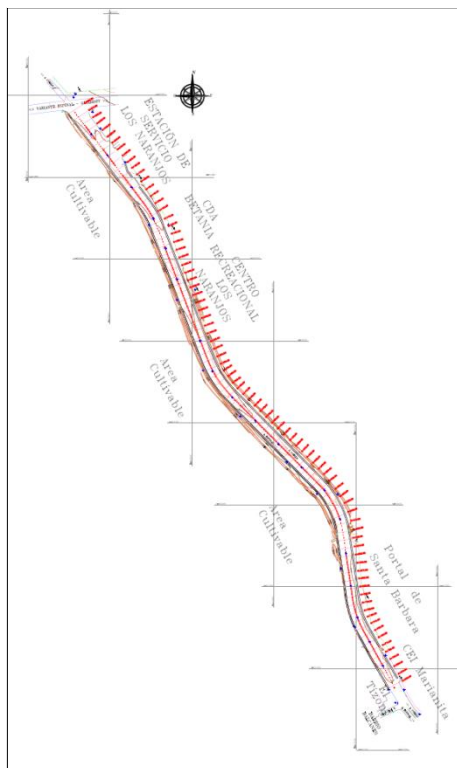
Sobre esta vía principal se ubican diversas fuentes de economía para habitantes del sector, fuentes de ingreso como: restaurantes, bares o discotecas, droguerías, ferreterías, tiendas y supermercados, además de esto sobre esta vía pasan constantemente los buses de transporte de pasajeros que rodean al municipio de El Espinal. También es uno de los accesos más importantes del municipio a sus sectores industrial, comercial, hotelero, bancario y turístico.

6.4 EDIFICACIONES U OBRAS VECINAS.

En las zonas aledañas al terreno de interés se observan construcciones como la estación de servicios los naranjos la cual colinda al noreste, por el costado este se encuentra el centro de diagnóstico Betania, el centro recreacional los naranjos, terreno del portal de santa bárbara y al sureste el Hogar agrupado Marianita.

En el costado oriental se encuentra terrenos de cultivo y al sur oriente de la vía se encuentra el restaurante El Tizón en su mayoría de una planta, de uso principalmente comercial, también se observó terrenos de cultivo. En la **Error! Reference source not found.** se encuentra localizadas las áreas c

Figura 3. Edificaciones u obras vecinas



Fuente: Plano topográfico del proyecto - Alcaldía Municipal El Espinal

7 INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

En la recolección de datos, estos se registraron, clasificaron y se organizaron en un formato ajustado, pero manteniendo los parámetros especificados mediante el documento guía; el cual fue utilizado en campo, registrando cada una de las fallas presentadas en la capa de rodadura, con su respectiva severidad, dimensiones y áreas correspondientes.

En los formatos diligenciados en campo se tuvieron en cuenta la siguiente información;

- Ubicación del abscisado en cada tramo, comenzando en el K0+000 donde se inicia el tramo y terminando en la longitud que se tomó como muestra para realizar la evaluación.
- Carril de la vía donde se está realizando la identificación de fallas por auscultación.
- Tipo de daño de acuerdo a las siglas relacionadas en la tabla 1.
- Severidad en (Alta, media y baja) tomando como referencia la tabla 1.
- Longitud en metros para todas las fallas identificadas.
- Longitud transversal de las fallas en metros, sin embargo, solamente aplica para aquellas fallas que cuentan con un área.
- Área en metros cuadrados para aquellas fallas que deben ser identificadas con el producto de largo por ancho.
- Observación, en caso de encontrar algo fuera de lo común dentro del ejercicio.

El registro fotográfico se presenta como evidencia de la falla encontrada durante la auscultación, enfocando la falla identificada y donde se pueda identificar las dimensiones requeridas, ver Anexo 2.

A continuación, se presentan las tablas donde se registró la información que se evidencio en campo correspondiente a los tipos de daños encontrados con su respectiva severidad, dimensiones y áreas, dicha información se realizó para cada calzada entre el K0+000 al K0+900 y se evaluó cada 100 metros.

Tabla 7. Levantamiento de deterioros del K0+000 al K0+100

Ubicación		Tipo	Severidad	Daño		
				Largo(m)	Ancho(m)	Área (m2)
K0+000 - K0+010	D	PL	3	7.58	8.075	60.429
	D	O	2	0.72	0.76	0.547
	D	O	2	0.54	0.46	0.248
	D	FPC	3	2.57	0.7	1.799
	D	O	3	1.35	0.85	1.148
	D	D	2	0.75	0.55	0.413
	D	D	2	0.76	0.72	0.547
	E	FPC	3	2.3	0.87	2.001
	D	FPC	2	3.5	1	3.500
	E	O	3	0.87	1.63	1.418

Ubicación	Tipo	Severidad	Daño		
			Largo(m)	Ancho(m)	Área (m2)
	E	FLJ	3	10	6.000
	D	DB	1	6.15	3.690
	I	DB	1	10	6.000
	I	PL	3	12.5	9.46
	I	O	2	2.29	0.66
	I	O	2	0.45	0.58
	I	O	2	0.62	0.45
	I	O	2	0.41	0.52
	I	FB	1	2.33	0.6
	I	FB	1	0.59	0.6
	I	FTJ	2	9.76	0.6
	I	FTJ	2	9.76	5.856
K0+010 - K0+020	D	D	2	1.12	0.63
	D	DB	1	10	0.6
	D	PL	2	10	7.65
	E	O	3	7.84	1.69
	I	FLJ	3	10	0.6
K0+020 - K0+030	D	FPC	2	6.29	1.6
	D	FPC	3	5.87	1.14
	D	FPC	2	1.9	0.56
	D	DB	1	10	0.6
	I	PL	1	10	7.3
	I	FLJ	3	3.88	0.6
	D	PL	2	10	8.26
K0+030 - K0+040	D	FPC	3	7.57	1.6
	D	FPC	2	2.26	0.56
	D	FPC	3	10	1.14
	D	PL	2	10	8.08
	I	PL	1	10	6.85

Ubicación		Tipo	Severidad	Daño		
				Largo(m)	Ancho(m)	Área (m2)
K0+040 - K0+050	D	FPC	3	2.8	1.14	3.192
	D	FLJ	3	5.56	0.6	3.336
	E	D	2	5.56	1.19	6.616
	D	FPC	2	2.68	3.03	8.120
	D	PL	2	10	9.55	84.188
	I	PL	2	5	6.78	33.900
	I	PL	3	5	6.78	33.900
K0+050 - K0+060	D	FPC	2	5.6	3.03	16.968
	D	FPC	3	3.87	7.25	28.058
	D	FTJ	1	7.25	0.6	4.350
	D	PL	3	5.6	7.1	39.760
	D	PL	3	3.87	1.96	7.585
	D	FLJ	2	10	0.6	6.000
	E	D	3	2	1.19	2.380
	I	DB	1	7.88	0.6	4.728
	I	FL	3	1.35	0.6	0.810
	I	PL	3	10	6.28	62.800
K0+060 - K0+070	D	FLJ	2	10	0.6	6.000
	D	FPC	3	10	7.25	72.500
	D	PL	3	10	2.3	23.000
	I	FPC	2	8.6	2.5	21.500
	I	FPC	2	1.93	3.58	6.909
	I	FL	3	10	0.6	6.000
	I	PL	3	8.6	3.84	33.024
	I	DB	1	10	0.6	6.000
K0+070 - K0+080	D	FPC	3	10	7.31	73.100
	D	FLJ	2	10	0.6	6.000
	I	FPC	3	10	3.58	35.800

Ubicación	Tipo	Severidad	Daño			
			Largo(m)	Ancho(m)	Área (m2)	
	I	PL	3	10	30.400	
	I	FL	3	7.84	0.3	2.352
	I	DB	2	10	0.3	3.000
K0+080 - K0+090	D	FLJ	2	7.94	0.3	2.382
	D	FPC	3	10	7.31	73.100
	E	FLJ	3	5.97	0.3	1.791
	E	D	2	5.97	1	5.970
	I	FPC	3	10	4.87	48.700
	I	PL	3	10	2.21	22.100
	I	DB	2	10	0.3	3.000
K0+090 - K0+100	D	DB	2	10	0.3	3.000
	D	FPC	3	10	7.43	74.300
	E	FLJ	2	8.44	0.6	5.064
	E	D	2	8.44	1	8.440
	I	FPC	3	10	5.96	59.600
	I	DB	2	10	0.3	3.000
	I	PL	3	10	1.58	15.800

Fuente: Elaboración propia, adaptación Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (Convenio interadministrativo 0587 -03 de 2006).

Tabla 8. Levantamiento de deterioros del K0+100 al K0+200

Ubicación		Tipo	Severidad	Daño		
				Largo(m)	Ancho(m)	Área (m2)
K0+100 - K0+110	D	DB	2	10	0.3	3.000
	D	PL	2	10	2.66	26.600
	D	FPC	2	10	5.06	50.600
	I	D	3	0.42	0.34	0.143
	I	D	3	0.25	0.13	0.033

Ubicación	Tipo	Severidad	Daño			
			Largo(m)	Ancho(m)	Área (m2)	
	I	D	3	0.52	0.96	0.499
	I	D	3	0.2	0.365	0.073
	I	FPC	3	1.79	7.49	13.407
	I	FPC	3	7.93	3.85	30.531
	I	PA	3	0.28	4.35	1.218
	I	O	2	0.9	1.82	1.638
	I	DB	2	10	0.6	6.000
	K0+110 - K0+120	D	FPC	2	2.69	1.65
D		FPC	2	5.56	3.44	19.126
D		FPC	2	1.15	3.44	3.956
D		PL	1	10	7.63	48.779
I		PA	3	10	6.85	60.188
I		DB	2	10	0.6	6.000
I		O	2	1.3	2.45	3.185
I		FPC	3	5.98	1.39	8.312
K0+120 - K0+130	D	FPC	3	5	7.6	31.584
	D	PA	3	1.72	3.73	6.416
	D	DB	1	5	0.3	1.500
	D	DB	2	2.63	0.600	1.578
	D	DB	1	2.37	0.3	0.711
	D	PA	3	5	6.63	26.699
	D	O	3	1.05	1.23	1.292
	D	B	2	0.68	4.48	3.046
	I	FB	1	3.85	0.3	1.155
	I	FL	1	2.44	0.3	0.732
	I	FPC	3	5.22	1.39	7.256
	I	PA	3	0.38	2.75	1.045
	I	FPC	3	3.67	0.74	2.716

Ubicación	Tipo	Severidad	Daño			
			Largo(m)	Ancho(m)	Área (m2)	
	I	DB	2	1.95	0.6	1.170
	I	DB	1	8.05	0.3	2.415
K0+130 - K0+140	D	B	2	0.34	3.62	1.231
	D	DB	2	4.68	0.6	2.808
	D	DB	1	5.32	0.3	1.596
	D	FPC	3	2.94	5.07	13.675
	D	FPC	3	5.06	5.9	29.854
	D	PA	2	2.94	1.79	5.263
	I	FPC	3	1.26	0.74	0.932
	I	DB	1	10	0.6	6.000
	I	PA	3	10	7.2	72.000
	I	FB	1	10	0.3	3.000
	I	FL	1	2.78	0.3	0.834
	I	FL	1	3.32	0.3	0.996
K0+140 - K0+150	D	FPC	3	10	5.56	55.600
	D	DB	1	10	0.3	3.000
	I	FB	2	2.71	0.3	0.813
	I	PA	3	1.84	7	12.88
	I	PA	3	1.86	5.19	9.6534
	I	PA	2	5.3	6.95	36.835
	I	DB	1	10	0.3	3.000
K0+150 - K0+160	D	FPC	2	10	5.27	36.902
	D	FPC	3	7.69	1.58	12.150
	D	FPC	3	2.28	1.6	3.648
	D	DB	1	10	0.3	3.000
	I	DB	1	10	0.3	3.000
	I	PA	2	9.3	6.67	61.435
	I	PA	2	0.7	2.6	1.820

Ubicación	Tipo	Severidad	Daño			
			Largo(m)	Ancho(m)	Área (m2)	
	I	O	1	0.9	0.53	0.477
	I	O	1	0.33	0.36	0.119
	I	B	1	6.11	1.06	6.477
	I	FPC	3	2.2	1	2.200
	I	FPC	2	0.7	4.06	2.842
K0+160 - K0+170	D	FPC	2	7	5.27	36.890
	D	FPC	3	5.79	1.58	9.148
	D	FPC	3	4.22	1.6	6.752
	D	FPC	2	3	6.72	20.160
	D	DB	1	10	0.3	3.000
	E	D	3	4.59	1.04	4.774
	E	O	2	0.98	1.39	1.362
	I	PA	2	4.65	2.59	12.0435
	I	FPC	3	5	4.06	20.3
	I	FPC	3	5	1.37	6.850
	I	PL	2	10	6.8	28.807
K0+170 - K0+180	D	PL	2	10	6.72	67.200
	D	DB	2	10	0.6	6
	E	D	3	10	1.11	11.100
	I	FPC	3	6.48	1.5	9.720
	I	FPC	3	0.9	1.37	1.233
	I	FPC	3	3.72	1.21	4.501
	I	FPC	3	3.05	0.98	2.989
	I	DB	2	10	0.6	6.000
	I	O	1	0.32	0.27	0.086
	I	PL	2	10	6.8	43.470
K0+180 - K0+190	D	FPC	2	10	6.58	65.8
	D	DB	2	10	0.6	6.000

Ubicación	Tipo	Severidad	Daño		
			Largo(m)	Ancho(m)	Área (m2)
	E	D	3	10	11.100
	I	FPC	3	2.36	0.9
	I	FPC	3	0.5	0.98
	I	FPC	2	3.4	1.69
	I	O	1	0.65	0.44
	I	DB	2	10	0.6
	I	PL	2	10	6.87
K0+190 - K0+200	D	FPC	2	10	6.57
	D	DB	2	10	0.6
	E	D	3	10	11.100
	I	PL	2	10	6.47
	I	DB	2	10	0.6

Fuente: Elaboración propia, adaptación Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (Convenio interadministrativo 0587 -03 de 2006).

Tabla 9. Levantamiento de deterioros del K0+200 al K0+300

Ubicación	Tipo	Severidad	Daño		
			Largo(m)	Ancho(m)	Área (m2)
K0+200 - K0+210	D	FPC	2	8.55	6.58
	D	DB	2	10	0.6
	D	PA	1	3.04	1.09
	D	PA	1	4.52	1.87
	D	O	2	0.98	1.12
	D	PA	3	1.45	6.04
K0+210 - K0+220	D	FPC	2	8.12	0.84
	D	PA	2	9.65	4.7
	D	DB	2	3.78	0.6
	D	DB	3	6.2	0.3

Ubicación	Tipo	Severidad	Daño			
			Largo(m)	Ancho(m)	Área (m2)	
	D	FPC	3	0.35	4.7	1.645
	I	FPC	2	1.61	2.34	3.767
	I	FPC	2	5	1.65	8.250
	I	FPC	2	2.97	2.4	7.128
	I	PA	3	2.84	2.83	8.037
	I	PA	3	0.43	5.78	2.485
	K0+220 - K0+230	D	FPC	3	7.36	6.09
D		PA	3	2.64	6.09	16.078
D		D	2	0.58	0.6	0.348
D		DB	1	10	0.3	3.000
I		PA	3	10	6.52	65.200
I		DB	2	10	0.6	6.000
K0+230 - K0+240	D	PA	3	10	6.08	60.800
	D	DB	2	10	0.600	6.000
	I	PA	3	9.31	6.7	62.377
	I	B	2	0.7	0.03	0.021
	I	DB	2	9.31	0.6	5.586
K0+240 - K0+250	D	PA	3	1.51	6.47	9.770
	D	FPC	3	6.6	4.45	29.370
	D	PA	3	1.62	6.42	10.400
	D	DB	2	10	0.6	6.000
	I	B	2	10	0.03	0.300
K0+250 - K0+260	D	PA	3	4.32	4.07	17.582
	D	B	2	0.85	2.1	1.785
	D	O	3	3.46	1.6	5.536
	D	DB	2	5.69	0.6	3.414
	D	PA	3	5.66	6.27	35.488
	I	B	2	0.4	0.03	0.012

Ubicación		Tipo	Severidad	Daño		
				Largo(m)	Ancho(m)	Área (m2)
K0+260 - K0+270	D	PA	3	10	6.3	61.454
	D	DB	2	10	0.6	6.000
	D	O	1	0.83	0.67	0.556
	D	O	1	0.9	1.1	0.990
K0+270 - K0+280	D	FPC	3	3.93	6.24	24.523
	D	FPC	3	6.07	1.1	6.677
	D	D	3	5.92	5.25	31.080
	D	O	1	0.5	0.23	0.115
	D	O	1	0.43	0.28	0.120
	D	B	3	0.84	0.44	0.370
K0+280 - K0+290	D	B	2	0.89	1.21	1.077
	D	B	2	0.98	1.02	1.000
	D	FPC	3	10	6.23	62.300
	I	PA	3	7.11	6.58	46.784
	I	DB	2	7.11	0.6	4.266
K0+290 - K0+300	D	FPC	2	10	6.35	63.5
	I	PA	3	10	6.6	66.000
	I	DB	2	10	0.6	6.000

Fuente: Elaboración propia, adaptación Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (Convenio interadministrativo 0587 -03 de 2006).

Tabla 10. Levantamiento de deterioros del K0+300 al K0+400

Ubicación		Tipo	Severidad	Daño		
Abscisa	Carril			Largo(m)	Ancho(m)	Área (m2)
K0+300 - K0+310	D	FPC	3	4.3	5.2	22.360
	D	B	2	0.8	0.96	0.768

Ubicación		Tipo	Severidad	Daño		
Abscisa	Carril			Largo(m)	Ancho(m)	Área (m2)
	D	FPC	3	5.67	5.08	28.036
	D	DL	2	5.67	1.3	7.371
	D	PA	2	3.52	1.05	3.696
	I	PA	3	2.87	6.4	18.368
	I	FPC	3	7.13	6.4	45.632
	I	DB	1	10	0.3	3.000
	I	O	2	0.92	1.23	1.132
K0+310 - K0+320	D	FPC	3	10	5.07	37.030
	D	PA	3	10	1.05	10.500
	D	D	2	0.58	0.6	0.348
	D	PA	1	1.7	1.7	2.890
	D	PA	1	0.4	0.7	0.280
	D	D	2	0.7	1.23	0.861
	D	O	1	0.5	0.45	0.225
	D	O	1	0.7	0.4	0.280
	D	B	2	0.86	0.47	0.404
	I	DB	2	10	0.6	6.000
	I	FPC	3	10	6.38	63.800
K0+320 - K0+330	D	DB	2	2.85	0.6	1.710
	D	DB	3	3.97	1.58	6.273
	D	PA	3	4.9	1.36	6.664
	D	PA	3	1.88	5.510	10.359
	D	O	2	1.4	0.5	0.700
	D	O	2	1.35	1.29	1.742
	D	PL	2	2.97	6.2	18.414
	D	PL	2	2.03	4.95	10.049
	I	FPC	3	10	6.3	63.000
	I	DB	2	2.9	0.6	1.740

Ubicación		Tipo	Severidad	Daño		
Abscisa	Carril			Largo(m)	Ancho(m)	Área (m2)
	I	DB	1	7.1	0.3	2.130
K0+330 - K0+340	D	PL	2	10	6.3	63.000
	I	FPC	3	10	6.32	63.200
K0+340 - K0+350	D	FPC	2	10	6.3	63.000
	D	DB	1	7.24	0.3	2.172
	D	DB	2	2.75	0.6	1.650
	I	FPC	3	10	3.2	32.000
K0+350 - K0+360	D	FPC	2	5.02	6.39	32.078
	D	PA	3	5	6.28	31.400
	D	DB	2	10	0.6	6.000
	D	O	3	1.39	1.81	2.516
	I	FPC	3	10	5.3	53.000
K0+360 - K0+370	D	O	3	3.28	5.76	18.893
	D	PA	3	1.28	6.72	8.602
	D	PA	3	5	0.86	4.300
	D	DB	2	10	0.6	6.000
	D	FPC	3	5	6.3	31.500
	I	FPC	3	10	3.52	35.200
	I	PL	2	6.8	3.16	21.488
	I	PA	3	3.7	3.16	11.356
	I	O	1	0.42	0.8	0.336
K0+370 - K0+380	D	FPC	3	10	6.78	67.800
	I	PA	3	7.62	3.26	24.841
	I	FPC	3	7.62	3.43	26.137
	I	FPC	3	2.38	6.7	15.946
K0+380 - K0+390	D	FPC	3	10	6.6	66.000
	I	FPC	3	10	6.4	64.000
	I	PA	3	0.97	2.1	2.037

Ubicación		Tipo	Severidad	Daño		
Abscisa	Carril			Largo(m)	Ancho(m)	Área (m2)
K0+390 - K0+400	D	FPC	3	10	6.5	65.000
	I	FPC	3	0.88	3.09	2.719
	I	FPC	3	0.39	1.6	0.624
	I	PA	3	10	6.35	60.157

Fuente: Elaboración propia, adaptación Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (Convenio interadministrativo 0587 -03 de 2006).

Tabla 11. Levantamiento de deterioros del K0+400 al K0+500

Ubicación		Tipo	Severidad	Daño		
Abscisa	Carril			Largo(m)	Ancho(m)	Área (m2)
K0+400 - K0+410	D	FPC	3	10	6.43	64.300
	I	PA	3	10	5.86	53.455
	I	B	2	2.1	2.45	5.145
K0+410 -K0+420	D	FPC	3	10	6.32	54.940
	D	B	2	2.95	2.8	8.260
	I	PA	3	5	6.08	29.752
	I	O	1	0.79	0.82	0.648
	I	FPC	2	5	6.15	28.833
	I	PA	1	0.29	0.48	0.139
	I	PA	1	0.54	0.69	0.373
	I	PA	1	0.51	0.96	0.490
	I	PA	3	0.43	2.13	0.916
K0+420 - K0+430	D	FPC	3	10	6.3	61.830
	D	O	2	1.3	0.9	1.170
	I	FPC	2	10	6.6	66.000
K0+430- K0+440	D	FPC	3	10	6.5	65.000
	I	FPC	2	10	6.48	64.800
	I	O	3	0.8	1.69	1.352

Ubicación		Tipo	Severidad	Daño		
Abscisa	Carril			Largo(m)	Ancho(m)	Área (m2)
K0+440 - K0+450	D	FPC	3	10	6.7	67.000
	I	FPC	3	10	6.7	67.000
K0+450 - K0+460	D	FPC	3	10	5.36	53.600
	D	FPC	2	10	1.2	12.000
	D	FPC	3	10	6.8	68.000
K0+460 - K0+470	D	B	2	1.51	0.560	0.846
	D	B	2	2.48	1.18	2.926
	D	B	2	0.34	0.37	0.126
	D	B	2	0.36	0.46	0.166
	D	FPC	3	6.01	5.36	28.150
	D	FPC	2	6.01	1.2	7.212
	D	FPC	3	3.99	6.38	25.456
	I	FPC	3	10	6.6	66.000
K0+470 - K0+480	D	FPC	3	10	6.38	63.800
	D	DB	1	10	0.3	3.000
	I	FPC	3	10	6.6	66.000
K0+480 - K0+490	D	B	2	0.66	0.22	0.145
	D	FPC	3	10	6.84	68.255
	I	FPC	3	10	6.53	65.300
K0+490 - K0+500	D	FPC	3	10	5.22	52.200
	D	PL	1	10	1.58	15.800
	I	FPC	3	10	6.53	65.300

Fuente: Elaboración propia, adaptación Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (Convenio interadministrativo 0587 -03 de 2006).

Tabla 12. Levantamiento de deterioros del K0+500 al K0+600

Ubicación		Tipo	Severidad	Daño		
Abscisa	Carril			Largo(m)	Ancho(m)	Área (m2)
K0+500 - K0+510	D	FPC	3	10	5.4	54.000
	D	PL	1	10	1.5	15.000
	I	FPC	3	10	6.6	66.000
K0+510 - K0+520	D	FPC	3	10	5.4	54.000
	D	PL	1	10	1.5	15.000
	I	FPC	3	10	6.6	66.000
K0+520 - K0+530	D	O	3	0.61	1.98	1.208
	D	PA	3	1.29	1.86	2.399
	D	FPC	3	5	5.4	23.393
	D	FPC	3	5	4.61	23.050
	D	PL	1	10	1.5	15.000
	I	FPC	2	10	3.34	33.400
	I	PL	1	10	3.24	32.400
	I	O	1	0.44	0.39	0.172
	I	O	1	0.33	0.53	0.175
K0+530 - K0+540	D	PL	3	10	1.54	15.400
	D	FPC	3	10	4.61	30.525
	I	PL	1	0.78	3.34	2.605
	I	FPC	3	0.78	3.24	2.527
	I	O	1	0.64	0.82	0.525
	I	FTJ	1	0.3	6.7	2.010
K0+540 - K0+550	D	FPC	3	10	4.58	45.800
	D	PL	1	10	1.54	15.400
	D	PA	2	5.46	2.61	14.251
	D	DB	3	10	0.3	1.419
K0+550 - K0+560	D	PA	2	8.5	5.39	42.037
	D	DB	2	10	0.600	6.000

Ubicación		Tipo	Severidad	Daño		
Abscisa	Carril			Largo(m)	Ancho(m)	Área (m2)
	D	D	2	0.5	0.37	0.185
	D	B	2	0.95	1.47	1.397
	D	B	2	1.04	1.52	1.581
	D	B	2	1.54	0.4	0.616
	D	PL	2	10	5.39	11.863
K0+560 - K0+570	D	PA	2	1.35	2.52	3.402
	D	FPC	2	8.56	3.46	29.618
	D	FPC	2	1.35	2.18	2.943
	D	DB	2	10	0.6	6.000
	D	O	1	0.4	0.31	0.124
K0+570 -K0+580	D	FPC	2	5	3.52	17.600
	D	FPC	2	5	4	20.000
	D	PL	1	10	1.45	14.500
	D	DB	2	10	0.6	6.000
K0+580 - K0+590	D	PL	1	5	1.84	9.200
	D	FPC	2	5	4	20.000
	D	FPC	2	5	6.6	33.000
	D	DB	2	10	0.6	6.000
K0+590 - K0+600	D	FPC	2	5	6.6	33.000
	D	DB	2	10	0.6	6.000
	I	FTJ	1	0.3	6.9	2.07
	I	FPC	2	5	6.9	34.5

Fuente: Elaboración propia, adaptación Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (Convenio interadministrativo 0587 -03 de 2006).

Tabla 13. Levantamiento de deterioros del K0+600 al K0+700

Ubicación		Tipo	Severidad	Daño		
Abscisa	Carril			Largo(m)	Ancho(m)	Área (m2)
K0+600 - K0+610	D	DB	2	10	0.6	6.000
	D	FPC	3	10	6.5	65.000
	D	B	2	0.62	1.56	0.967
	D	B	2	1.46	1.21	1.767
	E	FLJ	3	4.36	0.6	2.616
	I	FPC	1	5	3.39	16.950
	I	FPC	2	5	3.51	17.550
	I	FPC	2	5	7	35.000
	I	B	2	1.62	1.12	1.814
	I	O	1	0.7	0.82	0.574
K0+610 - K0+620	D	DB	1	10	0.3	3.000
	D	FPC	2	10	6.25	62.500
	D	FTJ	2	0.3	7.05	2.115
	E	FLJ	3	10	0.6	6.000
	I	FPC	2	2	6.7	13.400
	I	DB	2	1.45	0.51	0.740
	I	FTJ	2	0.3	3.67	1.101
K0+620 - K0+630	D	FTJ	2	7.13	0.6	4.278
	D	DB	1	10	0.3	3.000
	D	FPC	2	10	6.9	69.000
	E	FLJ	3	10	0.6	6.000
	I	FTJ	2	0.3	3.34	1.002
	I	FTJ	2	0.3	7.48	2.244
	I	FPC	2	10	6.8	68.000
K0+630 - K0+640	D	DB	1	10	0.300	3.000
	D	FPC	2	10	6.58	65.800
	E	FTJ	3	10	0.6	6.000

Ubicación		Tipo	Severidad	Daño		
Abscisa	Carril			Largo(m)	Ancho(m)	Área (m2)
	I	FPC	2	4.01	6.46	25.905
	I	PL	1	5	7.04	35.200
K0+640 - K0+650	D	DB	1	10	0.3	3.000
	D	FPC	2	10	7.39	73.900
	E	FLJ	3	4.47	0.6	2.682
	I	PL	1	10	6.61	66.100
K0+650 - K0+660	D	DB	1	10	0.3	3.000
	D	FPC	2	10	5.69	56.900
	D	PL	2	10	1.94	19.400
	I	FPC	1	4.74	2.08	9.859
	I	FPC	1	3.22	1.32	4.250
	I	FPC	1	4.25	0.72	3.060
	I	FPC	1	2.3	1.42	3.266
	I	PL	1	10	6.3	42.564
K0+660 -K0+670	D	FPC	2	5	4.69	23.450
	D	FPC	2	5	3.97	19.850
	D	PL	1	10	2.41	24.100
	D	DB	2	10	0.6	6.000
	I	PL	1	10	6.5	65.000
K0+670 - K0+680	D	FPC	2	5	4.11	20.550
	D	PL	1	5	2.9	14.500
	D	FPC	2	5	5.9	29.500
	D	PL	1	5	1.02	5.100
	D	DB	2	10	0.6	6.000
	I	PL	1	8.49	6.3	53.487
	I	FPC	2	1.51	6.3	9.513
K0+680 - K0+690	D	FPC	2	5	3.32	16.600
	D	PL	1	5	3.02	15.10

Ubicación		Tipo	Severidad	Daño		
Abscisa	Carril			Largo(m)	Ancho(m)	Área (m2)
	D	DB	2	10	0.6	6.00
	I	DB	2	2.27	1.4	3.18
	I	FPC	2	10	6.3	59.82
K0+690 - K0+700	D	FPC	2	10	4.25	42.500
	D	FPC	3	7.2	0.6	4.320
	D	DB	2	10	0.6	6.000
	D	PL	1	10	1.49	14.900
	I	FPC	1	8.51	6.3	53.613
	I	FPC	2	1.36	3.08	4.189

Fuente: Elaboración propia, adaptación Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (Convenio interadministrativo 0587 -03 de 2006).

Tabla 14. Levantamiento de deterioros del K0+700 al K0+800

Ubicación		Tipo	Severidad	Daño		
Abscisa	Carril			Largo(m)	Ancho(m)	Área (m2)
K0+700 - K0+710	D	FPC	2	5	4.61	23.050
	D	FPC	3	10	0.6	6.000
	D	FPC	2	5	4.4	22.000
	D	PL	1	10	1.5	15.000
	D	DB	2	10	0.6	6.000
	I	FPC	2	10	3.21	32.100
	I	PL	1	10	2.8	28.000
K0+710 - K0+720	D	DB	2	10	0.6	6.000
	D	FPC	2	1.73	4.75	8.218
	D	FPC	2	10	4.15	41.500
	D	PL	1	10	1.38	13.800
	I	FPC	2	3.62	3.08	11.150
	I	PL	1	3.62	2.1	7.602

Ubicación		Tipo	Severidad	Daño		
Abscisa	Carril			Largo(m)	Ancho(m)	Área (m2)
	I	PL	1	6.38	5.22	33.304
K0+720 - K0+730	D	DB	2	10	0.6	6.000
	D	FPC	2	1.96	3.54	6.938
	D	FPC	2	1.1	0.6	0.660
	D	FPC	2	2.5	1.2	3.000
	D	FPC	2	1.2	0.6	0.720
	D	PL	1	10	5.94	48.082
	I	FPC	3	0.4	2.03	0.812
	I	PL	1	10	5.22	51.388
	I	PL	1	10	5.22	51.388
K0+730 - K0+740	D	DB	2	10	0.6	6.000
	D	FPC	2	0.41	0.6	0.246
	D	PL	1	10	5.840	58.400
	I	FPC	3	7.95	2.03	16.139
	I	PL	3	1.5	5.53	8.295
	I	PL	1	7.95	3.58	28.461
	I	PL	1	7.95	3.58	28.461
K0+740 - K0+750	D	DB	2	10	0.6	6.000
	D	PL	1	10	5.85	58.500
	I	PL	3	10	5.4	50.419
	I	FL	2	5.19	0.69	3.581
	I	FPC	3	1.15	0.6	0.690
	I	FPC	3	1.15	0.6	0.690
K0+750 - K0+760	D	DB	2	10	0.6	6.000
	D	PL	1	9.64	5.27	46.604
	D	FPC	1	3.62	1.16	4.199
	D	FPC	2	0.36	5.52	1.987
	I	FPC	1	2.6	0.89	2.314
	I	FPC	1	2.97	1.13	3.356
	I	O	1	0.52	0.41	0.213
	I	PL	3	10	5.27	46.817
	I	PL	3	10	5.27	46.817

Ubicación		Tipo	Severidad	Daño		
Abscisa	Carril			Largo(m)	Ancho(m)	Área (m2)
K0+760 - K0+770	D	FPC	2	10	5.98	59.800
	I	PL	3	10	5.18	51.800
K0+770 - K0+780	D	FPC	2	5	5.53	27.650
	D	FTJ	2	0.3	6.25	1.875
	D	FPC	2	5	2.65	13.250
	D	PL	1	5	2.97	14.850
	I	FPC	2	3.23	3.42	11.047
	I	B	2	0.79	0.84	0.664
	I	B	2	1.1	0.75	0.825
	I	O	1	0.28	0.25	0.070
	I	O	1	0.4	0.2	0.080
	I	PL	3	6.73	5.48	35.242
	I	PL	3	3.23	1.92	6.202
	I	PL	3	3.23	1.92	6.202
K0+780 - K0+790	D	PL	1	1.64	3.11	5.100
	D	FPC	2	10	6.15	56.400
	I	FPC	2	1.8	3.47	6.246
	I	FPC	1	5.58	5.43	30.299
	I	PL	3	2.54	5.42	13.767
	I	PL	3	1.8	1.87	3.366
	I	DB	1	7.18	0.3	2.154
K0+790 - K0+800	D	FPC	2	5	6.05	30.250
	D	FTJ	1	0.1	6.05	0.605
	I	O	3	0.57	1.54	0.878
	I	FTJ	2	0.3	5.95	1.785
	I	FTJ	1	0.1	5.84	0.584
	I	DT	1	0.6	0.7	0.420

Fuente: Elaboración propia, adaptación Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (Convenio interadministrativo 0587 -03 de 2006).

Tabla 15. Levantamiento de deterioros del K0+800 al K0+900

Ubicación		Tipo	Severidad	Daño		
Abscisa	Carril			Largo(m)	Ancho(m)	Área (m2)
K0+820 - K0+830	D	DL	2	2.29	2.04	4.672
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
K0+830 - K0+840	D	DL	2	4.37	2.04	8.915
	D	FTJ	3	0.3	6.96	2.088
	D	FL	3	4.58	0.6	2.748
	D	O	3	1.45	2.59	3.756
	I	B	3	3.06	4.39	13.433
	I	FTJ	3	0.3	3.21	0.963
	I	B	3	1.61	2.02	3.252
	I	O	3	1.29	3.84	4.954
	I	FL	3	5	0.6	3.000

Fuente: Elaboración propia, adaptación Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (Convenio interadministrativo 0587 -03 de 2006).

7.1.1 Análisis de la información

Haciendo uso de los datos obtenidos mediante el capítulo anterior de recolección de datos se continúa con el procedimiento especificado mediante el "Estudio e investigación del estado actual de las obras de la red nacional de carreteras" convenio interadministrativo 0587 -03 de 2016, en el cual se realiza el siguiente procedimiento; se mide el área de cada tramo y se calcula multiplicando el ancho total de la calzada (o calzadas en ambos carriles) sin incluir las bermas por la longitud del Tramo a evaluar, que para este caso los tramos a evaluar son de 100 metros. Así mismo con relación a esta área se calcula el porcentaje de afectación de cada tramo. El porcentaje de afectación de la vía se calcula dividiendo al área total afectada (que resulta de la suma de los daños encontrados en cada tramo, sin incluir los daños superficiales) entre el área total inspeccionada (que resultada de la suma de las áreas de cada tramo).

Por medio de las siguientes tablas se presenta el resumen del tipo deterioro, el tipo de daño con su respectiva severidad, área de afectación y el porcentaje de afectación de cada uno de los daños encontrados durante la inspección visual llevada a cabo entre el K0+000 al K9+000.

Tabla 16. Resumen deterioro estructural (AH, DL y DT)

TRAMO	ABSCISA		(m2)	Daños de pavimento								
				Deterioro estructural								
				Ahuellamiento			Depresiones o hundimientos longitudinales			Depresiones o hundimientos transversales		
				AH			DL			DT		
	DESDE	HASTA		A	M	B	A	M	B	A	M	B
1	K0+000	K0+100	1.877,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	K0+100	K0+200	1.602,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	K0+200	K0+300	1.445,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	K0+300	K0+400	1.453,37	0,00	0,00	0,00	0,00	7,37	0,00	0,00	0,00	0,00
5	K0+400	K0+500	1.438,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	K0+500	K0+600	1.503,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	K0+600	K0+700	1.496,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	K0+700	K0+800	1.404,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42
9	K0+800	K0+840	530,02	0,00	0,00	0,00	0,00	13,59	0,00	0,00	0,00	0,00
ÁREA TOTAL INSPECCIONADA			12.752,45									

Área Total por severidad y daño (m2)	0,00	0	0	0	20,96	0	0	0	0,42
Área Total afectada por daño (m2)	0,00			20,9574			0,42		
Peso del daño en la sección inspeccionada (%)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,16%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Peso total del daño dentro de la sección inspeccionada (%)	0,00%			0,16%			0,00%		

Fuente: Elaboración propia, adaptación Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (Convenio interadministrativo 0587 -03 de 2006).

Tabla 17. Resumen deterioro estructural (FL, FPC y B)

TRAMO	ABSCISA		(m2)	Daños de pavimento								
				Deterioro estructural								
				Fisuras longitudinales por fatiga			Fisuras piel de cocodrilo			Bacheos y parcheos		
				FL			FPC			B		
	DESDE	HASTA		A	M	B	A	M	B	A	M	B
1	K0+000	K0+100	1.877,50	9,16	0,00	0,00	502,35	69,39	0,00	0,00	0,00	0,00
2	K0+100	K0+200	1.602,37	0,00	0,00	2,56	275,97	312,16	0,00	0,00	4,28	6,48
3	K0+200	K0+300	1.445,72	0,00	0,00	0,00	169,34	133,96	0,00	0,37	4,19	0,00
4	K0+300	K0+400	1.453,37	0,00	0,00	0,00	782,98	95,08	0,00	0,00	1,17	0,00
5	K0+400	K0+500	1.438,37	0,00	0,00	0,00	1.002,13	178,84	0,00	0,00	17,61	0,00
6	K0+500	K0+600	1.503,99	0,00	0,00	0,00	365,30	224,06	0,00	0,00	3,59	0,00
7	K0+600	K0+700	1.496,52	0,00	0,00	0,00	69,32	713,93	91,00	0,00	4,55	0,00
8	K0+700	K0+800	1.404,60	0,00	3,58	0,00	23,64	356,21	40,17	0,00	1,49	0,00
9	K0+800	K0+840	530,02	5,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,69	0,00	0,00
ÁREA TOTAL INSPECCIONADA			12.752,45									

Área Total por severidad y daño (m2)	14,91	3,58	2,56	3191,03	2083,63	131,17	17,06	36,89	6,48
Área Total afectada por daño (m2)	21,05			5405,83			60,42		
Peso del daño en la sección inspeccionada (%)	0,12%	0,03%	0,02%	25,02%	16,34%	1,03%	0,13%	0,29%	0,05%
Peso total del daño dentro de la sección inspeccionada (%)	0,17%			42,39%			0,47%		

Fuente: Elaboración propia, adaptación Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (Convenio interadministrativo 0587 -03 de 2006).

Tabla 18. Resumen deterioro funcional (FLJ, FTJ y FCT)

TRAMO	ABSCISA		(m2)	Daños de pavimento								
				Deterioro funcional								
				Fisura longitudinal de junta de construcción			Fisura transversal de junta de construcción			Fisuras de contracción térmica		
				FLJ			FTJ			FCT		
	DESDE	HASTA		A	M	B	A	M	B	A	M	B
1	K0+000	K0+100	1.877,50	19,46	25,45	0,00	0,00	5,86	4,35	0,00	0,00	0,00
2	K0+100	K0+200	1.602,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	K0+200	K0+300	1.445,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	K0+300	K0+400	1.453,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	K0+400	K0+500	1.438,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	K0+500	K0+600	1.503,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,08	0,00	0,00	0,00
7	K0+600	K0+700	1.496,52	17,30	0,00	0,00	6,00	10,74	0,00	0,00	0,00	0,00
8	K0+700	K0+800	1.404,60	0,00	0,00	0,00	0,00	3,66	1,19	0,00	0,00	0,00
9	K0+800	K0+840	530,02	0,00	0,00	0,00	3,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ÁREA TOTAL INSPECCIONADA			12.752,45									

Área Total por severidad y daño (m2)	36,75	25,45	0,00	9,05	20,26	9,62	0,00	0,00	0,00
Área Total afectada por daño (m2)	62,199			38,93			0		
Peso del daño en la sección inspeccionada (%)	0,29%	0,20%	0,00%	0,07%	0,16%	0,08%	0,00%	0,00%	0,00%
Peso total del daño dentro de la sección inspeccionada (%)	0,49%			0,31%			0,00%		

Fuente: Elaboración propia, adaptación Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (Convenio interadministrativo 0587 -03 de 2006).

Tabla 19. Resumen deterioro funcional (FP, FB y O)

TRAMO	ABSCISA		(m2)	Daños de pavimento								
				Deterioro funcional								
				Fisura de borde			Fisura de borde			Ojos de pescado		
				FP			FB			O		
	DESDE	HASTA		A	M	B	A	M	B	A	M	B
1	K0+000	K0+100	1.877,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,75	15,82	3,06	0,00
2	K0+100	K0+200	1.602,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,81	4,16	1,29	6,19	0,97
3	K0+200	K0+300	1.445,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,54	1,10	1,78
4	K0+300	K0+400	1.453,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,41	3,57	0,84
5	K0+400	K0+500	1.438,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,35	1,17	0,65
6	K0+500	K0+600	1.503,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,21	0,00	1,00
7	K0+600	K0+700	1.496,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,57
8	K0+700	K0+800	1.404,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,88	0,00	0,36
9	K0+800	K0+840	530,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,71	0,00	0,00
ÁREA TOTAL INSPECCIONADA			12.752,45									

Área Total por severidad y daño (m2)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,81	5,91	56,20	15,09	6,17
Área Total afectada por daño (m2)	0			6,72			77,46		
Peso del daño en la sección inspeccionada (%)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,05%	0,44%	0,12%	0,05%
Peso total del daño dentro de la sección inspeccionada (%)	0,00%			0,05%			0,61%		

Fuente: Elaboración propia, adaptación Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (Convenio interadministrativo 0587 -03 de 2006).

Tabla 20. Resumen deterioro funcional (DM, PL y PA)

TRAMO	ABSCISA		(m2)	Daños de pavimento								
				Deterioro funcional								
				Desplazamiento o abultamiento o ahuellamiento de la mezcla			Pérdida de la película de ligante			Pérdida de agregados		
				DM			PL			PA		
	DESDE	HASTA		A	M	B	A	M	B	A	M	B
1	K0+000	K0+100	1.877,50	0,00	0,00	0,00	447,05	315,39	141,50	0,00	0,00	0,00
2	K0+100	K0+200	1.602,37	0,00	0,00	0,00	0,00	290,83	48,78	190,10	117,40	0,00
3	K0+200	K0+300	1.445,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	471,21	45,36	11,77
4	K0+300	K0+400	1.453,37	0,00	0,00	0,00	0,00	112,95	0,00	188,58	3,70	3,17
5	K0+400	K0+500	1.438,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,80	84,12	0,00	1,00
6	K0+500	K0+600	1.503,99	0,00	0,00	0,00	15,40	11,86	119,11	2,40	59,69	0,00
7	K0+600	K0+700	1.496,52	0,00	0,00	0,00	0,00	19,40	336,05	0,00	0,00	0,00
8	K0+700	K0+800	1.404,60	0,00	0,00	0,00	215,91	0,00	409,09	0,00	0,00	0,00
9	K0+800	K0+840	530,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ÁREA TOTAL INSPECCIONADA			12.752,45									

Área Total por severidad y daño (m2)	0,00	0,00	0,00	678,35	750,43	1070,33	936,42	226,14	15,94
Área Total afectada por daño (m2)	0			2499,12			1178,49		
Peso del daño en la sección inspeccionada (%)	0,00%	0,00%	0,00%	5,32%	5,88%	8,39%	7,34%	1,77%	0,12%
Peso total del daño dentro de la sección inspeccionada (%)	0,00%			19,60%			9,24%		

Fuente: Elaboración propia, adaptación Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (Convenio interadministrativo 0587 -03 de 2006).

Tabla 21. Resumen deterioro funcional (D, PU y EX)

TRAMO	ABSCISA		(m2)	Daños de pavimento								
				Deterioro funcional								
				Descascaramiento			Pulimiento de agregados			Exudación		
				D			PU			EX		
	DESDE	HASTA		A	M	B	A	M	B	A	M	B
1	K0+000	K0+100	1.877,50	2,38	22,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	K0+100	K0+200	1.602,37	38,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	K0+200	K0+300	1.445,72	31,08	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	K0+300	K0+400	1.453,37	0,00	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	K0+400	K0+500	1.438,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	K0+500	K0+600	1.503,99	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	K0+600	K0+700	1.496,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	K0+700	K0+800	1.404,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	K0+800	K0+840	530,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ÁREA TOTAL INSPECCIONADA			12.752,45									

Área Total por severidad y daño (m2)	72,28	24,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Área Total afectada por daño (m2)	96,7148			0			0				
Peso del daño en la sección inspeccionada (%)	0,57%	0,19%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Peso total del daño dentro de la sección inspeccionada (%)	0,76%			0,00%			0,00%				

Fuente: Elaboración propia, adaptación Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (Convenio interadministrativo 0587 -03 de 2006).

Tabla 22. Resumen deterioro funcional (AM, AA y DB)

TRAMO	ABSCISA		(m2)	Daños de pavimento								
				Deterioro funcional								
				Afloramiento de mortero			Afloramiento de agua			Desintegración de los bordes del pavimento		
				AM			AA			DB		
	DESDE	HASTA		A	M	B	A	M	B	A	M	B
1	K0+000	K0+100	1.877,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,00	32,42
2	K0+100	K0+200	1.602,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	56,56	27,22
3	K0+200	K0+300	1.445,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,86	51,53	3,00
4	K0+300	K0+400	1.453,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,27	23,10	7,30
5	K0+400	K0+500	1.438,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00
6	K0+500	K0+600	1.503,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,42	30,00	0,00
7	K0+600	K0+700	1.496,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	33,92	15,00
8	K0+700	K0+800	1.404,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	36,00	2,15
9	K0+800	K0+840	530,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ÁREA TOTAL INSPECCIONADA			12.752,45									

Área Total por severidad y daño (m2)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,55	243,11	90,10
Área Total afectada por daño (m2)	0			0			342,75		
Peso del daño en la sección inspeccionada (%)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,07%	1,91%	0,71%
Peso total del daño dentro de la sección inspeccionada (%)	0,00%			0,00%			2,69%		

Fuente: Elaboración propia, adaptación Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (Convenio interadministrativo 0587 -03 de 2006).

Tabla 23. Resumen deterioro funcional (ECB, EB y S)

TRAMO	ABSCISA		(m2)	Daños de pavimento								
				Deterioro funcional								
				Escalonamiento entre calzada y berma			Erosión de las bermas			Segregación		
				ECB			EB			S		
	DESDE	HASTA		A	M	B	A	M	B	A	M	B
1	K0+000	K0+100	1,877.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	K0+100	K0+200	1,602.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	K0+200	K0+300	1,445.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	K0+300	K0+400	1,453.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	K0+400	K0+500	1,438.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	K0+500	K0+600	1,503.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	K0+600	K0+700	1,496.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	K0+700	K0+800	1,404.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	K0+800	K0+840	530.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ÁREA TOTAL INSPECCIONADA			12,752.45									

Área Total por severidad y daño (m2)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Área Total afectada por daño (m2)	0			0			0		
Peso del daño en la sección inspeccionada (%)	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Peso total del daño dentro de la sección inspeccionada (%)	0.00%			0.00%			0.00%		

Fuente: Elaboración propia, adaptación Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (Convenio interadministrativo 0587 -03 de 2006).

Para la siguiente tabla se presenta el resumen del Área Total Afectada del Deterioro Estructural + Funcional, el porcentaje total de afección por tramo y el Área total inspeccionada entre el K0+000 al K9+000.

Tabla 24. Resumen deterioro estructural + funcional, y % de área de daño

TRAMO	ABSCISA		(m2)	Daños de pavimento				
				Deterioro Estructural + Funcional		Resumen		
	DESDE	HASTA		Área Total Afectada (m2)	% Afección por Tramo	% de área de daño, con respecto al total del área afectada	% de daño en la vía, con respecto al total del área de la vía	Área Total Inspeccionada (m2)
1	K0+000	K0+100	1.877,50	1630,07	86,82%	16,61%	12,78%	1.877,50
2	K0+100	K0+200	1.602,37	1384,57	86,41%	14,11%	10,86%	1.602,37
3	K0+200	K0+300	1.445,72	932,43	64,50%	9,50%	7,31%	1.445,72
4	K0+300	K0+400	1.453,37	1258,71	86,61%	12,83%	9,87%	1.453,37
5	K0+400	K0+500	1.438,37	1305,68	90,78%	13,31%	10,24%	1.438,37
6	K0+500	K0+600	1.503,99	839,29	55,80%	8,55%	6,58%	1.503,99
7	K0+600	K0+700	1.496,52	1317,78	88,06%	13,43%	10,33%	1.496,52
8	K0+700	K0+800	1.404,60	1094,75	77,94%	11,16%	8,58%	1.404,60
9	K0+800	K0+840	530,02	47,78	9,01%	0,49%	0,37%	530,02
ÁREA TOTAL INSPECCIONADA			12.752,45	9811,06	76,93%	100%	76,93%	12.752,46

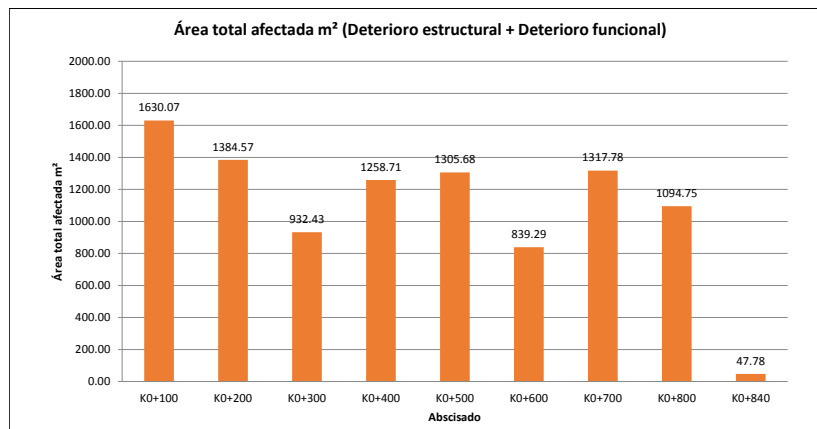
Área Total por severidad y daño (m2)	9811,0619
Área Total afectada por daño (m2)	9811,0619
Peso del daño en la sección inspeccionada (%)	76,93%
Peso total del daño dentro de la sección inspeccionada (%)	76,93%

Fuente: Elaboración propia, adaptación Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (Convenio interadministrativo 0587 -03 de 2006).

Para el entendimiento de estos resultados se entiende que el % total de Afección, corresponde al Área total afectada que para este caso es 9811,06 m2 sobre el Área total inspeccionada en el tramo que se está evaluando, que para este caso corresponde a 12.752,45 m², dando como resultado un 76,93% de afección sobre toda la vía inspeccionada, con el resultado anterior se evidencia que más del 75% de la vía presenta afección con deterioros tanto estructurales como funcionales, lo que genera una condición desfavorable a la capa de rodadura del pavimento.

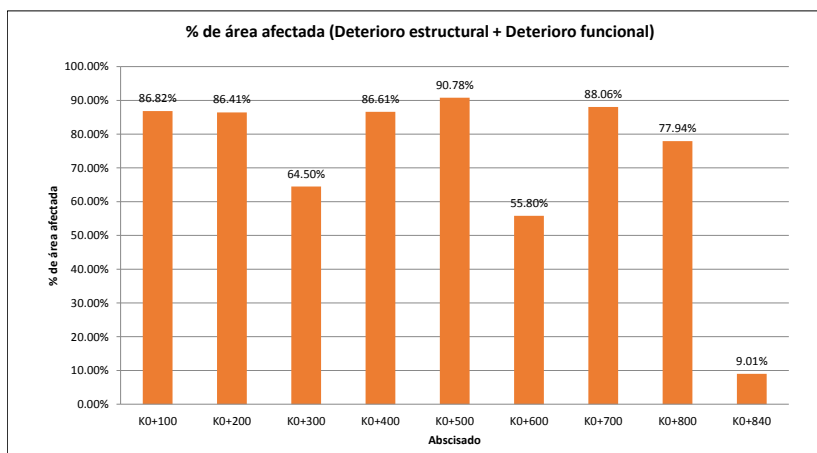
A continuación, se presenta una gráfica donde se ilustra el área afectada en m² del (Deterioro estructural + Deterioro funcional) por cada tramo estudiado, y adicionalmente se presenta la gráfica del % de área afectada del (Deterioro estructural + Deterioro funcional) por cada tramo estudiado.

Figura 4. Área total afectada m² (Deterioro estructural + Deterioro funcional)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. % de área afectada (Deterioro estructural + Deterioro funcional)



Fuente: Elaboración propia.

De la gráfica anterior se puede evidenciar que 8 de los 9 tramos que se están evaluando presentan más de un 50% de afectación por deterioros tanto estructurales como funcionales, y en cuanto al tramo restante presenta una afectación por deterioros del 9.01%, tendiendo encuntra los resultados anteriores, se evidencia que del K0+000 al K0+800 de la vía evaluada presenta una gran afectación en la capa de rodadura por deterioros estructurales como deterioros funcionales.

En la siguiente tabla se presenta el resumen del área total afectada por el deterioro estructural, el área total afectada por el deterioro funcional y el porcentaje total de afección por tramo evaluado del deterioro estructural y funcional.

Tabla 25. Resumen de deterioro estructural y funcional

TRAMO	ABSCISA		(m2)	Daños de pavimento			
				Deterioro estructural		Deterioro funcional	
	DESDE	HASTA		Área Total Afectada (m2)	Afección por Tramo	Área Total Afectada (m2)	Afección Por Tramo
1	K0+000	K0+100	1,877.50	580.91	30.94%	1049.16	55.88%
2	K0+100	K0+200	1,602.37	601.45	37.53%	783.12	48.87%
3	K0+200	K0+300	1,445.72	307.86	21.29%	624.57	43.20%
4	K0+300	K0+400	1,453.37	886.60	61.00%	372.11	25.60%
5	K0+400	K0+500	1,438.37	1198.59	83.33%	107.09	7.45%
6	K0+500	K0+600	1,503.99	592.95	39.43%	246.34	16.38%
7	K0+600	K0+700	1,496.52	878.80	58.72%	438.98	29.33%
8	K0+700	K0+800	1,404.60	425.51	30.29%	669.24	47.65%
9	K0+800	K0+840	530.02	36.02	6.80%	11.76	2.22%
ÁREA TOTAL INSPECCIONADA			12,752.45	5,508.68	43.20%	4,302.38	33.74%

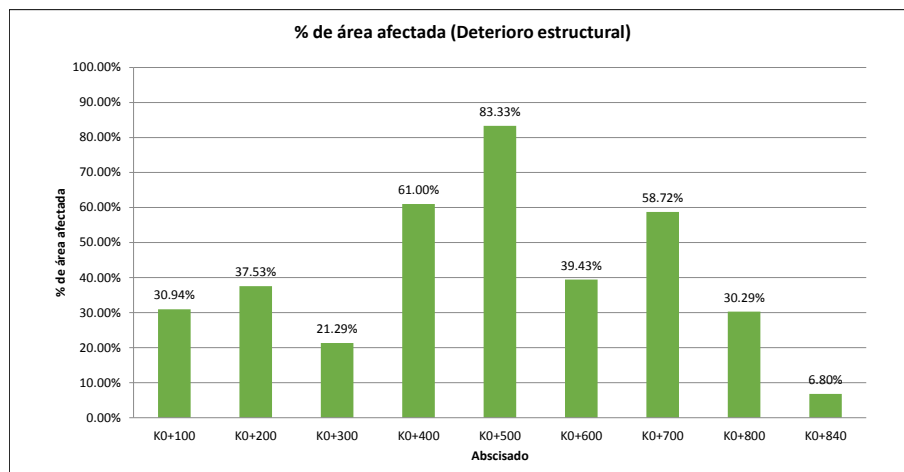
Fuente: Elaboración propia, adaptación Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles (Convenio interadministrativo 0587 -03 de 2006).

Con respecto a los resultados de la tabla anterior, se entiende que el % total de afección por el deterioro estructural, corresponde al área total afectada por el deterioro estructural que para este caso son 5.508,68 m² sobre el área total inspeccionada en el tramo estudiado que para este caso corresponde a 12.752,45 m², dando como resultado total un 43,20% de afección por deterioro estructural sobre toda la vía inspeccionada, y para el resultado del % total de afección por deterioro funcional, corresponde al área total afectada por el deterioro funcional que para este caso corresponde a 4.302,38 m² sobre el área total inspeccionada en el tramo estudiado que para este caso corresponde a 12.752,45 m², dando como resultado total un 33,74% de afección por deterioro funcional sobre toda la vía inspeccionada.

A continuación, se presenta una gráfica donde se ilustra el área afectada en m² del (Deterioro estructural) por cada tramo estudiado, y adicionalmente se presenta la gráfica del % de área afectada del (Deterioro estructural) por cada tramo estudiado.

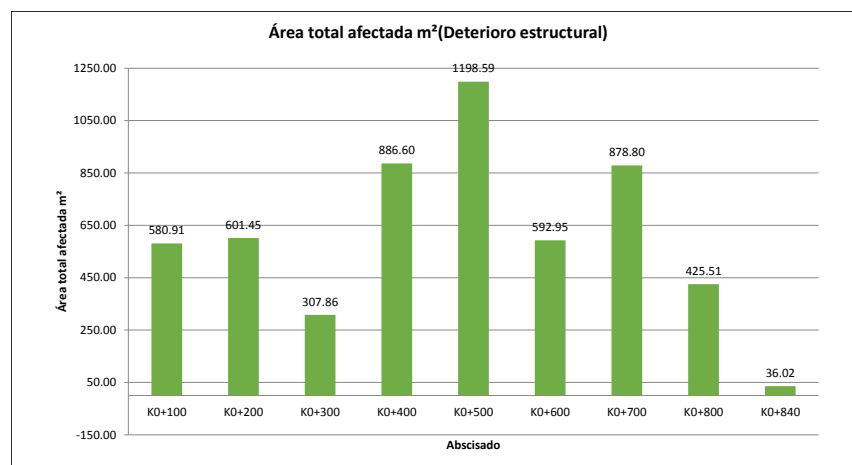
Para el cálculo del % de área afectada por el deterioro estructural por cada tramo evaluado, este valor se calcula tomando el área total afectada por el deterioro estructural por tramo, sobre el área total inspeccionada por tramo y de esta manera se conoce el peso en % de daño de área afectada por tramo por el deterioro estructural.

Figura 6. % de área afectada (Deterioro estructural)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. Área total afectada m² (Deterioro estructural)

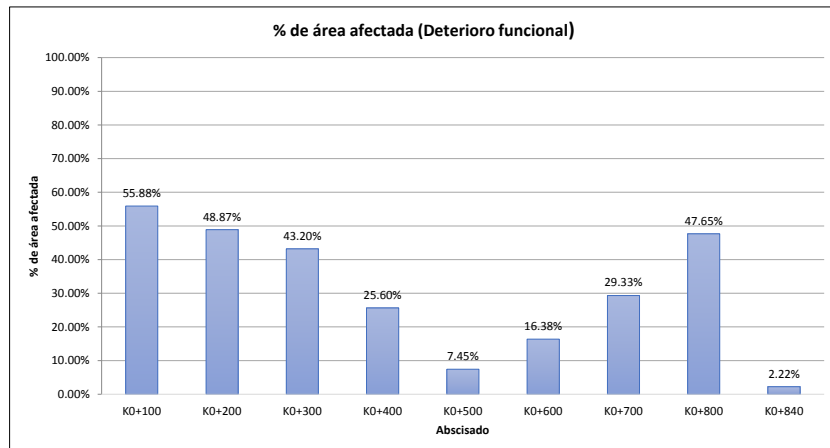


Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura se ilustra el % de área afectada por el deterioro funcional por cada tramo evaluado, este valor se calcula tomando el área total afectada por el deterioro funcional por tramo, sobre el área total inspeccionada por tramo y de esta manera se conoce el peso en % de daño de área afectada por tramo del deterioro funcional.

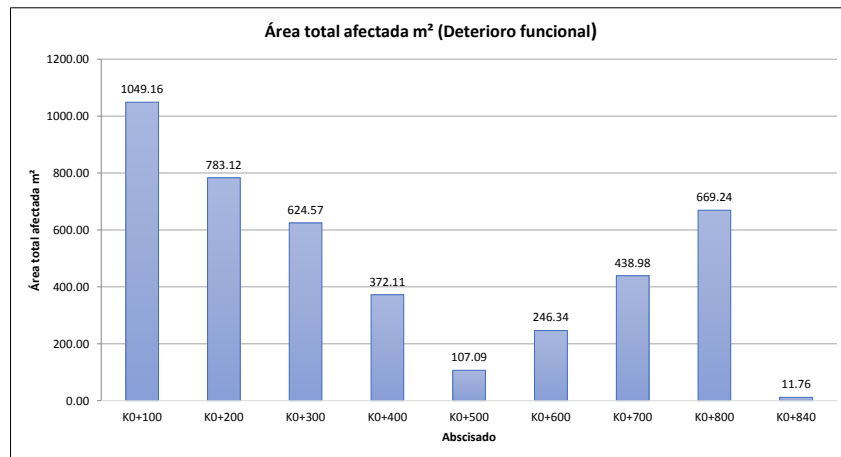
A continuación, se presenta una gráfica donde se ilustra el área afectada en m² del (Deterioro estructural) por cada tramo estudiado, y adicionalmente se presenta la gráfica del % de área afectada del (Deterioro estructural) por cada tramo estudiado.

Figura 8. % de área afectada (Deterioro funcional)



Fuente: Elaboración propia.

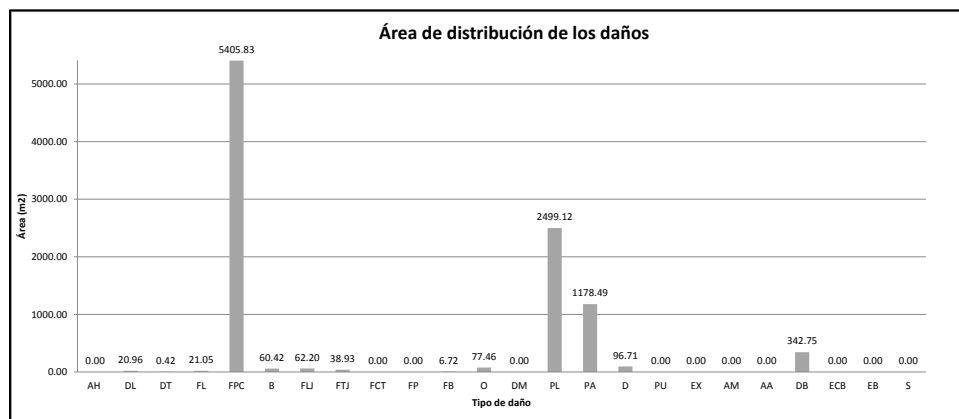
Figura 9. Área total afectada m² (Deterioro funcional)



Fuente: Elaboración propia.

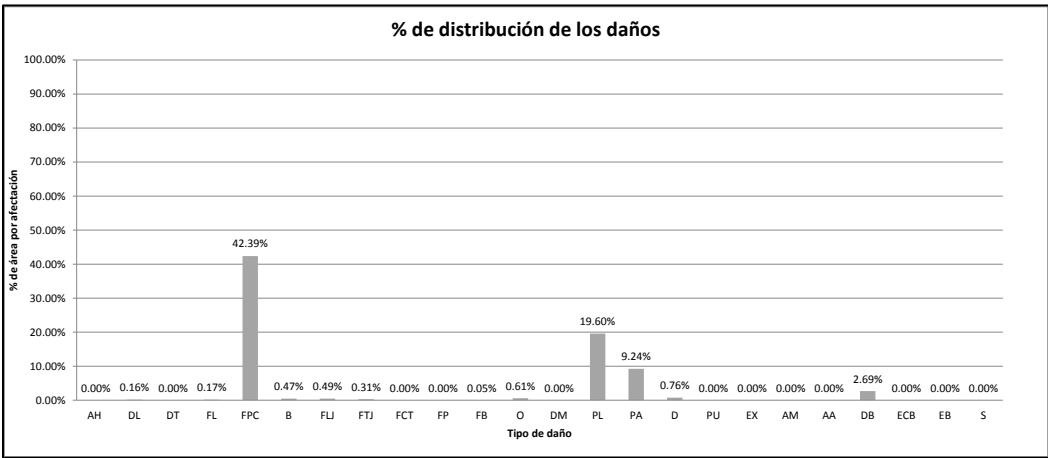
En las siguientes figuras se ilustra el área de distribución por daños en m² del área total afectada, y adicionalmente se presenta la gráfica del % de distribución por daños del área total afectada.

Figura 10. Área de distribución por daños con respecto al área total afectada



Fuente: Elaboración propia.

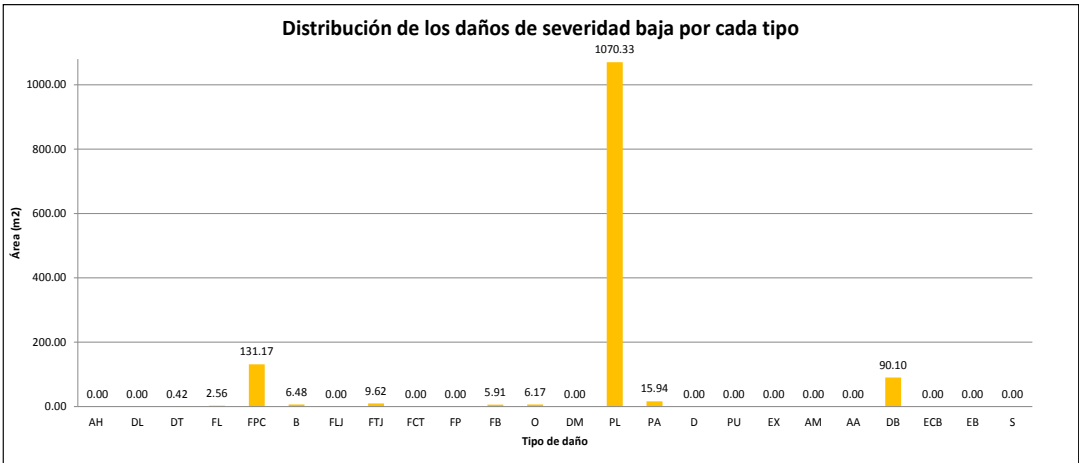
Figura 11. % de distribución por daños con respecto al área total afectada



Fuente: Elaboración propia.

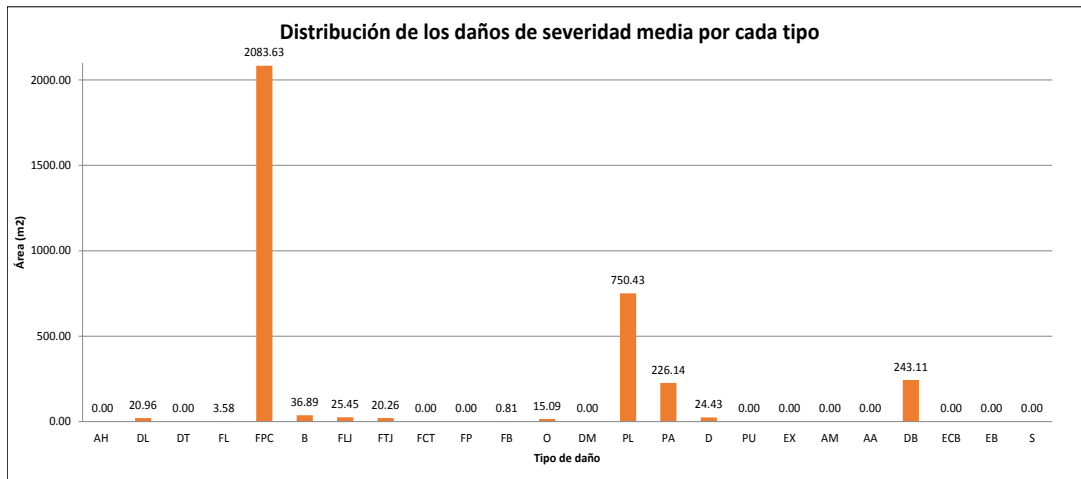
A continuación, se presentan las figuras donde se ilustra la distribución de los daños en m² de la severidad baja, media y alta para cada tipo de daño encontrado en el tramo evaluado entre el K0+000 al K0+900.

Figura 12. Distribución de los daños de severidad baja por cada tipo



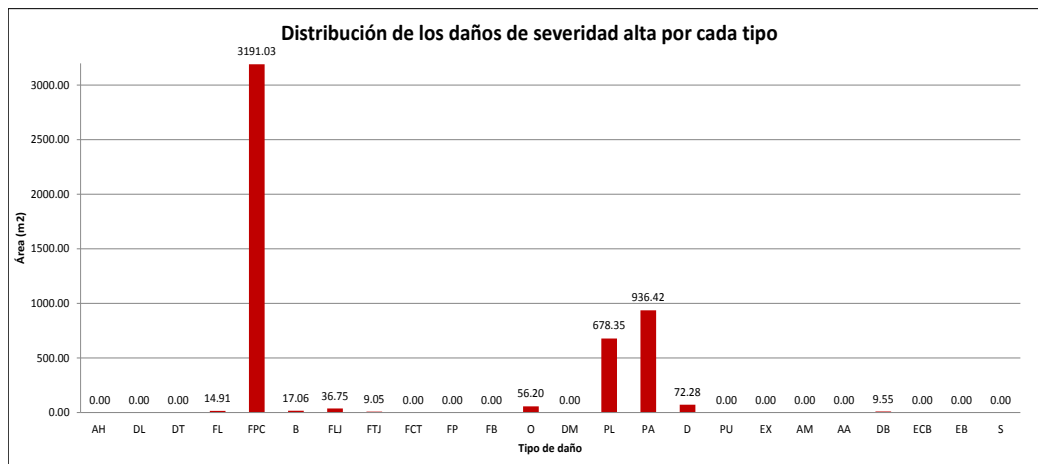
Fuente: Elaboración propia.

Figura 13. Distribución de los daños de severidad media por cada tipo



Fuente: Elaboración propia.

Figura 14. Distribución de los daños de severidad alta por cada tipo



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a las figuras anteriores el daño más representativo del deterioro tipo estructural son las fisuras piel de cocodrilo con un 42.39% de daño con respecto al área total afectada, este tipo de daños son producidas por fatiga debido a la acción repetitiva de cargas del tránsito, también se considera por un espesor de estructura insuficiente o por la deformación de la subrasante y compactación deficiente de las capas granulares, lo que conllevan que afecten directamente el estado estructural del pavimento. Para los deterioros tipo funcional el daño más representativo es la pérdida de película de ligante con un 19.60 % de daño, este tipo de daño no influye en la capacidad estructural de la vía debido a que los daños tipo B se caracterizan por su condición funcional y su origen se encuentra más bien en deficiencias constructivas.

7.1.2 Determinación de nivel de gravedad por tramo

Para esta metodología se trabaja en tramos de 100 metros con un nivel de gravedad representativo que se identifica con la letra "G", este dato se toma tanto por los deterioros de "Tipo A" como de "Tipo B.

Como es posible que uno o más deterioros se presenten con distintos niveles de gravedad en una sección sometida a inspección, el nivel representativo de la sección se establece como un promedio ponderado, mediante la expresión:

$$G = \frac{l_1 + 2l_2 + 3l_3}{l_1 + l_2 + l_3}$$

Dónde: li: longitud ocupada por el deterioro con gravedad "i" dentro del tramo bajo evaluación.

Como la gravedad es un número entero (1, 2 o 3), el valor obtenido al realizar la ponderación se deberá redondear de acuerdo con el siguiente criterio:

Si $G < 1.5$ se toma 1
Si $1.5 \leq G < 2.5$ se toma 2
Si $G \geq 2.5$ se toma 3

A continuación, se presenta los valores de gravedad obtenidos tanto para gravedad tipo A y tipo B del tramo de evaluación que va del K0+000 al K0+900.

Tabla 26. Gravedad deterioros tipo A (AH, DL y DT)

PR		Longitud de Muestreo (m)	Ancho de calzada (m)	Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales					
				AH	DL	DT	Long (m)	Deterioro %	Gravedad
DE	HASTA			Long (m)	Long (m)	Long (m)			
0+0000	0+0100	100	9.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+0100	0+0200	100	8.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+0200	0+0300	100	7.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+0300	0+0400	100	7.27	0.00	5.67	0.00	5.67	5.67	2.00
0+0400	0+0500	100	7.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+0500	0+0600	100	7.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+0600	0+0700	100	7.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00
0+0700	0+0800	100	7.02	0.00	0.00	0.60	0.60	0.60	1.00
0+0800	0+0840	40	6.63	0.00	6.66	0.00	6.66	16.65	2.00

Fuente: Elaboración propia, adaptación Guía Metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. INVIAS

Tabla 27. Gravedad deterioros tipo A (FLF y FPC)

PR		Longitud de Muestreo (m)	Ancho de calzada (m)	Fisuras longitudinales por fatiga			Fisuras piel de cocodrilo		
				FLF	Deterioro %	Gravedad	FPC	Deterioro %	Gravedad
DE	HASTA			Long (m)			Long (m)		
0+0000	0+0100	100	9.39	19.19	19.19	3.00	137.74	137.74	2.00
0+0100	0+0200	100	8.01	8.54	8.54	1.00	161.54	161.54	2.00
0+0200	0+0300	100	7.23	0.00	0.00	0.00	70.56	70.56	2.00
0+0300	0+0400	100	7.27	0.00	0.00	0.00	158.39	158.39	2.00
0+0400	0+0500	100	7.19	0.00	0.00	0.00	201.01	201.01	2.00
0+0500	0+0600	100	7.52	0.00	0.00	0.00	120.69	120.69	2.00
0+0600	0+0700	100	7.48	0.00	0.00	0.00	169.62	169.62	2.00
0+0700	0+0800	100	7.02	5.19	5.19	2.00	117.18	117.18	2.00
0+0800	0+0840	40	6.63	9.58	23.95	3.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia, adaptación Guía Metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. INVIAS

Tabla 28. Gravedad deterioros tipo A (B) y nivel de gravedad representativo GR

PR		Longitud de Muestreo (m)	Ancho de calzada (m)	Bacheos y parcheos			Nivel de Gravedad Representativo G _R
				B	Deterioro %	Gravedad	
DE	HASTA			Long (m)			
0+0000	0+0100	100	9.39	0.00	0.00	0.00	2.00
0+0100	0+0200	100	8.01	7.13	7.13	1.00	2.00
0+0200	0+0300	100	7.23	14.66	14.66	1.00	1.00
0+0300	0+0400	100	7.27	1.66	1.66	2.00	2.00
0+0400	0+0500	100	7.19	10.04	10.04	2.00	1.00
0+0500	0+0600	100	7.52	3.53	3.53	2.00	1.00
0+0600	0+0700	100	7.48	3.70	3.70	2.00	1.00
0+0700	0+0800	100	7.02	1.89	1.89	2.00	3.00
0+0800	0+0840	40	6.63	4.67	11.68	3.00	2.00

Fuente: Elaboración propia, adaptación Guía Metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. INVIAS

Tabla 29. Gravedad deterioros tipo B (FLJ, FTJ, FCT, FP y FB)

PR		Longitud de Muestreo (m)	Ancho de calzada (m)	Fisuras									
				FLJ		FTJ		FCT		FP		FB	
DE	HASTA			Long (m)	G	Long (m)	G	Long (m)	G	Long (m)	G	Long (m)	G
0+0000	0+0100	100	9.39	81.79	2.00	17.01	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.92	1.00
0+0100	0+0200	100	8.01	28.83	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.56	1.00
0+0200	0+0300	100	7.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+0300	0+0400	100	7.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+0400	0+0500	100	7.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+0500	0+0600	100	7.52	0.00	0.00	0.60	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+0600	0+0700	100	7.48	0.00	0.00	18.33	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+0700	0+0800	100	7.02	0.00	0.00	0.80	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+0800	0+0840	40	6.63	0.00	0.00	0.60	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia, adaptación Guía Metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. INVIAS

Tabla 30. Gravedad deterioros tipo B (DM)

PR		Longitud de Muestreo (m)	Ancho de calzada (m)	Deformación	
				DM	
DE	HASTA			Long (m)	G
0+0000	0+0100	100	9.39	0.00	0.00
0+0100	0+0200	100	8.01	0.00	0.00
0+0200	0+0300	100	7.23	0.00	0.00
0+0300	0+0400	100	7.27	0.00	0.00
0+0400	0+0500	100	7.19	0.00	0.00
0+0500	0+0600	100	7.52	0.00	0.00
0+0600	0+0700	100	7.48	0.00	0.00
0+0700	0+0800	100	7.02	0.00	0.00
0+0800	0+0840	40	6.63	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia, adaptación Guía Metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. INVIAS

Tabla 31. Gravedad deterioros tipo B (O, PL, PA y D)

PR		Longitud de Muestreo (m)	Ancho de calzada (m)	Desprendimientos								
				O		PL		PA		D		
DE	HASTA			Unidad	G	Long (m)	G	Long (m)	G	G	Área (m²)	G
0+0000	0+0100	100	9.39	15.09	2.00	158.15	3.00	0.00	0.0	0.00	25.07	2.00
0+0100	0+0200	100	8.01	6.43	2.00	70.00	2.00	53.97	2.00	0.00	38.82	3.00
0+0200	0+0300	100	7.23	7.10	3.00	0.00	0.00	94.10	3.00	0.00	31.43	1.00
0+0300	0+0400	100	7.27	8.57	2.00	21.80	2.00	58.84	3.00	0.00	1.21	2.00
0+0400	0+0500	100	7.19	2.89	2.00	10.00	1.00	16.77	2.00	0.00	0.00	0.00
0+0500	0+0600	100	7.52	2.42	2.00	85.78	2.00	16.60	1.00	0.00	0.19	2.00
0+0600	0+0700	100	7.48	0.70	1.00	88.49	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+0700	0+0800	100	7.02	1.77	2.00	150.03	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+0800	0+0840	40	6.63	2.74	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia, adaptación Guía Metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. INVIAS

Tabla 32. Gravedad deterioros tipo B (PU, EX, AM y AA)

PR		Longitud de Muestreo (m)	Ancho de calzada (m)	Afloramientos							
				PU		EX		AM		AA	
DE	HASTA			Long (m)	G	Long (m)	G	Long (m)	G	Long (m)	G
0+0000	0+0100	100	9.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+0100	0+0200	100	8.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+0200	0+0300	100	7.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+0300	0+0400	100	7.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+0400	0+0500	100	7.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+0500	0+0600	100	7.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+0600	0+0700	100	7.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+0700	0+0800	100	7.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+0800	0+0840	40	6.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia, adaptación Guía Metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. INVIAS

Tabla 33. Gravedad deterioros tipo B (DB, ECB, EB y S)

PR		Longitud de Muestreo (m)	Ancho de calzada (m)	Otros Deterioros							
				DB		ECB		EB		S	
DE	HASTA			Long (m)	G	Long (m)	G	Long (m)	G	Long (m)	G
0+0000	0+0100	100	9.39	94.03	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+0100	0+0200	100	8.01	180.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+0200	0+0300	100	7.23	102.09	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+0300	0+0400	100	7.27	66.81	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+0400	0+0500	100	7.19	10.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+0500	0+0600	100	7.52	60.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+0600	0+0700	100	7.48	103.72	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+0700	0+0800	100	7.02	67.18	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+0800	0+0840	40	6.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia, adaptación Guía Metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. INVIAS

7.1.2.1 Determinación de los índices

Luego de obtener el nivel de gravedad tanto para deterioros del tipo A como del tipo B para cada tramo intervenido, se requiere trasladar la información con la que contamos a una tabla adaptada de acuerdo a lo indicado por el manual (Formato B.4 Resumen Cálculo del índice de deterioro superficial Is por sección a 100 metros).

Sin embargo, cabe aclarar que para este formato solamente se tienen en cuenta los siguientes tipos de deterioro: Fisuras longitudinales por fatiga (FLF), Fisuras piel de cocodrilo (FPC), Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales (AH, DL, DT) y Bacheos y parcheos.

7.1.2.2 Índices de fisuración (If) e índice de deformación (Id)

Luego de tener los datos organizados en la tabla adaptada (Formato B.4 Resumen Cálculo del índice de deterioro superficial Is por sección a 100 metros) podemos determinar los índices tanto de fisuración (If) como de deformación (Id) de acuerdo a la siguiente matriz:

Figura 15. Matriz para determinar los índices If e Id

Examen Visual	(1) Índice de Fisuración If	Extension	0 a 10 %	10 a 50 %	> 50 %
		Gravedad			
		1	1	2	3
		2	2	3	4
		3	3	4	5

Examen Visual	Índice de Deformación Id	Extension	0 a 10 %	10 a 50 %	> 50 %
		Gravedad			
		1	1	2	3
		2	2	3	4
		3	3	4	5

(1) Cálculo efectuado separadamente de la fisuración longitudinal y la fatiga. Se adoptan el mayor de los dos valores calculados.

Fuente: Guía Metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. INVIAS

A continuación, se presenta la tabla 34, en la cual se ilustra el resumen del cálculo del índice de fisuración If(1), If(2) y el cálculo del índice de fisuración (If) para Fisuras longitudinales por fatiga (FLF) y Fisuras piel de cocodrilo (FPC).

Tabla 34. Determinación de índice de deterioro superficial If(1) y If(2) FLF y FPC

PR		Cálculo del Índice de Fisuración (If)						
		Fisuras longitudinales por fatiga (FLF)			Fisuras piel de cocodrilo (FPC)			Índice de Fisuración If
		Extensión % de longitud	Gravedad	If(1)	Extensión % de longitud	Gravedad	If(2)	
DE	HASTA							
0+0000	0+0100	19.19	3.00	4.00	137.74	2.00	4	4
0+0100	0+0200	8.54	1.00	1.00	161.54	2.00	4	4
0+0200	0+0300	0.00	0.00	0.00	70.56	2.00	4	4
0+0300	0+0400	0.00	0.00	0.00	158.39	2.00	4	4
0+0400	0+0500	0.00	0.00	0.00	201.01	2.00	4	4
0+0500	0+0600	0.00	0.00	0.00	120.69	2.00	4	4
0+0600	0+0700	0.00	0.00	0.00	169.62	2.00	4	4
0+0700	0+0800	5.19	2.00	3.00	117.18	2.00	4	4
0+0800	0+0840	9.58	3.00	4.00	0.00	0.00	0	4

Fuente: Elaboración propia, adaptación Guía Metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. INVIAS

De la misma manera se presenta la tabla 35, en la cual se presenta el resumen del cálculo del índice de deformación (Id) para Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales (AH, DL, DT).

Tabla 35. Determinación de índice de deterioro superficial del pavimento flexible por metodología VIZIR para AH, DL y DT

PR		Cálculo del Índice de Deformación (Id)		
		Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales (AH, DL, DT)		
		Extensión % de longitud	Gravedad	Id
DE	HASTA			
0+0000	0+0100	0.00	0.00	0
0+0100	0+0200	0.00	0.00	0
0+0200	0+0300	0.00	0.00	0
0+0300	0+0400	5.67	2.00	2
0+0400	0+0500	0.00	0.00	0
0+0500	0+0600	0.00	0.00	0
0+0600	0+0700	0.00	2.00	0
0+0700	0+0800	0.60	1.00	1
0+0800	0+0840	6.66	2.00	2

Fuente: Elaboración propia, adaptación Guía Metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. INVIAS

7.1.2.3 Índice de deterioro superficial inicial (Is)

Luego de que obtenemos los índices de fisuración (If) y el índice de deformación (Id) procedemos a determinar el índice de deterioro superficial inicial (Is), el cual es determinado con los deterioros de las Fisuras longitudinales por fatiga (FLF), las Fisuras piel de cocodrilo (FPC) y el Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales (AH, DL, DT). A continuación, se presenta la matriz para determinar el índice de deterioro superficial inicial (Is).

Figura 16. Determinación índice de deterioro Is

Primer Calificación del índice de Deterioro, **Is**

If \ Id	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

Fuente: Guía Metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. INVIAS

A continuación, en la tabla 36, se presenta el resumen del cálculo del índice de deterioro superficial inicial (Is).

Tabla 36. Determinación de índice de deterioro superficial inicial Is

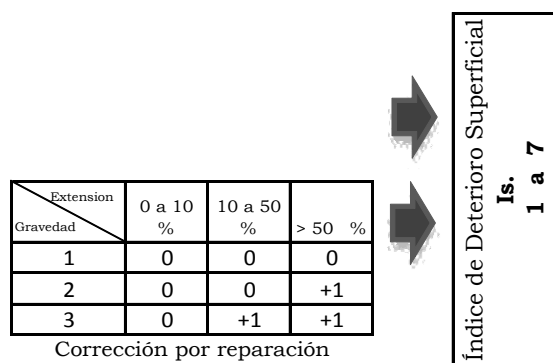
PR		Cálculo del Índice de Fisuración (If)	Cálculo del Índice de Deformación (Id)	Índice de Deterioro Superficial Inicial Is
		Índice de Fisuración If	Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales (AH, DL, DT)	
DE	HASTA		Id	
0+0000	0+0100	4	0	4
0+0100	0+0200	4	0	4
0+0200	0+0300	4	0	4
0+0300	0+0400	4	2	5
0+0400	0+0500	4	0	4
0+0500	0+0600	4	0	4
0+0600	0+0700	4	0	4
0+0700	0+0800	4	1	5
0+0800	0+0840	4	2	5

Fuente: Elaboración propia, adaptación Guía Metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. INVIAS

7.1.2.4 Índice de deterioro superficial final (Is)

Para determinar el Índice de deterioro superficial final (Is), se requiere realizar un ajuste al índice de deterioro superficial inicial (Is), el cual se halla con los porcentajes de deterioro correspondientes a los bacheos y parcheos. A continuación, se presenta la matriz para determinar el Índice de deterioro superficial final (Is).

Figura 17. Corrección del índice de deterioro superficial



Fuente: Guía Metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. INVIAS

A continuación, se presenta la tabla 37, donde se ilustra el resumen del cálculo del índice de deterioro superficial final (Is).

Tabla 37. Determinación de índice de deterioro superficial final Is

PR		Índice de Deterioro Superficial Inicial Is	Corrección y Cálculo Índice de Deterioro Superficial			
			Bacheos y parcheos			Índice de Deterioro Superficial Final Is
			Extensión % de longitud	Gravedad	Corrección	
DE	HASTA					
0+0000	0+0100	4	0,00	0,00	0	4
0+0100	0+0200	4	7,13	1,00	0	4
0+0200	0+0300	4	14,66	1,00	0	4
0+0300	0+0400	5	1,66	2,00	0	5
0+0400	0+0500	4	10,04	2,00	0	4
0+0500	0+0600	4	3,53	2,00	0	4
0+0600	0+0700	4	3,70	2,00	0	4
0+0700	0+0800	5	1,89	2,00	0	5
0+0800	0+0840	5	4,67	3,00	0	5

Fuente: Elaboración propia, adaptación Guía Metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. INVIAS

7.1.3 Clasificación del estado del pavimento

Luego de que se obtuvo el índice de deterioro final (Is) podemos relacionarlo con el estado general de los tramos que se evaluaron cada 100 metros, a continuación, se presenta la tabla 38, la cual nos informa la clasificación del pavimento de acuerdo al índice de deterioro superficial final (Is).

Tabla 38. Clasificación del estado del pavimento de acuerdo a Is final

CATEGORÍA	Is
Condición buena	1.0 – 2.0
Condición marginal	3.0 – 4.0
Condición deficiente	5.0 – 6.0 – 7.0

Fuente: Guía Metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. INVIAS

A continuación, se presenta la categoría en la cual se clasifica el estado del pavimento.

Tabla 39. Clasificación de la categoría del estado del pavimento

PR		Corrección y Cálculo Índice de Deterioro Superficial	Categoría
		Índice de Deterioro Superficial Final Is	
DE	HASTA		
0+0000	0+0100	4	Marginal
0+0100	0+0200	4	Marginal
0+0200	0+0300	4	Marginal
0+0300	0+0400	5	Deficiente
0+0400	0+0500	4	Marginal
0+0500	0+0600	4	Marginal
0+0600	0+0700	4	Marginal
0+0700	0+0800	5	Deficiente
0+0800	0+0840	5	Deficiente

Fuente: Elaboración propia, adaptación Guía Metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. INVIAS

Teniendo en cuenta la tabla anterior se evidencia que el tramo de estudio se encuentra en categoría Marginal-Deficiente.

7.2 POSIBLES ALTERNATIVAS PARA LA REHABILITACIÓN DEL TRAMO EN ESTUDIO

Para brindar la alternativa que más se ajusta al tramo de estudio, se utilizó la Guía metodológica para rehabilitación para carreteras parte 4 pagina 263-327 "Selección de técnicas de Rehabilitación vial"; la vía se dividirá en secciones de 100 metros y de acuerdo al deterioro estructural más representativo según la metodología Vizir que anteriormente se evaluó, se obtendrá la alternativa de rehabilitación que por economía, comodidad y seguridad es la más adecuada. Las posibles técnicas de rehabilitación son: restauración, refuerzo, reciclado y reconstrucción, a continuación, se presenta los deterioros típicos de los pavimentos de concreto asfáltico y posibles técnicas rehabilitación.

Figura 18. Deterioros típicos de los pavimentos de concreto asfáltico y posibles técnicas rehabilitación

CATEGORÍA DEL DETERIORO	TIPO DE DETERIORO	R1					R2		R3			R4		TRATAMIENTOS PREVIOS													
		RESTAURACIÓN					REFUERZO		RECICLADO			RECONSTRUCCIÓN		PARCHEO	BACHEO	MEJORAMIENTO DEL DRENAJE	GEOTEXTILES*	GEOMALLAS*	SAMI	SELLO DE GRIETAS	RUTEO Y SELLO	MICROFRESADO	FRESADO RELLENO DE ZONAS AHUELLADAS	CAPA DE NIVELACIÓN			
		TRATAMIENTO SUPERFICIAL	RIEGO EN NEGRO	LECHADA ASFÁLTICA	MICROAGLOMERADO (EN FRÍO O CALIENTE)	SELLO ARENA-ASFALTO	MEZCLA DRENANTE	SOBRECAPA DELGADA	SOBRECAPA ESTRUCTURAL	FRESADO Y SOBRECAPA	RECICLADO SUPERFICIAL EN CALIENTE	RECICLADO EN FRÍO EN EL SITIO	RECICLADO EN PLANTA EN CALIENTE												REMOCIÓN Y REEMPLAZO DE CAPAS	WHITETOPPING	
FISURAS	Longitudinal	X					X			X	X	X	X	X	X	X	X	X			X		X				
	Piel coco drilo						X			X											X						
	Transversal	X																									
	Reflexión	X																									
	Bloque	X																									
DEFORMACIÓN	Borde																										
	Ahuellamiento			X																							
	Ondulaciones																										
	Levantamientos																										
	Depresiones																										
DESPRENDIMIEN TOS	Resaltos en sobrecapas																										
	Descascaramiento																										
	Ojos pescado																										
	Pérdida de agregados																										
	Pulimento de agregados																										
OTROS	Bombeo																										
	Segregación																										
	Cuardeado																										
	Exudación																										

• Tratamiento más adecuado ○ Tratamiento marginal * Requiere sobrecapa y otro tratamiento superficial apropiado
x Se requieren técnicas o productos especiales **Ocasionalmente se puede requerir una capa de nivelación

Fuente: Guía Metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. INVIAS

7.2.1 Selección de alternativa de rehabilitación tramo Km 0+000 al Km 0+900

La patología estructural que tiene más porcentaje de daño dentro del tramo Km 0+000 al Km 0+900 son las fisuras tipo Piel de cocodrilo (FPC) con un daño global del 42,39% en ambas calzadas, con una gravedad representativa entre 2 y 3 con mallas densas promedio 2 cm y con tendencia al descascaramiento, adicional mente la vía tiene un índice de deterioro superficial final I_s categorizado entre marginal y deficiente. La elección de la técnica de rehabilitación será la **Reconstrucción de toda la estructura del pavimento**; esto basado en los aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales, ya que se evaluaron los daños estructurales más representativos con una participación global del 43,20 %, factores como el drenaje superficial el cual es deficiente en ambas calzadas, el drenaje subterráneo no se tienen datos de existencia de drenes y sub-drenes tanto transversales como longitudinales, tampoco se evidencian obras de mantenimiento periódico por parte de las entidades Gubernamentales que mejoren la curva de serviciabilidad del estado del pavimento, adicionalmente se evidencia que la estructura sobre paso su periodo de diseño y ya tiene poca vida residual.

A continuación, en figura 17 se muestra la alternativa de rehabilitación que más se ajusta teniendo en cuenta economía, seguridad y comodidad para los usuarios.

Figura 19. Deterioros típicos de los pavimentos de concreto asfáltico y posibles técnicas rehabilitación

CATEGORÍA DEL DETERIORO	TIPO DE DETERIORO	R1				R2		R3		R4		TRATAMIENTOS PREVIOS													
		RESTAURACIÓN				REFUERZO		RECICLADO		RECONSTRUCCIÓN															
		TRATAMIENTO SUPERFICIAL	RIEGO EN NEGRO	LECHADA ASFÁLTICA MICROAGLOMERADO (EN FRÍO O CALIENTE)	SELO ARENA-ASFALTO	MEZCLA DRENANTE	SOBRECAPA DELGADA	SOBRECAPA ESTRUCTURAL	FRESADO Y SOBRECAPA	RECICLADO SUPERFICIAL EN CALIENTE	RECICLADO EN FRÍO EN EL SITIO	RECICLADO EN PLANTA EN CALIENTE	REMOCIÓN Y REEMPLAZO DE CAPAS	WHITETOPPING	PARCHEO	BACHEO	MEJORAMIENTO DEL DRENAJE	GEOTEXTILES*	GEOMALLAS*	SAMI	SELO DE GRIETAS	RUTEO Y SELLO	MICROFRESADO	FRESADO RELLENO DE ZONAS AHUELLADAS	CAPA DE AHUELLACIÓN
FISURAS	Longitudinal	x		o	o	x		*	o	x	x	x	x	x	x	x	x	*	*	x	o	x			
	Piel coccodrilo					x		*	x	x	*	*	*	*	*	*	o	o	*	x	o	*		o	
	Transversal	x		o	o			*	*	*	o	*	o	o	o	o		*	*	*	*	*	o	o	
	Reflexión	x		o	o			*	*	*	o	*	o	o	o	o		*	*	*	*	*	o	o	
	Bloque	x		o	o			o	*	*	o	*	o	o	o	o		*	*	*	*	o	o	o	
	Borde	o		o	o			o	*	*	o	o	*				o	o		o			o	o	
DEFORMACIÓN	Ahuellamiento			x				*	*	*	o	*	*	*	*	*							o	*	*
	Ondulaciones						*	o	*	*	o	o	o	o	*	o						*	*	o	
	Levantamientos						o	*	*	o	*	*	*	*	*	*						*	*	*	o
	Depresiones							o	o	o		o	*	*	*	o	*						*	*	o
	Resaltos en sobrecapas			o	*				o		o	o	o	o	o	*		*		o		o	*	*	
DESPRENDIMIENTO QS	Descascaramiento							*			o	*	o	o	*	*			o						
	Ojos pescado							*	o		o	*	o	o	o	*		o	*				o	*	
	Pérdida de agregados	*	o	*	*	o	*	o	*	*	o	*	o	o	*	*	o	*					o	*	
	Pérdida de ligante							*			*	*	o	o	*	*		o	o						
	Pulimento de agregados	*		*	*	o	*	o	*	*		o	o	o	o	*	*						*	*	
OTROS	Bombeo							o			*	*	*	*	*	*		o	o						
	Segregación						o	o	o	o	*	*	o	o	o	*		o	o				*	*	
	Cuardeado						*	o	o	*	o	*	o	o	o	*	*						*	*	
	Exudación		o	o		*	*	o	o	*	*	o	o	o	o	o	*						*	*	

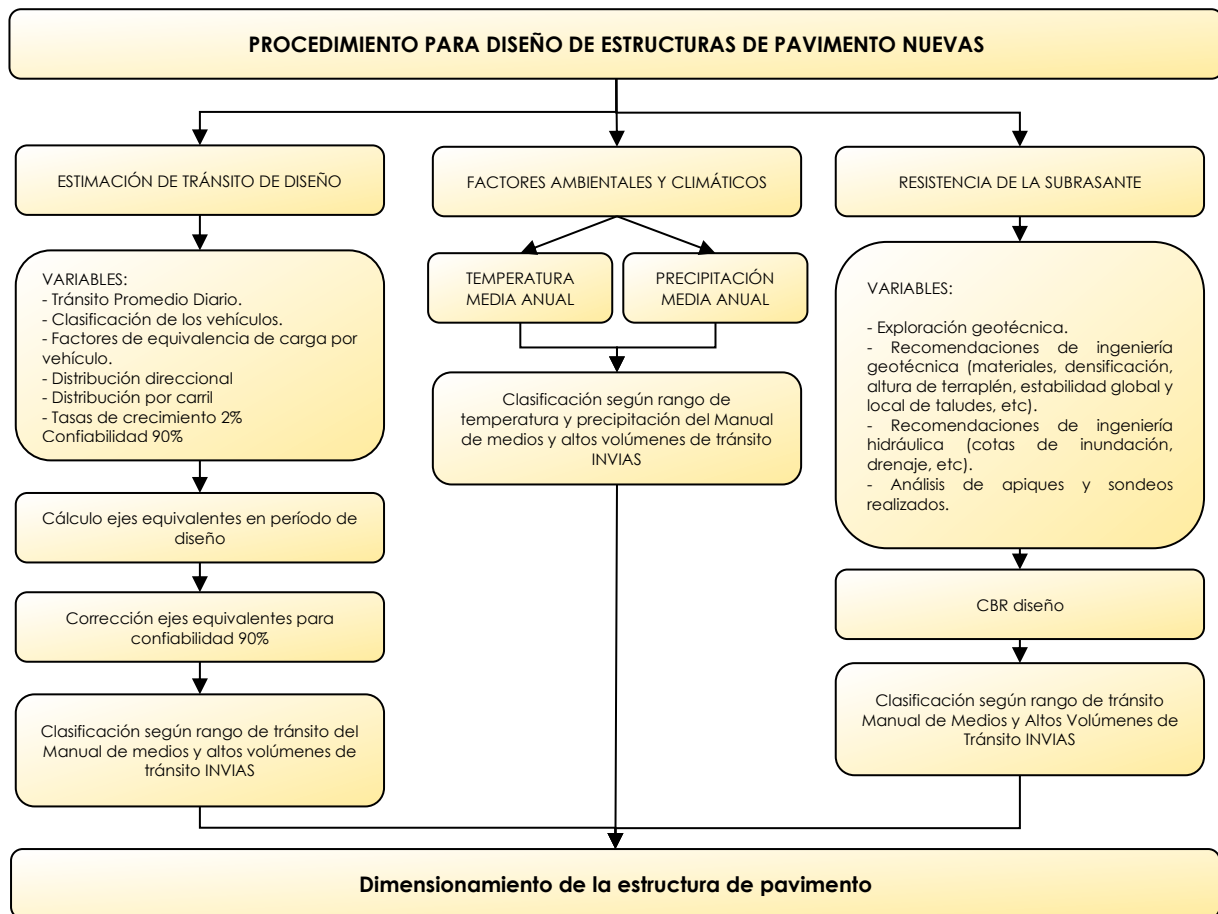
• Tratamiento más adecuado o Tratamiento marginal * Requiere sobrecapa y otro tratamiento superficial apropiado
 x Se requieren técnicas o productos especiales **Ocasionalmente se puede requerir una capa de nivelación

Fuente: Guía Metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. INVIAS

8 METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS

A continuación, en la Figura 18 se presenta el esquema de la metodología llevada a cabo para determinar el diseño de pavimentos por el método INVIAS, la cual consiste en estimar el tránsito de diseño, los factores medioambientales (temperatura y precipitación) y la resistencia de la subrasante; lo anterior, con el fin de clasificar cada parámetro en una categoría, y elegir una de las alternativas estructurales de pavimento por medio de las cartas de diseño recomendadas en el *Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito* del Instituto Nacional de Vías (INVÍAS).

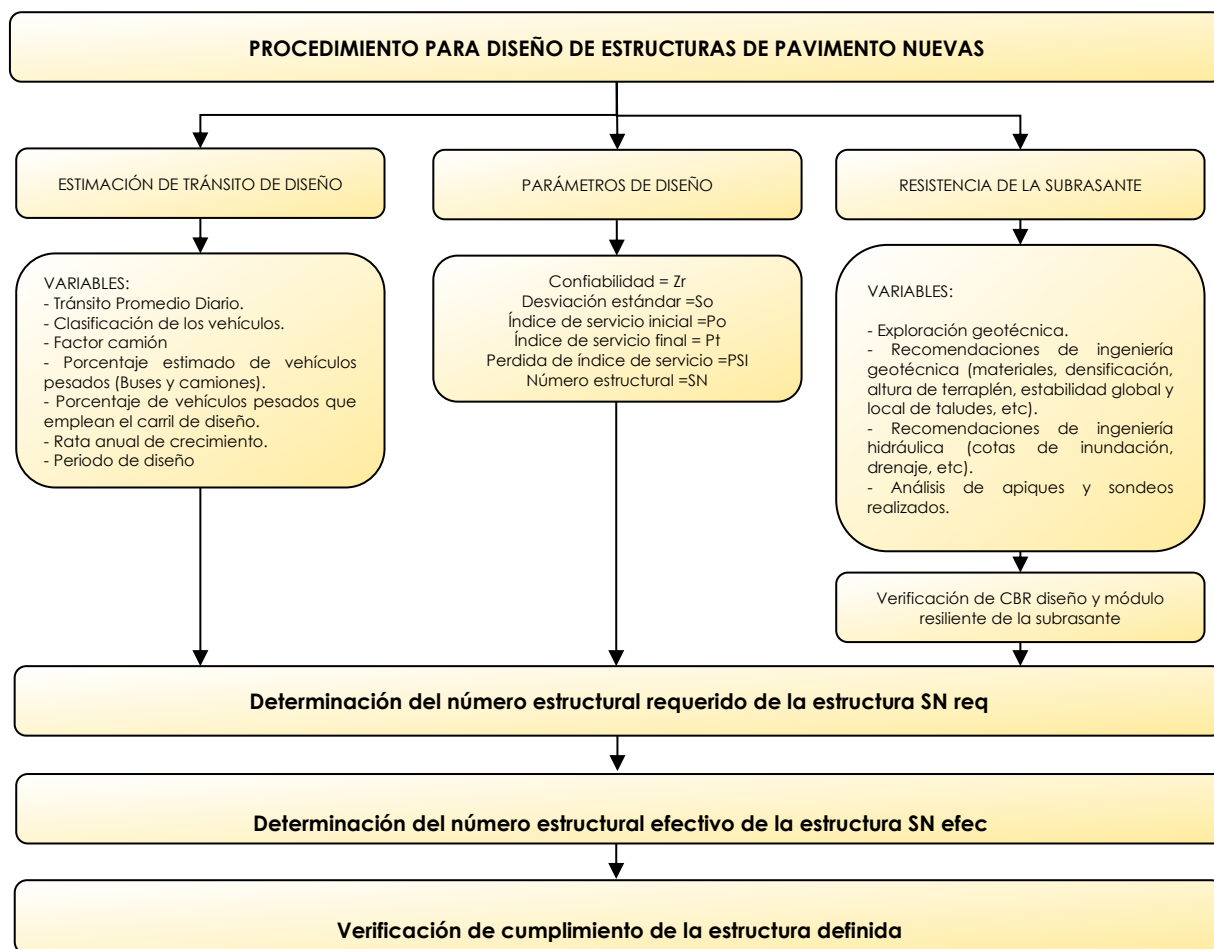
Figura 20. Esquema de metodología INVIAS empleada en el diseño de pavimentos



Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, en la Figura 19 se presenta el esquema de la metodología llevada a cabo para determinar el diseño de pavimento por el método AASHTO 93, la cual consiste en estimar el tránsito de diseño, los parámetros de diseño (Confiabilidad, desviación estándar, índice de servicio de inicial y final, pérdida de índice de servicio y número estructural) y la resistencia de la subrasante; lo anterior, con el fin de identificar un número estructural (SN) para el pavimento que hace referencia a la resistencia estructural de un pavimento requerido para una combinación de soporte del suelo (M_r), tránsito total (W_{18}), de la serviciabilidad terminal y de las condiciones ambientales. Una vez determinado el número estructural requerido se busca un conjunto de espesores que combinados adecuadamente y teniendo en cuenta parámetros como los coeficientes estructurales y de drenajes garanticen un número estructural efectivo mayor o igual al requerido para soportar las solicitaciones de tránsito esperadas en el período de diseño.

Figura 21. Esquema de metodología AASHTO 93 empleada en el diseño de pavimentos



Fuente: Elaboración propia.

9 FACTORES AMBIENTALES

De acuerdo con lo indicado en el manual de diseño del INVÍAS¹, las condiciones climáticas en el territorio colombiano permiten su agrupación en regiones, de acuerdo con los valores de temperatura del aire y precipitación, tal como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 40. Regiones climáticas, según temperatura y precipitación

Código	Región	Temperatura TMAP (°C)	Precipitación media anual (mm)
R1	Fría seca y fría semihúmeda	< 13	< 2000
R2	Templado seco y templado semihúmedo	13 – 20	< 2000
R3	Cálido seco y Cálido semihúmedo	20 – 30	< 2000
R4	Templado húmedo	13 – 20	2000 – 4000

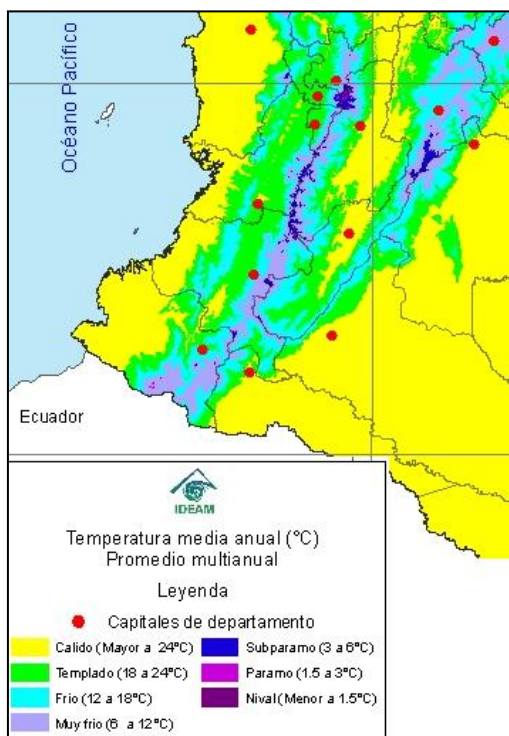
¹ MINISTERIO DE TRANSPORTE. Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito. Popayán: INVÍAS, 1998.

Código	Región	Temperatura TMAP (°C)	Precipitación media anual (mm)
R5	Cálido húmedo	20 – 30	2000 – 4000
R6	Cálido muy húmedo	20 - 30	> 4000

Fuente: INVIAS. Manual de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito 1997.

Al analizar las estaciones hidrometeorológicas cercanas a la zona de estudio, se observa que las temperaturas medias oscilan entre 24 y 28°C, lo cual la enmarca en un clima **cálido**, según lo presentado en la clasificación climática del manual de diseño. En concordancia con lo mencionado, en el mapa de la Figura 3 se puede observar la clasificación del IDEAM en la región.

Figura 22. Mapa de distribución de temperatura media anual.



Fuente: IDEAM.

La estación más representativa de la zona y con más información multianual, corresponde a la estación Chicoral, según el informe de Hidrología Regional del proyecto. La información de temperatura representativa del aire se resume en la Tabla 2.

Tabla 41. Información de temperatura del aire en la estación Chicoral.

Nombre	Municipio	Temperatura media (°C)	Temperatura media máx. (°C)	Temperatura media mín. (°C)	Precipitación (mm/año)
Chicoral	Espinal	27.2	28.7	25.1	1425

Fuente: IDEAM

Para determinar la temperatura anual ponderada del proyecto, se analizaron las temperaturas medias mensuales entre los años 2002 y 2012, se obtuvieron los factores de ponderación de cada mes y finalmente se obtuvo una temperatura media anual de 27° C, tal como se resume en la Tabla 3:

Tabla 42. Temperatura media de la estación Chicoral.

Mes	TMMA (°C)	Factor de ponderación
Enero	27,4	2,38
Febrero	27,7	2,45
Marzo	27,1	2,34
Abril	26,3	2,00
Mayo	26,7	2,20
Junio	26,6	2,10
Julio	27,1	2,34
Agosto	28,2	2,56
Septiembre	27,9	2,65
Octubre	26,8	2,30
Noviembre	26,3	2,10
Diciembre	26,6	2,10
Factor de ponderación total		27,52
Promedio del factor de ponderación		2,29
TMAP (°C)		27

Fuente: IDEAM.

La precipitación registrada en la estación Chicoral presenta un régimen bimodal, con un primer período lluvioso en los meses de marzo a mayo y un segundo en los meses de septiembre a noviembre; el valor medio de precipitación total anual es de 1428.3 mm, el promedio mensual es de 119 mm. En la Tabla 4 se presenta en detalle la precipitación media mensual y anual para la estación de Chicoral, estos son valores medios calculados con información desde el año 2003 hasta 2013.

Tabla 43. Registro de precipitación mensual y total anual en la estación Chicoral.

Mes	Precipitación mensual (mm)
Enero	74,85
Febrero	91,58
Marzo	153,74
Abril	222,79
Mayo	188,15
Junio	113,19
Julio	58,64
Agosto	47,60
Septiembre	97,74
Octubre	132,63
Noviembre	144,89
Diciembre	102,56
Total anual	1428,34

Fuente: IDEAM.

Con base en lo anterior, se establece que la zona del proyecto se clasifica en una región R3 (Cálido seco y Cálido semi-húmedo), ya que la temperatura esta entre 20 y 30°C y la precipitación es inferior a 2000 mm/año.

Específicamente para esta zona se clasifica como *cálido semi-húmedo*, debido a la humedad del terreno favorecida por los procesos de inundación dados por los cultivos de la zona.

10 TRABAJOS DE CAMPO

Con el fin de caracterizar los materiales de la zona y conocer sus propiedades mecánicas desde la óptica de ingeniería de pavimentos, se realizó la exploración geotécnica mediante la ejecución de 7 apiques a una profundidad que varía entre 0.8 m hasta 1.2 m.

La localización de las exploraciones se determinó con base en la proyección del trazado geométrico de la vía, seleccionando sitios en donde la rasante estará a nivel de terreno.

A las muestras extraídas se les realizó ensayos de laboratorio de granulometría y clasificación de suelos, límites de consistencia, humedad natural. Se evaluó el CBR de la subrasante que corresponden a Arenas limosas y arcillosas de plasticidad media a baja se determinaron los valores C.B.R. de la Subrasante mediante ensayos In situ CBR método cono dinámico y en condición Sumergida, que corresponde a la condición más crítica que tiene el suelo con valores de CBRs entre 13,6% y 24,1%.

En el Anexo 1 se presenta la localización de apiques y se registran de los resultados de los ensayos de laboratorio.

10.1 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

10.1.1 Entorno geológico y geotécnico

El Abanico del Espinal se formó gracias a la actividad volcánica de Cerro Machín que conducía sus piroclastos a través de los ríos cercanos que generaron espesos depósitos de piroclastos de caída y flujos piroclásticos que fueron lavados para conformar flujos de lodo o "lahares" que se canalizaron a través del río Coello, llegando hasta el valle del río Magdalena, en donde se acumularon y conformaron el Abanico de El Espinal, el Guamo y en donde se encuentra el municipio de Flandes.

La parte más espesa del Abanico de El Espinal está constituida por una secuencia de arenas grises, con esporádicos niveles de gravas, compuestas por fragmentos de andesitas y subordinadamente rocas intrusivas y metamórficas angulares a subangulares. La unidad presenta alta porosidad y permeabilidad, es muy deleznable y con baja resistencia y compactación, por lo que es fácilmente erosionable por aguas superficiales, originando desprendimientos, desplomes, erosión difusa y concentrada, surcos y cárcavas. En el valle del río Coello se observa que el abanico está conformado por tres niveles, que tienen forma de terrazas.

Este abanico cubre un área aproximada de 294 km² y se calcula un volumen mínimo de 1,35 km³. El depósito es de color beige, masivo, matriz soportado por arena fina y con clastos predominantes de pómez subredondeadas y poco densas, y esporádicamente se observan líticos vítreos de color gris oscuro. En la matriz se observan principalmente cristales de biotita, hornblenda, plagioclasa y cuarzo (Cortés, 2001b). Sobre esta unidad se encuentra un paleosuelo café, cristalino y endurecido de 40 cm de espesor, que representa un periodo importante de inactividad volcánica. Luego se depositó el Flujo de Escombros de Chicoral y su capa basal (sole layer) de 30 cm de espesor, que marca el inicio de un nuevo evento de lahares asociado al VCM. El Flujo de Escombros de Chicoral se generó a partir de la removilización de un depósito de flujo piroclástico de bloques y ceniza, asociado al colapso y destrucción de domos dacíticos que obstruían el cráter. Esta unidad se caracteriza por formar terrazas con superficies planas no disectadas y escarpes verticales, que se distribuyen de manera discontinua sobre las márgenes de los ríos Coello y Magdalena hasta la localidad de Nariño (Cundinamarca), a 113 km del edificio del VCM. El depósito es masivo, de color gris, heterolitológico, vesicular, endurecido y matriz soportado por arena, además está conformado principalmente por clastos subangulares y subredondeados de líticos de lava dacítica de textura porfírica de color gris y rojizo, y clastos accidentales incorporados del cauce de los ríos y las quebradas involucrados. La matriz está conformada por líticos de la misma composición de los clastos y por cristales de biotita, anfíbol, plagioclasa y cuarzo. Las dataciones de carbono-14, realizadas en paleosuelos que infra y suprayacen el depósito, permiten asignarle una edad relativa entre 2505 ± 65 años y 1640 ± 45 años BP.

10.1.2 Caracterización de la subrasante

Para la caracterización del material de la subrasante se cuenta con la información de los 7 apiques a cielo abierto realizados durante la jornada del 11 de abril del 2016 con el fin de analizar las propiedades físico mecánicas más importantes de las capas granulares existentes y la subrasante hasta 1.2 m de profundidad, los cuales se detallan a continuación:

Con el fin de revisar las propiedades de los materiales de subrasante se tomaron 7 apiques. La carpeta asfáltica presenta espesores entre 4 y 20 cm encontrándose en mal estado y donde se evidenciaron deterioros del Tipo "A" y del Tipo "B". Como material de soporte de la carpeta se encuentran, principalmente, arenas limosas (SM) y gravas limosas (GM) en un espesor entre 7 y 49 cm, con contenidos de humedad de entre 5,4% y 9,7%. Posteriormente, se encuentra el suelo de fundación a una profundidad entre los 0.12 y 0.6 m, conformada por arenas limosas (SM) y limos de baja compresibilidad (ML). Se evidencian contenidos de humedad de entre 3,4 y 18.3% e índices de plasticidad que varían entre NP.

Se estableció en la exploración que durante su ejecución en los tramos de vía de estudio no presentan nivel freático o agua procedente de filtraciones permanentes a la vía.

Tabla 44. Resultados de laboratorio

Nº	Abscisa	Estrato	LL	IP	W%	Clasificación USC	CBR Sumergido
1	Apique Nº 1	Material granular existente como base granular profundidad 0.2-0.6m	-	-	6	GM	-
2	Apique Nº 1	Suelo natural profundidad 0.6-1.2 m	NL	NP	18.3	ML	13.6
3	Apique Nº 2	Material granular existente como base granular profundidad 0.06-0.55m	-	-	6.7	SM	-
4	Apique Nº 2	Suelo natural profundidad 0.55-1.0 m	NL	NP	4.7	SM	24.1
5	Apique Nº 3	Material granular existente como base granular profundidad 0.06-0.55m	-	-	6.6	SM	-
6	Apique Nº 3	Suelo natural profundidad 0.55-1.0 m	NL	NP	3.4	SM	23.2
7	Apique Nº 4	Material granular existente como base granular profundidad 0.06-0.5m	-	-	5.4	GM	-
8	Apique Nº 4	Suelo natural profundidad 0.5-1.0 m	NL	NP	4.6	SM	19.5
9	Apique Nº 5	Material granular existente como base granular profundidad 0.05-0.17m	-	-	7.6	SM	-
10	Apique Nº 5	Suelo natural profundidad 0.17-0.8 m	NL	NP	8.7	SM	17.2
11	Apique Nº 6	Material granular existente como base granular profundidad 0.04-0.12m	-	-	7.4	SM	-

N°	Abscisa	Estrato	LL	IP	W%	Clasificación USC	CBR Sumergido
12	Apique N° 6	Suelo natural profundidad 0.12-0.8 m	NL	NP	11	SM	20.1
13	Apique N° 7	Material granular existente como base granular profundidad 0.05-0.12m	-	-	9.7	SM	-
14	Apique N° 7	Suelo natural profundidad 0.12-0.8 m	NL	NP	9.7	SM	21.2

Fuente: Elaboración propia.

10.1.3 Capacidad de soporte de la subrasante

Sobre los suelos de Subrasante, se adelantaron ensayos "in situ" y en el laboratorio, los cuales permiten conocer la resistencia en las condiciones de equilibrio que se espera que se presenten durante el periodo de servicio del pavimento.

Se tomaron ensayos de CBR inalterado a la zona de las calzadas existentes, los cuales permiten tener en cuenta la condición de sumergida y así valorar la capacidad de soporte en su condición más crítica.

Tabla 45. Resultados de CBR

Apique N°	Abscisa	Estrato	C.B.R. Sumergido
1	Apique N° 1	Suelo natural	13.6
2	Apique N° 2	Suelo natural	24.1
3	Apique N° 3	Suelo natural	23.2
4	Apique N° 4	Suelo natural	19.5
5	Apique N° 5	Suelo natural	17.2
6	Apique N° 6	Suelo natural	20.1
7	Apique N° 7	Suelo natural	21.2

Fuente: Elaboración propia.

10.1.3.1 Cálculo del CBR de diseño a través del criterio del promedio aritmético

Este método consiste en calcular el promedio aritmético de todos los %CBR pertenecientes al tramo homogéneo respectivo, para finalmente determinar el CBR de diseño.

Estos valores están sujetos a un error muestral, en este caso, debido a la dispersión o variabilidad de los ensayos, dado que la muestra es una de las muchas muestras posibles que pudo haberse seleccionado del marco muestral. Por ejemplo, si se hubiera seleccionado una distancia diferente para realizar las pruebas In situ, o posiblemente si no se hubieran seleccionado tramos homogéneos, la muestra sería completamente diferentes.

Para determinar cuan confiables son los valores de CBR obtenidos a partir de los ensayos se realizó el cálculo del coeficiente de variación para el tramo, considerándose que, donde el coeficiente de variación sea mayor al 20% no se considera adecuado para ser seleccionados como CBR de diseño, por lo que, se recomendaría

seleccionar otro criterio de diseño. En la siguiente tabla se aprecia el %CBR obtenido a través de esta metodología:

Tabla 46. CBR criterio del promedio aritmético

Apique N°	Resultado CBR (%)	CBR (%) Promedio
1	13.6	19.84
2	24.1	
3	23.2	
4	19.5	
5	17.2	
6	20.1	
7	21.2	
Desviación estándar		3.59
Coeficiente de variación		18.1

Fuente: Elaboración propia.

El valor obtenido de CBR es de 19.84%.

10.1.3.2 Cálculo del CBR de diseño a través del método del Instituto del Asfalto

Para el método del instituto del asfalto se toman los valores de CBR y se organizaron de menor a mayor valor y se organizaron a través de intervalos, para luego ser ordenados de menor a mayor valor y ponderar el número de CBR mayores o iguales al intervalo en estudios, se pondera el número.

Tabla 47. CBR de diseño criterio método Instituto del Asfalto

N° de intervalo	CBR (%)	N° de valores iguales o mayores	% de valores iguales o mayores
1	13.6	7	100
2	17.2	6	85.7
3	19.5	5	71.4
4	20.1	4	57.1
5	21.2	3	42.9
6	23.2	2	28.6
7	24.1	1	14.3

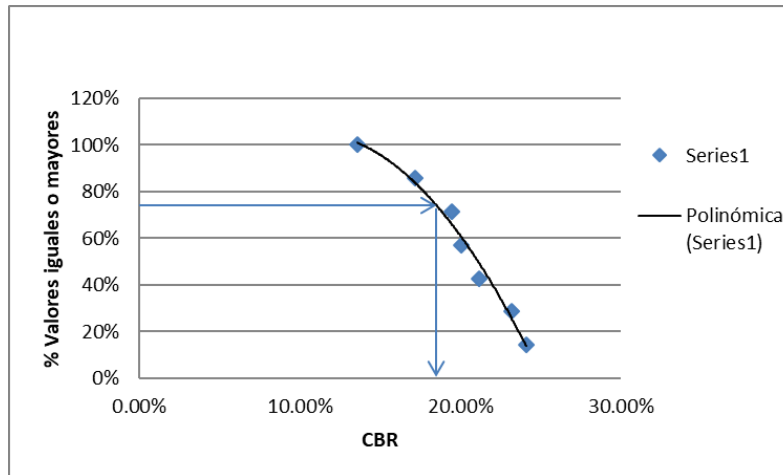
Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenido el porcentaje de valores de CBR mayores o iguales por intervalo de cada tramo homogéneo, se tomó en cuenta lo descrito por el método y se selecciona el percentil de 75% de acuerdo con el tránsito de diseño.

En este caso de estudio, se realizarán los diseños de pavimentos suponiendo que circularán tránsitos de 500.000, de 1.000.000, de ejes equivalentes de 8.2 ton. Por tanto, teniendo en cuenta el número de ejes, el %CBR a través

de este método, será calculado para el percentil de 75%. El procedimiento para seleccionar los %CBR correspondiente a los percentiles de diseño fue realizado gráficamente tal como se muestra en la figura:

Figura 23. Selección del %CBR a partir de los percentiles de 75% para el criterio del Instituto del Asfalto



Fuente: Elaboración propia.

Del percentil seleccionado a partir del gráfico se obtuvo el %CBR de diseño según el número de ejes.

Tabla 48. Percentiles para determinar el CBR de diseño de acuerdo con el criterio del Instituto del Asfalto

Nº de ejes de 8.2 Ton en el carril de diseño	Percentil a seleccionar para determinar el CBR de diseño
$\leq 10^4$	60.0
$10^4 - 10^6$	75.0
$\geq 10^6$	87.5

Fuente: Instituto del asfalto 1991.

El valor obtenido de CBR a través del criterio del promedio aritmético fue de 19.84% y de acuerdo con el criterio del Instituto del Asfalto fue de 19%. Sin embargo, se adopta un **CBR de diseño del 10%** a fin de ser más conservadores en el diseño como un factor de seguridad para la vida útil de las estructuras de los pavimentos, teniendo en cuenta que la vía pasa por cultivos que en temporada de lluvias se presentan importantes inundaciones.

10.2 CONDICIONES DE APOYO, DETERMINADAS POR EL DISEÑO GEOMÉTRICO

Para las zonas donde se requiera el mejoramiento de la subrasante, de acuerdo con lo establecido en el Artículo 220-12 de las especificaciones del INVÍAS, en la parte de la corona del terraplén se debe disponer un material con un CBR mínimo del 10% y en un espesor de mejoramiento entre 40 y 60 cm, de acuerdo a los ensayos verificados en campo en el momento de la construcción.

Considerando que el CBR estimado para las zonas de corte es de 10%, una vez se realice la explanación se debe verificar este valor de CBR. En caso de encontrar valores de CBR menores a 10% se debe realizar un mejoramiento de la subrasante, con un material de iguales condiciones al utilizado en los terraplenes cuyo espesor mínimo se ha establecido haciendo uso de la metodología planteada por Ivanov, la ecuación utilizada se muestra a continuación:

$$E_{1-2} = \frac{E_2}{1 - \frac{2}{\pi} \left(1 - \frac{1}{n^{3.5}}\right) \arctan\left(n \frac{h_1}{2a}\right)}$$

Donde:

$E_{1,2}$: Modulo Equivalente (Mejoramiento + Subrasante) en MPa.

E_2 : Modulo de la Capa de apoyo del mejoramiento en MPa

h_1 : Espesor del mejoramiento en cm

n : se determina mediante la presente Ecuación:

$$n = \sqrt[2.5]{\frac{E_1}{E_2}}$$

Donde,

E_1 : Módulo de la capa de mejoramiento en MPa.

E_2 : Módulo de la capa de apoyo de la subrasante en MPa.

El espesor de mejoramiento mínimo que debe instalarse para obtener el módulo resiliente considerado en el diseño de 92.38 MPa, de acuerdo al valor de CBR es el mostrado en la Tabla 49:

Tabla 49. Espesor mínimo de mejoramiento

CBR de Subrasante	Mejoramiento		Módulo Equivalente
	Espesor	CBR	
1% - 4%	60.0 cm	10.0%	92.38 MPa
4% - 7%	50.0 cm	10.0%	92.38 MPa
7% - 9%	40.0 cm	10.0%	92.38 MPa

Fuente: elaboración propia.

10.3 CBR Y MÓDULO RESILIENTE DE DISEÑO

Considerando que para las zonas de corte se tiene un CBR de diseño del 10% y que el material utilizado en la corona de los terraplenes (suelo seleccionado) debe tener un CBR como mínimo del 10%, las condiciones de apoyo de todo el corredor quedan de esta manera unificadas y el valor de CBR para el diseño de pavimentos es del 10%.

El módulo de la subrasante se estimará a partir de correlaciones que emplean el valor del CBR. Para el presente estudio se ha empleado la ecuación de la AASHTO.

$$MR \text{ (PSI)} = 3000 \times CBR^{0.65}$$

De esta forma se obtiene un valor de módulo resiliente de la subrasante de 13400 psi (92.38 MPa).

El intervalo de valor de CBR entre 7 y 10%, clasifica en la categoría S3, de acuerdo con el método de diseño INVÍAS (ver Tabla 50).

Tabla 50. Clasificación de la subrasante

Categoría	Intervalo de módulo resiliente (kg/cm ²)	Intervalo de CBR (%)
S1	300 – 500	$3 \leq \text{CBR} < 5$
S2	500 – 700	$5 \leq \text{CBR} < 7$
S3	700 – 1000	$7 \leq \text{CBR} < 10$
S4	1000 – 1500	$10 \leq \text{CBR} < 15$
S5	> 1500	$\text{CBR} \geq 15$

Fuente: INVIAS. Manual de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito 1997.

11 ESTUDIO DE TRÁNSITO

A continuación, se presentan los volúmenes de tránsito en términos de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 toneladas para un periodo de diseño, los cuales son la base para definir los espesores de la estructura de pavimento.

Dentro del estudio de tránsito se analizaron los siguientes aspectos de gran importancia para el diseño de pavimentos: Tránsito Promedio Diario, clasificación de los vehículos, factores de equivalencia de carga para cada tipo de vehículo, distribución direccional y por carril y proyección de las variables en el periodo de diseño.

Los valores de TPD para cada sector, así como las tasas de crecimiento con las que se proyectó el tránsito para el periodo de diseño fueron tomadas del volumen Estudio de Tránsito. Esta tasa se define en correlación por la dinámica de crecimiento socio-económico normalmente de 2 a 6% a criterio del equipo de estudio.

Tabla 51. Tasas promedio del crecimiento de tránsito

Nivel de tránsito	Tasa de crecimiento
T1	2
T2	3

Fuente: Elaboración propia a partir del conteo vehicular Manual de bajos volúmenes – INVIAS, Tabla 2.3

11.1 TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO

Para el estudio de tránsito se llevaron a cabo mediciones de volúmenes vehiculares en estaciones localizadas en aquellos puntos en donde se manejan los volúmenes vehiculares que utilizan el corredor actual.

Con base en un reconocimiento previo de la zona, se llevaron a cabo mediciones de volúmenes vehiculares en las estaciones que se detallan en la Tabla 52.

Tabla 52. Estaciones de aforo y sentidos de circulación medidos

Estación de aforo	Clase de aforo	Días de aforo	Periodo de aforo
Espinal – Coello	Volúmenes	3	12 Horas
Coello – Espinal	Volúmenes	3	12 Horas

Fuente: Elaboración propia.

El TPD ha sido extraídos del estudio de tránsito y se muestran en la Tabla 53:

Tabla 53. Tránsito Promedio Diario (TPD)

Vía	Abscisa Inicial	Abscisa Final	TPD
Avenida Betania calle 9 sentido Espinal - Coello	00+000	00+900	521
Avenida Betania calle 9 sentido Coello – Espinal	00+000	00+900	609

Fuente: Elaboración propia.

11.2 FACTOR DE OCUPACIÓN DEL CARRIL DE DISEÑO

El factor de ocupación del carril de diseño es de 0.8, para una calzada con dos carriles y los dos carriles en la misma dirección.

11.3 FACTOR DAÑO

La clasificación de los vehículos determina el número y la configuración de los vehículos pesados. Los factores de equivalencia de carga permiten la transformación de los vehículos pesados en ejes simples de 8.2 toneladas. Se consideraron los factores daño propuestos en el Manual de diseño de pavimentos para medios y altos volúmenes de tránsito del INVÍAS.

En la Tabla 54 se presenta la clasificación de los vehículos con su respectivo factor de equivalencia, adoptados para la conversión de los vehículos comerciales a ejes equivalentes de 8.2 toneladas.

Tabla 54. Factores de equivalencia de carga por tipo de vehículo

Autos	Buses	Busetas	C2P	C2G	C3 - C4	C5	>C5
0	1.00	0.05	1.14	3.44	3.76	4.4	4.72

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 55. Composición vehicular Espinal - Coello

CLASE	TIPO DE VEHICULO	Nº DE VEHICULOS
A	Autos	424,00
B	Buses	0,33
	Busetas	56,67
C2	C2p	18,33
	C2g	20,67
C3	C3	1
	C2-S1	0
C4	C4	0
	C3-S1	0
	C2-S2	0
C5	C3-S2	0
> C5	C3-S3	0
TPDS		521

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 56. Composición vehicular Coello - Espinal

CLASE	TIPO DE VEHICULO	Nº DE VEHICULOS
A	Autos	508,33
B	Buses	0,33
	Busetas	56,67
C2	C2p	17,67
	C2g	25,33
C3	C3	1
	C2-S1	0
C4	C4	0
	C3-S1	0
	C2-S2	0
C5	C3-S2	0
> C5	C3-S3	0
TPDS		609

Fuente: elaboración propia.

11.4 DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE EJES EQUIVALENTES A EJES SIMPLES DE 8.2 TONELADAS

El número de ejes equivalentes ha sido determinado mediante la siguiente expresión:

$$N=(N_o-N_c)*((1+r)^n - 1)/r + N_c$$

Donde:

N : Número anual de ejes equivalentes de 8.2 t que circularan por el carril de diseño durante el periodo de diseño.

N_o : Número anual de ejes equivalentes de 8.2 t que circularan por el carril de diseño en el año base o de puesta en servicio del pavimento.

N_c : Es el número de ejes equivalentes de 8.2 t ya soportados por el carril de diseño del pavimento durante la construcción del mismo.

r : Es la tasa de crecimiento anual de transito comercial, deducido de la serie histórica o asumida con base en parámetros macroeconómicos de la región.

n : Número de años del periodo de diseño.

$$N_i= 365\sum C_i*F_i*(1+r)^x$$

Sentido Espinal-Coello

$$N_i= 365*98.92*(1+2\%)^2 = 37564.47$$

Sentido Coello- Espinal

$$N_i = 365 * 114.21 * (1 + 2\%)^2 = 43372.06$$

Donde:

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

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

x: Es el tiempo en años, transcurrido entre proyecto y la puesta en servicio del pavimento.

Otra forma de representar la expresión anterior es considerando el factor camión global:

$$N_i = (\sum C_i) * F_c * (1 + r)^x$$

Donde:

F_c : Factor de equivalencia global para los vehículos comerciales o factor camión global.

$$F_c = (\sum C_i * F_i) / \sum C_i$$

$$N_o = (N_i + N_a + N_g) * F_d * F_{ca} + N_c$$

Sentido Espinal-Coello

$$N_o = (37564.47 + 1878.2 + 1878.2) * 100\% * 0.8 + 70810 = 103886.7$$

Sentido Coello- Espinal

$$N_o = (43372.06 + 2168.6 + 2168.6) * 100\% * 0.8 + 73730.0 = 111897.4$$

Donde:

N_i : Es el número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el año de la medición de tránsito o proyecto del pavimento, corregido por el tiempo transcurrido entre este y la puesta en servicio del pavimento.

N_a : Es el número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el año base o de puesta en servicio, atraído de otras carreteras. (se asume 5%).

N_g : Es el número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el año base o de puesta en servicio, generado por la mejora de la carretera. (se asume 5%).

F_d : Factor de distribución direccional.

F_{ca} : Factor de distribución por carril.

A continuación, en la Tabla 57, se presenta el Número de Ejes Equivalentes de 8.2 toneladas:

Tabla 57. Ejes equivalentes a ejes simples de 8.2 † en el carril de diseño

Sector			Estudio de tránsito	
Vía	Abscisa Inicial	Abscisa Final	TPD	Ejes equivalentes 2021- 2030 (10 años)
Avenida Betania calle 9 sentido Espinal - Coello	00+000	00+900	97	432772.1
Avenida Betania calle 9 sentido Coello – Espinal	00+000	00+900	101	491652.5

Fuente: Elaboración propia.

Para la aplicación del Manual de Diseño de Pavimentos para Vías con Medios y Altos Volúmenes de Tránsito se debe contemplar una confiabilidad del 90% a los valores anteriores, por lo cual, se aplica la siguiente ecuación:

$$N' = 1.159 N$$

Los valores ajustados de los ejes equivalentes para el diseño son los mostrados en la Tabla 58:

Tabla 58. Ejes equivalentes ajustados

Sector			Estudio de tránsito	
Vía	Abscisa Inicial	Abscisa Final	TPD	Ejes equivalentes 2021- 2030 (10 años)
Avenida Betania calle 9 sentido Espinal - Coello	00+000	00+900	97	501582.8
Avenida Betania calle 9 sentido Coello – Espinal	00+000	00+900	101	569825.2

Fuente: Elaboración propia.

La clasificación del tránsito establecida en el método de diseño del Manual del INVÍAS se presenta a continuación, en la Tabla 59.

Tabla 59. Intervalos de tránsito definidos en el manual de diseño de INVÍAS

Designación	Intervalos de tránsito acumulado por carril de diseño
T1	0.5 – 1 x 10 ⁶
T2	1 – 2 x 10 ⁶
T3	2 – 4 x 10 ⁶
T4	4 – 6 x 10 ⁶
T5	6 – 10 x 10 ⁶
T6	10 – 15 x 10 ⁶
T7	15 – 20 x 10 ⁶
T8	20 – 30 x 10 ⁶
T9	30 – 40 x 10 ⁶

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los intervalos definidos por la metodología, en la Tabla 60 se muestra la clasificación del tránsito.

Tabla 60. Clasificación de tránsito

Vía	Abscisa Inicial	Abscisa Final	Clasificación Tránsito (10 años)
Avenida Betania calle 9 sentido Espinal - Coello	00+000	00+900	T1
Avenida Betania calle 9 sentido Coello – Espinal	00+000	00+900	T1

Fuente: Elaboración propia.

12 DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS

El diseño de pavimentos para la etapa de construcción se realizó para un periodo de 10 años, es decir, desde el año 2021 al año 2030.

La metodología que se empleó para el diseño es la establecida en el *Manual de diseño de pavimentos flexibles para vías con medios y altos volúmenes de tránsito*. De otro lado, se realizó la verificación de la estructura resultante, haciendo uso de la metodología AASHTO y mecanicista.

12.1 ESTRUCTURA DE ACUERDO CON EL MANUAL DE INVÍAS

Las cartas de diseño empleadas para obtener la estructura de pavimento, considerando la clasificación del clima (R3), características de la subrasante (S3) y el nivel de tránsito, se presentan en la Tabla 61, junto con los espesores de diseño.

Tabla 61. Cartas de diseño y espesores resultantes de aplicación de la metodología del manual de INVÍAS

Sector			Carta diseño INVÍAS	Espesores (cm)		
Vía	Abscisa Inicial	Abscisa Final		Concreto Asfáltico	Base granular	Subbase granular
Avenida Betania calle 9 sentido Espinal - Coello	00+000	00+900	S3-R3-T1	7.5	15	30
Avenida Betania calle 9 sentido Coello – Espinal	00+000	00+900	S3-R3-T1	7.5	15	30

Fuente: Elaboración propia.

12.2 DISEÑO DE ESPESORES A PARTIR DE LA METODOLOGÍA DE LA GUÍA DE LA AASHTO'93

En el presente capítulo, se incluye el análisis y determinación de espesores de intervención necesarios para alcanzar la capacidad estructural frente a las solicitaciones generadas por el tránsito proyectado a 10 años.

12.2.1 Módulo resiliente de la subrasante

Como se mencionó en el numeral 0, el valor obtenido a partir de la correlación con el CBR es de 13400 psi, 944 kg/cm², 92.38 MPa.

12.2.2 Tránsito

El método AASHTO/93 evalúa esta variable a través del número acumulado de ejes equivalentes a 18 kips (80 kN) ó ESAL's, 8.2 Ton, por eje sencillo, que se espera circulen por el carril de diseño durante el periodo de diseño. La conversión de una carga dada por eje a eje equivalente ó ESAL's, se hace a través de los factores equivalentes de carga. Se determinará el Número de ejes equivalentes de 8.2 Toneladas teniendo en cuenta algunos parámetros.

12.2.3 Número estructural requerido

A continuación, se muestra la expresión propuesta por la AASHTO para establecer la capacidad estructural requerida, en términos de número estructural ($SN_{requerido}$), para soportar las solicitaciones proyectadas del tránsito:

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

Los parámetros que se deben definir son:

Confiabilidad (R)	95%
Desviación estándar (S_o)	0.45 (pavimento flexible)
Nivel de servicio inicial (PSI Inicial)	4.2
Nivel de servicio final (PSI final)	2

Normalmente se considera un nivel de servicio final de 2, cuyo valor corresponde a un pavimento que presenta algunas fisuras aisladas, las cuales ameritan un tratamiento de sello y parcheo localizado antes de considerar un refuerzo estructural. El PSI Inicial o actual se puede adoptar en 4.2 (valor recomendado por la guía de diseño de la AASHTO'93).

El número de ejes equivalentes de 8.2 ton es de 199644.436 para Avenida Betania calle 9 sentido Espinal – Coello.

El número de ejes equivalentes de 8.2 ton es de 230510.074 para Avenida Betania calle 9 sentido Coello – Espinal.

12.2.4 Determinación de los espesores de diseño

Los espesores de diseño se determinan por medio del cálculo del aporte individual de cada capa al número estructural total del pavimento proyectado. La suma de los aportes de las capas corresponde al SN del pavimento, el cual deberá ser mayor o igual al requerido (determinado mediante la fórmula indicada en el numeral (8.2.3), en orden que el diseño cumpla con el requerimiento estructural

$$\Delta SN = a_i \cdot m_i \cdot D_i$$

Donde:

a_i : Coeficiente de aporte estructural de la capa.

m_i : Coeficiente de drenaje de la capa.

D_i : Espesor de la capa, pulgadas.

Para la capa de mezcla asfáltica se emplea el coeficiente estructural que se obtiene el a_1 a partir de la gráfica 5.10 de la página 95 de la guía AASHTO 1993 donde $a_1 = 0.34$. Utilizando la información del diseño Marshall (estabilidad Marshall) de acuerdo a lo establecido en el Artículo 450 Mezcla Densa en Caliente de la especificación INVIAS y estableciendo una mezcla tipo MDC - 19, según los valores de gradación.

En cuanto a la capacidad mecánica de la capa de subbase, manifestada en su coeficiente estructural, éste se puede determinar a partir de un valor de CBR, el cual, de acuerdo con las especificaciones del INVÍAS-2012, deberá ser, como mínimo, 30% para el 95% de compactación del Próctor Modificado (requisito para tránsito NT1, dentro del cual clasifica el tramo vial objeto del diseño), cuestión también que deberá garantizarse en la obra. Los valores del coeficiente a_3 se obtienen de la gráfica 2.7 de la página II-21 de la guía de la AASHTO

1993. Luego de realizado lo descrito, se obtuvo un valor de a_3 de 0.11 para un módulo de 15.000 psi (103 MPa), correspondiente con el CBR mencionado.

En el caso de la capa de base granular, se procede de manera similar en la determinación del coeficiente estructural, con un valor de capacidad portante mínimo de CBR de 80% mínimo para el 100% de compactación del Próctor Modificado (requisito para tránsito NT1), con lo cual, el valor de a_2 se obtienen empleando la gráfica 2.6 de la página II-19 de la guía de diseño. Luego de realizado el proceso se obtiene valor de a_2 de 0.13 y un módulo de 29.000 psi (200 MPa).

Los coeficientes de drenaje se adoptan bajo la suposición de que la capa puede permanecer en condición aceptable bajo humedades cercanas a la saturación entre el 5% y el 25% del tiempo. El valor adoptado para la mezcla asfáltica es de 1 y para las capas de base y subbase granular el coeficiente adoptado es de 0.9.

Los coeficientes de aporte estructural y de drenaje, así como los módulos adoptados para los materiales, son los siguientes:

Tabla 62. Coeficientes de aporte y de drenaje adoptados

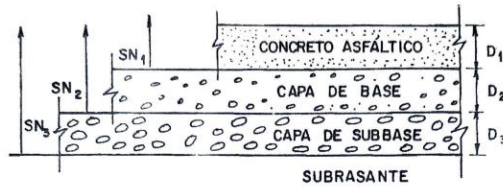
Material	a_i	m_i
Concreto asfáltico nuevo	0.34	1.00
Base granular nueva, BG	0.13	0.90
Subbase granular nueva, SBG	0.11	0.90

Fuente: Elaboración propia.

12.2.5 Espesores mínimos en función del número estructural

El objeto de este concepto, está basado en que las capas granulares no tratadas, deben de estar perfectamente protegidas de presiones verticales excesivas, que lleguen a producir deformaciones permanentes.

Figura 24. Determinación de los espesores de las capas mediante aproximaciones



$$D_1^* \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN_1^* = a_1 D_1^* \geq SN_1$$

$$D_2^* \geq \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 m_2}$$

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2$$

$$D_3^* \geq \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 m_3}$$

Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimentos, AASHTO, 1993.

Teniendo en cuenta el número estructural del pavimento se debe determinar el número estructural sobre la base y el número estructural de la Subbase.

Se determina el espesor necesario de concreto asfáltico a partir del módulo resiliente de la Base $Mr = 29.000$ psi para obtener $SN_1 = 1.66$ sentido Espinal-Coello y $SN_1 = 1.7$ sentido Coello-Espinal y corresponde al volumen estructural que aporta el Concreto asfáltico.

El espesor necesario de la Base granular se obtiene a partir del Mr de la capa de Subbase granular $Mr = 15.000$ psi y SN de la carpeta asfáltica, $SN_2 = 2.14$ sentido Espinal-Coello y $SN_2 = 2.19$ sentido Coello-Espinal y corresponde al volumen estructural que aportan la Base y el Concreto asfáltico.

El espesor necesario de la Subbase granular se obtiene a partir del Mr de la Subrasante granular $Mr = 13.400$ psi y SN de la carpeta asfáltica, $SN_3 = 2.24$ sentido Espinal-Coello y $SN_3 = 2.29$ sentido Coello-Espinal y corresponde al volumen estructural que aportan la subbase granular, la Base y el Concreto asfáltico.

Se consideraron las propiedades de los materiales, que son las que se valoran para obtener el módulo de resiliencia, ya que en función de éste se llega a los coeficientes de los números estructurales (SN).

Entonces:

Sentido Espinal-Coello

$$D_1 = \frac{SN_1}{a_1} = \frac{1.66}{0.34} = 4.88 \text{ pulg}$$

Sentido Coello-Espinal

$$D1 = \frac{SN1}{a1} = \frac{1.7}{0.34} = 5.00 \text{ pulg}$$

El espesor de la carpeta asfáltica $D1 = 4.88$ pulg se redondea a $D1_* = 5$ pulg sentido Espinal-Coello y $D1 = 5.00$ se redondea a $D1_* = 5.5$ pulg sentido Coello-Espinal teniendo en cuenta que este espesor no sea inferior a los espesores mínimos requeridos de acuerdo al N° de ejes equivalentes. Para ambos sentidos entonces se recalcula el SN correspondiente al concreto asfáltico (2).

Sentido Espinal-Coello

$$SN_{1*} = a1 * D1_* = 0.34 * 5 = 1.7$$

Sentido Coello-Espinal

$$SN_{1*} = a1 * D1_* = 0.34 * 5.5 = 1.87$$

Teniendo en cuenta que es conocido el valor SN_{1*} (1.7) para sentido Espinal-Coello y (1.87) para sentido Coello-Espinal, entonces el valor del espesor de la capa de la base se obtiene así:

Sentido Espinal-Coello

$$D2 = \frac{SN2 - SN_{1*}}{a2 * m2} = \frac{2.14 - 1.7}{0.13 * 0.9} = 3.4 \text{ pulg} = 4 \text{ pulg}$$

Sentido Coello-Espinal

$$D2 = \frac{SN2 - SN_{1*}}{a2 * m2} = \frac{2.19 - 1.87}{0.13 * 0.9} = 2.7 \text{ pulg} = 4 \text{ pulg}$$

Se recomienda redondear 3.4 pulg para $D2$ sentido Espinal-Coello y 2.7 pulg $D2$ sentido Coello-Espinal teniendo en cuenta que este espesor no sea inferior a los espesores mínimos requeridos de acuerdo al N° de ejes equivalentes. Se recalcula el número estructural de la base y debido a las restricciones, se establece que el valor final de este espesor de capa será de $D2_* = 4$ pulg en ambos sentidos.

Sentido Espinal-Coello

$$SN_{2*} = a2 * D2_* * m2 = 0.13 * 4 * 0.9 = 0.47$$

Sentido Coello-Espinal

$$SN_{2*} = a2 * D2_* * m2 = 0.13 * 4 * 0.9 = 0.47$$

Ahora se determina el espesor de la Subbase a partir del número estructural del total del pavimento, del concreto asfáltico y de la base granular; de la siguiente forma:

Sentido Espinal-Coello

$$D3 = \frac{SN3 - (SN_{1*} + SN_{2*})}{a3 * m3} = \frac{2.24 - (1.7 + 0.47)}{0.11 * 0.9} = 0.73 \text{ pulg}$$

Sentido Coello-Espinal

$$D3 = \frac{SN3 - (SN_{1*} + SN_{2*})}{a3 * m3} = \frac{2.29 - (1.87 + 0.47)}{0.11 * 0.9} = -0.48 \text{ pulg}$$

Se recomienda redondear 0.73 pulg para $D3$ sentido Espinal-Coello y -0.48 pulg $D3$ sentido Coello-Espinal $D3_* = 6$ pulg con el fin de brindar mayor capacidad estructural al Pavimento y se recalcula el número estructural de la subbase.

Sentido Espinal-Coello

$$SN_{3*} = a3 * D3_* * m3 = 0.11 * 6 * 0.9 = 0.59$$

Sentido Coello-Espinal

$$SN_{3*} = a3 * D3_* * m3 = 0.11 * 6 * 0.9 = 0.59$$

12.2.6 Estabilidad y factibilidad de la construcción

En la práctica no deben colocarse capas con espesores menores que los mínimos requeridos, ya que las capas con espesores mayores que el mínimo son más estables. Frecuentemente se especifica un valor mayor en el espesor de capas, con el objeto de mantener la estructura de pavimento en mejores condiciones para absorber los efectos que producen los suelos expansivos. Como verificación tenemos:

Sentido Espinal-Coello

$$SN_{1*} + SN_{2*} + SN_{3*} \geq SN$$

$$1.7 + 0.47 + 0.59 \geq 2.24$$

$$2.76 \geq 2.24$$

Sentido Coello-Espinal

$$SN_{1*} + SN_{2*} + SN_{3*} \geq SN$$

$$1.87 + 0.47 + 0.59 \geq 2.93$$

$$2.93 \geq 2.29$$

El resultado que se obtiene en la fórmula correspondiente al valor del número estructural total, debe ser como mínimo igual o mayor a la suma de los números estructurales de cada capa, el criterio es que cada capa del paquete estructural queda protegida de los esfuerzos a los cuales va a ser sometida.

Tabla 63. Espesores de diseño a partir de la aplicación del método de la guía AASHTO'93

Sector			Periodo 2021-2020				
Vía	Abscisa Inicial	Abscisa Final	Número estructural requerido SN_{req}	Número estructural efectivo SN_{eff}	Concreto Asfáltico (cm)	Base granular (cm)	Subbase granular (cm)
Avenida Betania calle 9 sentido Espinal - Coello	00+000	00+900	2.24	2.76	12.5	10	15
Avenida Betania calle 9 sentido Coello – Espinal	00+000	00+900	2.29	2.93	14	10	15

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los coeficientes de aporte estructural y los espesores de cada capa considerados en el análisis por medio de la metodología de la guía de la AASHTO'93, los números estructurales efectivos (SN_{eff}) deben ser igual o superiores a los números estructurales requeridos (SN_{req}), es decir, las estructuras planteadas son adecuadas para soportar el tráfico esperado para el periodo de diseño de 10 años.

12.3 VERIFICACIÓN MECANICISTA

Esta metodología emplea propiedades físicas fundamentales de los materiales, basada en un modelo teórico para el cálculo de esfuerzos, deformaciones y deflexiones elásticas, con el objetivo de predecir la respuesta del pavimento causada por una carga estándar aplicada.

Se realizó la verificación de esfuerzos y deformaciones de las estructuras de pavimento con la metodología Shell calculadas a partir del método de la guía de la AASHTO'93.

12.3.1 Módulo dinámico del concreto asfáltico

Con base en la metodología de la compañía Shell Bitumen y en las especificaciones de construcción y materiales vigentes en el país, se ha estimado el módulo dinámico de la mezcla asfáltica, valor requerido para la comprobación por el método mecanicista de la estructura de pavimento. A continuación, se ilustra la selección de cada uno de los parámetros tenidos en cuenta para definir el módulo a emplear.

12.3.2 Temperatura de trabajo de la mezcla

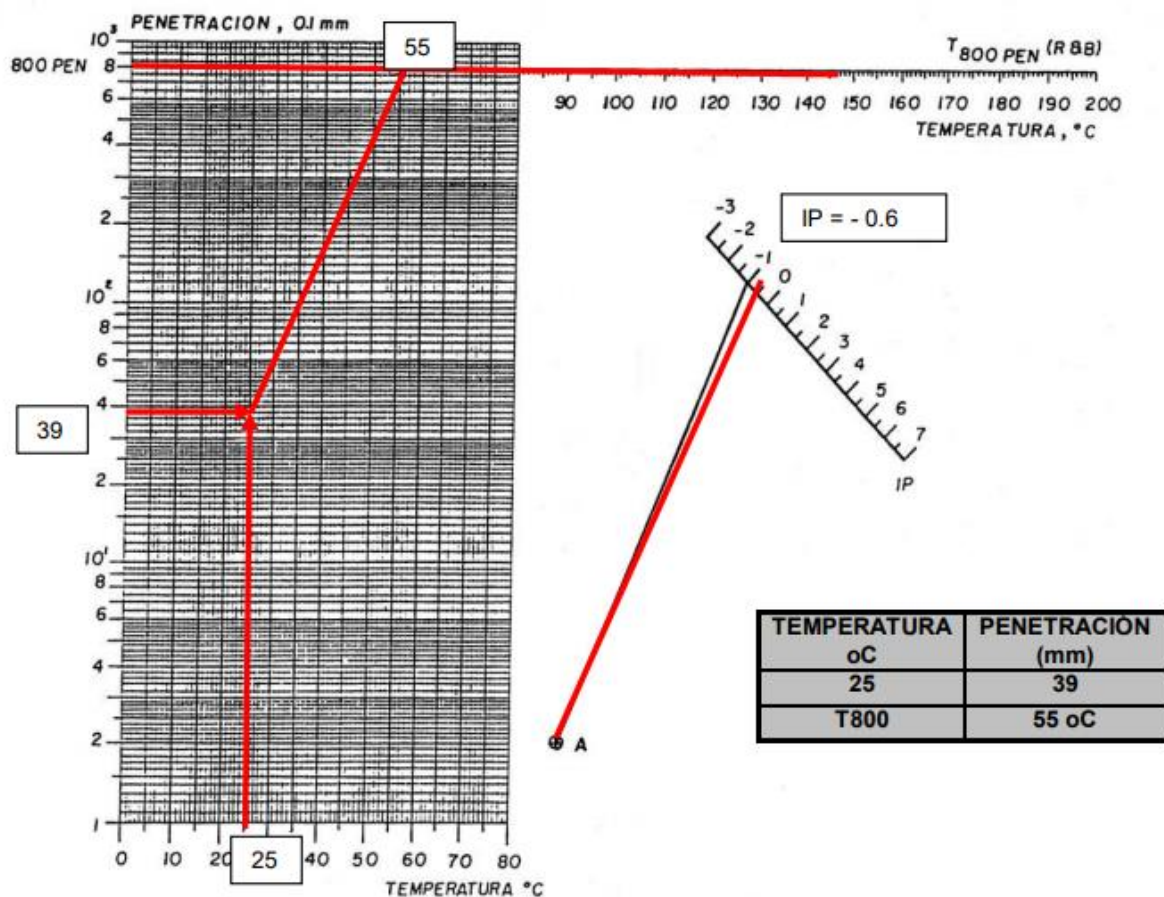
Para la temperatura media de 27° C de la zona de estudio, se obtiene una temperatura de trabajo de la mezcla de 38°C, con base en el gráfico RT de la metodología Shell'78.

12.3.3 Penetración del Asfalto a 25°C, punto de ablandamiento e índice de penetración

De acuerdo la temperatura ambiente media (27° C) se propone emplear un asfalto con penetración 60-70.

Se ha considerado las características para el asfalto de diseño un asfalto 60-70, con características de asfalto original penetración original de 0.1mm de 64mm y un punto de ablandamiento de 50.2° C y las características del asfalto envejecido en prueba de película delgada son de una penetración de 39 mm, a una temperatura de 25° C y un punto de ablandamiento de 55° C, se determina un índice de penetración de -0.6. Con base en lo indicado en la tabla 410-1 Especificaciones del cemento asfáltico, extraída del artículo 400-12 de la especificación INVÍAS.

Figura 25. Nomograma para calcular el índice de penetración y temperatura T800



Fuente: Elaboración propia a partir de Shell international petroleum Company limited, Shell pavement desing manual, London, 1987.

Figura 26. Especificaciones del cemento asfáltico - Artículo 400 INV-2012

Tabla 410 - 1. Especificaciones del cemento asfáltico

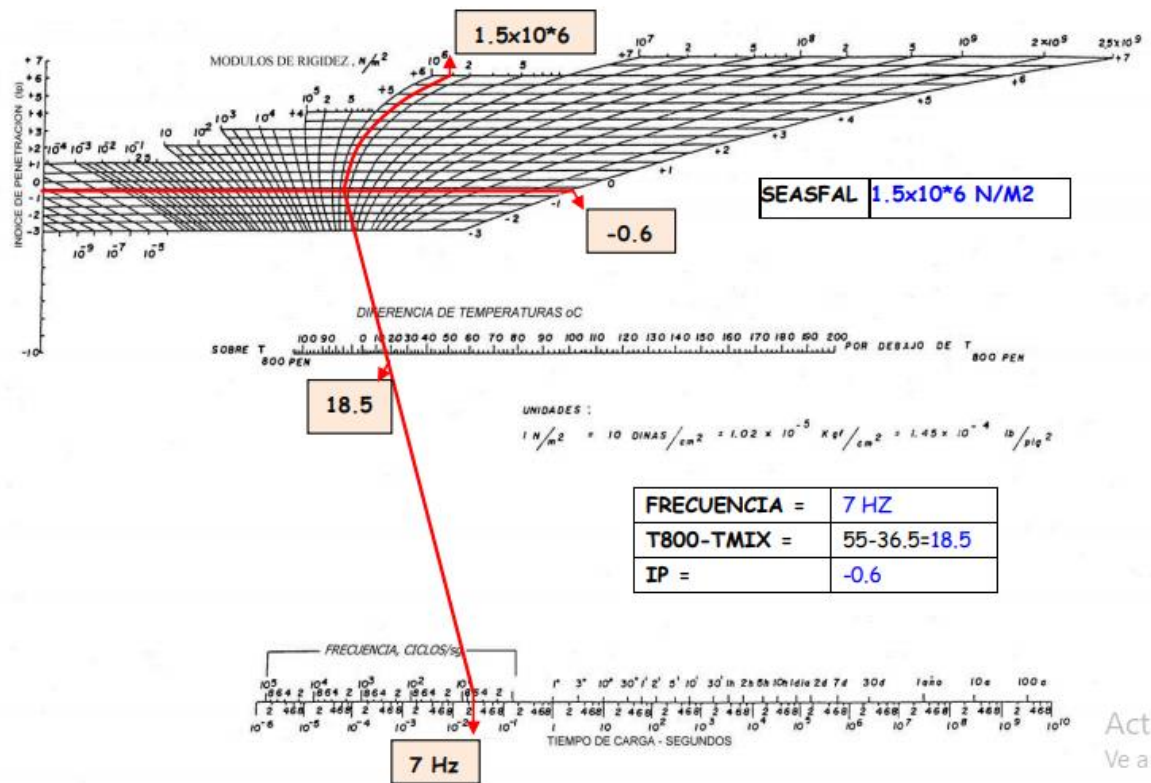
CARACTERÍSTICA	NORMA DE ENSAYO INV	GRADO DE PENETRACIÓN					
		40-50		60-70		80-100	
		MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX
Asfalto original							
Penetración (25° C, 100 g, 5 s), 0.1 mm	E-706	40	50	60	70	80	100
Punto de ablandamiento, °C	E-712	52	58	48	54	45	52
Índice de penetración	E-724	-1.2	+0.6	-1.2	+0.6	-1.2	+0.6
Viscosidad absoluta (60° C), P	E-716 o E-717	200 0	-	150 0	-	100 0	-
Ductilidad (25° C, 5 cm/min), cm	E-702	80	-	100	-	100	-
Solubilidad en tricloroetileno, %	E-713	99	-	99	-	99	-
Contenido de agua, %	E-704	-	0.2	-	0.2	-	0.2
Punto de inflamación mediante copa abierta de Cleveland, °C	E-709	240	-	230	-	230	-
Contenido de parafinas, %	E-718	-	3	-	3	-	3
Asfalto residual, luego de la prueba de acondicionamiento en película delgada rotatoria, norma de ensayo INV E-720							
Pérdida de masa por calentamiento, %	E-720	-	0.8	-	0.8	-	1.0
Penetración del residuo, en % de la penetración del asfalto original	E-706	55	-	50	-	46	-
Incremento en el punto de ablandamiento, °C	E-712	-	8	-	9	-	9
Índice de envejecimiento: relación de viscosidades (60° C) del asfalto residual y el asfalto original	E-716 o E-717	-	4	-	4	-	4

Fuente: Especificaciones técnicas INVIAS Artículo 410, tabla 410-1.

12.3.4 Rigidez del cemento asfáltico

El módulo dinámico del asfalto se calculó empleando la gráfica de Van Der Poel, para una frecuencia de aplicación de carga de 7 Hz, 0.02 seg, que corresponde a una velocidad de 50 a 60 km/h, siendo $1.5 \cdot 10^6$ N/m².

Figura 27. Nomograma de Van Der Poel para determinar el módulo dinámico (Stiffness) del asfalto

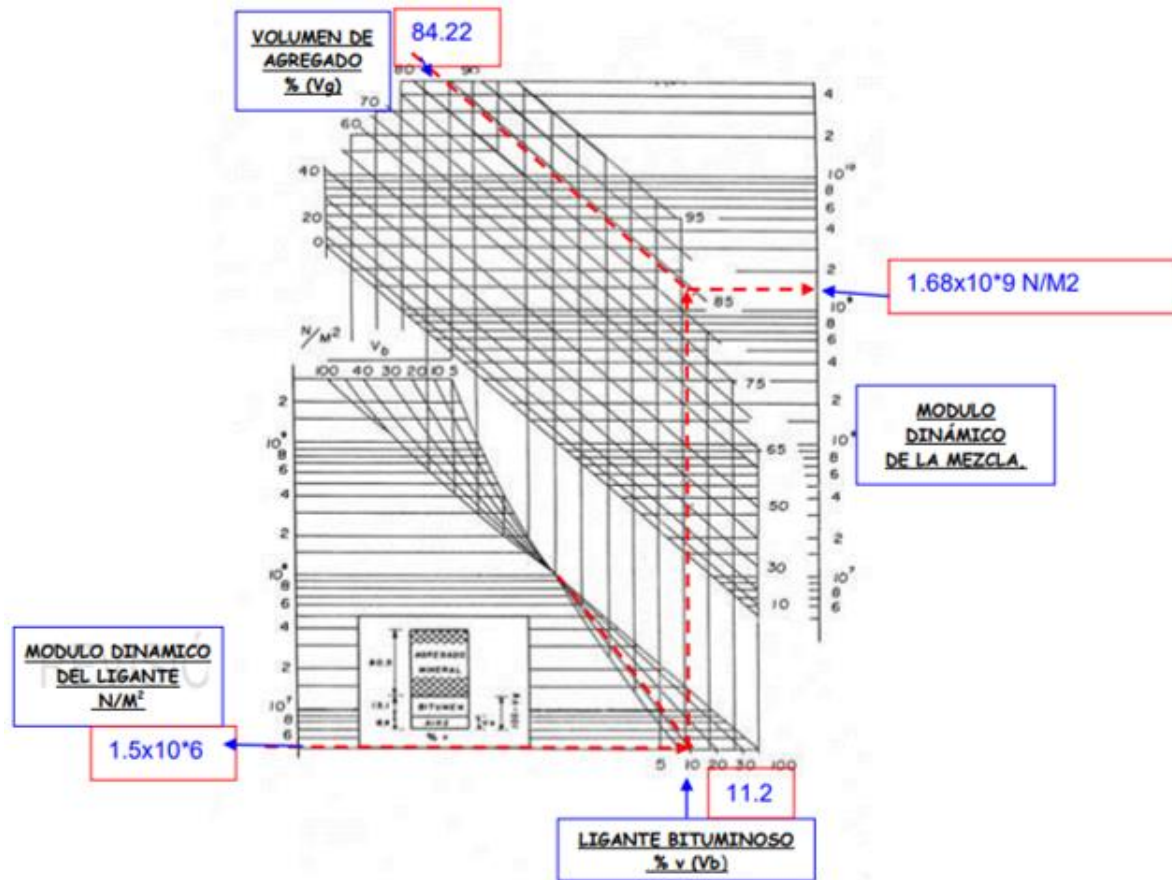


Fuente: elaboración propia a partir de Shell international petroleum Company limited, Shell pavement desing manual, London, 1987.

12.3.5 Módulo dinámico de la mezcla

Para la estimación del módulo se han considerado proporciones en volumen comúnmente utilizadas para las mezclas obtenidas en el país: 11.2% de asfalto, 84.22% de agregados y 4.6% de vacíos con aire. El módulo de la mezcla asfáltica obtenido es de $1.68 \times 10^9 \text{ N/m}^2$.

Figura 28. Nomograma para el cálculo del módulo dinámico (Stiffness) de las mezclas asfálticas



Fuente: elaboración propia a partir de Shell international petroleum Company limited, Shell pavement desing manual, London, 1987.

12.3.6 Módulos y relaciones de Poisson

Diseño de espesores a partir de la metodología de la guía de la AASHTO 93 y el módulo dinámico de la mezcla asfáltica adoptado, los valores de módulos y de relaciones de Poisson que serán utilizados en la verificación elástica son los mostrados en la Tabla 64.

Tabla 64. Módulos y relaciones de Poisson para la verificación mecanicista

Material	Módulo (MPa)	Relación de Poisson
Concreto asfáltico nuevo	1680	0.35
Base granular nueva, BG	200	0.35
Subbase granular nueva, SBG	103.42	0.35
Subrasante	92.38	0.35

Fuente: Elaboración propia a partir de procedimientos de métodos analíticos de diseños firmes, XII Curso internacional de carreteras. Madrid, 1996.

12.3.7 Agrietamiento por fatiga

La deformación por tensión en la base y en la superficie de la carpeta asfáltica se realizará aplicando la ley de Shell, mostrado a continuación.

$$\varepsilon_t = (0.856V_b + 1.08)E_1^{-0.36} \left(\frac{N_{dis}}{K} \right)^{-0.2}$$

Donde,

ε_t : Deformación máxima a tracción bajo las capas asfálticas (Strain)

V_b : Contenido de asfalto de la mezcla, en volumen (%)

E_1 : Módulo dinámico de la mezcla asfáltica (N/m²).

N_{dis} : Ejes equivalentes de 8.2 t en el periodo de diseño.

K : Factor de desplazamiento, el cual, en este caso corresponde al criterio de la Shell, el cual se resume en la Tabla 65:

Tabla 65. Componentes del factor de desplazamiento – Shell

Descripción		Valor
Autorreparación de fisuras pequeñas	k1	10.00
Distribución lateral de cargas	k2	2.50
Temperatura de trabajo de la mezcla	k3	Espesores pequeños - temperaturas bajas
		Espesores altos - temperaturas altas
		1.00
		0.33

Fuente: Elaboración propia a partir de procedimientos de métodos analíticos de diseños firmes, XII Curso internacional de carreteras. Madrid, 1996.

El factor adoptado para K corresponde a 10.

Sentido Espinal-Coello

Valor de ε_t por formula y nomograma:

$$\varepsilon_t = ?$$

$$V_b = 11.2 \%$$

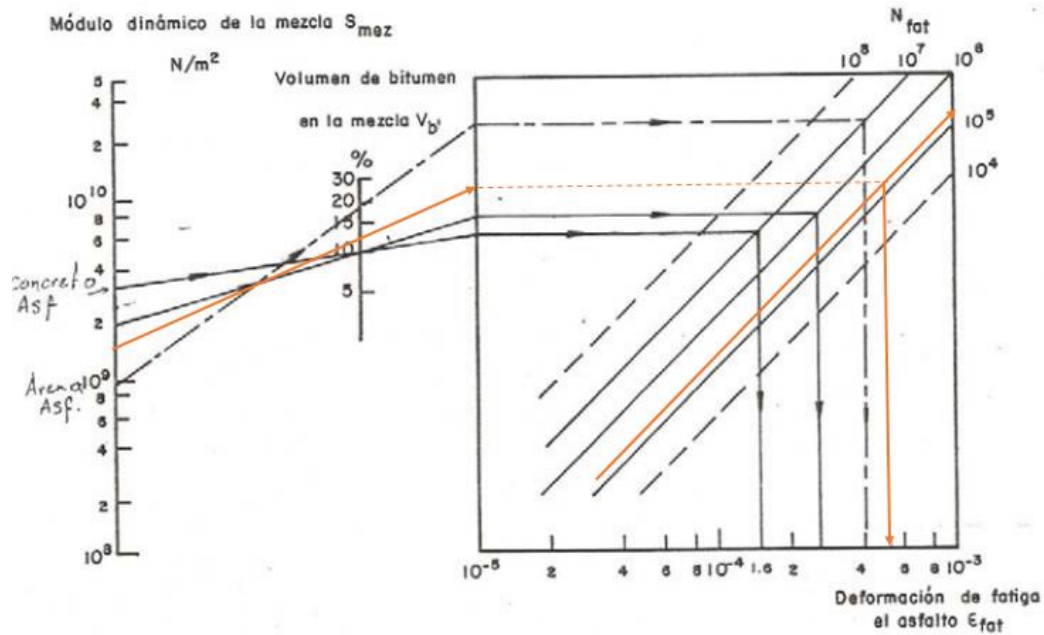
$$E_1 = 1.68 \times 10^9$$

$$N_{dis} = 1.99 \times 10^5$$

$$K = 10$$

$$\varepsilon_t = 7.03 \times 10^{-4}$$

Figura 29. Nomograma de fatiga para determinación de ϵ_t de la mezcla en función de S_m y V_b (sentido Espinal-Coello)



Fuente: elaboración propia a partir de Shell international petroleum Company limited, Shell pavement desing manual, London, 1987.

Conocidos los valores de E_t de Fatiga de la Mezcla por Nomogramas y por formula:

$$\epsilon_t \text{ Fatiga} = 7.03 \times 10^{-4} F$$

$$\epsilon_t \text{ Fatiga} = 5.2 \times 10^{-4} N$$

$$E \text{ Mezcla} = 1.68 \times 10^9 \text{ N/M}^2$$

$$N \text{ Fatiga} = 1.99 \times 10^5$$

La deformación máxima admisible específica de tracción en la fibra inferior de las capas asfálticas ϵ_t , obtenida es de 7.03×10^{-4} .

Sentido Coello-Espinal

Valor de ϵ_t por formula y nomograma:

$$\epsilon_t = ?$$

$$V_b = 11.2 \%$$

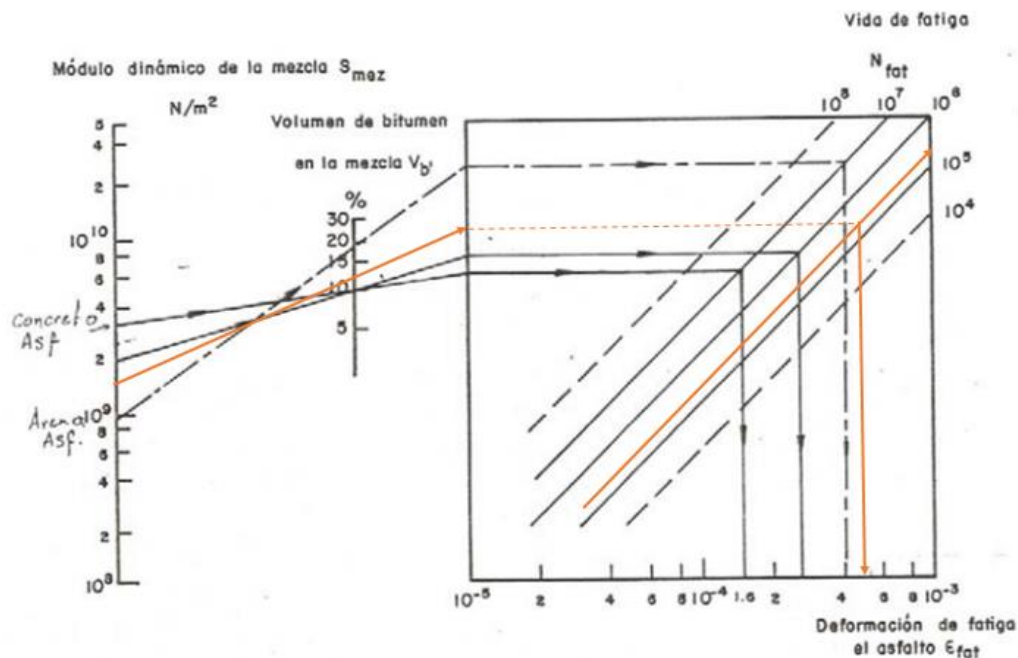
$$E_t = 1.68 \times 10^9$$

$$N_{dis} = 2.3 \times 10^5$$

$$K = 10$$

$$\epsilon_t = 6.83 \times 10^{-4}$$

Figura 30. Nomograma de fatiga para determinación de ϵ_t de la mezcla en función de S_m y V_b (sentido Coello-Espinal)



Fuente: elaboración propia a partir de Shell international petroleum Company limited, Shell pavement desing manual, London, 1987.

Conocidos los valores de E_t de Fatiga de la Mezcla por Nomogramas y por formula:

$$\epsilon_t \text{ Fatiga} = 6.83 \times 10^{-4} F$$

$$\epsilon_t \text{ Fatiga} = 5.0 \times 10^{-4} N$$

$$E \text{ Mezcla} = 1.68 \times 10^9 \text{ N/M}^2$$

$$N \text{ Fatiga} = 2.3 \times 10^5$$

La deformación máxima admisible específica de tracción en la fibra inferior de las capas asfálticas ϵ_t , obtenida es de 6.83×10^{-4} .

12.3.8 Respuesta de la subrasante

El ahuellamiento está relacionado con la capacidad de la estructura para soportar los esfuerzos y deformaciones generadas en el suelo de subrasante por las cargas del tránsito; al controlar el ahuellamiento, se evita la falla estructural por acumulación de deformaciones.

12.3.9 Deformación vertical por compresión

Para la determinación del valor admisible de deformación por compresión, se empleó el criterio recomendado por la Shell, para una confiabilidad del 95%:

$$N = \left(\frac{0.0179}{\epsilon_z} \right)^4$$

Donde,

ϵ_z : deformación unitaria vertical en la superficie de la subrasante.

N : número admisible de repeticiones de ejes equivalentes de 8.2 t.

La deformación unitaria vertical en la superficie de la subrasante ε_z , obtenida es de $8.47 \cdot 10^{-4}$ sentido Espinal-Coello.

La deformación unitaria vertical en la superficie de la subrasante ε_z , obtenida es de $8.17 \cdot 10^{-4}$ sentido Coello-Espinal.

12.4 RESULTADO DE LA VERIFICACIÓN

Por medio de la modelación elástica multicapa se obtuvieron deformaciones para su comparación con los valores admisibles mencionados en los apartados anteriores.

Figura 31. Metodología Racional Software CEDEM, AASHTO 93 Espinal-Coello

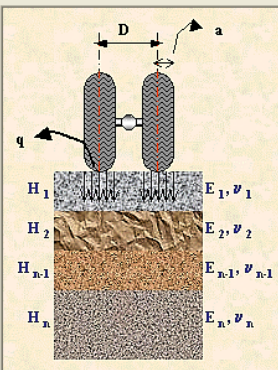
CEDEM - Cálculo de Esfuerzos y Deformaciones en Estructura Mult...

Archivo Datos Calcular Ayuda

Datos | Información de la Estructura | Resultados

Número Total de Capas : 4

Nombre del Diseño: AASHTO 93 Espinal-Coello



Definiciones :

D : distancia de separación entre ejes de llantas

q : presión de contacto ejercida por las ruedas

a : radio de la carga

Hi : espesor de la capa i

Ei : módulo dinámico de la capa i

ui : relación de Poisson de la capa i

CEDEM - Cálculo de Esfuerzos y Deformaciones en Estructura Mult...

Archivo Datos Calcular Ayuda

Datos | Información de la Estructura | Resultados

Número de Capas : 4

Radio de la Carga (a) : 0.125 [m]

Presión de Contacto (q) : 0.662 [MPa]

Distancia entre Ejes de Llantas (D) : 0.375 [m]

Capa N°	E [MPa]	μ []	H [m]	Ligada / No ligada	
1	1680	0.35	0.125	L	Calcular...
2	200	0.35	0.10	L	Insertar capa...
3	103.42	0.35	0.15	L	Eliminar capa...
4	92.38	0.35			
5					
6					

CEDEM - Cálculo de Esfuerzos y Deformaciones en Estructura Mult...

Archivo Datos Calcular Ayuda

Datos | Información de la Estructura | Resultados

Capa N°	Z [m]	Epsilon T	Sigma T [MPa]	Epsilon Z	Sigma Z [MPa]
1	0.00	468.0E-6	1.4582	-267.0E-6	0.6618
	0.13	-441.0E-6	-0.9300	475.0E-6	0.2090
2	0.13	-441.0E-6	-0.0136	1050.0E-6	0.2090
	0.23	-500.0E-6	-0.0686	775.0E-6	0.1162
3	0.23	-500.0E-6	-0.0053	1110.0E-6	0.1162
	0.38	-342.0E-6	-0.0086	767.0E-6	0.0764
4	0.38	-342.0E-6	-0.0033	822.0E-6	0.0764
5					
6					

Deflexión : 77.13 [mm/100]

Radio de Curvatura : 111.22 [m]

Fuente: Elaboración propia a partir de Software CEDEM (Cálculo de esfuerzos y deformaciones en estructura multicapa).

Figura 32. Metodología Racional Software CEDEM, INVIAS Espinal-Coello

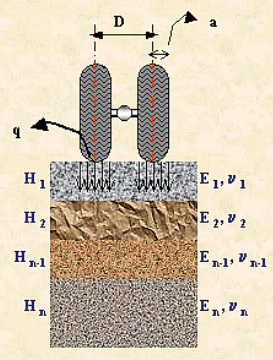
CEDEM - Cálculo de Esfuerzos y Deformaciones en Estructura Mult...

Archivo Datos Calcular Ayuda

Datos | Información de la Estructura | Resultados

Número Total de Capas : 4

Nombre del Diseño: INVIAS Espinal-Coello



Definiciones :

D : distancia de separación entre ejes de llantas

q : presión de contacto ejercida por las ruedas

a : radio de la carga

Hi : espesor de la capa i

Ei : módulo dinámico de la capa i

νi : relación de Poisson de la capa i

CEDEM - Cálculo de Esfuerzos y Deformaciones en Estructura Mult...

Archivo Datos Calcular Ayuda

Datos | Información de la Estructura | Resultados

Número de Capas : 4

Radio de la Carga (a) : 0.125 [m]

Presión de Contacto (q) : 0.662 [MPa]

Distancia entre Ejes de Llantas (D) : 0.375 [m]

Capa N°	E [MPa]	μ []	H [m]	Ligada / No ligada
1	1680	0.35	0.075	L
2	200	0.35	0.15	L
3	103.42	0.35	0.30	L
4	92.38	0.35		
5				
6				

Calcular... Insertar capa... Eliminar capa...

CEDEM - Cálculo de Esfuerzos y Deformaciones en Estructura Mult...

Archivo Datos Calcular Ayuda

Datos | Información de la Estructura | Resultados

Capa N°	Z [m]	Epsilon T	Signa T [MPa]	Epsilon Z	Signa Z [MPa]
1	0.00	633.0E-6	1.8762	-346.0E-6	0.6618
	0.08	-514.0E-6	-1.0503	653.0E-6	0.3732
2	0.08	-514.0E-6	0.0524	1660.0E-6	0.3732
	0.23	-620.0E-6	-0.0852	956.0E-6	0.1438
3	0.23	-620.0E-6	-0.0074	1370.0E-6	0.1438
	0.53	-268.0E-6	-0.0083	607.0E-6	0.0587
4	0.53	-268.0E-6	-0.0040	649.0E-6	0.0587
5					
6					

Deflexión : 86.01 [mm/100]

Radio de Curvatura : 67.73 [m]

Fuente: Elaboración propia a partir de Software CEDEM (Cálculo de esfuerzos y deformaciones en estructura multicapa).

Figura 33. Metodología Racional Software CEDEM, AASHTO 93 Coello-Espinal

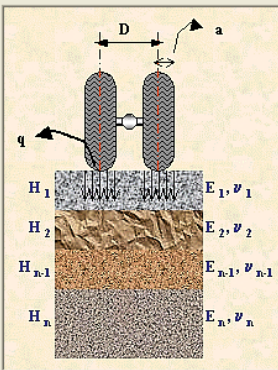
CEDEM - Cálculo de Esfuerzos y Deformaciones en Estructura Mult...

Archivo Datos Calcular Ayuda

Datos | Información de la Estructura | Resultados

Número Total de Capas : 4

Nombre del Diseño: AASHTO 93 Coello Espinal



Definiciones :

D : distancia de separación entre ejes de llantas

q : presión de contacto ejercida por las ruedas

a : radio de la carga

Hi : espesor de la capa i

Ei : módulo dinámico de la capa i

Ui : relación de Poisson de la capa i

CEDEM - Cálculo de Esfuerzos y Deformaciones en Estructura Mult...

Archivo Datos Calcular Ayuda

Datos | Información de la Estructura | Resultados

Número de Capas : 4

Radio de la Carga (a) : 0.125 [m]

Presión de Contacto (q) : 0.662 [MPa]

Distancia entre Ejes de Llantas (D) : 0.375 [m]

Capa N°	E [MPa]	μ []	H [m]	Ligada / No ligada	
1	1680	0.35	0.14	L	Calcular...
2	200	0.35	0.10	L	Insertar capa...
3	103.42	0.35	0.15	L	Eliminar capa...
4	92.38	0.35			
5					
6					

CEDEM - Cálculo de Esfuerzos y Deformaciones en Estructura Mult...

Archivo Datos Calcular Ayuda

Datos | Información de la Estructura | Resultados

Capa N°	Z [m]	Epsilon T	Signa T [MPa]	Epsilon Z	Signa Z [MPa]
1	0.00	424.0E-6	1.3562	-257.0E-6	0.6618
	0.14	-406.0E-6	-0.8596	431.0E-6	0.1825
2	0.14	-406.0E-6	-0.0169	931.0E-6	0.1825
	0.24	-450.0E-6	-0.0622	695.0E-6	0.1040
3	0.24	-450.0E-6	-0.0052	997.0E-6	0.1040
	0.39	-310.0E-6	-0.0077	703.0E-6	0.0698
4	0.39	-310.0E-6	-0.0029	753.0E-6	0.0698
5					
6					

Deflexión : 73.02 [mm/100]

Radio de Curvatura : 128.69 [m]

Fuente: Elaboración propia a partir de Software CEDEM (Cálculo de esfuerzos y deformaciones en estructura multicapa).

Figura 34. Metodología Racional Software CEDEM, INVIAS Coello-Espinal

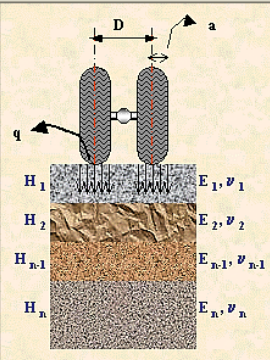
CEDEM - Cálculo de Esfuerzos y Deformaciones en Estructura Mult...

Archivo Datos Calcular Ayuda

Datos | Información de la Estructura | Resultados

Número Total de Capas : 4

Nombre del Diseño: INVIAS Coello Espinal



Definiciones :

D : distancia de separación entre ejes de llantas

q : presión de contacto ejercida por las ruedas

a : radio de la carga

Hi : espesor de la capa i

Ei : módulo dinámico de la capa i

ui : relación de Poisson de la capa i

CEDEM - Cálculo de Esfuerzos y Deformaciones en Estructura Mult...

Archivo Datos Calcular Ayuda

Datos | Información de la Estructura | Resultados

Número de Capas : 4

Radio de la Carga (a) : 0.125 [m]

Presión de Contacto (q) : 0.662 [MPa]

Distancia entre Ejes de Llantas (D) : 0.375 [m]

Capa N°	E [MPa]	μ []	H [m]	Ligada / No ligada
1	1680	0.35	0.075	L
2	200	0.35	0.15	L
3	103.42	0.35	0.30	L
4	92.38	0.35		
5				
6				

Calcular... Insertar capa... Eliminar capa...

CEDEM - Cálculo de Esfuerzos y Deformaciones en Estructura Mult...

Archivo Datos Calcular Ayuda

Datos | Información de la Estructura | Resultados

Capa N°	Z [m]	Epsilon T	Signa T [MPa]	Epsilon Z	Signa Z [MPa]
1	0.00	633.0E-6	1.8762	-346.0E-6	0.6618
	0.08	-514.0E-6	-1.0503	653.0E-6	0.3732
2	0.08	-514.0E-6	0.0524	1660.0E-6	0.3732
	0.23	-620.0E-6	-0.0852	956.0E-6	0.1438
3	0.23	-620.0E-6	-0.0074	1370.0E-6	0.1438
	0.53	-268.0E-6	-0.0083	607.0E-6	0.0587
4	0.53	-268.0E-6	-0.0040	649.0E-6	0.0587
5					
6					

Deflexión : 86.01 [mm/100]

Radio de Curvatura : 67.73 [m]

Fuente: Elaboración propia a partir de Software CEDEM (Cálculo de esfuerzos y deformaciones en estructura multicapa).

Tabla 66. Resultado de la verificación mecanicista

Vía	Metodos de diseño	Abscisa inicial	Abscisa final	Espesores (cm)			Solicitaciones Estructura (Cedem)		Admisible (Mecanicista Shell)		Cumplimiento	
				Concreto asfáltico	Base granular	Subbase granular	ϵ_f	ϵ_z	ϵ_f	ϵ_z	ϵ_f	ϵ_z
Avenida Betania calle 9 sentido Espinal - Coello	Aashto 93	0+000	1+340	12.5	10	15	441*10 ⁻⁶	822*10 ⁻⁶	703*10 ⁻⁶	847*10 ⁻⁶	✓	✓
	Invias			7.5	15	30	514*10 ⁻⁶	649*10 ⁻⁶			✓	✓
Avenida Betania calle 9 sentido Coello – Espinal	Aashto 93	0+000	1+340	14	10	15	406*10 ⁻⁶	753*10 ⁻⁶	683*10 ⁻⁶	817*10 ⁻⁶	✓	✓
	Invias			7.5	15	30	514*10 ⁻⁶	649*10 ⁻⁶			✓	✓

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en los resultados de la Tabla 66, las estructuras diseñadas por los métodos AASHTO 93 e INVIAS arrojan unas deformaciones inferiores a las deformaciones admisibles, con lo cual, éstas cumplen con los criterios de la verificación.

13 ESTRUCTURA RECOMENDADA

Con base en los espesores obtenidos a través de las dos metodologías empleadas para el diseño del pavimento (1) Manual de medios y altos volúmenes de tránsito - INVÍAS, 2) y AASHTO'93, se concluye que las estructuras de pavimento óptimas para la avenida Betania sentido Espinal-Coello y sentidos Coello-Espinal, corresponden a las calculadas por la metodología AASHTO'93 y verificadas por metodología mecanicista.

Las estructuras recomendadas para la construcción del pavimento es la mostrada en la Tabla 67.

Tabla 67. Estructura de pavimento recomendada

Vía	Espesores (cm)			
	Concreto asfáltico		Base Granular	Subbase Granular
	Rodadura - MDC-19	Intermedia - MDC-25		
Avenida Betania calle 9 sentido Espinal - Coello	5.5	7	10	15
Avenida Betania calle 9 sentido Coello – Espinal	5.5	8.5	10	15

Fuente: Elaboración propia.

Lo anterior, es debido, a que dicha estructura presenta el menor espesor de capas granulares entre las demás alternativas propuestas, generando posiblemente una reducción en costos constructivos; además de aportar mayor capacidad estructural del pavimento para soportar las cargas del tránsito durante el periodo de vida útil.

14 ESPECIFICACIONES Y NORMAS DE ENSAYO

Todos los materiales considerados en el diseño de pavimentos y que serán utilizados durante la ejecución de las obras deberán cumplir todas las propiedades, tolerancias y procesos constructivos establecidos en las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras - Versión 2014, adoptadas por el Ministerio de Transporte mediante Resolución N° 0001376 del 24 de mayo de 2014. En tal sentido se presenta el listado de los artículos relacionados al área de pavimentos.

De otra parte, las normas de ensayo para la caracterización y control de los materiales en obra serán las Normas de Ensayo para Materiales de Carreteras - Versión 2014, adoptadas por el Ministerio de Transporte mediante Resolución N° 0001375 del 24 de mayo de 2014.

Tabla 68. Especificaciones de construcción de pavimentos

Material	Especificación
Mejoramiento de la subrasante empleando material adicionado	Artículo 230-12
Subbase granular	Artículo 320-12
Base granular	Artículo 330-12
Riego de imprimación con emulsión asfáltica CRL-1	Artículo 420-12
Riego de liga con emulsión asfáltica CRR-1	Artículo 421-12
Mezcla densa en caliente tipo MDC-25	Artículo 450-12
Mezcla densa en caliente tipo MDC-19	Artículo 450-12

15 PRESUPUESTO

Con base en las actividades identificadas en el estudio técnico, su cuantificación y los análisis de precios unitarios, se obtienen los montos por actividad para finalmente armar el presupuesto del proyecto.

Puede que las necesidades reales contemplen o no actividades aquí descritas y algunas no estén presentes en este presupuesto.

Es necesario aclarar que los precios unitarios presentados en el presupuesto, tienen como base los valores del INVIAS en 2020. Estos precios deben ser corroborados y ajustados a las necesidades reales del proyecto a implementar. El presupuesto final, porcentajes del AIU e Interventoría son de carácter informativo y buscan dar una idea de los recursos a invertir en el proyecto.

Por otra parte, las cantidades de obra son estimadas para cada una de las actividades establecidas, y en el momento de la ejecución se identificará las cantidades necesarias a desarrollar en cada una de las actividades de acuerdo con la situación actual y la situación esperada con la realización del proyecto.

En cuanto a los materiales, aquellos proyectos cuya localización se aleja de las fuentes de la zona, regularmente tienen incrementos asociados a la disponibilidad de producto que cumpla las especificaciones de calidad como gradación, limpieza, dureza, etc. De la mano con lo anterior, se debe considerar en los precios el sobre costo que representa el transporte de los materiales a zonas de difícil acceso. Para el presente proyecto, se consideró una distancia para la disposición, así como para la extracción de material de 20 km.

Los costos por Administración, Imprevistos y Utilidades (AIU) en este caso se estimaron como un porcentaje de 30%, pero se aclara que la determinación del monto a aplicar en el proyecto se basa en las características de cada entidad territorial.

Los valores de la interventoría corresponden a un análisis aparte y un presupuesto específico, que no corresponden con algún tipo de porcentaje en particular de los costos directos. Para este caso en particular, se tuvo en cuenta que la interventoría tendría como porcentaje el 9%.

La gestión de la interventoría debe incluir, dentro del plan de calidad, no solamente la trazabilidad de sus propios ensayos, sino las medidas y controles de seguimiento al control de calidad que realiza el contratista.

En la siguiente tabla se presenta el presupuesto para el tramo de vía en doble calzada en la avenida Betania calle 9 con longitud aproximada de 0.9 km en sentidos Espinal-Coello y Coello-Espinal.

En el presupuesto de esta obra vial se describen los ítems: preliminares y adecuación del terreno, movimiento de tierra, estructura del pavimento, bordillo en concreto y señalización, cada uno con sus respectivas actividades y sus valores para la ejecución del proyecto, el cual presenta un costo total del proyecto de \$3,967,834,750.97.

Figura 35. Presupuesto de la obra vial

ITEM	DESCRIPCIÓN	UN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
1.00	PRELIMINARES Y ADECUACIÓN DEL TERRENO				\$ 44,882,618.00
1.1	Localizacion y replanteo Topográfico en vía urbana	M2	15,334.00	\$ 2,927.00	\$ 44,882,618.00
2.00	MOVIMIENTO DE TIERRA				\$ 659,507,625.00
2.1	Excavacion mecanica y retiro de sobrantes	M3	5,163.75	\$ 126,700.00	\$ 654,247,125.00
2.2	Terraplen	M3	375.00	\$ 14,028.00	\$ 5,260,500.00
3.00	ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO				\$ 1,961,522,055.00
3.1	Escarificacion, conformacion y compactacion de la subrasante. (Grado de compactacion al 95%PM).	M2	13,500.00	\$ 5,215.00	\$ 70,402,500.00
3.2	Subbase granular (Suministro, Extendido, Nivelación, Humedecimiento y compactación con equipo mecanico)	M3	2,025.00	\$ 184,066.00	\$ 372,733,650.00
3.3	Base granular compactada mecanicamente (Suministro, Extendido, Nivelación, Humedecimiento y compactación con equipo mecanico)	M3	1,350.00	\$ 190,566.00	\$ 257,264,100.00
3.4	Imprimacion con emulsion asfaltica CRL 0, Incluye suministro, barrido de superficie y riego.	M2	13,500.00	\$ 2,774.00	\$ 37,449,000.00
3.5	Riego de liga con emulsion asfaltica CRR-2. Incluye suministro, barrido de superficie y riego.	M2	13500.00	\$ 2,754.93	\$ 37,191,555.00
3.6	Mezcla densa en caliente tipo MDC-19 (MDC-2) Incluye suministro, transporte, colocacion y compactacion.	M3	742.50	\$ 675,000.00	\$ 501,187,500.00
3.7	Mezcla densa en caliente tipo MDC-25 (MDC-1) Incluye suministro, transporte, colocacion y compactacion.	M3	1,046.25	\$ 655,000.00	\$ 685,293,750.00
4.00	BORDILLO EN CONCRETO				\$ 148,008,304.80
4.1	Suministro e instalación de concreto pobre de limpieza de 2.000 PSI e=0.05m para bordillo	M	1,800.00	\$ 13,448.00	\$ 24,206,400.00
4.2	Suministro e instalación de Acero de refuerzo de 60.000 PSI para bordillo	KG	8,528.40	\$ 5,222.00	\$ 44,535,304.80
4.3	Suministro e instalación de concreto de 3.000 PSI para bordillo	M	1,800.00	\$ 44,037.00	\$ 79,266,600.00
5.00	SEÑALIZACION				\$ 40,636,772.00
5.1	Pintura acrilica base de agua demarcacion linea continua 12cm. Según norma INVIAS	ML	5400.00	\$ 4,604.00	\$ 24,861,600.00
5.2	Marca vial	M2	8.00	\$ 46,044.00	\$ 368,352.00
5.3	Tachas reflectivas	Und	675.00	\$ 8,420.00	\$ 5,683,500.00
5.4	Señal vertical de tránsito SP/SR/SI 60x60cm	Und	20.00	\$ 486,166.00	\$ 9,723,320.00
	TOTAL COSTOS DIRECTOS				\$ 2,854,557,374.80
	ADMINISTRACION			20%	\$ 570,911,474.96
	IMPREVISTOS			5%	\$ 142,727,868.74
	UTILIDAD			5%	\$ 142,727,868.74
	INTERVENTORIA			9%	\$ 256,910,163.73
	TOTAL COSTOS INDIRECTOS				\$ 1,113,277,376.17
	TOTAL DEL PROYECTO				\$ 3,967,834,750.97

Fuente: Elaboración propia.

16 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Considerando que el CBR estimado para las zonas de corte es de 10%, una vez se realice la explanación se debe verificar el cumplimiento de este valor. En caso de encontrar valores de CBR menores a 10% se debe realizar un mejoramiento cuyo CBR y espesores mínimos son los mostrados en la Tabla 25.

Tabla 69. Espesor mínimo de mejoramiento

CBR de Subrasante	Mejoramiento		Módulo Equivalente
	Espesor	CBR	
1% - 4%	60.0 cm	10.0%	92.38 MPa
4% - 7%	50.0 cm	10.0%	92.38 MPa
7% - 9%	40.0 cm	10.0%	92.38 MPa

- Los materiales que conformarán los terraplenes deberán ser seleccionados cuidadosamente, excluyendo los materiales de préstamo lateral con contenido arcilloso o con problemas de expansión, y garantizando que éstos cumplan con las especificaciones de construcción exigidas por el INVÍAS.
- Se recomienda realizar la nivelación y compactación de la subrasante, posterior al mejoramiento (cajeo y reemplazo) que dé a lugar. Y previo al inicio de las labores de construcción.
- En las áreas que se requiera realizar reemplazo y mejoramiento del material se debe proceder a excavar y rellenar con material de préstamo de características (afirmado o pedraplen (material rajón)) que logren aportar al suelo natural y controlar las novedades existentes.
- Donde exista superficie contaminada (materia orgánica, rellenos antrópicos) o se observe irregularidades se recomienda remover la rasante existente, retirando el material contaminado y luego se deberá conformar y adecuar con el material de préstamo granular (afirmado) que aportara como relleno, compactándose a la humedad óptima a una densidad mínima del 95% según su proctor modificado.
- En las áreas que se presente condiciones de inestabilidad por humedad, se recomienda realizar un mejoramiento en pedraplen para abatir la infiltración por capilaridad, o en su defecto filtros, emplear algún producto geosintético (geotextil no tejido y grava (filtro francés) o geotextil planar (geodren)).
- Se recomienda la construcción de drenajes superficiales (cunetas), en los sitios donde se requiera, dejando definidas en el momento de la construcción las pendientes transversales y longitudinales. Por ningún motivo se deben presentar estancamiento.
- Se recomienda la construcción de subdrenaje, en los sitios donde se requiera, dejando definidas en el momento de la construcción la pendiente longitudinal.
- La mezcla de concreto asfáltico tipo MDC-19, a emplear deberá ser certificada por el proveedor a través del diseño de Mezcla Marshall actualizado, no mayor a tres (3) meses. En el cual se evaluará variables (flujo, vacíos, estabilidad, densidad, porcentaje de asfalto y los respectivos ensayos de los agregados desgaste, granulometría, índices de forma, plasticidad, equivalente de arena, caras fracturadas, peso específico y peso específico del llenante mineral, relación llenante ligante, concentración crítica etc.).
- Para garantizar una superficie de acabado homogénea, debe existir control topográfico durante todo el proceso de colocación de capas, ya que, si lo anterior no se cumple, es condición para que se genere acumulación de humedad, que finaliza infiltrándose.
- Se recomienda considerar la variable clima (estado del tiempo atmosférico) para el proceso constructivo, teniendo en cuenta el régimen de lluvias que se presenta en la zona.
- Dadas las condiciones de alta temperatura y tráfico pesado presente en la zona, se recomienda evaluar la posibilidad de emplear una mezcla producida con un porcentaje de trituración del 100%, con el fin de obtener una mezcla con mayor matriz y con un comportamiento más friccionante.

- Se resalta que debido a la pérdida drástica de resistencia que sufren los suelos de subrasante frente a la acción del agua, deberán garantizarse a lo largo del tramo condiciones óptimas de drenaje. Para la recolección de las aguas infiltradas, se han considerado drenes del tipo filtro francés, compuestos por material drenante, toda la zanja se debe envolver en geotextil para evitar su contaminación con el material adyacente.
- Aunque las estructuras se determinaron para un periodo de diseño de diez (10) años, es conveniente llevar a cabo una política permanente de mantenimiento periódico y rutinario de la vía, con el fin de controlar el deterioro del pavimento.
- Todos los procedimientos de construcción y materiales a utilizar deberán cumplir a cabalidad con las exigencias establecidas en las especificaciones Generales de Construcción de Carreteras INVÍAS -2012.

17 REFERENCIAS

- American Association of State Highway and Transportation Officials AASHTO. Guide for design of pavement structures. Washington: AASHTO, 1993.
- Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras, INVÍAS 2008.
- Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles 2006.
- Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras - Versión 2012, adoptadas por el Ministerio de Transporte mediante Resolución N° 0001376 del 24 de mayo de 2014.
- Normas de Ensayo para Materiales de Carreteras - Versión 2012, adoptadas por el Ministerio de Transporte mediante Resolución N° 0001375 del 24 de mayo de 2014.
- Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito. Popayán. INVÍAS, 1998.

ANEXO 1. Localización de apiques y resultados de los ensayos de laboratorio

ANEXO 2. Registro fotográfico