

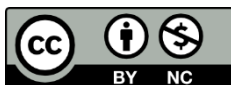
APLICACIÓN EN TEMATICAS DE INGENIERÍA CIVIL

DIAGNÓSTICO VISUAL PARA LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA “CAMINO GANADERO” CALLE 21 SUR ENTRE LA CARRERA 22 Y LA INTERSECCIÓN DE LA AVENIDA LOS MARACOS QUE COMUNICA LA ZONA SUR DE VILLAVICENCIO



Por:

**Duvar Hernán Martín Rodríguez
Camilo Alfonso Gómez León**



**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO
2020**

APLICACIÓN EN TEMATICAS DE INGENIERÍA CIVIL

DIAGNÓSTICO VISUAL PARA LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA “CAMINO GANADERO” CALLE 21 SUR ENTRE LA CARRERA 22 Y LA INTERSECCIÓN DE LA AVENIDA LOS MARACOS QUE COMUNICA LA ZONA SUR DE VILLAVICENCIO



Por:

**Duvar Hernán Martín Rodríguez
Camilo Alfonso Gómez León**

Documento final presentado como opción de grado para optar al título profesional
de ingeniero civil

Aprobado por:

I.C. Jessica Ramírez Cuello, MSc.
Director

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO
2020**

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Fray José Gabriel Mesa Ángulo, O.P.
Rector General

Fray Eduardo González Gil, O.P.
Vicerrector Académico General

Fray José Antonio Balaguera Cepeda, O.P.
Rector Sede Villavicencio

Fray Rodrigo García Jara, O.P.
Vicerrector Académico Sede Villavicencio

Julieth Andrea Sierra Tobón
Secretaria de División Sede Villavicencio

Ing. Manuel Eduardo Herrera Pabón, Ph.D.
Decano Facultad de Ingeniería Civil

Nota de aceptación

ING. MANUEL EDUADRO HERRERA PABÓN
Decano Facultad Ingeniería Civil

ING. JESSICA MARÍA RAMIREZ CUELLO
Director Trabajo de Grado

ING. JUAN MANUEL SALGADO DÍAZ
Jurado

Villavicencio, 18 de agosto de 2020

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a nuestros padres, ingenieros docentes y a la universidad Santo Tomas, por su acompañamiento y disposición, siempre dando lo mejor de sus conocimientos y mostrando su lado más humano con su compromiso social.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos primeramente a Dios, sin él nada hubiese sido posible, a nuestros padres por la ayuda y el compromiso brindado, por ser esa fuente de apoyo incondicional en el transcurso de nuestra carrera, así como también a todos los docentes que, con sus conocimientos, fueron de gran importancia para poder llevar a cabo esta tesis. También agradecemos de manera muy especial el acompañamiento y dedicación a nuestra directora de tesis, la ingeniera Jessica Ramírez, quien siempre mostro su interés personal en desarrollar y terminar este proyecto, el cual fue realizado con fervor y pasión a nuestra carrera profesional.

RESUMEN

La vía “El Camino Ganadero” calle 21 sur entre la carrera 22 y la intersección de la Avenida los Maracos, es un tramo muy importante para la ciudad de Villavicencio, ya que comunica el tráfico de varios barrios muy concurridos cómo: San Antonio, Kirpas, La Carolina, Villa Melida, Los Gemelos, entre otros. Además, en su aspecto turístico, este corredor vial es muy transitado en épocas de festividades, ya que se encuentra en la zona, el parque “Las Malocas”, centro cultural llanero de la capital del Meta.

Por otra parte, cabe resaltar que, en los últimos años se han venido presentando deterioros en la estructura del pavimento afectando su capacidad funcional y colocando en riesgo la vida de los usuarios que transitan por esta vía.

Por tal motivo, en el presente documento, se evalúan los daños actuales que presenta la superficie del pavimento, de forma cualitativa y cuantitativa con base a la metodología establecida por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y la metodología Pavement Condition Index (PCI); con el fin de proponer un plan de mantenimiento.

El alto deterioro que presenta la estructura del pavimento, del tramo evaluado, se evidencio en el desarrollo de la metodología PCI, que, según sus rangos de clasificación, el estado de la estructura se encuentra en una clasificación “regular”. Además, a lo largo de la vía se observan diversas fallas, las más recurrentes, fisuras de varios tipos, parches y baches, estos daños son el principal problema de la capa de rodadura, por lo que el plan de mantenimiento se encuentra enfocado en una óptima solución para este tipo de deterioros.

Por último, el plan de mantenimiento propuesto en este proyecto tiene como fin proporcionar una serie de actividades ya sean, correctivas, rutinarias, o preventivas de acuerdo con el tipo de daño presentado en la estructura del pavimento las cuales buscan realizar una corrección total a los daños presentes en la estructura.

Palabras Claves: *Diagnóstico, INVIAS, mantenimiento, pavimento flexible, PCI.*

ABSTRACT

The road "El Camino Ganadero" 21 south street between Carrera 22 and the intersection of Avenida los Maracos, is a very important section for the city of Villavicencio, since it communicates the traffic of several very crowded neighborhoods such as: San Antonio, Kirpas , La Carolina, Villa Melida, Los Gemelos, among others. In addition, in its tourist aspect, this road corridor is very busy at times of festivities, since it is located in the area, the "Las Malocas" park, a plains cultural center of the capital of Meta.

On the other hand, it should be noted that in recent years there have been deteriorations in the structure of the pavement, affecting its functional capacity and putting the lives of users who travel on this road at risk.

For this reason, in this document, the current damage presented by the pavement surface is evaluated, qualitatively and quantitatively based on the methodology established by the National Institute of Roads (INVIAS) and the Pavement Condition Index (PCI) methodology. ; in order to propose a maintenance plan.

The high deterioration of the pavement structure of the evaluated section was evidenced in the development of the PCI methodology, which, according to its classification ranges, the state of the structure is in a "regular" classification. In addition, along the road there are various faults, the most recurrent, cracks of various types, patches and potholes, these damages are the main problem of the tread layer, so the maintenance plan is focused on a optimal solution for this type of damage.

Finally, the maintenance plan proposed in this project aims to provide a series of activities, whether corrective, routine, or preventive according to the type of damage presented in the pavement structure, which seek to make a total correction to the damage present in the structure.

Key Word: *Diagnostic, INVIAS, maintenance, flexible pavement, PCI.*

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	16
2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
2.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	18
2.2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	19
3.	JUSTIFICACIÓN	20
4.	OBJETIVOS.....	22
4.1.	OBJETIVO GENERAL	22
4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
5.	ALCANCE	23
6.	MARCO DE REFERENCIA.....	24
6.1.	MARCO TEÓRICO	24
6.1.1	Manual de inspección visual para pavimentos flexibles.....	24
6.1.2	Método PCI (Pavement Condition Index) para pavimentos flexibles	30
6.1.3	Cálculo del PCI de una sección de pavimento	31
6.2.	MARCO CONCEPTUAL	32
6.2.1	DEFINICIÓN DE LOS TIPOS DE DAÑOS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES 32	
6.2.2	PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL	34
6.2.3	PAVIMENTO	34
6.2.4	PAVIMENTO FLEXIBLE.....	35
6.2.5	BERMAS	35
6.2.6	TRÁNSITO	35
6.2.7	MANTENIMIENTO.....	35
6.2.8	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	36
6.3.	ESTADO DEL ARTE	36
6.4.	MARCO NORMATIVO	39
6.5.	MARCO GEOGRÁFICO.....	41
6.6.	METODOLOGÍA	42
6.7.	ETAPA 1	43
6.8.	ETAPA 2	43
6.9.	ETAPA 3	43
6.10.	ETAPA 4	43
6.11.	ETAPA 5	43
7.	ETAPA 1 ANTECEDENTES DE LA ZONA DE ESTUDIO	44
7.1.	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LA VÍA OBJETO DE ESTUDIO	44
7.2.	CARACTERIZACIÓN DEL USO DEL SUELO DE LA ZONA SEGÚN EL POT DE VILLAVICENCIO	45
7.3.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LOS TIPOS DE DAÑOS QUE SE PRESENTAN EN LAS ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE	46
7.3.1	FISURAS.....	46
7.3.2	PÉRDIDA DE LAS CAPAS DE LA ESTRUCTURA	49
7.3.3	DAÑOS SUPERFICIALES	51

8.	ETAPA 2 LEVANTAMIENTO DE DAÑOS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON BASE A LA METODOLOGÍA INVIAS	53
8.1.	REGISTRO FOTOGRÁFICO E INSPECCIÓN VISUAL DE LA VÍA	53
8.2.	ABSCISADO DEL TRAMO OBJETO DE ESTUDIO	53
8.3.	LEVANTAMIENTO DE DAÑOS A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA INVIAS PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES	53
9.	ETAPA 3 ANÁLISIS DE DATOS DEL LEVANTAMIENTO DE DAÑOS CON BASE AL MANUAL DE INVIAS	54
9.1.	METODOLOGÍA INVIAS.....	54
9.1.1	DAÑOS SUPERFICIALES	57
9.1.2	DAÑOS EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE SIN INCLUIR LOS DAÑOS SUPERFICIALES	58
9.2.	METODOLOGÍA PCI.....	59
10.	ETAPA 4 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS METODOLOGÍAS INVIAS Y PCI.....	62
10.1.	RESULTADOS METODOLOGÍA INVIAS.....	63
10.1.1	CUADRO COMPARATIVO DE ÁREAS	64
10.2.	RESULTADOS METODOLOGÍA PCI.....	67
11.	PLAN DE MANTENIMIENTO.....	72
12.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	82
13.	RESULTADOS E IMPACTOS	83
13.1.	RESULTADOS ESPERADOS	83
13.2.	IMPACTOS	83
14.	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	84
14.1.	CONCLUSIONES.....	84
14.2.	TRABAJOS FUTUROS	85
	BIBLIOGRAFÍA.....	86
	ANEXOS	88

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1 Clasificación de la red vial pavimentada.	16
Tabla 5.1. Entregables del proyecto.	23
Tabla 6.1 índice de condición del pavimento (PCI) y escala de graduación.	31
Tabla 6.2. Tesis e informes para la elaboración del proyecto.	38
Tabla 6.3. Normativa para el proyecto.	39
Tabla 6. Formato de evaluación del pavimento flexible metodología PCI.	59
Tabla 7. Formato de evaluación del pavimento flexible metodología PCI, datos de entrada.	60
Tabla 8. Formato de evaluación del pavimento flexible metodología PCI, Unidades a evaluar.	60
Tabla 9. Formato de evaluación del pavimento flexible metodología PCI, longitudes de unidades de muestreo asfáltico.	61
Tabla 10. Formato de evaluación del pavimento flexible metodología PCI, tabla resumen de los datos obtenidos con la metodología PCI.	61
Tabla 11. Rangos de calificación del PCI.	62
Tabla 12. Formato de evaluación del pavimento flexible, daños superficiales, compilación de datos.	63
Tabla 13. Formato de evaluación del pavimento flexible, compilación de porcentajes de afectación por cada daño superficial existente.	64
Tabla 14. Formato de evaluación del pavimento flexible, compilación de porcentajes de afectación para los daños sin severidad.	64
Tabla 15. Formato de evaluación del pavimento flexible metodología PCI, tabla resumen de los datos obtenidos con la metodología PCI.	67
Tabla 16. Promedio de los rangos obtenidos del PCI.	68
Tabla 17. Estado actual de la vía través de la metodología del PCI.	68
Tabla 18. Exploración de la condición por unidad de muestreo, metodología PCI	69
Tabla 19. Tabla para la obtención del máximo valor deducido corregido.	71
Tabla 20. Tabla resumen del PCI para la unidad 1.	71
Tabla 21. Plan de mantenimiento vía "El camino Ganadero"	72
Tabla 22. Plan de mantenimiento, afectación por tramo y análisis.	77
Tabla 13.1. Tabla de resultados	83
Tabla 13.2. Impactos	83

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2.1. Estado de la malla vial.	19
Ilustración 6.1. Primera página del formato para el levantamiento de pavimento flexible.	26
Ilustración 6.3. Segunda página del formato para el levantamiento de pavimento flexible.	28
Ilustración 6.4. Localización del departamento del Meta y Villavicencio.	41
Ilustración 6.5. Zona de estudio en la ciudad de Villavicencio.	41
Ilustración 6.6. Etapas de la metodología.	42
Ilustración 7.1. Localización del departamento del Meta y Villavicencio.	44
Ilustración 7.2. Localización de la vía objeto de estudio.	44
Ilustración 7.3. Reconocimiento del uso del suelo en la zona objeto de estudio. ..	45
Ilustración 7.4. Fisuras longitudinales.	46
Ilustración 7.5. Fisuras transversales.	46
Ilustración 7.6. Fisuras en juntas de construcción.	47
Ilustración 7.7. Fisura transversal en junta de construcción.	47
Ilustración 7.8. Fisura en medialuna.	48
Ilustración 7.9. Fisuras en bloque.	48
Ilustración 7.10. Piel de cocodrilo.	49
Ilustración 7.11. Descascaramiento.	49
Ilustración 7.12. Bache.	50
Ilustración 7.13. Parche.	50
Ilustración 7.14. Desgaste superficial.	51
Ilustración 7.15. Pérdida de agregado.	51
Ilustración 7.16. pulimiento del agregado.	52
Ilustración 7.17. Cabezas duras.	52
Ilustración 9.1. Formato de evaluación del pavimento flexible, información general.	54
Ilustración 9.2. Formato de evaluación del pavimento flexible, información general.	55
Ilustración 9.3. Formato de evaluación del pavimento flexible, Fotografías de los daños.	56
Ilustración 9.4. Formato de evaluación del pavimento flexible, tabla explicativa de los daños.	56
Ilustración 9.5. Formato de evaluación del pavimento flexible para los daños superficiales, descripción del proyecto.	57
Ilustración 9.6. Formato de evaluación del pavimento flexible para los daños superficiales.	57
Ilustración 9.7. Formato de evaluación del pavimento flexible para los daños superficiales, resumen total de los datos evaluados para los daños superficiales.	58
Ilustración 9.8. Formato de evaluación del pavimento flexible sin los daños superficiales.	58
Ilustración 9.9. Formato de evaluación del pavimento flexible sin los daños superficiales.	59

Ilustración 11.1. Plan de mantenimiento, distribución de los daños por tramo de calzada.....	77
Ilustración 11.2. Plan de mantenimiento, parte 1.....	78
Ilustración 11.3. Plan de mantenimiento, parte 2.....	79
Ilustración 11.4. Plan de mantenimiento, parte 3.....	80
Ilustración 11.5. Plan de mantenimiento, parte 4.....	80
Ilustración 11.6. Plan de mantenimiento, parte 5.....	81

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 6.1. Área tramo.....	29
Ecuación 6.2. % Afectación de vía.	29
Ecuación 6.3. % Área total afectada.	29
Ecuación 6.4. % Área total inspeccionada.	29
Ecuación 6.5. Determinación del Área.	29
Ecuación 6.6. Cálculo de B.	29
Ecuación 6.7. Cálculo de C.....	30
Ecuación 6.8. Cálculo de D.....	30
Ecuación 6.9. Determinación de PCI.....	31
Ecuación 9.1. Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.	60
Ecuación 9.2. Intervalo de muestreo.	61

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 10.1. área de afectación vs Porcentaje de afectación con severidad baja.	65
Gráfica 10.2. Área de afectación vs Porcentaje de afectación con severidad media.	65
Gráfica 10.3. Área de afectación vs Porcentaje de afectación con severidad alta.	66
Gráfica 10.4. Área de afectación vs Porcentaje de afectación en daños sin grado de severidad asociados.	66
Gráfica 10.5. Área de afectación vs Tramos de la vía objeto de estudio.	67
Gráfica 10.6. Exploración de la condición por unidad de muestreo para el daño pulimiento del agregado, metodología PCI, tablas.	69
Gráfica 10.7. Exploración de la condición por unidad de muestreo para el daño de huecos, metodología PCI, tablas.	70
Gráfica 10.8. Exploración de la condición por unidad de muestreo, curvas “q” para definir la condición del pavimento por unidad de muestreo.	70

1. INTRODUCCIÓN

Las vías de comunicación han sido de gran importancia desde hace años, en vista que el hombre ha construido caminos desde la época primitiva para trasladarse con mayor facilidad, con el fin de mejorar la comunicación, comercio y desarrollo entre las primeras civilizaciones. Actualmente el desarrollo de los países se basa primordialmente en sus vías de comunicación, dado que generan intercambios culturales, sociales e interrelaciones económicas. Por otra parte, cada año se invierte cuantiosas sumas de dinero, así como horas – hombre en la construcción, mantenimiento y rehabilitación de obras viales, para aumentar nuestra seguridad y comodidad al desplazarnos por una vía.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, la estructura de un pavimento como parte de la infraestructura vial, es predominante, ya que su objetivo es ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito, que permita a los usuarios un recorrido cómodo, seguro y eficiente. En general, “los pavimentos son estructuras que están constituidas por un conjunto de capas superpuestas relativamente horizontales que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el período para el cual fue diseñada la estructura del pavimento” [1]. Así mismo, los pavimentos también deben soportar los cambios de temperatura y precipitaciones, pues afectan directamente en la resistencia, compresibilidad y cambios volumétricos de la subrasante en la cual se encuentra apoyada la estructura del pavimento.

En Colombia El Instituto Nacional de Vías (INVIAS), actualiza permanentemente el estado de la red vial nacional clasificando el estado y las condiciones en las que se presentan estas vías, de esta manera mantiene un seguimiento que permite adoptar medidas preventivas buscando mejorar el funcionamiento de las vías, para el segundo semestre del año 2019 se obtuvieron los siguientes resultados de clasificación de la malla vial como se observa en la tabla 1.1.

Tabla 1-1 Clasificación de la red vial pavimentada.

RED PAVIMENTADA (km)	SEVERIDAD					RED TOTAL CALIFICADA TOTAL
	MUY BUENO	BUENO	REGULA R	MALO	MUY MALO	
TOTAL RED VIAL (km)	1703.12	2974.2 6	2413.93	1461.9 8	86.17	8639.46
TOTAL RED VIAL (%)	19.71%	34.43%	27.94%	16.92%	1.00%	79,25%

Fuente: [2]

Según la tabla 1.1, se puede evidenciar que el estado de la malla vial nacional pavimentada tiene una longitud de 8639,46 km la cual equivale a un 79,25% de las vías nacionales, de la cual, el 54% permite una buena funcionalidad del transporte, teniendo en cuenta las categorías bueno y muy bueno del pavimento, es decir que el 46% del pavimento se encuentra en estado regular, malo y muy malo.

Por otra parte, la estructura del pavimento puede llegar a sufrir patologías cuando se presentan continuas repeticiones de carga en el pavimento, “ocasionando agrietamientos debido a que los esfuerzos cortantes y de tensión superan los admisibles por la estructura” [3], causando deterioro en los materiales constructivos y reducción o pérdida total de su comportamiento estructural durante su tiempo de servicio. En la ciudad de Villavicencio, el 52% de las vías se encuentran en estado regular y malo. El mayor porcentaje del mal estado se encuentra en la malla vial secundaria [4], una de estas es la vía objeto de estudio “El Camino Ganadero”, este tramo tiene una longitud de 3,6km aproximadamente.

En el presente documento se desarrollará un estudio patológico para la vía conocida como “El Camino Ganadero”, la cual sirve como ruta de interconexión entre dos vías principales de la ciudad. Se analizará la variedad de patologías presentes en la capa de rodadura, originadas por esfuerzos mecánicos, agentes atmosféricos, contaminación y otras por causas indirectas como, por ejemplo: defectos de diseño o errores en la etapa constructiva.

Así mismo se evaluarán los daños actuales que presenta la superficie del pavimento flexible, de forma cualitativa y cuantitativa con base a la metodología establecida por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y la metodología Pavement Condition Index (PCI); con el fin de proponer un plan de mantenimiento.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En los años 70 la comuna cinco (5) de Villavicencio - Meta, era una de las más despobladas, su construcción empezó con el barrio Kirpas, la iniciativa de construcción en esta comuna se dio por la misma comunidad que habitaba el sector ya que se hizo un proceso de autoconstrucción mediante la cooperativa de vivienda. Actualmente siguen apareciendo barrios y asentamientos aledaños a la calle 20 sur “El Camino Ganadero”. [5]

De acuerdo con cifras realizadas por la universidad de los llanos en el año 2005, se estimaba que el número de habitantes pertenecientes a la comuna cinco (5) de la ciudad de Villavicencio, es igual que en la Comuna cuatro, 59.953, aumentando un 2,51% para el año 2006 llegando a 61.458 personas, manteniéndose que la tendencia de incremento poblacional en las comunas es igual que el incremento poblacional municipal. En cuanto a la movilidad de la población, se encuentra que el 61% de esta ha vivido siempre en el mismo barrio, que solo el 12% viene de otro departamento, y que el 27% lo integra la población que ha vivido en otro barrio de la ciudad o en otro municipio del Meta. Entre las razones que han motivado a las personas para vivir en Villavicencio se encuentran entre otras, buscar trabajo, mejorar ingresos, razones familiares y problemas de violencia, estas causas son frecuentes en los estratos 1, 2 y 3. [6].

En este orden de ideas, uno de los factores generadores de daño en las vías, es el crecimiento acelerado de la población, lo que suscitó el cambio de uso de suelo de algunos barrios que pasaron de ser uso residencial a comercial; por lo tanto, las rutas del transporte público usan vías que fueron diseñadas para un tráfico de menos categoría.

Un estudio de formulación del plan de movilidad del municipio de Villavicencio para el año 2013 determinó que “al analizar los datos obtenidos, se encuentra que, de los 170 Km de vía inventariados, el 40% se encuentran en estado regular, 12% en mal estado y el restante 48% presentan un buen estado, así mismo se encontró que el 35% está construido en concreto (pavimento rígido) y el 65% en pavimento asfáltico” [4] como se puede observar en la Ilustración 2.1.

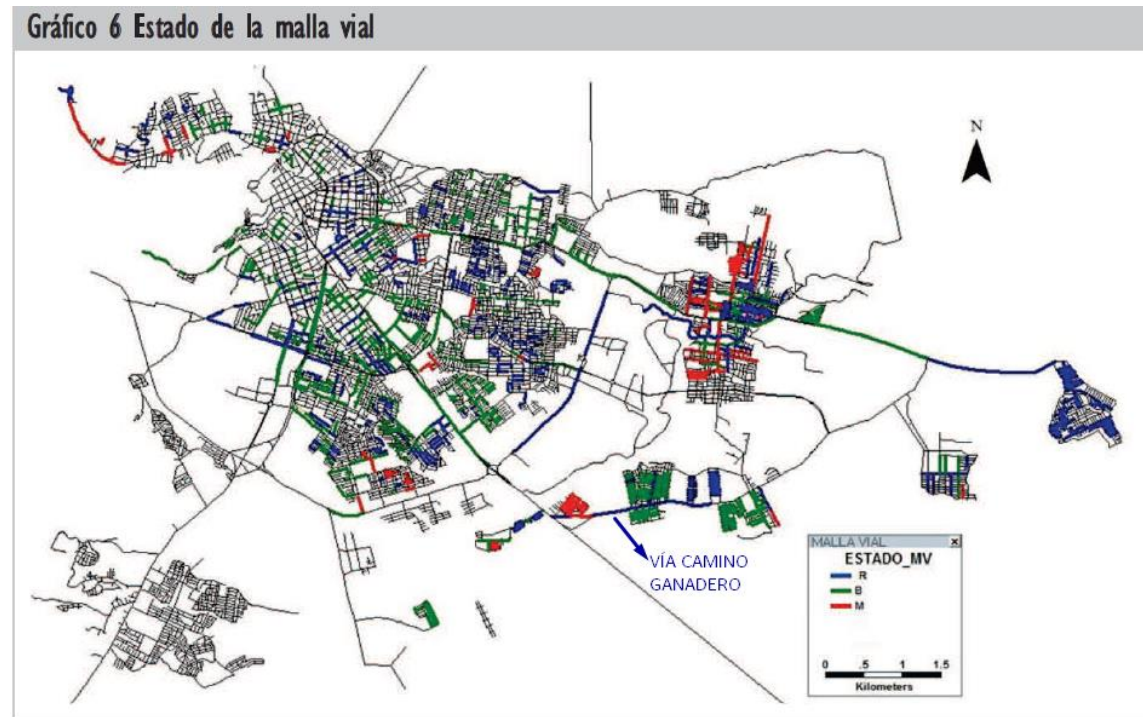


Ilustración 2.1. Estado de la malla vial.

Fuente: [4].

Al analizar la ilustración 2.1, se puede observar que, la vía “El Camino Ganadero” se encuentra en un estado regular (color azul) y una fracción en mal estado (color rojo), cabe resaltar que este estudio fue realizado para el año 2013 teniendo en cuenta análisis y aforos vehiculares de menor volumen a los que se presentan para el año 2019, por tal motivo, la estructura del pavimento actualmente está recibiendo mayores cargas vehiculares, ocasionando un mayor deterioro en la vía, sumado a esto, el daño en la estructura se intensifica al recibir poco mantenimiento preventivo.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Ante esta problemática, se observa la necesidad de realizar un diagnóstico visual con base a la metodología INVIAS y PCI para la superficie del pavimento de la vía “El Camino Ganadero” con el fin de proponer un plan de mantenimiento, buscando dar una solución al problema.

3. JUSTIFICACIÓN

La vía “El Camino Ganadero” calle 21 sur entre la carrera 22 y la intersección de la Avenida los Maracos fue construida aproximadamente hace 15 años según los habitantes del sector, cuando la ciudad no había experimentado aún el desarrollo actual, además este sector tuvo un aumento en su densidad poblacional generando nuevos asentamientos urbanos contribuyendo en la proliferación del parque automotor que transita a través de esta vía. Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, este tramo tiene una gran importancia para la zona, ya que comunica el tráfico de varios barrios muy concurridos e importantes (San Antonio, Kirpas, La Carolina, Villa Melida, Los gemelos, entre otros). Además, en su aspecto turístico, provoca un crecimiento esporádico en el parque automotor en época de festividades, ya que se encuentra en la zona, el parque “Las Malocas”, centro cultural llanero de la capital del Meta; cabe resaltar que este tramo vial es una de las salidas alternas de la ciudad hacia los municipios de Puerto López y Puerto Gaitán; por lo tanto, le da dinamismo al tráfico y comercio aledaño.

Por otra parte, cabe resaltar que, según la formulación del plan de movilidad para el municipio de Villavicencio realizado en el año 2013, la vía presente objeto de estudio se encuentra en un estado regular, nivel funcional 3, “que caracteriza una vía con varias irregularidades, tanto en la carpeta de rodadura como en la base, se puede identificar con la presencia de pequeños huecos y grietas en la vía, los cuales son sanables con parcheos periódicos” [7]. De igual manera, algunas fallas se pueden visualizar y otras se ponen en manifiesto al momento de transitar en un vehículo a una velocidad medía.

Por lo anterior, la necesidad de una infraestructura vial en óptimas condiciones es indispensable, por lo cual se deben tomar las previsiones y correcciones necesarias en el mantenimiento de las vías. Por tal motivo es necesario identificar los daños presentes en la vía “El Camino Ganadero” para realizar un diagnóstico detallado a la capa de rodadura a través de la metodología establecida por el INVIAS (Manual de inspección visual para pavimento flexible) y PCI; con el fin de proponer un plan de mantenimiento y de igual manera dar una solución oportuna que derive en una mejora de las condiciones de tránsito para los usuarios y dinamismo en la economía de los habitantes del sector.

A su vez, el presente proyecto está dirigido a incentivar el mantenimiento de los pavimentos flexibles, planteando alternativas de solución en los daños encontrados y de esta forma mejorar el nivel de serviciabilidad, seguridad y comodidad a los usuarios que transitan por la vía “El Camino Ganadero”. Por consiguiente, “El diagnóstico visual, como el análisis superficial de la capa de rodadura se considera

de gran ayuda en las obras de infraestructura vial, convirtiéndose así, en la parte fundamental para la adecuada conservación de los pavimentos”. [8]

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar un diagnóstico visual de la superficie del pavimento flexible de la vía “El Camino Ganadero” Calle 21 Sur entre la carrera 22 y la intersección de la Avenida los Maracos, de forma cualitativa y cuantitativa con base a la metodología establecida por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y la metodología Pavement Condition Index (PCI).

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los daños de la estructura del pavimento y sus causas, a través de un diagnóstico de inspección visual para pavimentos flexibles teniendo en cuenta la metodología INVIAS.
- Establecer el nivel de severidad, teniendo en cuenta el levantamiento de daños.
- Determinar el índice de condición del pavimento (PCI, por sus siglas en inglés) con base a la normativa ASTM.
- Presentar los planos del levantamiento de daños.
- Proponer un plan de mantenimiento, teniendo en cuenta el índice de condición obtenido, severidad y tipos de fallas encontrados en el pavimento.

5. ALCANCE

El proyecto tiene un fin importante para la comunidad, es un insumo para que las entidades gubernamentales puedan ejecutar acciones para contrarrestar el deterioro de su malla vial, de este modo se garantizaría que la vía cumpla con los parámetros de comodidad, seguridad y estética planteados por la normativa INVIAS y ASTM. Para realizar el diagnóstico de la vía objeto de estudio se realizará una recopilación y análisis de datos los cuales, desencadenan en la conformación de dicho producto académico mencionado anteriormente.

Información general necesaria:

- Antecedentes, con el fin de conocer sus intervenciones y la recurrencia en cuanto a la accidentabilidad de la vía.
- Levantamiento de daños, inspección visual y toma de la evidencia fotográfica de los daños presentes en la capa de rodadura.
- Reconocimiento de las personas que se verán beneficiadas por el mantenimiento de la vía, teniendo en cuenta los sectores residenciales y comerciales de la zona, transportadores y demás habitantes que transitan por la vía para poder realizar sus labores diarias.

El proyecto contara con una serie de entregables, los cuales conforman el diagnostico general del tramo a evaluar, a continuación, se describirán los entregables.

Tabla 5-1. Entregables del proyecto.

N°	ENTREGABLES
1	Formato de levantamiento de daños de la vía (INVIAS)
2	Diagnóstico de los daños encontrados
3	Plano de mapeo de daños, localización
4	Ficha patológica (producto académico)
5	Plan de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Este proyecto entregará los siguientes planos: levantamiento de daños y localización de igual manera una ficha patológica elaborada por los autores, el diagnóstico y la entrega del formato de levantamiento de daños teniendo en cuenta el método PCI para así poder tener el criterio suficiente y proponer un adecuado plan de mantenimiento.

6. MARCO DE REFERENCIA

6.1. MARCO TEÓRICO

6.1.1 Manual de inspección visual para pavimentos flexibles

El presente manual es una recopilación bibliográfica y de la experiencia acumulada en el desarrollo del Convenio 587 de 2003, entre la UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA y el INSTITUTO NACIONAL DE INVIAS, con respecto a la inspección y al reporte de los daños que se pueden encontrar en los pavimentos flexibles. El Manual contiene una serie de herramientas prácticas que sirven para determinar el porcentaje de área afectada y establecer los tipos de daños que se presentan en la estructura, su extensión, severidad y recurrencia. Estos indicadores le darán al ingeniero las herramientas para entender las causas y llevar a cabo las pruebas o laboratorios necesarios para su estudio. [9]

6.1.1.1 Fases del manual

Este manual de inspección de INVIAS se enfoca en las 4 partes que se necesitan para tomar y entender los datos que nos da la vía objeto de estudio por sí solo.

1. En su primer capítulo se da una descripción significativa de los tipos de daños que se pueden presentar en una estructura de pavimento flexible clasificándolos en cuatro categorías tales como: fisuras; deformaciones; pérdida de capas estructurales; daños superficiales y otros daños. Además, se especifican cuáles son las causas por las que se generan estos deterioros en el pavimento.
2. El segundo capítulo se enfoca en el procedimiento a seguir para el registro de los daños presentados en el pavimento, el cual sirve para determinar el porcentaje de área de pavimento afectado, extensión y severidad. También presenta un formato de campo que está compuesto por cinco (5) partes en la primera página y dos (2) en la segunda, tal como se muestra en el inciso 6.1.1.2. del presente documento.
3. En el tercer capítulo se explica de manera detallada como debe ser el análisis de la información de campo recolectada en el levantamiento de daños, con el fin de generar un informe donde se reporten los resultados de la inspección visual de daños.

4. El cuarto capítulo es la bibliográfica del manual.

A continuación, se mostrará el tipo de ficha para el levantamiento de daños impuesta por la norma INVIAS

6.1.1.2 Formato de inspección – Primera página

En el formato se recolecta la información de campo de una forma detallada y sistemática. A continuación, se describe cada una de sus partes. Ilustración 6.1.

Parte 3. Aclaraciones. En esta sección del formato deben registrarse todos los detalles adicionales encontrados durante la inspección en cada sitio. [9]

Parte 4. Geometría de la vía. En la parte inferior de la primera página se solicita información acerca de la geometría de la vía, tal como: número de calzadas; número de carriles por calzada; ancho de carril y ancho de berma. [9]

Parte 5. Comentarios. Se ha dispuesto de un campo para comentarios en el que se puede registrar cualquier información adicional que el ingeniero considere importante, tal como problemas generalizados en el pavimento, características especiales del terreno, información relevante suministrada por los habitantes del sector, etc. [9]

6.1.1.3 Formato de inspección – Segunda página

La información presente de la segunda página del formato la cual se puede evidenciar en ilustración 6.2., busca apoyar la labor del ingeniero durante el levantamiento.

Parte 1. Tipos de daños. En esta sección se encuentran los deterioros definidos, agrupados por tipo y acompañados de la sigla correspondiente. También se incluye un breve resumen de las severidades, todo ello con el fin de ayudar al ingeniero con la identificación del daño durante el trabajo de campo. [9]

Parte 2. Comentarios. En la parte final de la segunda página del formato de inspección se encuentran algunos comentarios acerca del procedimiento para el levantamiento de daños en bermas y se mencionan algunas consideraciones a tener en cuenta cuando aparecen afloramientos. [9]

6.1.1.4 Reporte de daños

Tomando lo estipulado por el manual de INVIAS, una vez realizado el levantamiento visual, se debe realizar el análisis y sistematización de la información recopilada en el levantamiento. Por especificación del manual estos análisis se deben subdividir en tramos de 100 m en donde se deben separar bermas y carriles para su análisis, esto con una razón base y es que las bermas y los carriles poseen una estructura diferente debido a su servicio. [9]

Diagnóstico visual para la estructura del pavimento flexible de la vía “Camino Ganadero” calle 21 sur entre la carrera 22 y la intersección de la Avenida los Maracos que comunica la zona sur de Villavicencio



ESTUDIO E INVESTIGACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS OBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRETERAS

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0587 DE 2003

FORMATO PARA LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - V2



TIPO DE DAÑO	CONVENC.	SEVERIDADES					
		BAJA	MEDIA	ALTO			
FIGURAS							
Figuras longitudinales (m)	FL	Abertura < 1mm o selladas.	Aberturas 1-3mm, sin sellar, algunas figuras leves la cruzan.	Abertura > 3mm, posee alto desgaste, algunas figuras medianas la cruzan, causa vibración al vehículo.			
Figuras transversales (m)	FT						
Figuras en juntas de construcción (m)	FCL, FCT						
Reflexión de juntas de pavimentos rígidos (m)	F.L., FJT						
Figuras en media luna (m2)	FML						
Figuras de borde (m)	FBD	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 sellar, con desgaste leve.	Bloques bien definidos por fisuras > 3mm que presentan alto desgaste.			
Figuras en bloque (m2)	FB						
Piel de cocodrilo (m2)	PC	Serie de fisuras longitudinales paralelas con aberturas 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 indiente (m2)	FIN	Sin grados de severidad asociados					
DEFORMACIONES							
Ondulaciones (m2)	OND	Altura < 10mm	Altura 10-20mm	Altura > 20mm			
Abultamiento (m2)	AB	Altura < 20mm	Altura 20-40mm	Altura > 40mm			
Hundimiento (m2)	HUN	Altura < 10mm	Altura 10-25mm	Altura > 25mm			
Ahundamiento (m2)	AHU	Altura < 10mm	Altura 10-25mm	Altura > 25mm			
DAÑOS SUPERFICIALES							
Desgaste superficial (m2)	DSU	Pérdida de la textura uniforme de la superficie, con irregularidades hasta de 3mm.	Profundidad de las irregularidades entre 3mm y 10mm, 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 observan 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 mayores a 0.05 m, superficie muy agrieta, se observan agregados sueltos.			
Pulverización 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 homógeno 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			
Radhe o hueco (m2)	BCH	Profundidad < 25 mm, 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.			
Parcheo (m2)	PCH	Está en muy buena condición y se desempeña satisfactoriamente.	Presenta algunos daños de severidad baja a media y delimitados en los bordes.	Presenta daños de severidad alta y requiere ser repuesto pronto.			
OTROS DAÑOS							
Corrimiento vertical de la balsa ⁽¹⁾ (m, h)	CV	Altura < 6mm	Altura 6-25mm	Altura > 25mm			
Separación de la balsa (m, s)	SB	Ancho < 3mm	Altura 3-10mm	Altura > 10mm			
Afloramiento de agua (m) ⁽²⁾	AFA	Sin grados de severidad asociados.					
Afloramiento de finos ⁽³⁾	AFI	Sin grados de severidad asociados.					
COMENTARIOS:							
1. En el caso de las balsa, los daños que presentan deben registrarse con las mismas convenciones indicadas adicionando una "E" al final para diferenciarlos de los daños en el pavimento. Los daños reportados como separación y corrimiento vertical de la balsa no requieren la adición de la "B" al final. 2. En el caso de los afloramientos de agua se mide en metros (m) la zona afectada cuando no tiene otro daño asociado, sin embargo, cuando el afloramiento se presenta donde existe un daño (por ejemplo una fisura o piel de cocodrilo), se reporta el daño y en las aclaraciones se escribe que posee afloramiento de agua. 3. Dado que el afloramiento de finos siempre se presenta donde existe un daño (por ejemplo una fisura o piel de cocodrilo), se reporta el daño y en las aclaraciones se escribe que posee afloramiento de finos.							

Ilustración 6.2. Segunda página del formato para el levantamiento de pavimento flexible.

Fuente: [9]

6.1.1.5 Daños en carriles

El procesamiento de los datos tanto para los daños superficiales y los daños en bermas debe realizarse en una hoja de cálculo la cual debe contener la siguiente información [9]:

- Tramo
- Abscisas inicial y final de cada tramo
- Área total de cada tramo
- Daños encontrados por severidad en cada tramo
- Áreas totales de daños para cada tramo
- Porcentajes de afectación de cada tramo
- Área total de cada daño y por severidad (A)
- Peso de cada tipo de daño y severidad dentro del área total afectada
- Área total afectada en la vía
- Porcentaje de afectación de la vía
- Cantidad total de datos por tipo de deterioro (B)
- Peso de cada daño por severidad dentro del área total inspeccionada (C)
- Peso del total de cada daño dentro del área total inspeccionada (D)

$$\text{Area tramo} = \text{Ancho de calzada} * \text{Longitud del tramo}$$

Ecuación 6.1. Área tramo.

$$\% \text{ Afectacion via} = \frac{\text{Área total afectada}}{\text{Área total inspeccionada}}$$

Ecuación 6.2. % Afectación de vía.

$$\text{Área total afectada} = \sum \text{daños encontrados}$$

Ecuación 6.3. % Área total afectada.

$$\text{Área total inspeccionada} = \sum \text{Áreas de cada tramo}$$

Ecuación 6.4. % Área total inspeccionada.

$$A = \sum \text{Areas afectadas por cada tipo de daño y por severidad}$$

Ecuación 6.5. Determinación del Área.

$$B = \sum \text{Severidades de cada tipo de deterioro}$$

Ecuación 6.6. Cálculo de B.

$$C = \frac{A}{\text{Area total inspeccionada}}$$

Ecuación 6.7. Cálculo de C

$$D = \frac{B}{\text{Area total inspeccionada}}$$

Ecuación 6.8. Cálculo de D.

6.1.1.6 Reporte de daños en el informe

En este apartado se debe concluir y plasmar la información encontrada del estado de la vía objeto de estudio, así mismo el informe debe incluir por separado el reporte de los daños entre carriles y berma. Además, su informe debe incluir el registro fotográfico de las fallas a mencionar [9].

Para la presentación de la información debe llevar lo siguiente:

- Abscisas inicial y final del levantamiento (Solo al inicio del informe)
- Área total inspeccionada (para cada caso)
- Área total afectada (para cada caso)
- Porcentaje de afectación (para cada caso)
- Los deterioros (con sus severidades) más frecuentemente encontrados (en cada caso).
- El porcentaje de afectación representado por dichos deterioros (en cada Caso).
- Los deterioros menos frecuentes (en cada caso).
- El porcentaje de afectación representado por dichos deterioros (en cada caso).
- Los tramos de vía más afectados (abscisas, áreas, afectadas y porcentajes de afectación, en cada caso).

6.1.2 Método PCI (Pavement Condition Index) para pavimentos flexibles

El método PCI (Índice de Condición del Pavimento) es un procedimiento que consiste en la determinación de la condición del pavimento a través de inspecciones visuales, identificando la clase, severidad y cantidad de fallas encontradas, siguiendo una metodología fácil de implementación y que no requiere de herramientas especializadas, pues se mide la condición del pavimento de manera indirecta.

El cálculo de PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada daño presentado. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado, en la figura 6.1 se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

Tabla 6-1 índice de condición del pavimento (PCI) y escala de graduación.

100	EXCELENTE
85	MUY BUENO
70	BUENO
55	REGULAR
40	MALO
25	-
10	FALLADO
0	FALLADO

Fuente: [10]

6.1.3 Cálculo del PCI de una sección de pavimento

Una sección de pavimento abarca varias unidades de muestreo. Si todas las unidades de muestreo son inventariadas, el PCI de la sección será el promedio de los PCI calculados en las unidades de muestreo. [11]

Si se utilizó la técnica del muestreo, se emplea otro procedimiento. Si la selección de las unidades de muestreo para inspección se hizo mediante la técnica aleatoria sistemática o con base en la representatividad de la sección, el PCI será el promedio de los PCI de las unidades de muestreo inspeccionadas. Si se usaron unidades de muestreo adicionales se usa un promedio ponderado calculado de la siguiente forma [11]:

$$PCI_S = \frac{([N - A] * PCI_R) + (A * PCI_A)}{N}$$

Ecuación 6.9. Determinación de PCI.

Donde:

PCI_S : PCI de la sección del pavimento.

PCI_R : PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas.

PCI_A: PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección.

A: Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.

6.2. MARCO CONCEPTUAL

6.2.1 DEFINICIÓN DE LOS TIPOS DE DAÑOS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES

Los daños que se presentan en una estructura de pavimento flexible se clasifican en 4 categorías [9]:

- Fisuras.
- Deformaciones.
- Pérdida de capas estructurales.
- Daños superficiales.
- Otros daños.

6.2.1.1 Fisuras

El manual de inspección de daños para pavimentos flexibles contempla nueve (9) clases de fisuras.

Fisuras longitudinales y transversales (FL, FT)

Se refiere a las discontinuidades en la carpeta asfáltica, en la misma dirección del tránsito o transversales a él. Son indicio de la existencia de esfuerzos a tensión en alguna de las capas de la estructura los cuales han superado la resistencia del material afectado. [9]

Fisuras en juntas de construcción (FCL, FCT)

Corresponden a las fisuras que se presentan por la mala ejecución de las juntas de construcción de la carpeta asfáltica, se puede presentar tanto longitudinal como transversalmente. [9]

Fisuras de borde (FBD)

Corresponden a fisuras con tendencia longitudinal a semicircular localizadas cerca del borde de la calzada, se presentan principalmente por la ausencia de borde o por la diferencia de nivel entre la berma y la calzada. [9]

Fisura en bloque (FB)

Cuando se presenta este tipo de daño la superficie de asfalto es dividida en bloques de forma aproximadamente rectangular, los bloques tienen lado promedio mayor que 0.3 m. [9]

Piel de cocodrilo (PC)

Corresponde a una serie de fisuras interconectadas con patrones irregulares, generalmente localizadas en zonas sujetas a repeticiones de carga. [9]

Fisuras en media luna (FML)

Son fisuras de forma parabólica asociadas al movimiento de la banca por lo que usualmente se presentan acompañadas de hundimientos. [9]

Fisuras por deflexión de juntas en placas de concreto (FJL o FJT)

Este tipo de daño se presenta cuando existe una capa de concreto asfáltico sobre placas de concreto rígido, se presentan de forma transversal y longitudinal al tránsito. [9]

Fisuración por deslizamiento de capas (FDC)

Corresponden a fisuras en forma de semicírculo o medialuna provocadas por la acción de frenada o aceleración de los vehículos. [9]

Fisuración incipiente (FIN)

Son fisuras contiguas y cerradas que generalmente no son interceptadas, solo provocan daños en la superficie del pavimento mas no daños estructurales. [9]

6.2.1.2 Deformaciones

Ondulación (OND)

Este daño se caracteriza por la presencia de ondas en la superficie del pavimento de forma perpendicular al tránsito. [9]

Abultamiento (AB)

Este daño se asigna a los abombamientos que se presentan en la superficie del pavimento, pueden presentarse bruscamente ocupando pequeñas oo grandes áreas de la superficie. [9]

Hundimientos (HUN)

Corresponde a depresiones localizadas en el pavimento con respecto al nivel de la rasante. [9]

Ahuellamiento (AHU)

Es una depresión de la zona relacionada a las llantas, estas ejercen una presión sobre el pavimento y genera hundimiento de forma longitudinal. [9]

6.2.1.3 PERDIDAS DE LAS CAPAS DE LA ESTRUCTURA

Descascaramiento (DC)

Se refiere al desprendimiento de parte de la capa asfáltica superficial, sin afectar las capas subyacentes. [9]

Baches (BCH)

Es la desintegración total de la capa asfáltica dejando en evidencia los materiales granulares y afectándose gradualmente con el paso del tránsito. [9]

Parches (PCH)

Corresponde a áreas donde el pavimento original fue removido para arreglos de la estructura o permitir la instalación o reparación de alguna red de servicios. [9]

6.2.2 PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Es un instrumento técnico y normativo para ordenar el territorio municipal o distrital. La Ley 388 de 1997 lo define como el conjunto de objetivos, directrices, políticas, estrategias, metas, programas, actuaciones y normas, destinadas a orientar y administrar el desarrollo físico del territorio y la utilización del suelo. El POT se constituye en una carta de navegación para ordenar el suelo urbano y rural, con el fin de consolidar un modelo de ciudad en el largo plazo y para ello diseña una serie de instrumentos y mecanismos que contribuyen a su desarrollo. [4]

6.2.3 PAVIMENTO

Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la sub-rasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los

esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el período para el cual fue diseñada la estructura del pavimento. [1]

6.2.4 PAVIMENTO FLEXIBLE

Este tipo de pavimento está formado por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base. No obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra. [1]

6.2.5 BERMAS

Las bermas son aquella parte de la corona del pavimento que se encuentra aledaña a la superficie de rodamiento y que tiene como función principal, proporcionar un espacio adecuado para la detención de vehículos en emergencia. [1]

6.2.6 TRÁNSITO

Interesan para el dimensionamiento de los pavimentos las cargas más pesadas por eje (simple, tándem o tridem) esperadas en el carril de diseño durante el período de diseño adoptado. La repetición de las cargas del tránsito y la consecuente acumulación de deformaciones sobre el pavimento (fatiga) son fundamentales para el cálculo. Además, se deben tener en cuenta las máximas presiones de contacto, la sollicitación es tangencial es en tramos especiales (curvas, zonas de frenado y aceleración, etc.), las velocidades de operación de los vehículos (en especial las lentas en zonas de estacionamiento de vehículos pesados), la canalización del tránsito, etc. [1]

6.2.7 MANTENIMIENTO

Conjunto de actividades destinadas a preservar la condición de una carretera y de sus componentes, tales como el derecho de vía, calzadas, bermas, elementos de drenaje, estructuras, túneles, dispositivos de seguridad y control de tránsito, etc., con el fin de que sigan prestando de manera efectiva el servicio para el cual fueron contruidos o dispuestos. [7]

6.2.8 ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO

Trabajo de mantenimiento de vial que se puede definir, individualizar y diferenciar claramente de otros, para el cual se describen procedimientos generales de ejecución, se estipulan los materiales requeridos, se establecen los requisitos de calidad a los que se debe ajustar para su recibo y se fijan las condiciones para la medida y el pago del trabajo realizado correctamente. [7]

6.3. ESTADO DEL ARTE

Las vías en Colombia presentan uno de los problemas más recurrentes en los pavimentos flexibles, los cuales son los deterioros ocasionados por la repetición de ciclos de carga sobre la estructura a lo largo de toda su vida útil, lo que disminuye considerablemente su nivel de servicio si no se tratan a tiempo. Esta condición de los pavimentos en Colombia no solo es evidenciada por los usuarios de las vías, sino también por el informe técnico del INVIAS del semestre 2018 II, en el cual reportan que de las vías pavimentadas solo el 47.19% se encuentra en un estado excelente o bueno (INVIAS,2019). [12].

La red vial nacional está conformada en su mayoría por pavimentos flexibles y es un componente importante para el desarrollo socio-económico del país, por lo que es necesario hacer un seguimiento a los pavimentos para conocer el estado en el que se encuentra, ya que es importante determinar en qué momento de su vida útil un pavimento necesita intervención, con eso lograríamos una eficiencia en cuanto a funcionalidad y costos ya que muchos de los pavimentos flexibles tienen un deterioro tal que dejan de ser cómodos y seguros. [10].

Las construcciones de vías en asentamientos urbanos son de vital importancia para el crecimiento económico, social y turístico, ya que mejoran el desarrollo de una ciudad, municipio o vereda; “Actualmente la infinita variedad de fallas superficiales con que el ingeniero se ve obligado a tratar, cualquier intento de sistematizar su estudio debe ir acompañado de la necesidad de establecer sistemas apropiados de rehabilitación y mantenimiento” [8].

El diseño y la ejecución de una pavimentación no es suficiente para garantizar la calidad de servicio de este, también el mantenimiento periódico para prolongar su vida útil, ya que es necesario para preservar la inversión y mantener el pavimento en completo servicio al público. [13].

Los inventarios de infraestructura viales, como diagnósticos, son una herramienta que podemos utilizar, con el fin de conocer las condiciones de operatividad y funcionalidad de una vía; a partir de una serie de mediciones de campo, en las que se identifican y registran las características y estado de las vías (fallas, defectos o daños) para cuantificar y evaluar la superficie del pavimento. Generando las recomendaciones necesarias para mejorar las situaciones presentes en cuanto a movilidad, confort, seguridad y bienestar de la comunidad. [14]

El método PCI, desde su desarrollo en Estados Unidos entre los años 1974 y 1976, ha constituido un método completo y objetivo para evaluar los pavimentos por medio de inspecciones visuales, al punto que ha sido formalmente adoptado como procedimiento estándar por diferentes agencias, y ha sido publicado por la ASTM como método de análisis y aplicación. Su fácil implementación, y el hecho de no requerir herramientas especializadas lo convierten en el procedimiento más adecuado para países con acceso limitado a las nuevas tecnologías de evaluación de pavimentos. [15]

Para identificar que técnicas de mantenimiento y reparación son las adecuadas para mejorar la serviciabilidad del pavimento; se debe en primer lugar, evaluar la vía y conocer el estado real en que se encuentra. Para ello, existen varios métodos de evaluación superficial de pavimentos, de ellos el Método PCI, el cual va a ser aplicado y estudiado en la presente tesis. [16]

Dado a la necesidad de mantener las vías en buen estado, las entidades gubernamentales crean artículos o manuales para el diagnóstico visual de las vías, como es el caso de Colombia, a través de la entidad INVIAS, formuló el Manual de Inspección Visual Para Pavimentos Flexibles con el fin de “determinar el porcentaje de área de pavimento afectado, estableciendo los tipos de daño que se presentan, su extensión, severidad y recurrencia; factores que orientan al ingeniero en el momento de definir las posibles causas de los daños o actividades necesarias de campo y laboratorio para su estudio” [9]. Así mismo, también se contempla el manual de mantenimiento de Carreteras para “brindar estándares verificables para un conjunto amplio de actividades de mantenimiento de las carreteras” [7], como también diversos documentos y tesis mencionadas en la tabla 6.1 las cuales se encuentran referenciadas a través del presente documento, pues son de gran relevancia para la construcción de este proyecto como para la elaboración del plan de mantenimiento.

Tabla 6-2. Tesis e informes para la elaboración del proyecto.

NOMBRE	AUTORES
“MANUEL DE INSPECCION VISUAL PARA PAVIMENTO FLEXIBLE” [9]	INVIAS
“DIAGNOSTICO DE LA VIA ANTIGUA AL MUNICIPIO DE RESTREPO-META, KM1, SECTOR EL RACHON DEL MAPORAL Y ESTACION DE SERVICIO CIMARRON Y PROPUESTA DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE” [17]	CAMILO REY
“PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL PAVIMENTO DE LA AVENIDA DEL LLANO CALZADA NS DESDE LA GLORIETA DE LA GRAMA HASTA LA CALLE 35 EN VILLAVICENCIO, EN BASE A LA INSPECCIÓN VISUAL DE DAÑOS “ [18]	ALIX ROMERO Y RAUL GUEVARA
“DETERMINACIÓN DE PATOLOGÍAS EN LOSAS DE CONCRETO HIDRÁULICO EN LA CALLE 4D ENTRE CARRERAS 22 A LA 26A BARRIO LA ALBORADA” [19]	JAIME ANDRES CUESTA Y ANDRES SANTANA
“PATOLOGIA DEL PAVIMENTO DE LA CALLE 35/ AV. CATAMA HASTA EL PUNTO DE INTERSECCION DE LA CARRERA 32 CON CALLE 38 DEL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO-META” [20]	GUSTAVO ADOLFO ARIAS DIAZ
“SISTEMA DE CLASIFICACION DE SEVERIDAD DE DAÑOS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES PARA DETERMINAR POSIBLES INTERVENCIONES” [21]	SAIR ALZATE ZULUAGA
“DIAGNOSTICO DE VIA EXISTENTE Y DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VIA NUEVA MEDIANTE PARAMETROS OBTENIDOS DEL ESTUDIO FASE I DE LA VIA ACCESO AL BARRIO CIUDADELA DEL CAFÉ-VIA LA BADEA “ [22]	ING. EDUARDO MBA LOZANO Y EL ING. RICARDO TABARES GONZALEZ
“DIAGNOSTICO DEL ESTADO DE PAVIMENTO QUE CONFORMA LA MALLA VIAL DE LA UPZ97-CHICO LAGO LOCALIDAD DE CHAPINERO” [23]	JHOSED DAVID PULIDO DIAZ, HEINER GIOVANNI ROJAS CORREA Y JULIAN ENRIQUE URREGO JIMENEZ
“INSPECCION PATOLOGICA DE PAVIMENTOS FLEXIBLES EN UN SECTOR ESPECIFICO DE BOGOTA D.C., COMO FASE DEL PROYECTO “COMPARATIVA PATOLOGICA DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN CLIMAS EXTREMOS Y LA TOMA DE DECISIONES ASOCIADAS” DEL CONVENIO INTERINSTITUCIONAL CON LA UNIVERSIDAD FEDERAL DE INTEGRACION LATINO-AMERICANA- UNILA.” [24]	MONICA HIGUERA JAIME
“INSPECCIÓN VISUAL DEL TRAMO DE VIA UBICADO EN LA CARRERA 9 DESDE LA CALLE 13 HASTA LA CALLE 38 DE LA CIUDAD DE PEREIRA, RISARALDA.” [25]	ING. ADAN SILVESTRE GUTIERREZ

Fuente: Elaboración propia, 2020.

6.4. MARCO NORMATIVO

Tabla 6-3. Normativa para el proyecto.

Norma o ley	Año	Definición u objetivo
Manual Para la Inspección Visual de Pavimentos Flexible (INVIAS)	2006	Es una recopilación bibliográfica y de la experiencia acumulada en el desarrollo del convenio 587 de 2003, entre la universidad Nacional de Colombia y el instituto nacional de vías INVIAS, con respecto a la inspección y al reporte de daños que se pueden encontrar en los pavimentos flexibles.
Ley 769	2002	Tiene como objetivo: la seguridad de los usuarios, calidad, oportunidad, cubrimiento, libertad de acceso, plena identificación, libre circulación, educación y descentralización
Plan Departamental de Desarrollo (Ordenanza 902 de 2016)	2016-2019	Por el cual se adopta el plan de desarrollo económico y social del departamento del Meta
Plan de Desarrollo Municipal de Villavicencio (Acuerdo 293 de 2016)	2016-2019	Instaurando como programa principal unidos podemos con la infraestructura vial, subprograma, construcción, rehabilitación y mantenimiento de la malla vial.
ASTM D6433.19711	2002	Tiene como objeto utilizar el índice de condición del pavimento (PCI) para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad.

Manual de Mantenimiento de Carreteras	2016	Dar claridad de un adecuado plan de mantenimiento de una carretera, para así mejorar la eficacia y la eficiencia de las labores de mantenimiento de la red vial nacional no concesionada.
---------------------------------------	------	---

Fuente: Elaboración propia, 2020.

6.5. MARCO GEOGRÁFICO

La zona de estudio del proyecto se encuentra ubicada en la ciudad de Villavicencio departamento del Meta, el tramo a analizar recibe el nombre de “El Camino Ganadero” y comprende una longitud de 3,6 kilómetros aproximadamente, se encuentra ubicado en la calle 21 sur entre la carrera 22 con las coordenadas $4^{\circ} 6'48.50''N$; $73^{\circ}36'23.05''O$ y la intersección de la avenida los maracos que comunica la zona sur de Villavicencio coordenadas $4^{\circ} 7'28.42''N$; $73^{\circ}34'35.81''O$. La vía “El Camino Ganadero” es una zona comercial y residencial, allí se encuentra depósitos de materiales de construcción, asaderos, ferreterías, tiendas de cadena, construcción y adecuación de bares, entre otros, además comunica barrios importantes como Kirpas, Villa Melida, Gaviotas. Así mismo es una de las salidas alternas de la ciudad hacia la vía Puerto López.

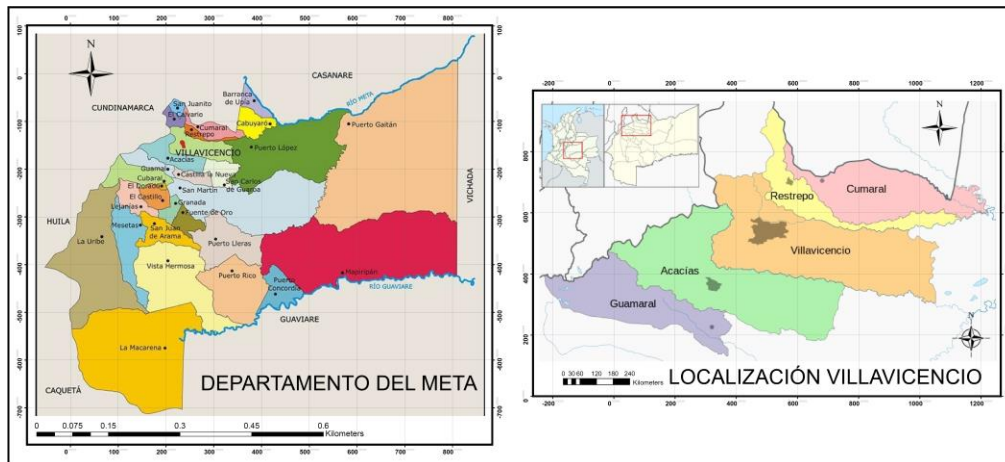


Ilustración 6.3. Localización del departamento del Meta y Villavicencio.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

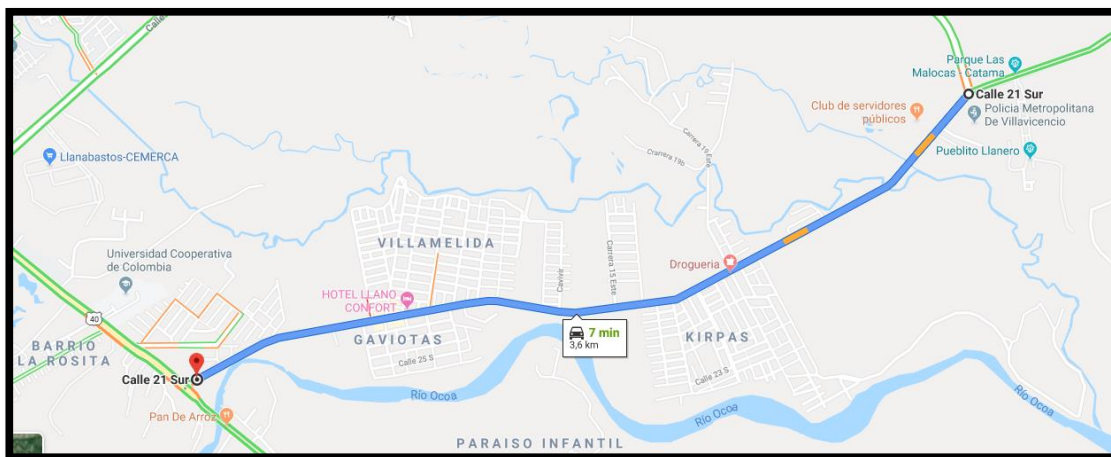


Ilustración 6.4. Zona de estudio en la ciudad de Villavicencio.
Fuente: Google Maps, 2020.

6.6. METODOLOGÍA

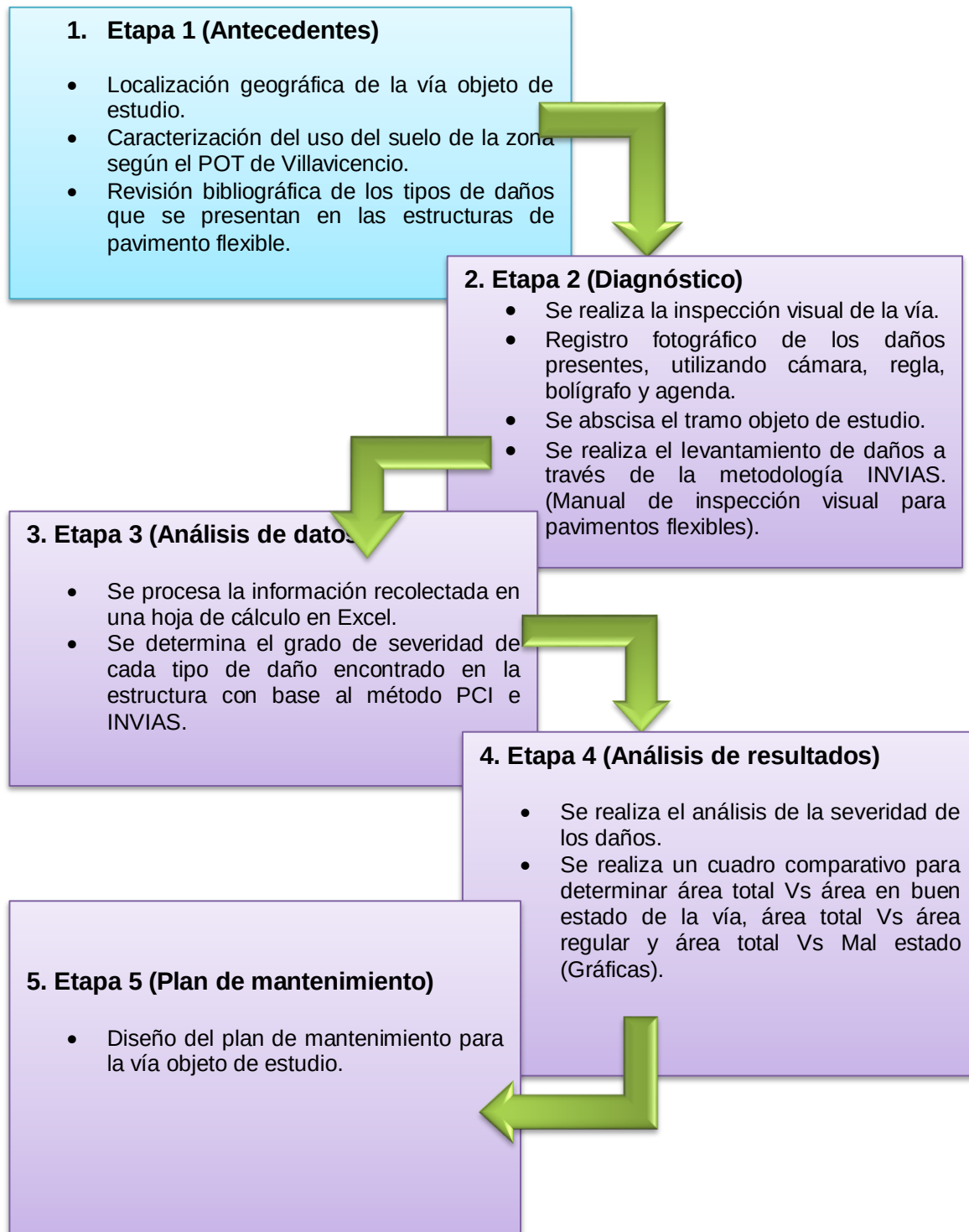


Ilustración 6.5. Etapas de la metodología.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

6.7. ETAPA 1

En esta etapa se recolecta la información general, localización geográfica, uso del suelo según el POT, importancia de la vía, la afectación a los asentamientos urbanos aledaños y revisión bibliográfica.

6.8. ETAPA 2

Después de realizar la recolección de información, se procede a indicar el sentido en que se tomará el levantamiento de daños, para esto se indica que, la abscisa K0+000 se tomará desde el punto de intersección entre la calle 21 sur y la Avenida Los Maracos y se inicia el recorrido a lo largo de la vía identificando los daños presentes realizando registro fotográfico, hasta culminar en la abscisa K3+600, el cual finaliza en la intersección entre la calle 21 sur y la Carrera 22; con la información a la mano, a través del recorrido se hará una inspección visual general y el registro fotográfico de los daños presentes en la vía.

6.9. ETAPA 3

Se realiza un análisis y diagnóstico de las posibles causas de las fallas presentes en el tramo, tal como lo plantea el INVIAS, capítulo 6, subtítulo 6.1.1., se continúa diligenciando la plantilla para el levantamiento de daños a través de la metodología INVIAS (Manual de inspección visual para pavimentos flexibles) y PCI para así determinar la severidad de los daños.

6.10. ETAPA 4

Se realiza el análisis de la severidad de los daños, se realiza un cuadro comparativo para determinar área total Vs área en buen estado de la vía, área total Vs área regular y área total Vs Mal estado (Gráficas). Se diagnostica por área el estado de la vía.

6.11. ETAPA 5

Por último, se propone un plan de mantenimiento para la vía objeto de estudio teniendo en cuenta el resultado obtenido del análisis de la severidad de los daños.

Tabla 6.4. Población, muestras, variables e instrumento de medición.

Población	Vehículos y daños de la vía.
Muestras	Fichas técnica y registro fotográfico.
Variables	Tránsito, longitud de la vía y nivel de daño.
Instrumento de medición	Manual de inspección visual para pavimentos flexible.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

7. ETAPA 1 ANTECEDENTES DE LA ZONA DE ESTUDIO

7.1. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LA VÍA OBJETO DE ESTUDIO

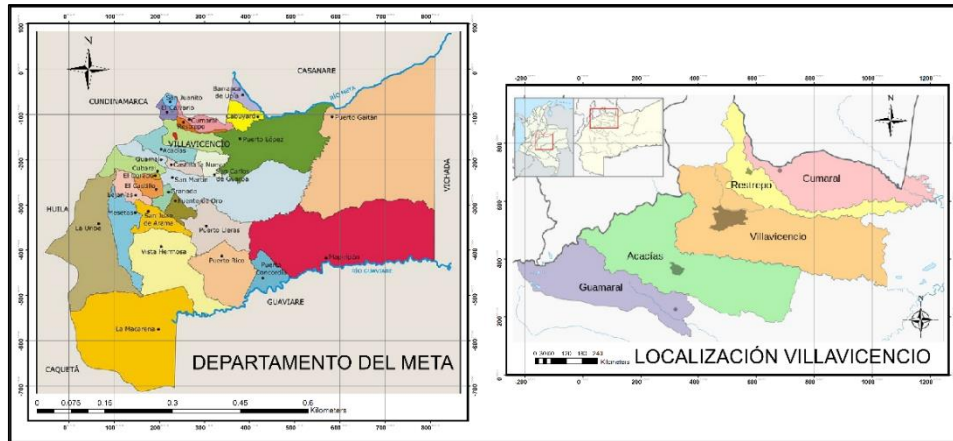


Ilustración 7.1. Localización del departamento del Meta y Villavicencio.
Fuente: Elaboración Propia

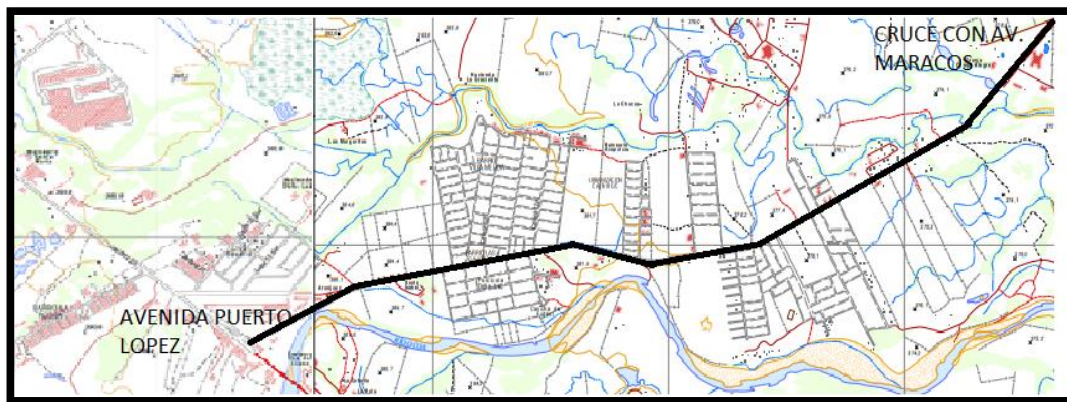


Ilustración 7.2. Localización de la vía objeto de estudio.
Fuente: Plancha 266 IID1,2, IGAC, 2020

La zona de estudio del proyecto se encuentra ubicada en la ciudad de Villavicencio departamento del Meta, el tramo a analizar recibe el nombre de “El Camino Ganadero” y comprende una longitud de 3,6 kilómetros aproximadamente, se encuentra ubicado en la calle 21 sur entre la carrera 22 con las coordenadas $4^{\circ} 6'48.50''N$; $73^{\circ}36'23.05''O$ y la intersección de la avenida los maracos que comunica la zona sur de Villavicencio coordenadas $4^{\circ} 7'28.42''N$; $73^{\circ}34'35.81''O$. La vía “El Camino Ganadero”.

7.2. CARACTERIZACIÓN DEL USO DEL SUELO DE LA ZONA SEGÚN EL POT DE VILLAVICENCIO

Según la clasificación del uso del suelo en el “Plano de categorías de las áreas de actividad suelo urbano”, encontramos un suelo predominante, lo cual significa que es un uso de suelo tipo residencial.

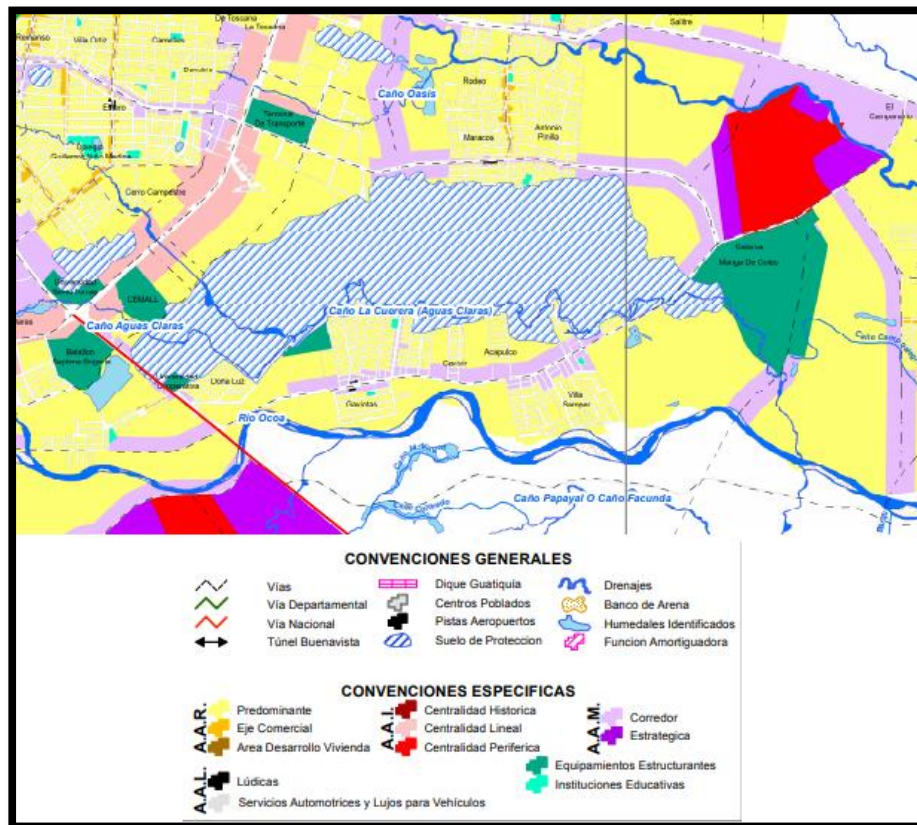


Ilustración 7.3. Reconocimiento del uso del suelo en la zona objeto de estudio.
Fuente: Plano de categorías de las áreas de actividad suelo urbano, POT 2015, 2020

7.3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LOS TIPOS DE DAÑOS QUE SE PRESENTAN EN LAS ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE

7.3.1 FISURAS

7.3.1.1 FISURAS LONGITUDINALES, FL

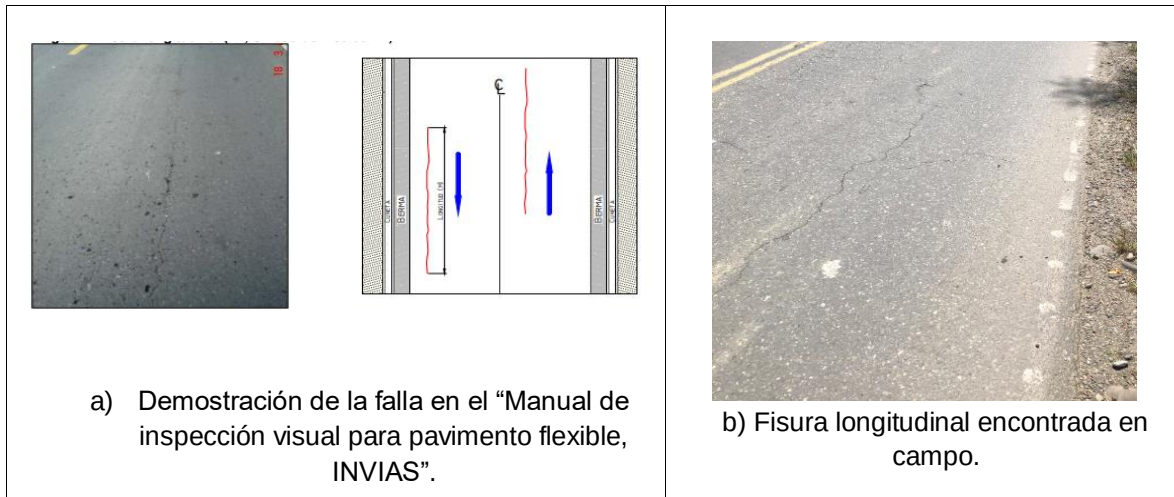


Ilustración 7.4. Fisuras longitudinales.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

A lo largo del tramo objeto de estudio las fisuras longitudinales son una falla constante en la estructura del pavimento. Este tipo de fallas suele suceder por rigidez de la mezcla asfáltica o por envejecimiento del asfalto.

7.3.1.2 FISURAS TRANSVERSALES, FT

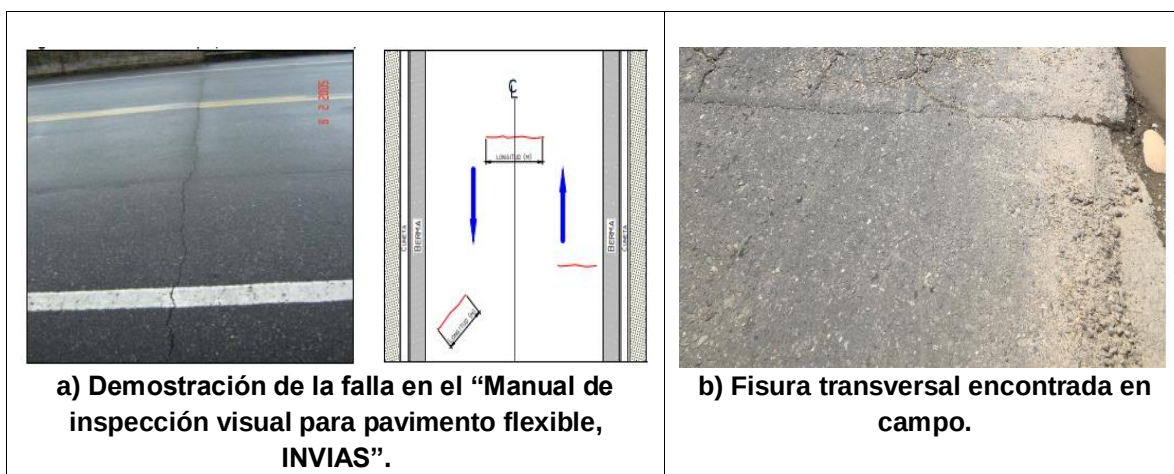


Ilustración 7.5. Fisuras transversales.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En el tramo objeto de estudio se presentan fisuras transversales en puntos específicos, este tipo de fallas pueden provocarse por riego de liga o espesor insuficientes de la capa de rodadura.

7.3.1.3 FISURAS EN JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN, FCL-FCT

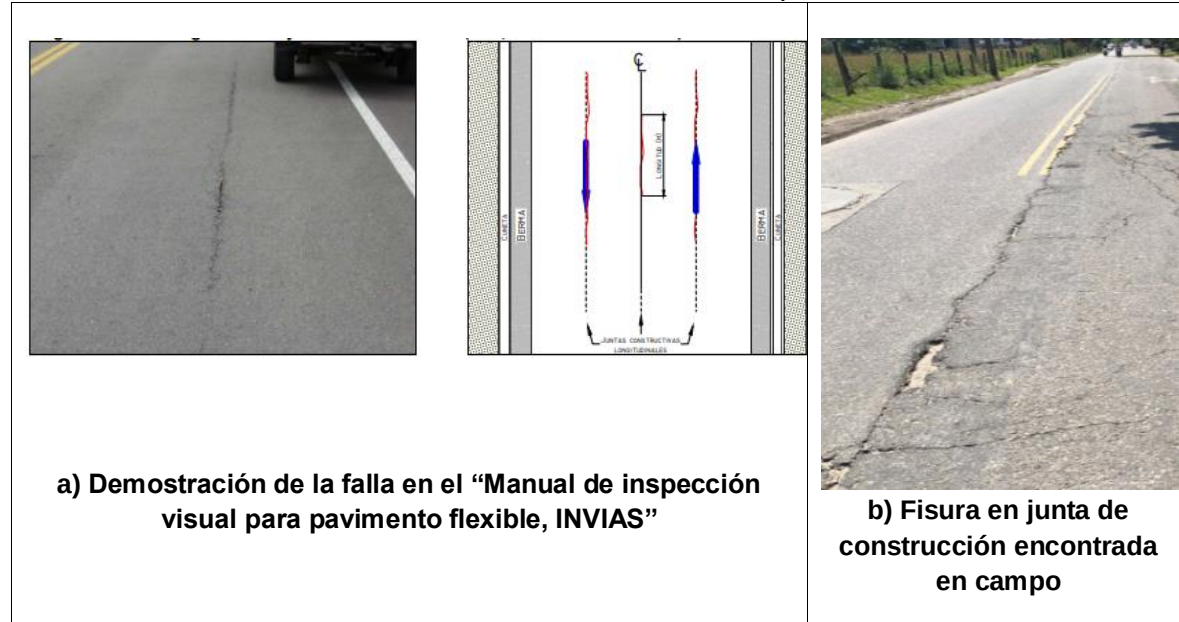


Ilustración 7.6. Fisuras en juntas de construcción.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Existen puntos específicos en el tramo objeto de estudio donde se presenta este tipo de falla, pudo haberse producido por carencia de ligante en las paredes de la junta o deficiencias de compactación en la zona de la junta.

7.3.1.4 FISURA TRANSVERSAL EN JUNTA DE CONSTRUCCIÓN, FCT

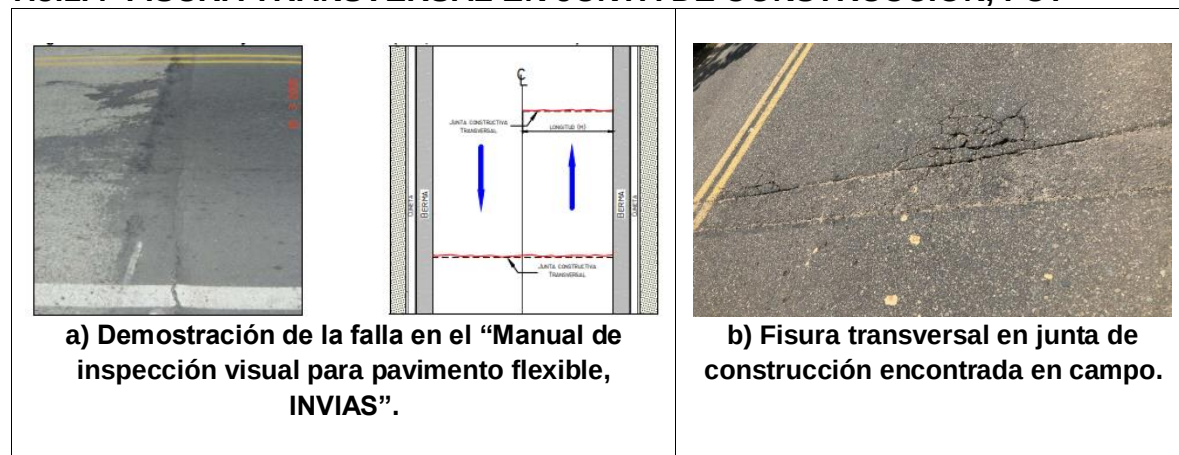


Ilustración 7.7. Fisura transversal en junta de construcción.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Este tipo de daño encontrado en el tramo objeto de estudio es muy específico, ya que en el tramo vial se encuentra solo un Box-Couvert cuya junta está afectada como lo muestra el cuadro demostrativo. Para este caso en específico pudo haberse causado por unión entre materiales de diferente rigidez.

7.3.1.5 FISURA EN MEDIALUNA, FML

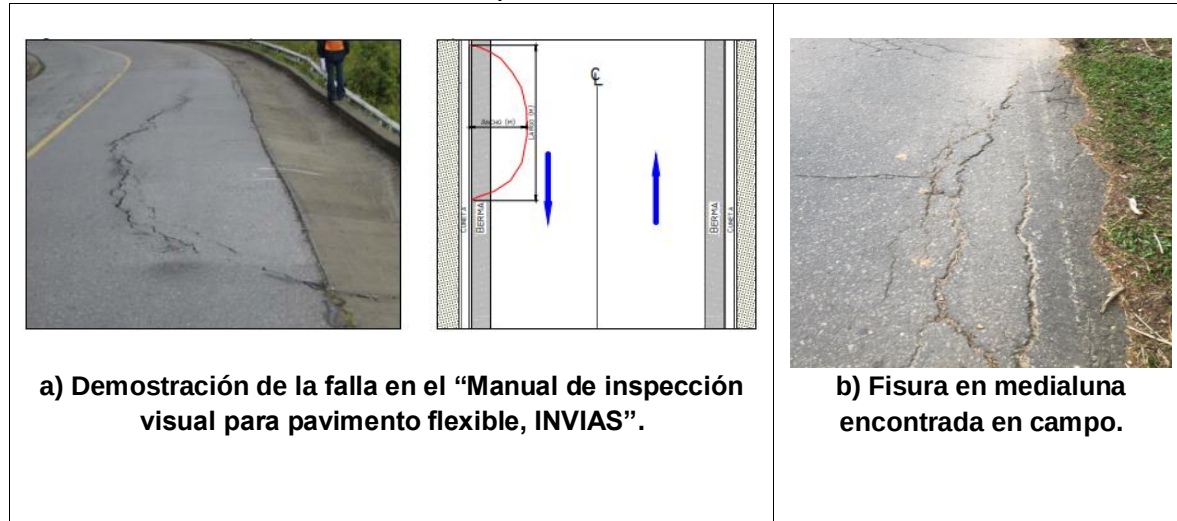


Ilustración 7.8. Fisura en medialuna.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Este tipo de falla se encuentra en zonas específicas de la vía objeto de estudio y se presentan por la desecación producida por la presencia de árboles muy cerca al borde de la vía.

7.3.1.6 FISURAS EN BLOQUE, FB

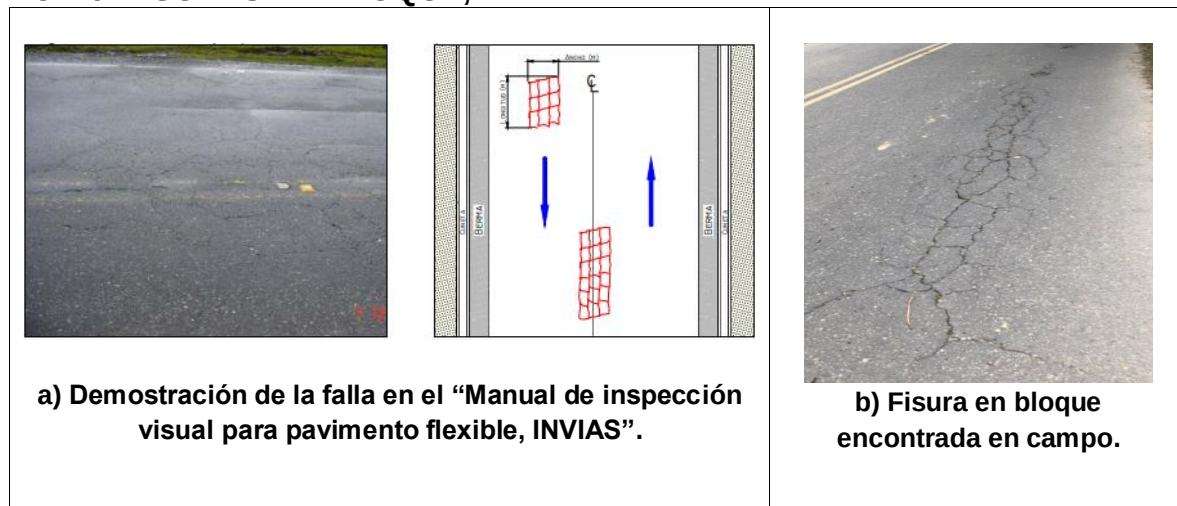


Ilustración 7.9. Fisuras en bloque.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Este tipo de falla se presenta principalmente en zonas donde la variación de temperatura durante el día es muy variable, como es el caso de Villavicencio, donde tenemos una variación de temperaturas entre 30°C y 22°C en horas de la noche.

7.3.1.7 PIEL DE COCODRILO, PC

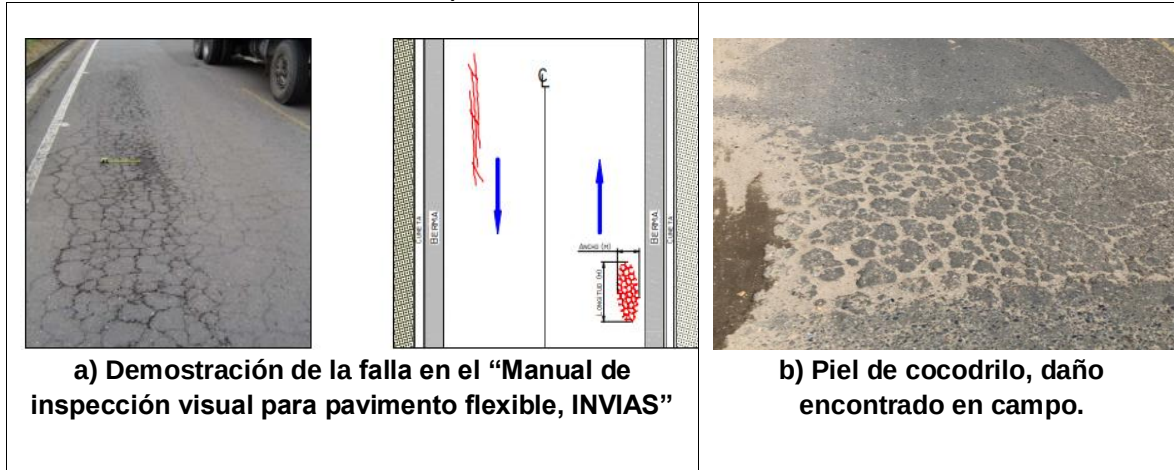


Ilustración 7.10. Piel de cocodrilo.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Este tipo de falla se puede presentar por deficiencia en el espesor de la estructura o deformaciones en sub-rasante o reparaciones mal ejecutadas, que podría ser una razón específica de la falla, este tipo de falla es una constante en el tramo vial objeto de estudio.

7.3.2 PÉRDIDA DE LAS CAPAS DE LA ESTRUCTURA

7.3.2.1 DESCASCARAMIENTO, DC

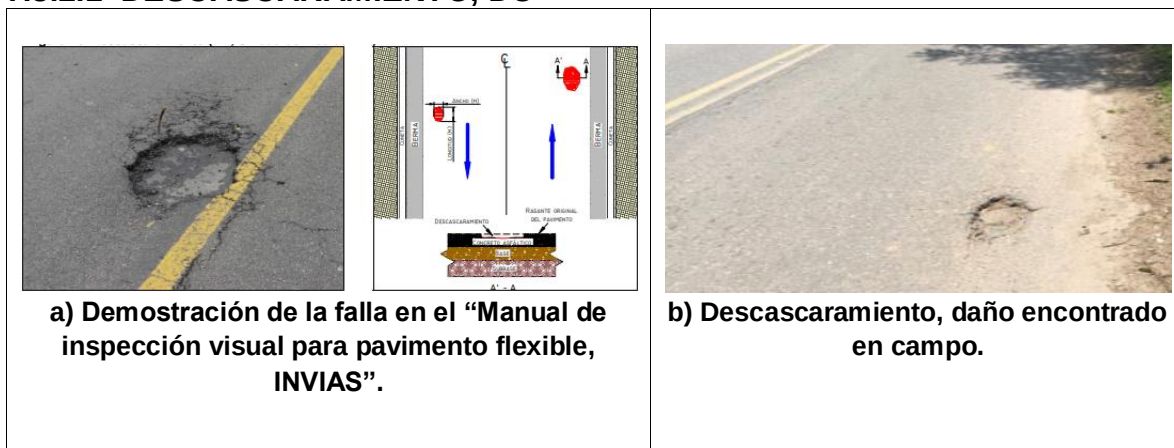


Ilustración 7.11. Descascaramiento.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Este tipo de fallas se presentan en las estructuras dado a limpieza insuficiente previa a tratamientos superficiales o mezcla asfáltica muy permeable.

7.3.2.2 BACHE, BCH

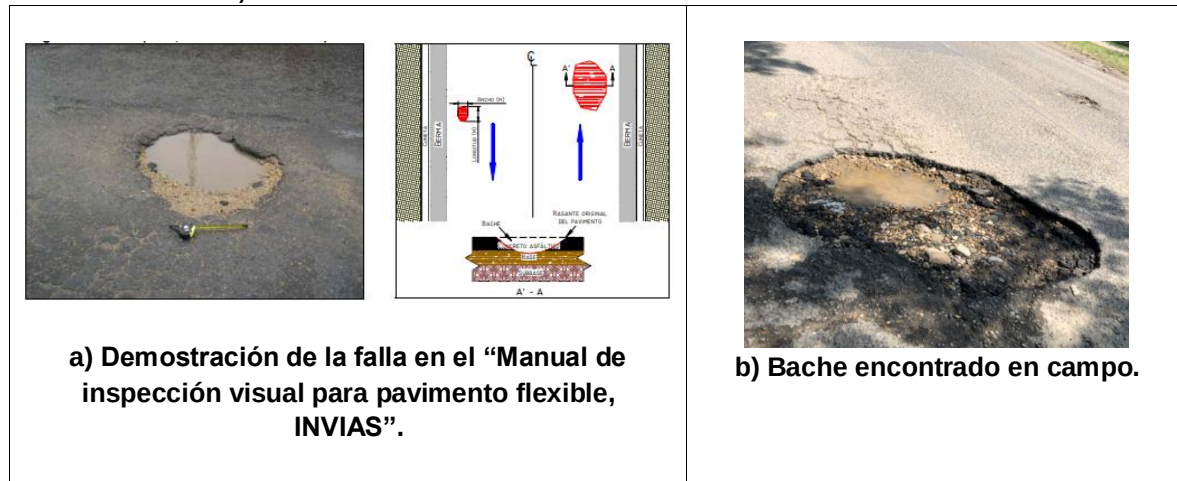


Ilustración 7.12. Bache.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Estas fallas se presentan dado a deterioros por retención de agua en zonas fisuradas que ante la acción del tránsito se produce reducción de esfuerzos efectivos generando la deformación y como tal la pérdida de estructura.

7.3.2.3 PARCHE, PCH

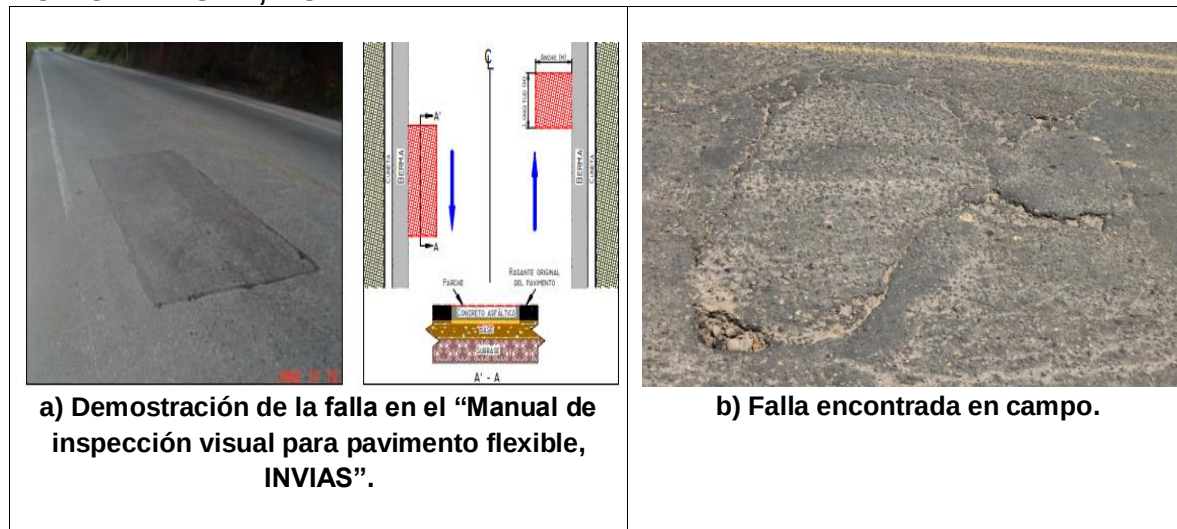


Ilustración 7.13. Parche.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Este tipo de fallas se presentan en el tramo vial objeto de estudio dado a las múltiples fallas que se han presentado a lo largo del tiempo.

7.3.3 DAÑOS SUPERFICIALES

7.3.3.1 DESGASTE SUPERFICIAL, DSU

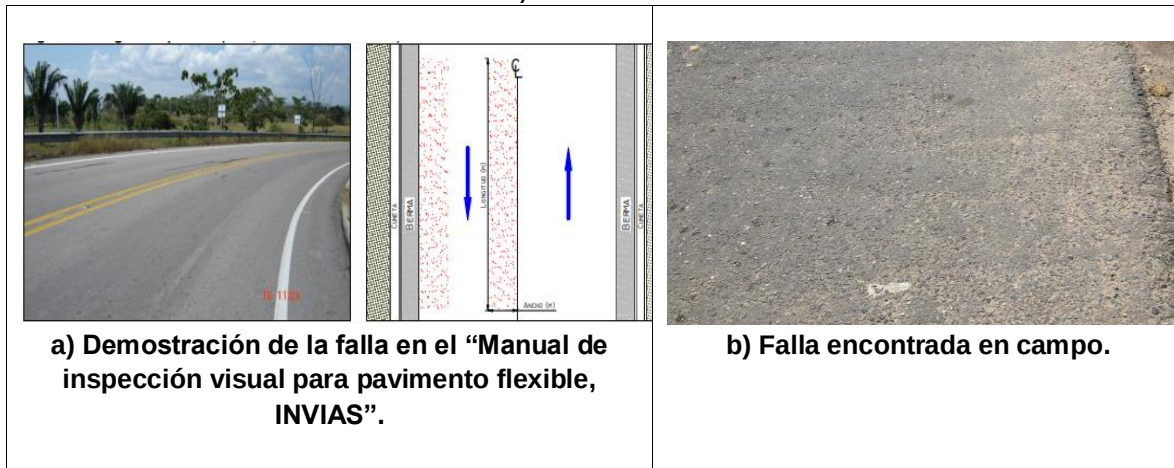


Ilustración 7.14. Desgaste superficial.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Este tipo de falla se presente por la falta de adherencia del asfalto con los agregados o deficiencia en la dosificación de asfalto en la mezcla, en este tramo vial se presenta este tipo de falla muy frecuente.

7.3.3.2 PÉRDIDA DE AGREGADO, PA

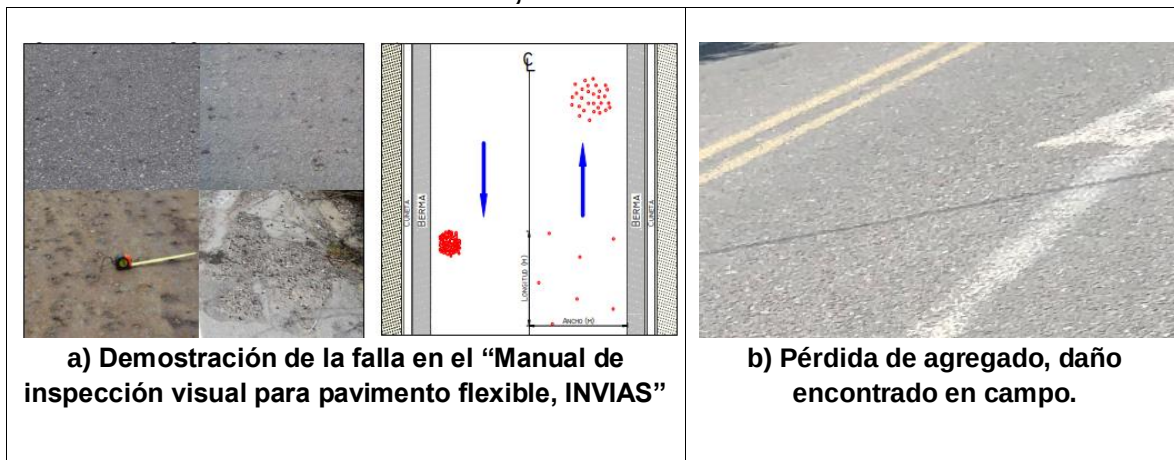


Ilustración 7.15. Pérdida de agregado.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Este tipo de desgaste superficial se presenta normalmente por problemas de adherencia entre el agregado y el asfalto, o deficiencia de compactación de la carpeta asfáltica, en el tramo vial objeto de estudio es una constante presente en la carpeta asfáltica.

7.3.3.3 PULIMIENTO DEL AGREGADO, PU

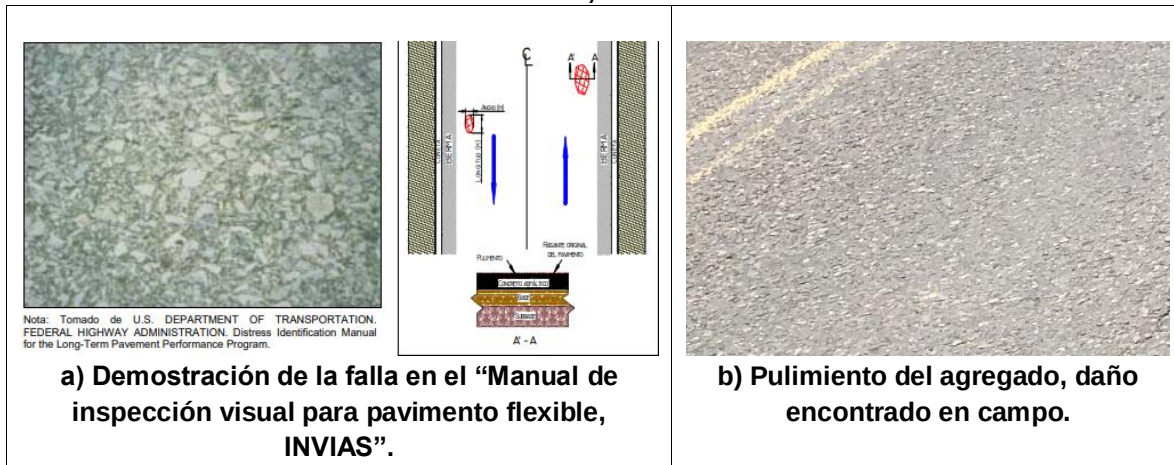


Ilustración 7.16. pulimiento del agregado.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Este daño se puede detallar dado a la presencia de agregados con cara planas en la superficie, mostrando un desgaste de los finos y dejando a simple vista los agregados granulares, esto se presenta por la baja resistencia de algunos agregados al pulimento.

7.3.3.4 CABEZAS DURAS

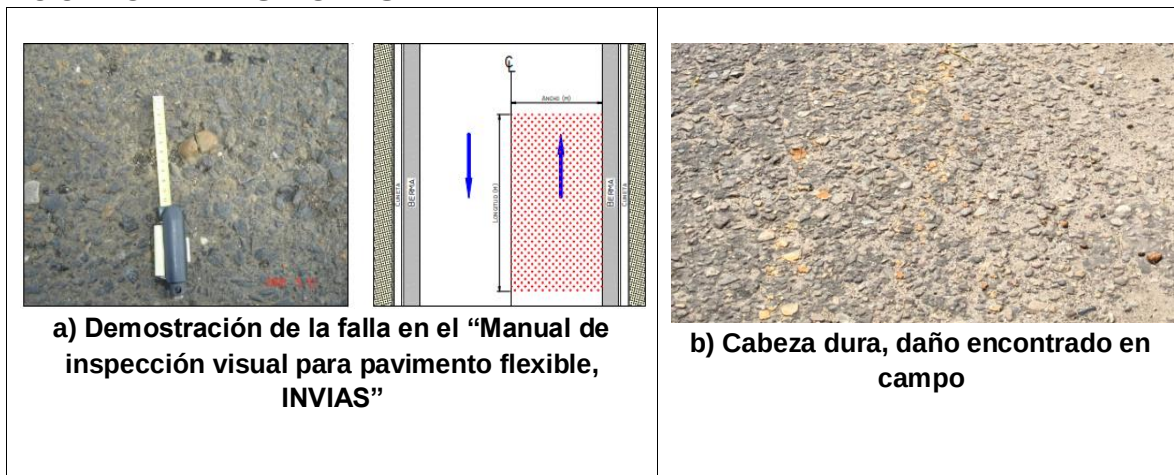


Ilustración 7.17. Cabezas duras.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Se evidencia con facilidad los agregados pétreos, van quedando expuestos por la pérdida de los finos, esto se puede producir por el uso inadecuado en los tamaños del agregado pétreo, existen varios puntos específicos donde se evidencia este tipo de falla en el tramo vial objeto de estudio.

8. ETAPA 2 LEVANTAMIENTO DE DAÑOS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON BASE A LA METODOLOGÍA INVIAS

8.1. REGISTRO FOTOGRÁFICO E INSPECCIÓN VISUAL DE LA VÍA

Para la solución de este punto de la metodología se tomará en cuenta los registros fotográficos que se realizó en la etapa 1 apartado 8.3. También se tendrá en cuenta el registro fotográfico anexado en los formatos Excel del análisis de fallas por carril (Ver ANEXO A).

8.2. ABSCISADO DEL TRAMO OBJETO DE ESTUDIO

Se realizó una inspección visual y registro fotográfico, donde se tuvo en cuenta un abscisado para el tramo vial objeto de estudio cada 100 metros, este será ilustrado a través de un plano en AutoCAD el cual será anexado para su revisión. (Ver ANEXO J).

8.3. LEVANTAMIENTO DE DAÑOS A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA INVIAS PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES

Para esta etapa de la metodología se da un punto de inicio en donde abscisamos como K0+000 la intersección de la av. Puerto López con la vía “El Camino Ganadero”. Se procede inicialmente a recorrer la vía y realizar un registro de ubicación y características de los daños presentes en la vía objeto de estudio, con sus respectivas especificaciones técnicas, las cuales son:

- Abscisas: Para el registro de daños del pavimento flexible se realizó una zonificación cada 100 metros, en donde se verificó estas abscisas con un odómetro para mayor exactitud.
- Carril: La calzada doble sentido, de dos carriles, uno en sentido este (Av. Maracos- Av. Puerto López) y el otro sentido oeste (Av. Puerto López-Av. Maracos).
- Tipo: El tipo de daño, de acuerdo con el manual de inspección visual para pavimento flexible de INVIAS.
- Severidad: Según la metodología INVIAS, la severidad está calificada con 3 niveles, Alto: A, Medio: M y Bajo: B.
- Dimensiones de los daños: Largo y ancho (m).
- Dimensiones de reparación: Largo y ancho (m).
- Foto: Se nombra la foto del respectivo daño.
- Aclaraciones: se registró detalles adicionales del pavimento.

El registro de daños se realizó en forma ascendente con respecto a las abscisas, esto fue plasmado en un formato Excel (Ver ANEXO D, ANEXO G), cuya información fue organizada en el formato INVIAS.

9. ETAPA 3 ANÁLISIS DE DATOS DEL LEVANTAMIENTO DE DAÑOS CON BASE AL MANUAL DE INVIAS

Se realizó el levantamiento de los daños presentes en la vía “Camino Ganadero” calle 21 sur entre la carrera 22 y la intersección de la Avenida los Maracos, cuyos datos se plasmaron en un formato de recolección de datos formulado por los autores, se tuvo en cuenta las metodologías INVIAS y PCI para el análisis respectivo de los datos (Ver ANEXO D, ANEXO G, ANEXO H).

9.1. METODOLOGÍA INVIAS

Para la solución de la metodología INVIAS, se realizan tres tipos de análisis, como se especifica a continuación:

- Análisis total del tramo objeto de estudio.
- Análisis de los daños superficiales del tramo objeto de estudio.
- Análisis de los daños o patologías encontradas en el tramo objeto de estudio, sin incluir los daños superficiales.

Para esta metodología se formuló un formato para la recolección de datos, en este primer apartado esta la información general del proyecto y el nombre de los autores.

	FORMATO PARA LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE						
	UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS						
	MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO - META						
OBJETO	DIAGNÓSTICO VISUAL PARA LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA “CAMINO GANADERO” CALLE 21 SUR ENTRE LA CARRERA 22 Y LA INTERSECCIÓN DE LA AVENIDA LOS MARACOS QUE COMUNICA LA ZONA SUR DE VILLAVICENCIO						
TERRITORIAL		FECHA	21/07/2020	CONCESIÓN		PR INICIAL	K0+000
CÓDIGO DE LA VÍA		CONTRATO No		MITO INTEGRAL		PR FINAL	K3+600
NOMBRE DE LA VÍA	"El Camino Ganadero"	LEVANTADO POR	Duvan Martin - Camilo Gomez	A.M.V.		HOJA	1 DE 1

Ilustración 9.1. Formato de evaluación del pavimento flexible, información general.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para la recolección de la información necesaria para implementar la metodología INVIAS, es necesario realizar un recorrido de la vía objeto de estudio, en donde se da un punto de inicio de K0+000, en la intersección Av. Puerto López con la Av. Camino Ganadero, aun así, se tiene en cuenta que, al ser una vía doble sentido, se

hace los recorridos ida y vuelta, en donde se da un K0+000 en cada punto de inicio y fin, como se explica a continuación:

- Sentido Av. Puerto López K0+000 - Av. Maracos K3+600 (Carril izquierdo).
- Sentido Av. Maracos K0+000 - Av. Puerto López K3+600 (Carril derecho).

Por esta razón se realizan dos formatos, para el carril izquierdo sentido Av. Puerto López K0+000 -Av. Maracos K3+600 (Ver ANEXO G) y para el carril derecho sentido Av. Maracos K0+000 - Av. Puerto López K3+600 (Ver ANEXO D).

La información que se registró en los formatos fue: ubicación, características de los deterioros, dimensiones y observaciones, se especificó de la siguiente manera:

- Abscisa: se realiza un abscisado cada 100 metros.
- Tipo: se especifica el tipo de daño, de acuerdo al manual de inspección visual para pavimento flexible.
- Severidad: se determina según las características de las fallas, según el manual de inspección visual para pavimento flexible, se clasifica como B: bajo, M: Medio, A: alto.
- Dimensiones: se especifica largo y ancho (m)
- Foto: ilustración y numeración
- Descripción: se deja un espacio en caso tal de alguna aclaración.

PATOLOGÍA									
ABCISA INICIAL	ABCISA FINAL	TRAMO	TIPO DE DAÑO	SEVERIDAD	DAÑO		TOTAL	FOTO	DESCRIPCIÓN
					LARGO	ANCHO			
K0+000									
			FT	B	1.20			1	
			BCH	A	0.39	0.40	0.16	2	
	k0+100	T1							
			PCH	B	3.00	1.00	3.00	3	
			PCH	M	1.50	0.60	0.90	4	
			DSU	M	5.5	3	16.50	5	
			FB	M	1	1	1.00	6	
	k0+200	T2							

Ilustración 9.2. Formato de evaluación del pavimento flexible, información general.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para no saturar de información una sola plantilla, se realiza una hoja de Excel (ver ANEXO D, ANEXO G) en el documento, con el número de la ilustración o foto, con su respectivo hipervínculo.

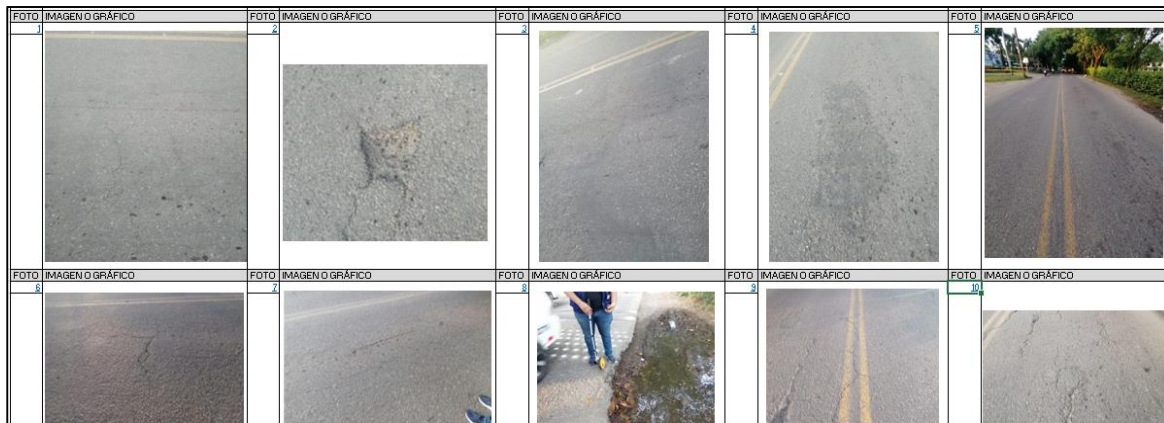


Ilustración 9.3. Formato de evaluación del pavimento flexible, Fotografías de los daños.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Cada fotografía representa las fallas encontradas en toda la vía objeto de estudio, cabe aclarar que en este apartado de la metodología INVIAS, se tienen en cuentas todos los daños, es decir, incluyendo los daños superficiales.

Para claridad de las siglas manejadas para cada tipo de daño, se realiza una tabla explicativa, en donde se especifica, tipo de daño, convención y como evaluar la severidad de los daños según sus dimensiones.

TIPO DE DAÑO	CONVENCIÓN	SEVERIDADES		
		BAJA	MEDIA	ALTA
FISURAS				
Fisuras longitudinales (m)	FL	Abertura < 1mm o selladas.	Abertura 1 -3 mm, sin sello, algunas fisuras leves 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)	FBD			
Piel de cocodrilo (m2)	PC	Los bloques se han comenzado a formar, pero no están claramente definidos y están conformados por fisuras < 1 mm o selladas, sin desgaste en ellas.	Bloques definidos por fisuras 1 - 3 mm, o sin sellante, con desgaste leve.	Bloques bien definidos por fisuras > 3 mm que presentan alto desgaste.
Fisuras por deslizamiento de capas (m2)	FDC	Serie de fisuras longitudinales paralelas con abertura de hasta 3 mm, principalmente en la huella	Las fisuras han formado bloques que tiene un ligero desgaste en los bordes.	Área con bloques sueltos de bordes desgastados, puede existir bombeo.
Fisuración incipiente (m2)	FIN	Fisuras < 1 mm o selladas	Fisuras 1 - 3 mm, pueden existir agrietamientos alrededor con aberturas menores a 1 mm.	Fisuras > 3 mm, pueden existir agrietamientos entre las fisuras con aberturas mayores a 1 mm.

Ilustración 9.4. Formato de evaluación del pavimento flexible, tabla explicativa de los daños.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

9.1.1 DAÑOS SUPERFICIALES

Para el análisis de los daños superficiales se diseñó un formato en Excel (Ver ANEXO C, ANEXO F) para la recopilación de los daños encontrados en la vía objeto de estudio.

	FORMATO PARA LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE						
	UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS						
	MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO - META						
OBJETO							
DIAGNÓSTICO VISUAL PARA LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA “CAMINO GANADERO” CALLE 21 SUR ENTRE LA CARRERA 22 Y LA INTERSECCIÓN DE LA AVENIDA							
TERRITORIAL		FECHA	21/07/2020	CONCESIÓN		PR INICIAL	K0+000
CÓDIGO DE LA VÍA		CONTRATO No		MITO INTEGRAL		PR FINAL	K3+600
NOMBRE DE LA VÍA	"El Camino Ganadero"	LEVANTADO POR	Duvan Martin - Camilo Gomez	A.M.V.		HOJA	1 DE 1

Ilustración 9.5. Formato de evaluación del pavimento flexible para los daños superficiales, descripción del proyecto.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

ANCHO DE CALZADA (m)		6		DAÑOS SUPERFICIALES EN EL PAVIMENTO										
ABCISA INICIAL	ABCISA FINAL	TRAMO	AREA TRAMO	DSU			PA			PU		CD	TOTAL	% AFECTACION POR TRAMO
				A	M	B	A	M	B	SIN GRADO DE SEVERIDAD	SIN GRADO DE SEVERIDAD			
K0+000	K0+100	T1	600									0,00	0,00%	
K0+100	K0+200	T2	600		16,50							16,50	2,75%	
K0+200	K0+300	T3	600									0,00	0,00%	
K0+300	K0+400	T4	600									0,00	0,00%	
K0+400	K0+500	T5	600									0,00	0,00%	
K0+500	K0+600	T6	600									0,00	0,00%	
K0+600	K0+700	T7	600									0,00	0,00%	
K0+700	K0+800	T8	600									0,00	0,00%	
K0+800	K0+900	T9	600									0,00	0,00%	
K0+900	K1+000	T10	600									0,00	0,00%	
K1+000	K1+100	T11	600					33,00				33,00	5,50%	
K1+100	K1+200	T12	600					34,00				34,00	5,67%	
K1+200	K1+300	T13	600						4,00			4,00	0,67%	
K1+300	K1+400	T14	600								0,20	0,20	0,03%	
K1+400	K1+500	T15	600									0,00	0,00%	
K1+500	K1+600	T16	600									0,00	0,00%	
K1+600	K1+700	T17	600									0,00	0,00%	
K1+700	K1+800	T18	600							15,00	4,00	19,00	3,17%	

Ilustración 9.6. Formato de evaluación del pavimento flexible para los daños superficiales.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Se realiza la descripción total de lo encontrado con respecto a los daños superficiales de la vía objeto de estudio, en donde se describe:

- Abscisa
- Tramo
- Área tramo: dado a que la vía conserva una sección tipo durante todo el tramo, el área varia muy poco
- Tipo de daño: DSU, PA, PU, CD
- Área total afectada

- Porcentaje de afectación por tramo

AREA TOTAL INSPECCIONADA (M2)	22200	AREA TOTAL AFECTADA Y PORCENTAJE DE AFECTACION								205,88	0,93%
		DSU			PA		PU		CD		
Area total afectada por severidad y por daño(m2)		0	16,5	0	0	145	4	15	25,38		
Area total afectada por daño (m2)		16,5			149		15		25,38		
Peso del daño dentro del area inspeccion según severidad(%)		0,00%	0,07%	0,00%	0,00%	0,65%	0,02%	0,07%	0,11%		
Peso total del año dentro del area inspeccionada(%)		0,07%			0,67%		0,07%		0,11%		

Ilustración 9.7. Formato de evaluación del pavimento flexible para los daños superficiales, resumen total de los datos evaluados para los daños superficiales.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En este apartado del formato diseñado por los autores, se realiza un resumen final de los datos encontrados en campo, donde se toma en cuenta los porcentajes de afectación por área, con respecto a cada tipo de daño.

9.1.2 DAÑOS EN LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE SIN INCLUIR LOS DAÑOS SUPERFICIALES

												
OBJETO		DIAGNÓSTICO VISUAL PARA LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA VÍA										
TERRITORIAL												
CÓDIGO DE LA VÍA												
LEVANTADO POR		Duvar Martín - Camilo Gomez										
ANCHO DE CALZADA (m)		6										
ABCISA INICIAL	ABCISA FINAL	TRAMO	AREA TRAMO	FL			FT			FCT		
				B	M	A	B	M	A	B	M	A
K0+000	K0+100	T1	600				1,20					
K0+100	K0+200	T2	600									
K0+200	K0+300	T3	600		1,50	12,00						
K0+300	K0+400	T4	600			16,00			6,00			3,00
K0+400	K0+500	T5	600			10,00		2,00	3,00			
K0+500	K0+600	T6	600			5,00						3,00
K0+600	K0+700	T7	600									
K0+700	K0+800	T8	600									
K0+800	K0+900	T9	600									
K0+900	K1+000	T10	600									

Ilustración 9.8. Formato de evaluación del pavimento flexible sin los daños superficiales.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En este formato desarrollado por los autores se realiza un resumen completo de los daños no superficiales encontrados en la vía objeto de estudio, en donde se realiza el resumen por cada tipo de daño, con su respectivo porcentaje de afectación, como se verá en la siguiente ilustración.



DE LA AVENIDA LOS MARACOS QUE COMUNICA LA ZONA SUR DE VILLAVICENCIO													
			CONCESIÓN						PR INICIAL		K0+000		
			MTTO INTEGRAL						PR FINAL		K3+600		
			A.M.V					HOJA	1	DE	1		
VIMENTO													
HUND			PC			BCN			PCH			TOTAL	%
B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A		AFECTACION
								0,16				1,36	0,23%
									3,00	0,90		4,90	0,82%
								0,60				14,10	2,35%
				7,80	12,00			0,24				74,69	12,45%
												24,20	4,03%
										12,00	9,52	33,52	5,59%
					3,78							3,78	0,63%
												7,50	1,25%
					4,16						3,00	7,16	1,19%
												0,00	0,00%
												0,00	0,00%
								3,00				3,00	0,50%
												2,80	0,47%

Ilustración 9.9. Formato de evaluación del pavimento flexible sin los daños superficiales.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En esta parte del formato se da el resultado del porcentaje de afectación por tramo, con respecto a la sumatoria del área de daños por tramo.

9.2. METODOLOGÍA PCI

Para iniciar la solución de la metodología PCI, se inicia determinando la longitud y el número total de unidades de muestreo de la vía. Se determina el tipo de estructura.

Tabla 9-1. Formato de evaluación del pavimento flexible metodología PCI.

TIPO DE ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO
FLEXIBLE

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 9-2. Formato de evaluación del pavimento flexible metodología PCI, datos de entrada.

DATOS DE ENTRADA (CAMPO)	
Tipo de pavimento	FLEXIBLE
Ancho de calzada	6.0 m
Longitud total de la vía	3600 m
Longitud del pavimento flexible	3600 m
Error admisible (e)	5 %
σ Pavimento Flexible	10
Abscisa inicial	0
Abscisa final	3600

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Estos datos son tomados directamente de campo y la longitud de la vía depende del alcance del proyecto.

Tabla 9-3. Formato de evaluación del pavimento flexible metodología PCI, Unidades a evaluar.

NÚMERO DE UNIDADES A EVALUAR	
Longitud de la unidad de muestreo	38.3 m
Número total de unidades de muestreo (N)	93.99 uds
Unidades de muestreo a evaluar (n)	14 uds
Intervalo de muestreo (i)	7 uds
Unidad de muestro inicial	1 uds

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Con el número total de unidades de muestreo (N), el error admisible y la desviación estándar, se aplicó la fórmula para establecer el número de unidades de muestro a evaluar y el intervalo de estas. Las cuales son las siguientes:

$$n = \frac{N * \sigma^2}{\frac{e^2}{4} * (N - 1) + \sigma^2}$$

Ecuación 9.1. Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

e: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e=5%).

σ : Desviación estándar del PCI entre las unidades.

$$i = \frac{N}{n}$$

Ecuación 9.2. Intervalo de muestreo.

Donde:

N: Número total de unidades de muestreo disponible.

n: Número mínimo de unidades para evaluar.

i: Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior (por ejemplo, 3.7 se redondea a 3).

Por lo tanto, se obtuvo 14 unidades de muestreo a evaluar, determinado por las formulas de la metodología PCI.

Tabla 9-4. Formato de evaluación del pavimento flexible metodología PCI, longitudes de unidades de muestreo asfáltico.

LONGITUDES DE UNIDADES DE MUESTREO ASFALTICAS	
Ancho de calzada	Longitud de la unidad de muestro
5 m	46 m
5.5 m	41.8 m
6.0 m	38.3 m
6.5 m	35.4 m
7.3 m	31.5 m

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Bajo estas condiciones, se determina la longitud de muestreo, es decir, para el caso de este proyecto, el cual cuyo ancho de calzada es de 6m, sería una longitud de muestreo de 38,3 m.

Tabla 9-5. Formato de evaluación del pavimento flexible metodología PCI, tabla resumen de los datos obtenidos con la metodología PCI.

UNIDAD	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	PCI
1	0.0 m	38.3 m	10
2	260.9 m	299.2 m	54
3	521.8 m	560.1 m	47
4	782.7 m	821.0 m	67
5	1043.6 m	1081.9 m	76
6	1304.5 m	1342.8 m	61
7	1565.4 m	1603.7 m	35

	8	1826.3 m	1864.6 m	86
	9	2087.3 m	2125.6 m	24
	10	2348.2 m	2386.5 m	22
	11	2609.1 m	2647.4 m	59
	12	2870.0 m	2908.3 m	62
	13	3130.9 m	3169.2 m	4
U. ADICIONAL	14	3391.8 m	3430.1 m	72

Fuente: Elaboración propia, 2020.

A través de la metodología PCI, se determina el nivel de severidad de los daños presentes en la vía, según su estado de los daños o severidad de estos en la vía, la metodología PCI tiene unos valores los cuales determinan el estado cualitativo de la vía, con respecto a los datos obtenidos con las formulas, estos rangos son los siguientes:

Tabla 9-6. Rangos de calificación del PCI.

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI	
Rango	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

Fuente: [11]

Con estos rangos se determina el estado de la vía, y la severidad de sus daños.

10. ETAPA 4 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS METODOLOGÍAS INVIAS Y PCI.

Ya realizado el diseño de los formatos, recopilación de la información necesaria y diligenciamiento de los datos en los formatos, se procede a realizar un análisis detallado de las áreas afectadas, áreas con niveles los diferentes tipos de severidad y áreas en buen estado.

Con esto se busca determinar el estado de la vía objeto estudio, para así dar un resultado final, el cual es el plan de mantenimiento de la vía, cuya descripción y solución se encontrará en la etapa 5.

10.1. RESULTADOS METODOLOGÍA INVIAS

Con respecto a la metodología INVIAS, se realiza el análisis de los datos encontrados en campo:

Tabla 10-1. Formato de evaluación del pavimento flexible, daños superficiales, compilación de datos.

AREA TOTAL INSPECCIONADA (M2)	22200	AREA TOTAL AFECTADA Y PORCENTAJE DE AFECTACIÓN								205,88	0,93%
		DSU			PA			PU	CD	0,927%	
Area total afectada por severidad y por daño(m2)		0	16,5	0	0	145	4	15	25,38		
Area total afectada por daño (m2)		16,5			149			15	25,38		
Peso del daño dentro del area inspeccion según severidad(%)		0,00%	0,07%	0,00%	0,00%	0,65%	0,02%	0,07%	0,11%		
Peso total del año dentro del area inspeccionada(%)		0,07%			0,67%			0,07%	0,11%		

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En esta tabla, se realizó un resumen compacto de la cantidad de área afectada por tipo de daño superficial en todo el tramo objeto de estudio, cuya área es calculada en m2; el área total evaluada fue de 22.200 m2.

Quedo discriminado de la siguiente manera:

- **DSU:** un total de 16,5 m2 afectado, con severidad media en su totalidad, para un porcentaje de afectación del 0,07%
- **PA:** un área de afectación de 149 m2, con una severidad media y alta, en donde tiene un área de afectación con severidad alta de 4m2; para un total de área afectada de 0,67%.
- **PU:** con un área de afectación de 15m2, para un porcentaje de afectación de 0,07%, este tipo de daño no contiene ningún nivel de severidad.
- **CD:** con un área de afectación de 25,38m2, para un porcentaje de afectación de 0,11%.

Tabla 10-2. Formato de evaluación del pavimento flexible, compilación de porcentajes de afectación por cada daño superficial existente.

Patología	B(M2)	%	M(M2)	%	A(M2)	%
DSU	0	0.00%	16.5	0.08%	0	0.00%
PA	0	0.00%	145	0.67%	4	0.02%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 10-3. Formato de evaluación del pavimento flexible, compilación de porcentajes de afectación para los daños sin severidad.

Patología	DAÑO(M2)	%
PU	15	0.07%
CD	25.38	0.12%

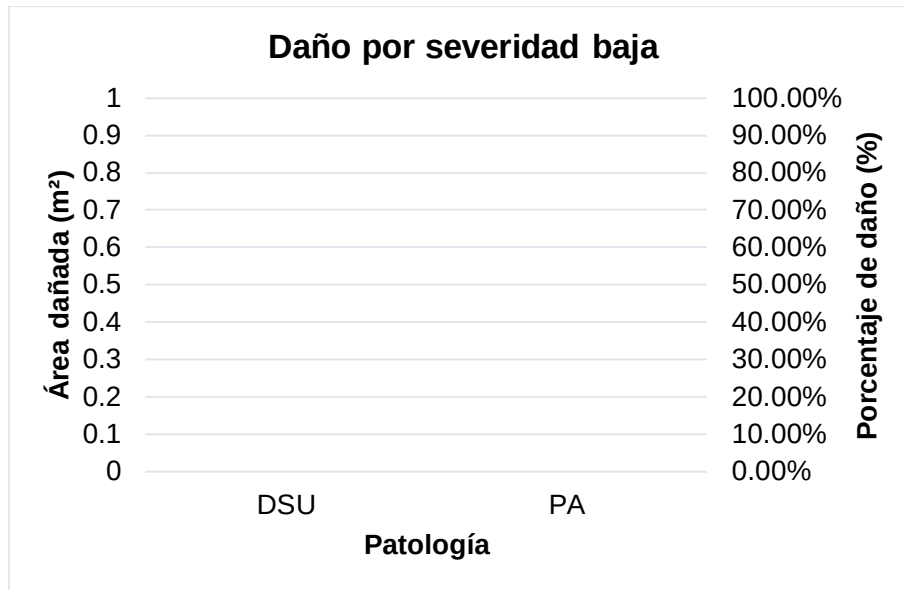
Fuente: Elaboración propia

En resumen, total, existe un área total de afectación de daños superficiales de 205,88 m2 para un porcentaje de afectación total de 0,927%.

10.1.1 CUADRO COMPARATIVO DE ÁREAS

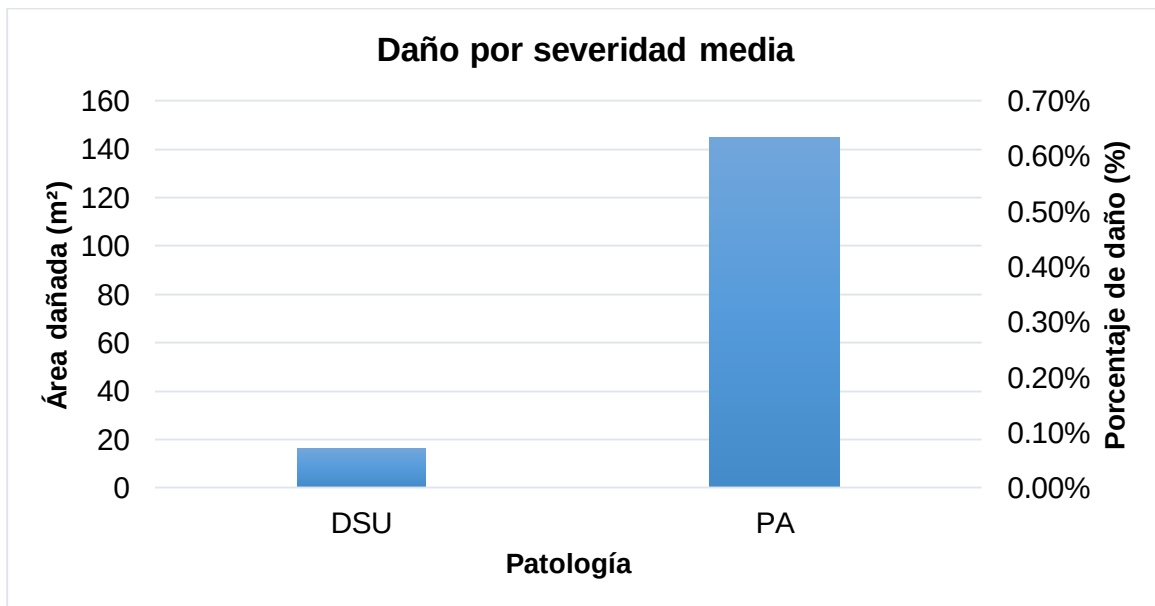
10.1.1.1 DAÑOS SUPERFICIALES, GRAFICAS

A continuación, se realizará una explicación grafica de los porcentajes de afectación por daño y totales.



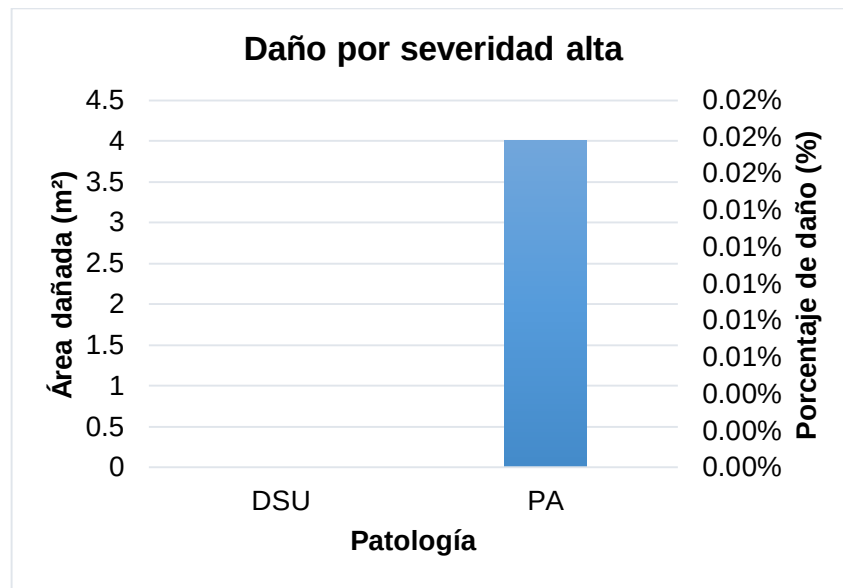
Gráfica 10.1. área de afectación vs Porcentaje de afectación con severidad baja.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

El resultado de esta grafica comparativa es nula, ya que, para el apartado de daños superficiales con severidad baja, no hay registro de afectación.



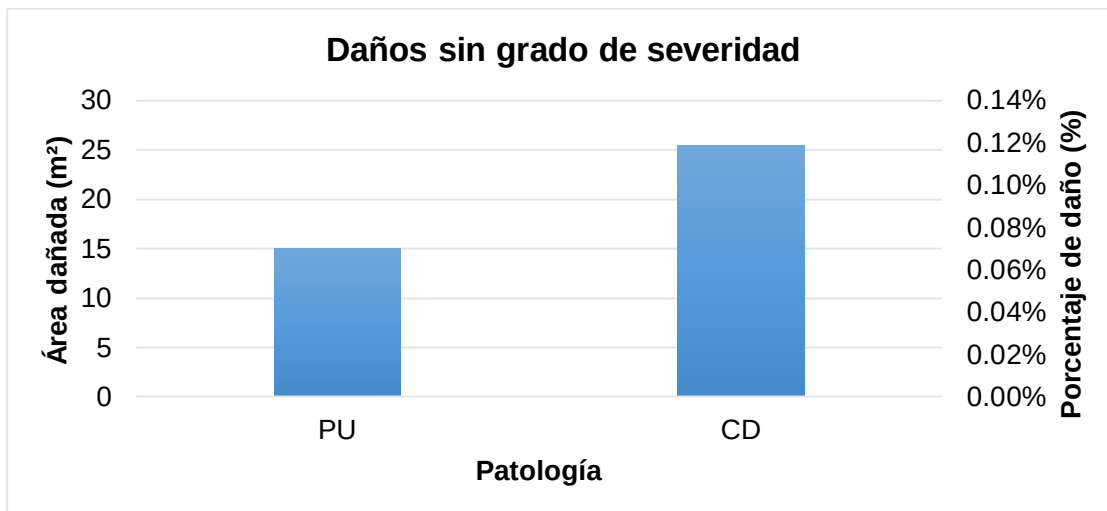
Gráfica 10.2. Área de afectación vs Porcentaje de afectación con severidad media.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

La patología con mayor daño superficial es PA (pérdida del agregado), con un porcentaje de 0,65% de área afectada.



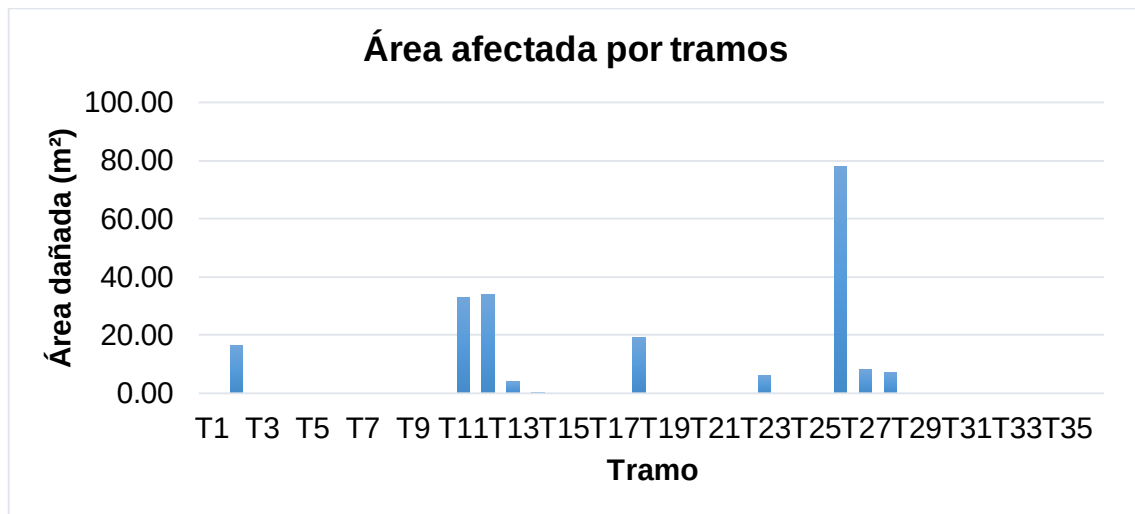
Gráfica 10.3. Área de afectación vs Porcentaje de afectación con severidad alta.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Se presenta un daño superficial en severidad alta de 4m², con una patología PA.



Gráfica 10.4. Área de afectación vs Porcentaje de afectación en daños sin grado de severidad asociados.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Esta gráfica representa las dos patologías existentes sin grados de severidad asociados, en donde presentan un área de afectación significativo en comparación con los daños superficiales con grado de severidad asociados.



Gráfica 10.5. Área de afectación vs Tramos de la vía objeto de estudio.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En esta grafica observamos los tramos que presentan patologías con daños superficiales, en general, se puede concluir que no son muchos los tramos con afectación de daños superficiales (Ver ANEXO C).

10.2. RESULTADOS METODOLOGÍA PCI

Con la metodología PCI se determina los niveles de servicio de la vía objeto de estudio y los niveles de severidad en los daños presentes en la vía, con esta metodología se realizó un cuadro resumen de todos los tramos o unidades de muestreo con su respectivo valor o rango de evaluación PCI.

Tabla 10-4. Formato de evaluación del pavimento flexible metodología PCI, tabla resumen de los datos obtenidos con la metodología PCI.

UNIDAD	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	PCI
1	0.0 m	38.3 m	10
2	260.9 m	299.2 m	54
3	521.8 m	560.1 m	47
4	782.7 m	821.0 m	67
5	1043.6 m	1081.9 m	76
6	1304.5 m	1342.8 m	61
7	1565.4 m	1603.7 m	35
8	1826.3 m	1864.6 m	86
9	2087.3 m	2125.6 m	24
10	2348.2 m	2386.5 m	22

	UNIDAD	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	PCI
	11	2609.1 m	2647.4 m	59
	12	2870.0 m	2908.3 m	62
	13	3130.9 m	3169.2 m	4
U. ADICIONAL	14	3391.8 m	3430.1 m	72

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para un promedio del rango de evaluación del PCI corresponde a los siguientes datos:

Tabla 10-5. Promedio de los rangos obtenidos del PCI.

RESULTADOS FINALES	
PCIR	46.69230769
PCIA	72
N	94
A	1
PCIS	46.96155342

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 10-6. Estado actual de la vía través de la metodología del PCI.

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI	
Rango	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

ESTADO DE LA ESTRUCTURA	REGULAR
-------------------------	---------

Fuente: Elaboración propia, 2020.

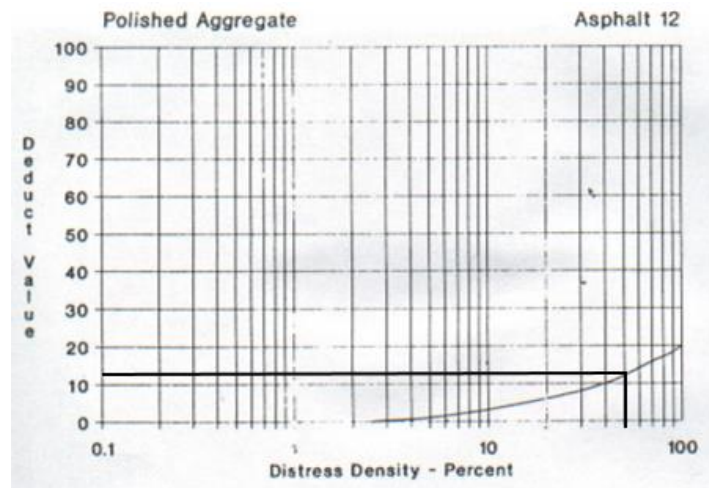
Según los resultados obtenidos con la metodología, el estado actual de la vía objeto de estudio es REGULAR, esto se debe a la cantidad de fallas y patologías que presenta esta vía, los cuales pueden ser reparados, se debe implementar un plan de mantenimiento para esta vía, cuyo plan será uno de los productos académicos de este proyecto.

Tabla 10-7. Exploración de la condición por unidad de muestreo, metodología PCI

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					ESQUEMA		
ZONA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO			
Villavicencio/Meta		K0+000		1			
CÓDIGO VÍA		ABSCISA FINAL		ÁREA MUESTREO (m²)			
		K0+38,3		229.8			
INSPECCIONADA POR				FECHA			
Duvar Martín - Camilo Gómez				1/09/2020			
No.		Daño		No.		Daño	
1		Piel de cocodrilo.		11		Parcheo.	
2		Exudacion.		12		Pulimento de agregados.	
3		Agrietamiento en bloque.		13		Huecos.	
4		Abultamientos y hundimientos.		14		Cruce de via ferrea.	
5		Corrugacion.		15		Ahuellamiento.	
6		Depresion.		16		Desplazamiento.	
7		Grieta de borde.		17		Grieta parabolica (slippage).	
8		Grieta de reflexion de junta.		18		Hinchamiento.	
9		Desnivel carril / Berma.		19		Desprendimiento de agregados.	
10		Grietas long y transversal.					
							
Foto	No. Daño	Severidad	Cantidades parciales		Total	Densidad (%)	Valor deducido
			Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m²)		
1	12	N/A	38.3	3	114.9	50.00%	12
2	13	H	5	2.5	12.5	5.44%	89

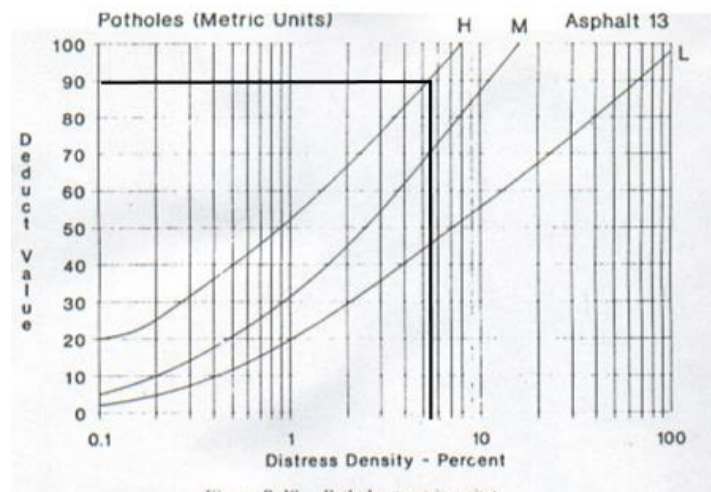
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Esta es la plantilla que se utilizó para el análisis y resultados del PCI para cada unidad de muestreo, esta es una de las catorce unidades analizadas, en donde se toma en cuenta los daños presentes en cada tramo, y la información general de la vía objeto de estudio, en esta plantilla se tiene en cuenta unas gráficas, las cuales determinan el valor deducido por cada tipo de daño el cual es utilizado como una constante para poder determinar la condición del pavimento, cabe resaltar que las gráficas mostradas en este apartado son para el ejemplo de la unidad de muestreo uno, para las demás unidades de muestreo (Ver ANEXO H).

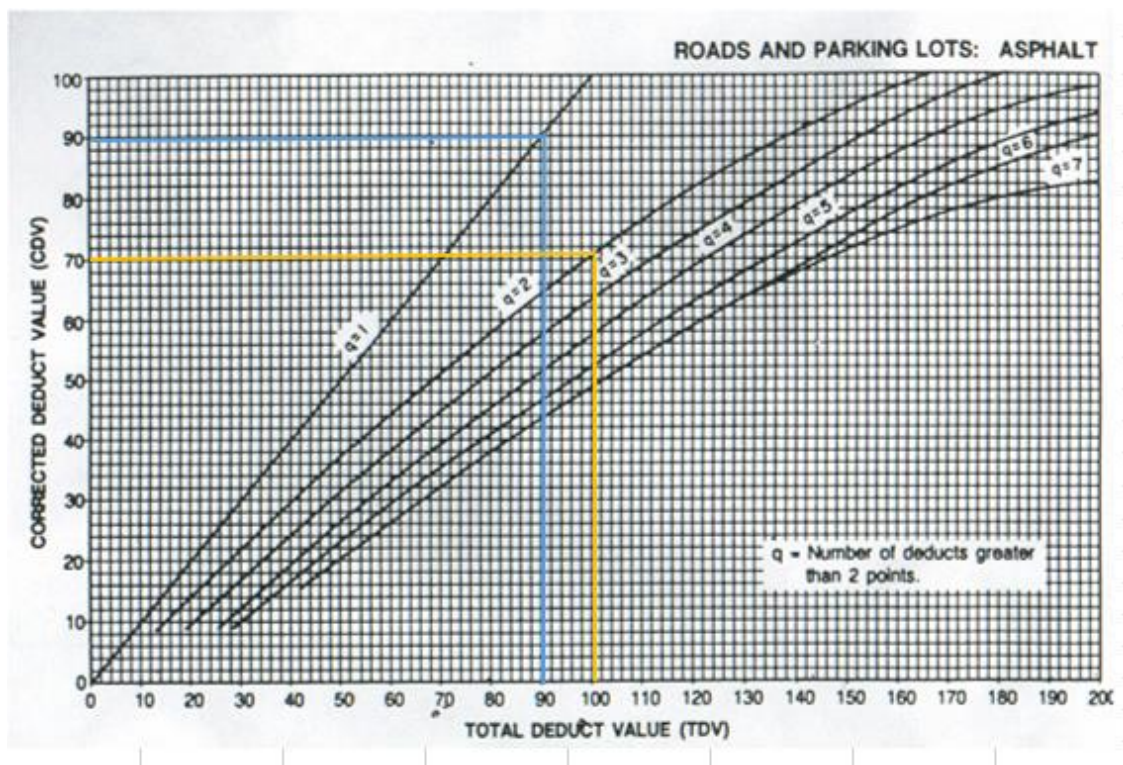


Gráfica 10.6. Exploración de la condición por unidad de muestreo para el daño pulimento del agregado, metodología PCI, tablas.

Fuente: [11]



Gráfica 10.7. Exploración de la condición por unidad de muestreo para el daño de huecos, metodología PCI, tablas.
Fuente: [11]



Gráfica 10.8. Exploración de la condición por unidad de muestreo, curvas “q” para definir la condición del pavimento por unidad de muestreo.
Fuente: [11]

Por último, a partir de la gráfica 10.8 “asfalto”, se determina el “CDV” ubicando en el eje de las “X” los valores totales como lo muestra la tabla 19 correspondiente a cada “q” para así obtener el “CDV”. El cual determinará como se encuentra la unidad de muestreo, como se muestra en la tabla 20.

Tabla 10-8. Tabla para la obtención del máximo valor deducido corregido.

FORMATO PARA LA OBTENCION DEL MAXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO					
No.	Valores Deducidos		Total	Q	CDV
1	89	12	101	2	71
2	89	2	91	1	90

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 10-9. Tabla resumen del PCI para la unidad 1.

MAX CDV	90
PCI	10
CLASIFICACIÓN	FALLADO

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En esta tabla se resume el valor del PCI y MAX CDV, y el rango determinado para el tramo. En este caso se obtuvo una clasificación de FALLADO, lo que quiere decir que la unidad uno (1) o primer tramo según la metodología PCI se encuentra en mal estado.

11. PLAN DE MANTENIMIENTO

Tabla 11-1. Plan de mantenimiento vía "El camino Ganadero"

#	Tipo de mantenimiento	Deterioro a tratar	Severidad	Tipo de estructura	Mantenimiento Correctivo o Periódico	Mantenimiento Rutinario o Preventivo
1	Reparación de la señalización vertical	Falta de mantenimiento a causa de daños generados por terceros, condiciones atmosféricas dado que permanecen a la intemperie (lluvia, polución, gases, entre otros).	-	Flexible	Arreglar el estado de la señalización, su forma, su color y letra. Retirar aquellos que ya no cumplan con su objeto para el cual fueron instalados.	Realizar mantenimiento de limpieza y lavado.
2	Repintado de la señalización horizontal	El constante tráfico genera desgaste en la pintura así como las condiciones atmosféricas.	-	Flexible	Aplicar la pintura reglamentaria para evitar el desgaste de la señalización en la vía y ajustar las dimensiones de las señalizaciones con base a la normativa.	Repinte de las líneas de borde y eje de las calzadas y al repiten de las marcas viales (flechas de sentido, ceda el paso, entre otras) existentes en todo el corredor vial.

#	Tipo de mantenimiento	Deterioro a tratar	Severidad	Tipo de estructura	Mantenimiento Correctivo o Periódico	Mantenimiento Rutinario o Preventivo
3	Instalación de tachas reflectivas	El corredor vial carece de tachas reflectivas y son de gran importancia para mejorar las condiciones de seguridad en horas nocturnas a los usuarios de la vía.	-	Flexible	Instalación de tachas reflectivas mediante un lente reflectivo que permita mejorar las condiciones de seguridad a los usuarios.	Ejecutar esta actividad de manera constante a todo lo largo del corredor vial, con el objeto de ir reponiendo las tachas que por él tráfico presentan alto desprendimiento.
4	Bacheo de pavimentos asfálticos	Reemplazo de áreas de pavimento que se encuentren deterioradas en calzada y que afecten tanto a las capas asfálticas como, al menos, la base o parte de ella.	Alta y media	Flexible	Las bases y subbases existentes por remover serán reemplazadas por materiales granulares que cumplan los requisitos establecidos en el numeral 330.2 del art. 330. para base granular y numeral 320.2 del art 320. para subbase granular de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto. Se empleará una emulsión asfáltica catiónica de rotura lenta de los tipos CRL-0 o CRL - 1, o un asfalto líquido MC - 30. Finalmente para la reparación del pavimento se emplearan mezclas asfálticas en caliente de gradación continua.	Verificar el estado de los baches, limpiar y sellar juntas de construcción.

#	Tipo de mantenimiento	Deterioro a tratar	Severidad	Tipo de estructura	Mantenimiento Correctivo o Periódico	Mantenimiento Rutinario o Preventivo
5	Reparación de parcheo	Reemplazo de áreas de pavimento que se encuentren deterioradas en calzada y que afecten exclusivamente a las capas asfálticas, encontrándose en buenas condiciones la base granular y demás capas inferiores.	Baja, Media y Alta	Flexible	Reparar mediante el uso de mezcla asfáltica en caliente de gradación continua los descascaramientos presentados en la carpeta de rodadura, que cumplan con los requisitos del art. 450 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del Instituto.	Verificar el estado de los parches, limpiar y sellar juntas de construcción
6	Mantenimiento de drenajes	Alcantarillas	-	Flexible	Ejecutar reparaciones a que haya lugar de daños causados por terceros, como el daño de las tapas de alcantarillas.	Actividades enfocadas a mantener en condiciones adecuadas de operación como retiro de basuras, lodos en los drenajes, retiro de sedimentos, barrido.
7	Corte de vegetación y mantenimiento de zonas verdes	Exceso de vegetación, moho y maleza sobre el carril.	-	Flexible	N/A	Realizar constante actividades de podas, jardinería, fertilización y retiro de capas vegetales así como maleza saliente debido a zonas de alta humedad o empozamiento de aguas.
8	Reparación de grietas	Grietas longitudinales	Alta , media, baja	Flexible	Limpiar, arreglar y reparar las grietas con impermeabilizante u otro material dependiendo de su severidad	Reparación a su alrededor

#	Tipo de mantenimiento	Deterioro a tratar	Severidad	Tipo de estructura	Mantenimiento Correctivo o Periódico	Mantenimiento Rutinario o Preventivo
9	Limpieza	Grietas transversales	Alta , media, baja	Flexible	N/A	Recoger, transportar y disponer todas las basuras que se encuentran en el derecho de vía y el material particulado presente en las calzadas.
		Grietas de esquina	Alta , media, baja	Flexible		
		Tapas de sumideros	-	Flexible		
		Rejillas de alcantarilla	-	Flexible		
		Material suelto	-	Flexible		
10	Reparación de fisuras	Fisuras longitudinales	Alta, media, baja	Flexible	Se realiza una limpieza de las fisuras, respectivamente se sellan las fisuras mediante el uso de emulsión asfáltica y arena a todas aquellas fisuras que se reflejan sobre la calzada.	Verificar el estado de las fisuras reparadas, e identificar nuevos daños para repararlos de inmediato.
		Fisuras transversales	Alta, media, baja	Flexible		
		Fisuras de borde	Alta, media, baja	Flexible		
11	Fresado	Fisuras en bloque	Alta, media, baja	Flexible	Molienda parcial o total de la capa de rodadura del pavimento asfáltico para corregir los perfiles longitudinales y transversales, molienda mediante la cual se remueven abultamientos, excesos de asfalto, grietas descendentes de poca profundidad y otras imperfecciones superficiales sin afectar las capas inferiores.	N/A
		Piel de cocodrilo	Alta, media, baja	Flexible		
		Parches	Alta, media, baja	Flexible		
		Fisuras en media luna	Media, Baja	Flexible		
		Fisuras incipientes	Media, Baja	Flexible		

#	Tipo de mantenimiento	Deterioro a tratar	Severidad	Tipo de estructura	Mantenimiento Correctivo o Periódico	Mantenimiento Rutinario o Preventivo
		Descascaramientos	Alta, media, baja	Flexible		

Fuente: Elaboración propia

Este es el plan de mantenimiento, en cual se tuvo en cuenta la estructura de la vía, la severidad de los daños presentes, apartados según el tipo de reparación, dependiendo directamente de las fallas que se presentan en la vía, también se tomó en cuenta la limpieza de alcantarillas, sumideros y lugares de bastante vegetación por humedad, en este plan se determinó mantenimientos preventivos, correctivos y rutinarios, para cada tipo de reparación o actividad.

Tabla 11-2. Plan de mantenimiento, afectación por tramo y análisis.

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE			
TRAMO	TIPO DE DAÑO	GRÁFICAS POR TRAMOS	FOTOS
T1	FT, PU, DSU, BCH	1	1
			2
			3
			4
			5
T2	FB, PU, DSU, DC, PCH	2	6
			7
			8
			9
			10
			11
			12

Fuente: Elaboración propia, 2020.

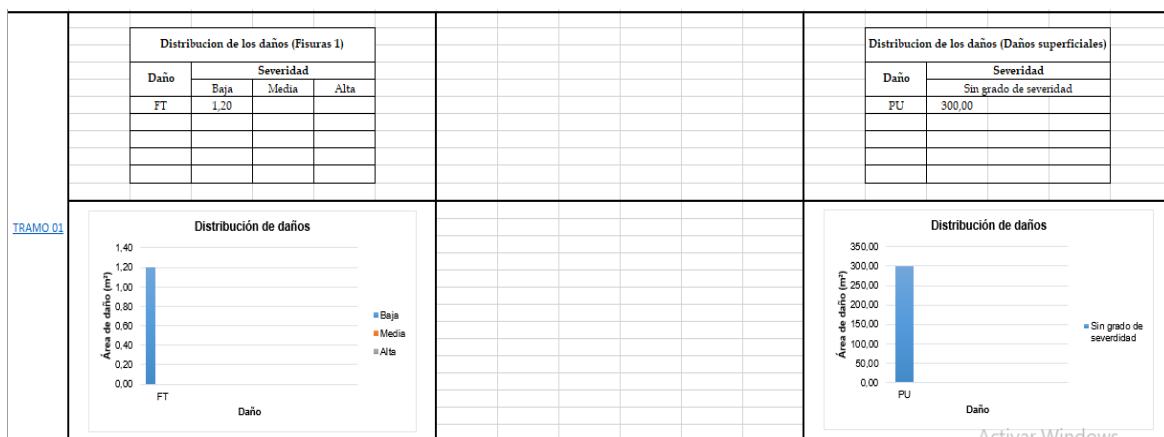


Ilustración 11.1. Plan de mantenimiento, distribución de los daños por tramo de calzada.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En esta tabla se realizó un resumen específico de las fallas que se presentan por tramos en la calzada, con su respectivo análisis de datos según sus áreas de afectación (Ver ANEXO I).

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE		
TIPO DE DETERIORO		
FISURAS (FL, FT, FCL; FCT)		
CAUSAS		
FL, FT	* Rigidización de la mezcla asfáltica por envejecimiento o por pérdida de flexibilidad debido al filler, ocurre ante temperaturas superiores a 30° o bajas temperaturas. * Reflexión de grietas de las capas inferiores generadas por juntas existentes de concreto hidráulico subyacente. * Riego de liga insuficiente o ausencia total. * Espesor insuficiente de la capa de rodadura.	
FCL, FCT	* Carencia de ligante en las paredes de la junta. * Unión entre materiales de diferente rigidez. * Deficiencias de compactación en la zona de la junta. * Deficiencia en el corte vertical de las franjas construidas con anterioridad.	
SOLUCION		
Sellado de fisuras: *Limpiar las fisuras con aire comprimido para remover particulas de polvo, materiales sueltos, etc. *Con una lanza de riego aplicar tan cerca como sea posible el sello de emulsion asfaltica. *Generar efecto impermeabilizante mediante la banda de sellado, esparciendola por la suerficie y de esta manera garantizar la protección del sello. *Finalmente se debe dejar limpio el lugar de trabajo.		
ZONA DE AFECTACIÓN		
Tramos afectados.	T1, T3, T4, T5, T6, T12, T13, T14, T15, T17, T18, T19, T20, T21, T22, T23, T28, T34, T36	

Ilustración 11.2. Plan de mantenimiento, parte 1.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

El plan de mantenimiento específico por tipos de daños, con su solución, las respectivas causas de estos daños y los tramos que se ven involucrados en las fallas descritas.

TIPO DE DETERIORO		
FISRUAS (FML, FB, PC, FIN)		
CAUSAS		
FML	* Falla lateral del talud en zonas de terraplén. * Ausencia o falla de obras de contención de la banca. * Consolidación de los rellenos que acompañan las obras de contención.	
FB	* Reflejo de grietas de contracción por materiales estabilizados utilizados como base * Es causada principalmente por la contracción del concreto asfáltico debido a la variación de la temperatura durante el día, es decir debido a los ciclos de "esfuerzo - deformación sobre la mezcla".	
PC	* Espesor de estructura insuficiente. * Deformaciones de la subrasante. * problemas de drenaje que afectan los materiales granulares. * Reparaciones mal ejecutadas, juntas mal elaboradas. * Compactación deficiente de las capas granulares o asfálticas.	
FIN	* Precipitación durante la colocación del concreto asfáltico * Diferencia de temperatura entre la mezcla y el medio ambiente en el momento de la colocación.	
SOLUCION		
Retirar carpeta asfáltica existente y revisar estado de la carpeta rígida, la cual subyace la carpeta de rodadura. Dado que la fatiga la mayoría de veces, se propaga desde la capa inferior, estas deben ser reemplazadas, desde la base granular.		
ZONA DE AFECTACIÓN		
Tramos afectados.	T2, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T13, T16, T19, T20, T21, T22, T23, T24, T27, T28, T30, T31, T32, T33, T34, T35, T36	

Ilustración 11.3. Plan de mantenimiento, parte 2.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

TIPO DE DETERIORO	
DEFORMACIONES (OND, HUN)	
CAUSAS	
OND	* Pérdida de estabilidad de la mezcla asfáltica. * Exceso de compactación de la carpeta asfáltica. * Exceso o mala calidad del asfalto. * Falta de curado de las mezclas en la vía. * Acción del tránsito en zonas de frenado y estacionamiento.
HUN	* Asentamientos de la subrasante. * Circulación de tránsito muy pesado. * Deficiencias de compactación de rellenos en zanjas que atraviesan la calzada. * Deficiencias de drenaje que afecta a los materiales granulares.

SOLUCION	
Parcheo y reparación de las capas afectadas: *Con una cortadora se hace un corte uniforme en la capa de rodadura afectada por el deterioro. *Se limpia la superficie con aire comprimido. *Si la base resultó afectada se debe reemplazar con los materiales granulares que cumplan los requerimientos. *Emplear una emulsión asfáltica de rotura lenta como ligante de sub base. *Para el pavimento se emplearan mezclas asfálticas en caliente que cumpla con las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS.	
ZONA DE AFECTACIÓN	
Tramos afectados.	T33, T30

Ilustración 11.4. Plan de mantenimiento, parte 3.
Fuente: Elaboración propia

TIPO DE DETERIORO		
DAÑOS SUPERFICIALES (DSU, PA, PU, CD)		
CAUSAS		
DSU	* Falta de adherencia del asfalto con los agregados. * Deficiente dosificación de asfalto en la mezcla. * Acción intensa del agua u otros agentes abrasivos.	
PA	* Aplicación irregular del ligante en tratamientos superficiales. * Problemas de adherencia entre agregado y asfalto. Deficiencia de compactación de la carpeta asfáltica. * Endurecimiento significativo del asfalto.	
PU	* Se produce por una baja resistencia o susceptibilidad de algunos agregados al pulimiento (un ejemplo de esto son las calizas).	
CD	* Uso de agregados gruesos con tamaño inadecuado. * Distribución granulométrica deficiente en el rango de las arenas. * Segregación de los agregados durante su manejo en obra. * Heterogeneidad en la dureza de los agregados.	
SOLUCION		
FRESADO: *Retirar la carpeta asfáltica afectada con una máquina cortadora, la cual tiene cuchillas que se encargan de levantar la capa deteriorada. *Emplear una emulsión asfáltica de rotura lenta como ligante de subbase. *Para el pavimento se emplearan mezclas asfálticas en caliente que cumpla con las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS.		
ZONA DE AFECTACIÓN		
Tramos afectados.	T1, T2, T3, T8, T11, T12, T13, T14, T15, T17, T18, T19, T20, T22, T23, T24, T25, T26, T27, T28, T29, T30, T31, T36	

Ilustración 11.5. Plan de mantenimiento, parte 4.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

TIPO DE DETERIORO		
DETERIORO DE CAPAS ESTRUCTURALES (DC, BCH, PCH)		
CAUSAS		
DC	* Limpieza insuficiente previa a tratamientos superficiales. * Riego de liga deficiente. * Mezcla asfáltica muy permeable. * Espesor insuficiente de la capa de rodadura asfáltica.	
BCH	* Se presenta por la retención de aguas en zonas fisuradas que ante la acción del tránsito produce reducción de esfuerzos efectivos generando deformaciones y falla del pavimento, este deterioro se da por lo general por la evolución de otros daños como la piel de cocodrilo.	
PCH	* Procesos constructivos deficientes. * Deficiencias en las juntas. * Propagación de daños existentes en las áreas aledañas al parche. * Intervención inadecuada al solucionar el problema.	
SOLUCION		
FRESADO: *Retirar la carpeta asfáltica afectada con una máquina cortadora, la cual tiene cuchillas que se encargan de levantar la capa deteriorada. *Emplear una emulsión asfáltica de rotura lenta como ligante de subbase. *Para el pavimento se emplearan mezclas asfálticas en caliente que cumpla con las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS.		
ZONA DE AFECTACIÓN		
Tramos afectados.	T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12, T13, T14, T15, T16, T19, T21, T22, T23, T24, T25, T26, T27, T28, T29, T30, T31, T32, T33, T34, T35, T36	

Ilustración 11.6. Plan de mantenimiento, parte 5.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Este plan de mantenimiento consiste en un conjunto de actividades destinadas a preservar la condición de una carretera y de sus componentes, tales como el derecho de vía, calzadas, bermas, elementos de drenaje, estructuras, túneles, dispositivos de seguridad y control de tránsito, etc., con el fin de que sigan prestando de manera efectiva el servicio para el cual fueron construidos o dispuestos.

Con este proyecto se busca estudiar los daños y proponer soluciones que ayuden con la vida útil del pavimento, dando mejor manejo a la estructura y permitiendo la comodidad de los que la transitan.

Con todo este resumen de fallas teniendo en cuenta los daños registrados en el levantamiento de daños y con base a las metodologías INVIAS y PCI determinar el respectivo mantenimiento, si es correctivo, rutinario o preventivo.

12. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Una vez realizado el levantamiento de daños y procesar toda la información teniendo en cuenta la metodología INVIAS, se identificaron 4 tramos con afectaciones en severidad media y alta en cada sentido de la vía.

Las patologías con mayor área de afectación total de la vía objeto de estudio, se relacionan a continuación:

Carril derecho sentido Av. Maracos- Av. Puerto López

- **PCH= 0.18%** Severidad media
- **FL= 0.08%** Severidad media
- **PC= 1.40%** Severidad alta
- **FL=0.20%** Severidad alta

Carril Izquierdo sentido Av. Maracos- Av. Puerto López

- **FB= 0.38%** Severidad media
- **PCH= 0.28%** severidad media
- **FL= 0.29%** severidad media
- **PC= 1.30%** severidad alta
- **FL=0.30%** severidad alta
- **PCH= 0.25%** severidad alta

Siendo la piel de cocodrilo, PC, el daño más predominante en la vía, se afirma que la estructura de pavimento ha llegado al fin de su vida útil, puesto que esto indica que el pavimento ya no tiene capacidad estructural para sostener las cargas de tránsito.

A través de la metodología PCI se identificó el rango de calificación correspondiente al estado actual de la vía objeto de estudio, como REGULAR con un valor de 46.96, este valor esta dado a la cantidad de patologías presentes en la vía.

Por lo anterior, se puede inferir que esta calzada se le debe realizar un mantenimiento correctivo en la mayoría de sus tramos para su conservación y optimo servicio.

13. RESULTADOS E IMPACTOS

13.1. RESULTADOS ESPERADOS

Tabla 13-1. Tabla de resultados

Resultado	Indicador	Objetivo Relacionado
• Daños presentes en la vía. • Severidad de los daños “medio”. • Fallas relacionadas con procesos constructivos.	• Formato de inspección visual.	• Objetivo 1 y 2.
• Índice de condición de pavimento.	• Memorias de cálculo en Excel.	• Objetivo 3
• Plan de mantenimiento.	• Ficha técnica propuesta de mantenimiento.	• Objetivo 4 y 5.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

13.2. IMPACTOS

Tabla 13-2. Impactos

Aspecto	Impacto	Supuesto	Plazo
Técnico	Mejorar la capacidad estructural del pavimento	ingenieros.	Largo
Social	Incrementa la calidad de vida de los residentes de la zona	Población aledaña, estudiantes.	Largo
Económico	Aumenta la vida útil del pavimento, reduciendo costos de mantenimiento. Aumento en la fluidez económica de la zona.	Alcaldía de Villavicencio, población aledaña.	Largo
Técnico	Documentación histórica e información de los daños presentes en la vía	Ingenieros, población aledaña a la vía, estudiantes.	Corto plazo

Fuente: Elaboración propia, 2020.

14. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

14.1. CONCLUSIONES

El carril con mayor afectación de daños es el derecho, en el sentido Av. Maracos-Av. Puerto López, siendo la piel de cocodrilo la patología más predominante a lo largo del tramo objeto de estudio.

Los resultados obtenidos a través de cada metodología nos indica de manera cuantitativa las afectaciones presentes en la vía, de esta manera se concluye que el estado de la calzada es REGULAR.

Las alternativas que se proponen en el plan de mantenimiento son actividades que pretenden recuperar y conservar la estructura de pavimento que existe, actividades como el fresado, donde se retira la carpeta asfáltica y se vuelve a extender material y compactar para dar un sellado a la estructura y así evitar el ingreso de agua a las capas granulares, para que de esta manera no se presenten fallos al interior de la estructura.

El plan de mantenimiento propuesto tiene como fin dar una serie de actividades las cuales buscan realizar una corrección total a las patologías presentes en la estructura, actividades preventivas para que de esta manera se evite la presencia de fallas en la carpeta asfáltica y demás estructura y un plan de mantenimiento rutinario para hacer su adecuada limpieza y corrección de fallas constructivas que puedan observarse a través del tiempo de uso.

14.2. TRABAJOS FUTUROS

Este proyecto es un referente para la evaluación y diagnóstico de los pavimentos flexibles en la ciudad de Villavicencio. Además, brinda la oportuna solución a muchos de los daños que se presentan en las vías de la ciudad, así como también recomienda mantenimientos ya sean, preventivos o correctivos según sea el tipo de daño presentado en el pavimento, lo cual puede ser una guía muy eficiente al momento de reparar un pavimento.

Por otra parte, se espera que el presente documento sea tenido en cuenta para la solución de la vía “El camino Ganadero” cuando los respectivos entes encargados de las vías destinen recursos en reparación o reconstrucción de esta.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. M. Fonseca, Ingeniería de pavimentos para carreteras, Bogotá: Montejo Fonseca Alfonso, 1997.
- [2] I. N. D. V. (INVIAS), «Red Vial Nacional,» 22 Enero 2020. [En línea]. Available: <https://www.invias.gov.co/index.php/red-vial-nacional>. [Último acceso: 23 Enero 2020].
- [3] R. Sarmiento y D. Lisbeth, «Cualificación cuantitativa de las patologías en el pavimento flexible para la vía Siberia - Tenjo en la sabana de Bogotá,» Bogotá D.C., 2017.
- [4] Nacional, Universidad, «Formulación del Plan de Movilidad para el Municipio de Villavicencio,» Bogota D.C, 2013.
- [5] Patarroyo, Morales, Serna y Garcia, «Dinámica poblacional en Villavicencio (departamento del Meta) por comuna y corregimiento,» 2011. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/emiliogarciagutierrez56/dinamica-poblacional-villavicencio-meta-por-comuna-y-corregimiento>. [Último acceso: 20 Marzo 2020].
- [6] L. K. P. Villalobos, O. O. M. Romero y J. E. S. Santiago, «Estudios productivos,» 9 Septiembre 2010. [En línea]. Available: <http://estudiosproproductivos.blogspot.com.co/2010/09/dinamica-poblacional-en-villavicencio.html>.
- [7] INVIAS, «Manual de Mantenimiento de Carreteras,» INVIAS, COLOMBIA, 2016.
- [8] K. H. Pineda, «Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la región de puno,» 2015. [En línea]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/249337494.pdf>.
- [9] INVIAS, «Manual para la inspección visual de pavimentos flexible,» Bogotá D.C., 2006.
- [10] V. V. A. Luis, «Evaluación del estado funcional y estructural del pavimento flexible mediante la metodología PCI tramo Quichuay -Ingenio del km 0+000 al km 1+000 2014,» Huancayo - Perú, 2015.
- [11] L. R. V. Varela, «Pavement condition index (pci) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras,» Manizales, 2002.
- [12] S. Alzate Zuluaga, «Sistema de clasificación de severidad de daños en pavimentos flexibles para determinar posibles intervenciones,» Universidad Eia, Envigado, 2019.
- [13] A. A. Chinchay, «Evaluación de las patologías existentes en le pavimento flexible de la avenida Don Bosco, cuadras 28, 29, 30 y 31 del aa-hh Santa Rosa, distrito veintiséis de octubre, departamento de Piura.,» Piura - Perú, 2017..
- [14] J. E. Romero Contreras, «Inspección y diagnóstico vial utilizando la metodología PCI, sobre la ruta de transporte escolar y colectivo utilizada en los

- barrios san pablo y julio caro del municipio de Zipaquirá Cundinamarca,» Bogotá, 2017.
- [15] S. Ramírez y J. Carolina, «Evaluación del estado del pavimento de la Av. Ramón Castilla, Chulucanas, mediante el método PCI,» Piura., 2017.
- [16] Y. Núñez Guevara, «Propuesta de rehabilitación de paviemnto de concreto utilizando sobrecapas de refuerzo en la avenida Todos Los Santos de la ciudad de Chota.,» Perú, 2018.
- [17] N. C. R. Caraballo, «Diagnóstico de la vía antigua al municipio de Restrepo-Meta, km 1, sector ranchón del Maporal y estación de servicio Cimarrón y propuesta de la estructura del pavimento flexible,» Villavicencio, 2018.
- [18] A. C. Romero Aya y R. E. Guevara Ruíz, «Plan de mantenimiento para el pavimento de la avenida del llano calzada NS desde la glorieta de la grama hasta la calle 35 en Villavicencio, en base a la inspección visual de daños.,» Villavicencio, 2019.
- [19] J. A. C. Rojas y A. S. S. trujillo, «Determinación de patologías en losas de concreto hidráulico en la calle 4d entre carreras 22 a la 26a barrio La Alborada,» Villavicencio, 2018.
- [20] G. A. A. Díaz, «Patología del pavimento de la calle 35/ av. Catama hasta el punto de intersección de la carrera 32 con calle 38 del municipio de Villavicencio-Meta,» Villavicencio, 2019.
- [21] S. A. Zuluaga, «Sistema de clasificación de severidad de daños en pavimentos flexibles para determinar posibles intervenciones,» Envigado, 2019.
- [22] R. T. G. Eduardo Lozano, «Diagnóstico de vía existente y diseño del pavimento flexible de la vía nueva mediante parámetros obtenidos del estudio en fase I de la vía acceso al barrio Ciudadela del Café-vía La Badea,» Manizales, 2005.
- [23] J. D. P. Díaz, H. G. R. Correa y J. E. U. Jimenez, «Diagnóstico del estado de pavimento que conforma la malla vial de la Upz-97 Chicó Lago, Localidad de Chapinero,» Bogotá D.C, 2017.
- [24] M. H. Jaime, «Inspección patológica de pavimentos flexibles en un sector específico de Bogotá D.C., como fase del proyecto “comparativa patológica de pavimentos flexibles en climas extremos y la toma de decisiones asociadas” del convenio interinstitucional con la Unive,» Bogotá D.C., 2016.
- [25] Y. González Sánchez y S. Restrepo Alzate, «Inspección visual del tramo de vía ubicado en la carrera 9 desde la calle 13 hasta la calle 38 de la ciudad de Pereira, Risaralda,» Pereira, 2017.

ANEXOS

ANEXO A. FOTOS DE LA TESIS

ANEXO B. DAÑOS EN EL PAVIMENTO SIN INCLUIR LOS DAÑOS
SUPERFICIALES CD

ANEXO C. DAÑOS SUPERFICIALES CARRIL DERECHO

ANEXO D. LEVANTAMIENTO DE DAÑOS CARRIL DERECHO

ANEXO E. DAÑOS EN EL PAVIMENTO SIN INCLUIR LOS DAÑOS
SUPERFICIALES CI

ANEXO F. DAÑOS SUPERFICIALES CARRIL IZQUIERDO

ANEXO G. LEVANTAMIENTO DE DAÑOS CARRIL IZQUIERDO

ANEXO H. LEVANTAMIENTO DE DAÑOS PCI

ANEXO I. PLAN DE MANTENIMIENTO

ANEXO J. MAPA DE LA VÍA OBJETO DE ESTUDIO

GLOSARIO

Actividad de mantenimiento: Trabajo de mantenimiento de vial que se puede definir, individualizar y diferenciar claramente de otros, para el cual se describen procedimientos generales de ejecución, se estipulan los materiales requeridos, se establecen los requisitos de calidad a los que se debe ajustar para su recibo y se fijan las condiciones para la medida y el pago del trabajo realizado correctamente.

Actividades de mantenimiento periódico: Acciones que se requieren ocasionalmente o con una periodicidad superior a un año en una carretera y sus elementos conexos y que, en cierta medida, se pueden programar con antelación, debido a que son determinadas principalmente por el tránsito y las condiciones meteorológicas.

Actividades de mantenimiento rutinario: Actividades destinadas a reparar o reponer situaciones de deterioro que se producen en la carretera y en sus elementos conexos a lo largo del año y que, en cierta medida, son independientes de la intensidad del tránsito y de las condiciones meteorológicas.

Ahuellamiento (AHU): Es una depresión de la zona localizada sobre la trayectoria de las llantas de los vehículos.

Bache (BCH): Desintegración total de la carpeta asfáltica que deja expuestos los materiales granulares lo cual lleva al aumento del área afectada y al aumento de la profundidad debido a la acción del tránsito.

Cabezas duras (CD): Corresponde a la presencia de agregados expuestos fuera del mortero arena-asfalto, que puede llegar a aumentar la rugosidad del pavimento, provocando ruido excesivo para el conductor.

Descascaramiento (DC): Corresponde al desprendimiento de parte de la carpeta asfáltica, sin llegar a afectar las capas asfálticas subyacentes.

Desgaste superficial (DSU): Corresponde al deterioro del pavimento ocasionado principalmente por acción del tránsito, agentes abrasivos o erosivos.

Fisura de borde (FBD): Corresponden a fisuras con tendencia longitudinal semicircular localizadas cerca del borde de la calzada con ancho de hasta 0.6m².

Fisura en bloque (FB): Este tipo de daño se presenta en la superficie del asfalto en bloques de forma aproximada rectangular. Los bloques tienen lado promedio mayor que 0.30m².

Fisura en medialuna (FML): Son fisuras de forma parabólica asociadas al movimiento de la banca por lo que usualmente se presentan acompañadas de hundimientos.

Fisura transversal y longitudinal (FT, FL): Corresponden a discontinuidades en la carpeta asfáltica, en la misma dirección del tránsito o transversales a él.

Fisuración incipiente (FIN): Corresponde a una serie de fisuras contiguas y cerradas, que generalmente no se interceptan.

Fisuras en juntas de construcción (FCL, FCT): Corresponden a fisuras longitudinales o transversales generadas por la mala ejecución de las juntas de construcción de la carpeta asfáltica o de las juntas en zonas de ampliación.

Hundimiento (HUN): Corresponden a depresiones localizadas en el pavimento con respecto al nivel de la rasante.

Manual de inspección visual (INVIAS): Recopilación bibliográfica y de la experiencia acumulada en el desarrollo del Convenio 587 de 2003, entre la UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA y el INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS INVIAS, con respecto a la inspección y al reporte de los daños que se pueden encontrar en los pavimentos flexibles.

Parche (PCH): Corresponden a áreas donde el pavimento original fue removido y reemplazado por un material similar o diferente, ya sea para reparar la estructura o para permitir la instalación o reparación de laguna red de servicios (acueducto, gas, etc.).

Pavimento flexible: Este tipo de pavimento está formado por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base. No obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra

Índice de Condición del Pavimento (PCI): Se constituye en la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de gestión vial disponibles en la actualidad.

Pérdida de agregado (PA): Conocida también como desintegración, corresponde a la disgregación superficial de la capa de rodadura debido a una pérdida gradual de agregados, haciendo la superficie más rugosa.

Piel de cocodrilo (PC): Corresponde a una serie de fisuras interconectadas con patrones irregulares, generalmente localizadas en zonas sujetas a repeticiones de carga.

Plan de mantenimiento: Es un conjunto de actividades destinadas a preservar la condición de una carretera y de sus componentes, tales como el derecho de vía, calzadas, bermas, elementos de drenaje, estructuras, túneles, dispositivos de seguridad y control de tránsito, etc., con el fin de que sigan prestando de manera efectiva el servicio para el cual fueron construidos o dispuestos.

Pulimiento del agregado (PU): Este daño se evidencia por la presencia de agregados con caras planas en la superficie o por la ausencia de agregados angulares.

Ondulación (OND): Es un daño caracterizado por la presencia de ondas en la superficie del pavimento, generalmente perpendiculares a la dirección del tránsito, longitudes de cresta usualmente menores que 1,0 m.