

**PROYECTO DE APLICACIÓN EN TEMÁTICAS DE INGENIERÍA
PLAN DE MANTENIMIENTO PARA ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO
MEDIANTE LA INSPECCIÓN VISUAL DE DAÑOS EN 5 VÍAS DE LA CIUDAD
DE VILLAVICENCIO – META**



Por:
Luis Alejandro Pinto Rojas
Johan Santiago Torres Quintín



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

**PROYECTO DE APLICACIÓN EN TEMÁTICAS DE INGENIERÍA
PLAN DE MANTENIMIENTO PARA ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO
MEDIANTE LA INSPECCIÓN VISUAL DE DAÑOS EN 5 VÍAS DE LA CIUDAD
DE VILLAVICENCIO – META**



Por:
Luis Alejandro Pinto Rojas
Johan Santiago Torres Quintín

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

Aprobado por:
I.C. Jessica María Ramírez Cuello, M.Sc.
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
Decano Facultad de Ingeniería Civil

Nota de aceptación

ING. MANUEL EDUARDO HERRERA PABÓN
Decano Facultad Ingeniería Civil

Ing. Jessica María Ramírez Cuello
Director Trabajo de Grado

Inge. Andrés Fabricio Mosquera Florez
Jurado

Villavicencio, 10 de Abril de 2020

AGRADECIMIENTOS

En esta etapa que finaliza con este proyecto de grado y me permite abrir camino como Ingeniero Civil quiero agradecer a nuestra directora de tesis, la Ing. Jessica María Ramírez Cuello por brindarnos su conocimiento y dedicación para la realización de este proyecto y los diferentes docentes que nos aportaron más conocimiento del tema.

Igualmente agradecer a mi familia por ayudarnos en lo posible para lograr alcanzar esta meta, también agradecer a Lena Pérez que me ayudó emocionalmente a no desistir en la elaboración y ejecución de este trabajo de grado.

Luis Alejandro Pinto Rojas

En la terminación de esta etapa agradezco a los ingenieros que estuvieron aportando conocimientos para mi vida laboral, en especial a la Ing. Jessica María Ramírez Cuello quien nos ayudó a finalizar este proyecto; de igual manera le agradezco a mi familia y seres queridos por estar siempre conmigo brindándome su apoyo y compañía que fueron parte fundamental en esta etapa de mi vida.

Johan Santiago Torres Quintín

RESUMEN

La ciudad de Villavicencio está en constante desarrollo y por esto la red vial debe estar en excelentes condiciones e ir de la mano con el progreso de la ciudad. Sin embargo, la red secundaria de vías que tiene el municipio no está en las condiciones óptimas para prestar un servicio adecuado. Es por esto que se propuso realizar un plan de mantenimiento adecuado por medio de un levantamiento de daños y análisis de estos en la longitud de cada vía teniendo un total de 2 km.

A partir de la inspección visual se hizo el levantamiento, se identificaron las fallas presentes con su nivel de severidad para así poder definir el plan de mantenimiento adecuado para prolongar la vida útil de las estructuras de pavimento.

El registro de daños y análisis se hicieron mediante el método del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), en el cual se inspeccionó cada metro de la vía reflejando los daños encontrados en el formato reglamentado por el INVIAS. Los resultados obtenidos del proyecto dejan en evidencia el deterioro que tiene las estructuras de pavimento; donde en el pavimento rígido tiene más del 70% de área afectada en cada vía que presenta este tipo de estructura. Por otro lado, el pavimento flexible cuenta con un área de 169 metros cuadrados con daños que generan inconvenientes en el flujo vehicular.

Para cada vía se realizó un plan de mantenimiento, donde se destacaron los deterioros con mayor nivel de severidad encontrados en la zona, con esto se procura aumentar la capacidad estructural de las vías y minimizar en cierta medida los costos de mantenimiento y construcción.

Palabras Clave: *Daños, INVIAS, mantenimiento, pavimento flexible, pavimento rígido, vías.*

ABSTRACT

The city of Villavicencio is constantly developing and therefore the road network must be in excellent condition and go hand in hand with the progress of the city. However, the secondary network of roads that the municipality has is not in the optimal conditions to provide adequate service. That is why it was proposed to carry out an adequate maintenance plan by means of a damage survey and analysis of these in the length of each road having a total of 2 km.

From the visual inspection the survey was made, the faults present were identified with their severity level in order to define the appropriate maintenance plan to prolong the life of the pavement structures.

The damage registry and analysis were made using the method of the National Roads Institute (INVIAS), in which every meter of the road was inspected reflecting the damages found in the format regulated by INVIAS. The results obtained from the project show the deterioration of pavement structures; where in the rigid pavement it has more than 70% of affected area in each road that presents this type of structure. On the other hand, the flexible pavement has an area of 169 square meters with damages that generate inconveniences in the vehicular flow.

For each road, a maintenance plan was carried out, where the deteriorations with the highest level of severity found in the area were highlighted, with this aim to increase the structural capacity of the roads and minimize maintenance and construction costs.

Key Word: *Damage, INVIAS, maintenance, flexible pavement, rigid pavement, tracks.*

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	13
2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
3.	JUSTIFICACIÓN.....	16
4.	OBJETIVOS.....	18
4.1.	OBJETIVO GENERAL.....	18
4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
5.	ALCANCE	19
6.	MARCO DE REFERENCIA	20
6.1.	MARCO TEÓRICO	20
6.1.1.	Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles.....	20
6.1.2.	Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos.....	24
6.1.3.	Manual de mantenimiento de carreteras	26
6.1.4.	Plan de mantenimiento.....	27
6.2.	MARCO CONCEPTUAL.....	27
6.2.1.	Pavimento	27
6.2.2.	Clasificación de pavimentos.....	29
6.2.3.	Daños en pavimentos flexibles.....	30
6.2.4.	Daños en pavimentos rígidos.....	37
6.2.5	Mantenimiento vial	42
6.3.	ESTADO DEL ARTE.....	43
6.4.	MARCO NORMATIVO.....	45
6.5.	MARCO GEOGRÁFICO	46
7.	METODOLOGÍA	51
7.1.	DESCRIPCIÓN DE ETAPAS Y TAREAS	51
7.2.	POBLACIÓN, MUESTRAS, VARIABLES E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	52
8.	DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA	53
8.1.	ETAPA 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	53
8.2.	ETAPA 2. LEVANTAMIENTO DE DAÑOS	53
8.2.1.	Levantamiento de daños del pavimento flexible en el formato INVIAS	54
8.2.1.	Levantamiento de daños del pavimento rígido en el formato INVIAS	56
8.3.	ETAPA 3. ANALISIS DE RESULTADOS.....	57
8.3.1.	Análisis de daños del pavimento flexible	57
8.3.2.	Análisis de daños del pavimento rígido	61
8.4.	ETAPA 4. PLAN DE MANTENIMIENTO	64
9.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	71
10.	RESULTADOS E IMPACTOS	75
11.	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	76
11.1.	CONCLUSIONES	76
11.2.	TRABAJOS FUTUROS.....	77
	BIBLIOGRAFÍA	78
	ANEXOS	81

LISTA DE TABLAS

Tabla 6.1. Daños en pavimentos flexibles	30
Tabla 6.2. Daños en pavimentos rígidos	37
Tabla 6.3. Recopilación de referencias que contribuyen a la investigación	43
Tabla 6.4. Marco normativo.....	45
Tabla 7.1. Población, muestra, variables e instrumentos de recolección de datos	52
Tabla 8.1. Información general sobre la zona de estudio	53
Tabla 8.2. Formato diligenciado pavimentos flexibles INVIAAS	55
Tabla 8.3. Formato diligenciado pavimentos rígidos INVIAAS	56
Tabla 8.4. Clasificación y extensión de las vías seleccionadas	57
Tabla 8.5. Hoja de cálculo para el proceso y análisis los datos	58
Tabla 8.6. Identificación general del tramo identificado como pavimento rígido ...	61
Tabla 8.7. Porcentaje de losas que presentan deterioros	62
Tabla 8.8. Patologías encontradas Tramo 1 -PR inicial K0+000	62
Tabla 8.9. Patologías encontradas Tramo 2 - PR inicial K0+111	63
Tabla 8.10. Patologías encontradas Tramo 2 - PR inicial K0+222	63
Tabla 8.11. Plan de mantenimiento para pavimento rígido	65
Tabla 10.1. Resultados obtenidos	75
Tabla 10.2. Impactos.....	75

LISTA DE FIGURAS

Figura 6.1. Formato inspección visual para pavimentos flexibles (Página 1)	21
Figura 6.2. Formato inspección visual para pavimentos flexibles (Página 2)	22
Figura 6.3. Formato inspección visual para pavimentos rígidos (Página 1)	24
Figura 6.4. Formato inspección visual para pavimentos rígidos (Página2)	25
Figura 6.5. Ciclo de vida de un pavimento	28
Figura 6.6. Perfil de una estructura de pavimento flexible.....	29
Figura 6.7. Sección transversal Pavimentos Rígidos	29
Figura 6.8. Ubicación geográfica de Villavicencio en el Meta y Colombia.....	47
Figura 6.9. Comunas en Villavicencio	47
Figura 6.10. Carrera 40 (calles 44-49) barrio La Esmeralda	48
Figura 6.11. Calle 12 (carrera 44a-47a) barrio La Esperanza	48
Figura 6.12. Calle 10 (carrera 39-47e) barrio La Esperanza	49
Figura 6.13. Carrera 45a (calle 7b-11) barrio La Esperanza	49
Figura 6.14. Calle 7b (carrera 41-47b) barrio La Esperanza	50
Figura 7.1. Metodología	51
Figura 8.1. Parte 1. Información general, formato pavimento flexible INVIAS.....	54
Figura 8.2. Parte 1. Información general, formato pavimento rígido INVIAS.....	56
Figura 8.3. . Área afectada en tramos por daños no superficiales	59
Figura 8.4. Distribución por tipo de daños de severidad baja.....	59
Figura 8.5. Distribución por tipo de daños de severidad media.....	60
Figura 8.6. Distribución por tipo de daños de severidad alta.....	60
Figura 8.7. Área afectada por daños superficiales	61
Figura 8.8. Porcentaje de losas afectadas respecto al total de losas por tramo ...	62
Figura 8.9. Porcentaje de placas afectadas según grado de severidad.....	64

Figura 9.1. Daños Calle 7b entre las carreras 41 - 47b.....	71
Figura 9.2. Daños Calle 10 entre las carreras 39 – 47e	72
Figura 9.3. Daños Calle 12 entre las carreras 44 ^a – 47 ^a	72
Figura 9.4. Carrera 40 entre las calles 44 – 49	73
Figura 9.5. Carrera 45a entre las calles 7b – 11	73

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. FORMATO DILIGENCIADO DE INSPECCIÓN VISUAL PARA EL REGISTRO DE DATOS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, INVIAS

ANEXO B. FORMATO DILIGENCIADO DE INSPECCIÓN VISUAL PARA EL REGISTRO DE DATOS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, INVIAS

ANEXO C. HOJA DE CÁLCULO PARA EL PROCESO Y ANÁLISIS DE DATOS

ANEXO D. PLAN DE MANTENIMIENTO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES DE LAS VÍAS: CALLE 10 ENTRE LA CARRERA 39 – 47E, LA CALLE 7B ENTRE LAS CARRERAS 41 – 47B, CALLE 12 ENTRE LAS CARRERAS 44^a – 47^a, CARRERA 45 ENTRE CALLES 7B – 11 DEL BARRIO LA ESPERANZA Y LA CARRERA 40 ENTRE LAS CALLES 44 Y 49 EN EL BARRIO LA ESMERALDA.

1. INTRODUCCIÓN

“La red vial es fundamental para el desarrollo y crecimiento de un país”, “Si las vías de comunicación no son las adecuadas para que la población satisfaga sus necesidades básicas, es poco probable que los ciudadanos puedan encarar una situación de mejora económica y reducción de los índices de pobreza” [1].

Las vías en el municipio de Villavicencio no se encuentran en óptimas condiciones, al transitar por la ciudad se evidencia un sinnúmero de fallas, ocasionadas en su mayoría por falta de un mantenimiento periódico y preventivo. Los esfuerzos del gobierno municipal de la capital del Meta, no han sido suficientes, son diversas las calles, carreras y avenidas que se encuentran en mal estado, es por esta razón, que se buscó identificar no solo las fallas, la frecuencia, sino el nivel de daño en las calles seleccionadas, con el fin de proponer una posible solución mediante un plan de mantenimiento acorde a la tipología del pavimento y al tipo de fallas encontradas en las calles, carreras y avenidas seleccionadas bajo la metodología del Instituto Nacional de Vías (INVIAS).

En los tramos de vías seleccionados: La carrera 40 entre las calles 44 y 49 en el barrio la Esmeralda, la calle 12 entre la carrera 44a y 47a, la calle 7b entre las carreras 41 – 47b, la carrera 45a entre las calles 7b – 11 y la calle 10 entre la carrera 39 – 47e en el barrio La Esperanza, se puede evidenciar un desgaste marcado en el pavimento en donde se presentan fallas desde fisuras hasta baches; siendo un claro ejemplo de la situación descrita.

El presente trabajo se desarrolla en 12 capítulos que se describen a continuación:

- Los primeros cinco capítulos presentan una amplia descripción del problema, la importancia del estudio, junto con los objetivos y el alcance del tema de estudio.
- En el capítulo sexto, se describe un marco teórico, conceptual y legal, relacionado con formatos empleados en la inspección visual, manual y plan de mantenimiento; pavimentos rígidos y flexibles, tipología de daños, como también una lista de trabajos afines que sirven como base de la presente investigación. En lo referente a al marco legal se hace referencia al Instituto Nacional de Vías INVIAS, el plan de desarrollo municipal de Villavicencio, los manuales propuestos por el INVIAS y la universidad Nacional de Colombia.
- En el capítulo séptimo, se describe un procedimiento basado en la metodología cualitativa, propuesto en cuatro etapas, que inicia con la revisión bibliográfica y finaliza con una propuesta de plan de mantenimiento
- El capítulo octavo, detalla el estado actual de las vías mediante el levantamiento, registro y análisis de daños observados en las vías seleccionadas.
- El capítulo noveno, presenta el plan de mantenimiento sugerido para los daños más significativos de cada tramo, indicando las causas y posible solución; incluyendo nuevas tecnologías, como: el Rubblizing y el Blacktopping.
- En los capítulos finales se describen resultados, conclusiones y recomendaciones del presente estudio.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La capital del Meta, conocida como “La puerta del Llano”, se encuentra ubicada geográficamente en un punto estratégico, razón por la cual se ha incrementado el volumen de vehículos que hacen uso de su malla vial ya sea como local, visitante, o como corredor vial para entrar a los departamentos del Meta, Vichada, Vaupés, Guaviare, Guainía o para llegar a la capital del país; incentivado por la construcción y modernización de la carretera Villavicencio – Bogotá. Wilson Suárez [2], director de Planeación de la Secretaría de Movilidad de Villavicencio, afirmó:

“En los últimos ocho años el número de vehículos matriculados incrementó en un 245%, pasando de 18.163 vehículos en el año 2011 a 64.977 en el año 2018. El parque privado automotor tuvo un aumento del 145% y en el caso del servicio público, se presentó un incremento del 5%. En total, el parque automotor de Villavicencio es de 142.631 vehículos, es decir, que por cada cuatro personas hay un automotor transitando por las vías de la ciudad”; “Adicionalmente, los fines de semana entran en promedio a la capital del Meta 35.572 vehículos por los cuatro ejes viales del departamento, que comunican a Villavicencio con Granada, Puerto López, Bogotá y Yopal”.

Pese a los esfuerzos del gobierno municipal y departamental relacionado con la transformación, mejoramiento y ampliación de la malla vial rural y urbana que se inició en el 2018, es imposible que la infraestructura vial de la ciudad crezca en la misma medida que lo hace el parque automotor. Estos esfuerzos se centraron en seis proyectos claves para mejorar la conectividad y movilidad de la capital metense (Corredor ecológico, Dobles calzadas hacia Puerto López y Acacias, Conexión del corredor ecológico con la vereda las Mercedes y Caños Negros, Ampliación del anillo vial sobre el caño Maizaro y el CAI Catama, Mejoramiento de 162 Km de vías principales y rutas de buses como: la Reliquia, Juan Pablo II, Barzal, Siete de Agosto y la Madrid y los corredores de acceso de veredas como el Carmen y la antigua vía a Restrepo) [3].

La malla vial de la capital del Meta es deficiente, no se encuentra en un óptimo estado; la alcaldía municipal en su boletín semanal “Estamos haciendo” del 8 al 13 de julio del 2019 afirma que: “El deterioro de calles y avenidas de Villavicencio se debe principalmente al invierno, la antigüedad y fin de la vida útil del pavimento [4]” y aunque se realicen actividades de rehabilitación, reparcheo e intervención vial apoyadas con maquinaria de última tecnología como: motoniveladoras, mini cargador, retroexcavadoras, entre otros, no es suficiente para combatir el deterioro de calles y avenidas de la ciudad. Lo que se hace evidente en la carrera 40 entre las calles 44 y 49 Barrio la Esmeralda, la calle 12 entre las carreras 44a y 47a, la calle 7b entre las carreras 41 – 47b, la carrera 45a entre las calles 7b – 11 y la calle 10 entre la carrera 39 – 47e del barrio La Esperanza de la ciudad de Villavicencio. Sumado a esto, la población en la capital del Meta ha venido aumentado notoriamente y así mismo el flujo vehicular, causando un desgaste y deterioro prematuro en la estructura del pavimento con lo cual se puede deducir que los diseños con los que fueron construidos ya no son aptos para las condiciones y

características actuales por tal motivo es necesario intervenir en esta infraestructura vial ya que día a día se puede observar cómo estas fallas vienen aumentando y de igual manera su tamaño.

Por lo cual se plantea como pregunta problema: Teniendo en cuenta la inspección visual sugerida por INVIAS para determinar el tipo de fallas más frecuentes y con mayor grado de severidad, ¿Cuál es el plan de mantenimiento adecuado para la estructura de pavimentos rígidos y flexibles de las calles seleccionadas como objeto de estudio en la ciudad de Villavicencio – Meta?

3. JUSTIFICACIÓN

Teniendo en cuenta que la malla vial es el conjunto de vías que constituyen la infraestructura necesaria para la movilización de bienes y personas; que la integran las vías de sentido general longitudinal y transversal, entre las cuales se cuentan las vías locales principales y las vías del sistema arterial y que ella es fundamental para el desarrollo y crecimiento de una ciudad porque permite satisfacer sus necesidades básicas, y, que según el Presidente de la Federación Internacional de Automovilismo (FIA) en el 70° aniversario de la declaración Universal de los Derechos Humanos, afirmó que “la seguridad vial es una cuestión compleja, relacionada con el desarrollo, afecta múltiples sectores como los de salud, educación, trabajo, y sobre todo los derechos humanos” [6]; se hace necesario garantizar su intervención y mantenimiento adecuado teniendo en cuenta características propias del sector y el volumen de tráfico vehicular.

El gobierno municipal de la ciudad de Villavicencio con miras a garantizar dicho mantenimiento, ha intervenido durante los últimos cuatro años más de 250 kilómetros de corredores viales y construido 16 kilómetros de vías urbanas y 12 de vías rurales [7], sin embargo, no ha sido suficiente este esfuerzo, basta con realizar un recorrido por sus calles para observar daños como: fisuras, descascaramientos, baches, parches, daños superficiales, como también grietas, daños en juntas, entre otros

Según expertos, las vías se deterioran por diferentes causas, no solo por el uso de materiales deficientes, fallas en procedimientos o factores climatológicos desfavorables, como: lluvias prolongadas y elevación del nivel freático; sino por el incremento de cargas y frecuencias respecto a las previstas inicialmente, las vías se diseñan para cierto tipo de carga basada en proyecciones de 10 a 20 años (según tipología del pavimento), sin embargo, en muchas ocasiones, como lo afirma el ingeniero Luis Guillermo Díaz, profesor de estudios Geotécnicos de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, “Las predicciones no se cumplen: pasan más carros de los previstos, o cambian el uso de las vías “las vías locales son usadas como vías intermedias”, ocasionando un desgaste prematuro que disminuye la vida útil del pavimento [8].

En consecuencia, se hace indispensable realizar diagnósticos periódicos y mantenimientos preventivos y correctivos para evitar y subsanar los daños ocasionados por el tránsito que circula por las carreteras e impide un flujo eficiente, para garantizar la vida útil de la estructura y de igual manera preservar el pavimento evitando así las fallas que se presentan en las calles. Es por esto que se realiza este proyecto “*Plan de mantenimiento para estructuras de pavimento mediante la inspección visual de daños en 5 vías de la ciudad de Villavicencio – Meta.*” que sirva como base de estudio o cálculos de intervención a entes territoriales para la estructura del pavimento, teniendo en cuenta las características y necesidades actuales de la carrera 40 (calle 17-19), calle 12 (44^a y 47^a), calle 7b (41 – 47b), carrera 45^a (7b – 11) y la calle 10 (39 47e) del barrio La Esperanza, con el fin de garantizar la comodidad, seguridad y calidad, cumpliendo así los principios de una

vía. Las calles seleccionadas, al ser consideradas como calles arteriales presentan gran importancia para la movilidad de la ciudad de Villavicencio, debido a que la calle 12 del barrio La Esperanza se encuentra cerca al Centro Comercial Viva sirviendo como una bajante que permite una disminución de tráfico en este sector; igualmente las calles 7b y 10, con la carrera 45^a permiten acceder a las instituciones educativas German Arciniegas y Jhon F. Kennedy y también da paso para la entrada a la biblioteca Germán Arciniegas, segunda bibliotecas pública de la ciudad de Villavicencio. De igual modo, la carrera 40 del Barrio la Esmeralda provee el acceso a viviendas, locales comerciales, instituciones y un campo deportivo donde se presenta una mediana y alta fluidez de vehículos livianos y ocasionalmente semipesados, permitiendo además su estacionamiento provisional.

Por último, este proyecto realiza un diagnóstico de las condiciones actuales de la infraestructura vial, basado en el Manual para la inspección visual de pavimentos y presenta un plan de mantenimiento para las calles descritas, en pro de mejorar la calidad de vida de los habitantes de estos barrios y personas que transitan por estas calles frecuentemente, con el fin de contrarrestar las malas condiciones de la malla vial que son la causa principal de trancones, daños en vehículos, niveles de estrés en conductores que en muchas ocasiones causan accidentes.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Proponer un plan de mantenimiento para estructuras de pavimento mediante la inspección visual de daños propuesto por el INVIAS en 5 vías de la ciudad de Villavicencio-Meta.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los tipos de fallas que se presentan en la estructura de pavimento de las zonas de estudio.
- Calcular los porcentajes de daño que presenta la capa de rodadura, teniendo en cuenta el tipo de daño.
- Definir el tipo de mantenimiento adecuado para el mejoramiento de cada una de las calles seleccionadas.
- Analizar una solución alternativa mediante nuevas tecnologías que ofrezcan mayor durabilidad para las estructuras de pavimento rígido y flexible.

5. ALCANCE

Este trabajo no solo presenta un diagnóstico del estado actual de las estructuras del pavimento de las calles seleccionadas (la carrera 40 entre las calles 44 – 49 barrio la Esmeralda abarcando una longitud de 354 m, la segunda para la calle 12 entre las carreras 44a – 47a cuya longitud es de 260 m, la tercera para la calle 10 entre la carrera 39 – 47e con una longitud de 650 m, la cuarta para la carrera 45a entre las calles 7b – 11 con una longitud de 290 m y la quinta para la calle 7b entre las carreras 41 – 47b con una longitud de 510 m en el barrio La Esperanza, con un total de 2064 m); sino que realiza una descripción detallada de los tipos de fallas, dimensiones y el grado de severidad obtenidas mediante la inspección visual propuesta por INVIAS y la Universidad Nacional de Colombia, además, pretende que las actividades presentadas en el plan de mantenimiento sean considerados como un insumo serio por parte de entidades gubernamentales en proyectos de mantenimiento y rehabilitación de los sectores descritos. Para tal efecto se plantean las siguientes actividades:

- 1) Revisar los antecedentes de las calles con el fin de conocer las actividades que predominan en la zona, el uso del suelo de cada una de ellas, intervenciones que se le han realizado (mejoramiento o de rehabilitación), para caracterizar la zona, población y vías objeto de estudio.
- 2) Identificar el tipo de pavimento y presentar en fichas técnicas el detalle de las fallas presentes en los sectores seleccionadas con el fin de realizar un diagnóstico del estado actual de las vías.
- 3) Proponer un plan de mantenimiento para cada una de las calles estudiadas, teniendo en cuenta el tipo de fallas, el grado de severidad de los daños y que las condiciones previstas inicialmente para su diseño (cantidad y volumen vehicular principalmente) han ido cambiando con el transcurso del tiempo.
- 4) En cuanto a los beneficiarios o principales interesados del proyecto son los habitantes de la zona, pequeños comercios presentes en el área y empresas, como también, transeúntes frecuentes de estas calles, rutas escolares, el transporte público y privado, personal y visitantes de la biblioteca Germán Arciniegas, del centro comercial Viva, campo deportivo la Esmeralda y la Institución Educativa Antonio Nariño.

6. MARCO DE REFERENCIA

6.1. MARCO TEÓRICO

El pavimento presenta diferentes tipos de daños que origina que la estructura falle, esto se puede presentar antes que la estructura cumpla su vida útil o, por lo contrario, luego de completar su ciclo. Estos daños se originan por diversos factores; algunos de ellos se han instaurado por medio de la revisión bibliográfica y otros a través de la evaluación en campo y ensayos de laboratorio [8].

En Colombia se creó una institución encargada de la infraestructura vial del país, “INVIAS”, que junto con la Universidad Nacional de Colombia, desarrollaron manuales para la inspección visual de pavimentos rígidos, flexibles y de mantenimiento de las carreteras; los cuales se usaron como instrumentos para la obtención de datos que permitieron diagnosticar, establecer las posibles causas de las fallas encontradas y determinar el conjunto de actividades o acciones que se pueden emprender para el mantenimiento preventivo y correctivo de las calles seleccionadas.

6.1.1. Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles

Este manual presenta una guía práctica y metodológica para la inspección, reporte y análisis de daños que se pueden presentar en pavimentos flexibles; en él se encuentra una descripción de daños acompañada de fotografías y esquemas que permiten identificarlos más fácilmente, una definición, las causas que los generan, la unidad de medida y su posible evolución; además, trae como anexo un formato que permite identificar el tipo, la magnitud y severidad de los daños. Finalmente, describe la forma metodológica para presentar los datos obtenidos en campo, que contiene el reporte total de área afectada, el área afectada por el daño, los sectores más afectados, entre otros. [9]

6.1.1.1 Formato de inspección visual para pavimentos flexibles

Este formato captura de forma detallada y sistemática la información de campo que permite evaluar el estado de la obra; determinando el tipo de daños encontrados durante la inspección visual, la magnitud y severidad de estos, así como su localización y los sectores de vía más afectados, de acuerdo con la intervención realizada. [11]

El formato contiene dos páginas, la primera subdividida en 5 secciones; parte 1. Información general, parte 2. Deterioro, parte 3. Aclaraciones, parte 4. Geometría de la vía y parte 5. Comentarios; los cuales pueden apreciarse en la siguiente figura 6.1.

- Parte 3. *Aclaraciones.* Allí se registran detalles adicionales encontrados durante la inspección de la vía.
- Parte 4. *Geometría de la vía.* Aquí se registran el número de calzadas, carriles por calzada, ancho de carril y ancho de berma.
- Parte 5. *Comentarios.* En este campo se puede registrar cualquier información extra que el ingeniero considere importante.

Y en la segunda página se encuentra un resumen de las fallas para facilitar la labor del ingeniero durante el levantamiento de daños.

ESTUDIO E INVESTIGACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS OBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRETERAS
CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 9887 DE 2003
FORMATO PARA LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - V2




TIPO DE DAÑO	CONVENI.	SEVERIDADES		
		BAJA	MEDIA	ALTO
FIGURAS				
Figuras longitudinales (m)	FL	Figuras + 100m/rodillo.	Figuras 1-30m, en solo, algunas veces líneas rectas.	Figuras + 30m, pocas y/o dispersas, algunas veces líneas rectas, pocas dispersas curvas.
Figuras transversales (m)	FT			
Figuras en juntas de emulsión (m)	PCL, PCT			
Reflexión de juntas de pavimentos rígidos (m)	F.L., F.JT			
Figuras en medianas (m2)	FMJ			
Figuras de bordes (m)	FBD			
Figuras en bloques (m2)	FB	Las fallas no son controladas o tienen poca o nula adherencia definitiva y están conformadas por fisuras + 10m o más, en dispersas o en bloques.	Bloques definidos por fisuras 1-30m, o en solitario, con dispersas lineas.	Bloques bien definidos por fisuras + 30m que presentan alto desgaste.
Hil de cocodrilo (m2)	PC	Señales de fisuras longitudinales en el estado de hasta 30m, principal mente en la noche.	Las fisuras longitudinales dispersas que tienen un comportamiento en zigzag.	Fisuras por fisuras curvas de hasta dispersadas, pocas y/o dispersas.
Figuras por desplazamiento de capas (m2)	PDC	Figuras + 100m/rodillo.	Figuras 1-30m, presentando agrietamiento.	Figuras + 30m, pueden estar agrietadas, en las Bermas con áreas de impacto + 10m.
Figuras irregulares (m2)	PIR			
Ondulaciones (m2)	OND	Alta + 30m	Alta 15-30m	Alta + 30m
Abundamiento (m2)	AB			
Hundimiento (m2)	HJ	Alta + 30m	Alta 25-30m	Alta + 30m
Hundimiento (m2)	HJ2	Alta + 30m	Alta 15-30m	Alta + 30m
DAÑOS SUPERFICIALES				
Desgaste superficial (m2)	DSU	Profundidad de la superficie de la superficie, con fragmentación hasta 30m.	Profundidad de la superficie de la superficie, con fragmentación hasta 30m o 10 cm, de acuerdo al grado de daño, el número de fragmentos de 40mm x 40mm.	No necesariamente según la superficie, pueden estar dispersas o en bloques y/o en las Bermas con áreas de impacto.
Pérdida del agregado (m2)	PA	Se observan pérdidas de agregado en la superficie de hasta 30m o 10 cm.	El área de pérdida de agregado, con fragmentación de 40mm x 40mm o 10 cm.	Dispersión de agregado en la superficie, con fragmentación de 40mm x 40mm o 10 cm, en las Bermas con áreas de impacto.
Pulverización del agregado (m2)	PU	En grado de observación.		
Cabezas duras (m2)	CD	En grado de observación.		
El estado (m2)	ES	Se observan en la superficie de hasta 30m o 10 cm, de acuerdo al grado de daño, el número de fragmentos de 40mm x 40mm.	En caso de estado de la superficie, con fragmentación de 40mm x 40mm o 10 cm.	Fisuras superficiales de hasta 30m o 10 cm, de acuerdo al grado de daño, el número de fragmentos de 40mm x 40mm o 10 cm, en las Bermas con áreas de impacto.
Sucos (m2)	SU	En grado de observación.		
DETECTORIO DE CAPAS ESTRUCTURALES				
Desmoronamiento (m2)	DC	Alta + 30m	Alta 15-30m	Alta + 30m
Resaca y huecos (m2)	BCH	Profundidad > 10 cm, corresponde al deterioro de la estructura superficial o base, dispersas.	Profundidad entre 10-30 cm, dispersas o en bloques.	Profundidad > 30 cm, bajo o fuera de la base, dispersas.
Puñales (m2)	PCH	Están en condiciones de deterioro, dispersas o en bloques.	Presentan algunas fallas de deterioro, dispersas o en bloques.	Presentan fallas de deterioro, dispersas o en bloques.
OTROS DAÑOS				
Corrosión vertical de la base (m, %)	CV	Alta + 30m	Alta 20-30m	Alta + 30m
Separación de la base (m, %)	SB	Alta + 30m	Alta 15-30m	Alta + 30m
Afloramiento de agua (m, %)	AF1	En grado de observación.		
Afloramiento de finos (m, %)	AF2	En grado de observación.		
COMENTARIOS:		Parte 2. Comentarios		
1. En el caso de las bermas, los daños que presenten los datos reportados como separación y corrosión o hundimiento. 2. En el caso de los afloramientos de agua se debe en un caso (por ejemplo una fisura o hil de cocodrilo), se debe registrar el tipo de daño. 3. Dado que el afloramiento de finos siempre se presenta en las bermas.		1. El fin para diferenciar de los daños en el pavimento. 2. Cuando el afloramiento o presenta donde existe el agua. 3. En el caso de los afloramientos de finos, se debe registrar el tipo de daño y en los afloramientos de finos que se presente.		

Figura 6.2. Formato inspección visual para pavimentos flexibles (Página 2)
Fuente: Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles. 2006

- Parte 1. *Tipos de daños.* En esta parte se describe los diferentes tipos de daños que se pueden presentar, unidad de medida y el grado de severidad que pueden alcanzar.

- *Parte 2. Comentarios.* En este apartado se menciona el trámite a realizar cuando se encuentran afloramientos y se describe el procedimiento para registrar daños en bermas.

6.1.1.2. Reporte de daños

Teniendo la información registrada en los formatos se debe proceder al procesamiento y análisis de los datos, para ello, se separa la información de los daños de los carriles y las bermas (debido a que se localizan en una zona donde no afecta inmediatamente la transitabilidad) y se agrupan por tipo, severidad y tramos de 100 m.

El procesamiento de los datos se realiza en una hoja de cálculo que debe tener la siguiente información:

- Tramo
- Abscisa 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 severidad
- 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

$$\text{Área tramo} = \text{Ancho calzada} * \text{Longitud del tramo} \quad (1)$$

$$\% \text{ Afectación de cada Tramo} = \frac{\text{Área total afectada}}{\text{Área total inspeccionada}} \quad (2)$$

$$\text{Área total afectada} = \sum \text{Daños encontrados en cada tramo} \quad (3)$$

$$\text{Área total inspeccionada} = \sum \text{Áreas de cada tramo} \quad (4)$$

El informe debe incluir por separado el reporte de los daños ocasionados en los carriles y en las bermas, el registro fotográfico relacionando la fecha de toma, localización y tipo de daño. En la presentación de resultados se debe mostrar la siguiente información

- Abscisas iniciales 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 (severidades) encontrados más frecuentemente (en cada caso).
- El porcentaje de afectación representado por dichos deterioros (en cada caso).

- **Parte 1. Información General.** En ella se brinda información del proyecto, que incluye: fecha, nombre del contrato y nombre de quien realiza la inspección.
- **Parte 2. Deterioros.** En esta sección se registra, ubicación y características de los daños y el registro fotográfico que sirve como soporte de los deterioros encontrados en el pavimento.
- **Parte 3. Aclaraciones.** Aquí se registran los detalles adicionales encontrados durante la inspección de las losas, que permiten contextualizar los daños reportados.
- **Parte 4. Observaciones.** Campo opcional para registrar información adicional que el ingeniero considere pertinente.
- **Parte 5. Geometría de la vía.** Se registra información relacionada con las características geométricas de la vía, tales como Número de calzadas, número de carriles por calzada, PR inicial de la vía, PR final de la vía, ancho de berma y el espesor de losa [12].

En la segunda Página se encuentra un listado de daños con sus respectivas convenciones y el grado de severidad que puede presentar cada uno de ellos.

No.	Tipo de Daño (unidad de medida)	Símbolo	Severidad		
			Baja (B)	Media (M)	Alta (A)
GRIETAS Y AGRIETAMIENTOS					
1.	Grietas longitudinales (m)		a<3mm	3 - 10mm	>10mm
2.	Grietas transversales (m)		a<3mm	3 - 10mm	>10mm
3.	Grietas de esquina (m)		a<3mm	3 - 10mm	>10mm
4.	Grietas en los extremos de los pasadores (m)	GP	a<3mm	3 - 10mm	>10mm
5.	Grietas en bloque o múltiples (m ²)	GB	Siempre altas		
6.	Grietas en pozos y sumideros (m ²)	GA	<3mm	3 - 10mm	>10mm
JUNTAS					
7.	Separación de juntas (m)	SJ	<3 mm	3 - 25 mm	>25mm
8.	Deficiencias de sellado (m)	DST, DSL	L < 0.5m	0.5 - 2.0 m	> 2.0m
DETERIORO SUPERFICIAL					
9.	Desportillamiento (m)	DPT, DPL	a <5 cm	5 - 15 cm	>15cm
10.	Descascaramientos (m ²)	DE	Sin severidad		
11.	PU	PU	Fáctm	Variación de espejo	
12.	DI	DI	Grado de severidad		
13.	CD	CD	Sin severidad		
14.	Escalonamiento de juntas (unidad)	EJ	h < 6 mm	6 - 13 mm	>13mm
15.	Levantamiento localizado (m)	LET, LEL	h <5mm	5 - 10mm	>10mm
16.	Parches (m ²)	PCHA, PCHC	bueno	Daños leves y medios, asent<5mm	Daños severos, asent>5mm
17.	Hundimientos o asentamientos (unidad)	HJ	No genera molestia (o rebote) al conductor.	Genera poca molestia (o rebote) al conductor.	Causa reducción de velocidad.
OTROS DANOS					
18.	Fisuramiento por retracción (tipo mallá) (m ²)	FR	Sin descascarar	desc < 10%	desc > 10%
19.	Fisuras ligeras de aparición temprana (m ²)	FT	Sin descascarar	Con algunas zonas descascaradas	Agrietamiento y descascaramiento
20.	Fisuración por durabilidad (m ²)	FD	Sin severidad		
21.	Bombeo (m)	BOT, BOL	El agua es expulsada sin arrastrar finos.	Existe una pequeña cantidad del material bombeado en las juntas.	Existe una gran cantidad de material bombeado sobre el pavimento.
22.	Ondulaciones (m ²)	ON	Genera un rebote leve al vehículo.	Genera rebote al vehículo con algo de incomodidad.	Genera un rebote excesivo al vehículo, requiere reducir velocidad.
DANOS EN BERMAS					
23.	Descenso de la berma (m)	DB	h<10mm	10 - 30mm	>30mm
24.	Separación entre berma y pavimento (m)	SB	Abertura < 3mm.	Entre 3mm y 10mm.	> 10mm.

Figura 6.4. Formato inspección visual para pavimentos rígidos (Página2)
Fuente: Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Rígidos. 2006

6.1.2.2. Reporte de daños

El reporte de daños se debe realizar una hoja de cálculo para determinar la afectación por número de losas con la siguiente información [12]:

- Tramo.
- Abscisa inicial y final de cada tramo.
- Total, de placas construidas bajo el contrato.
- Número de placas afectadas en el tramo.
- Total, de placas afectadas.
- Porcentaje de placas afectadas por tramo con respecto al número de losas de cada tramo.
- Porcentaje de placas afectadas con respecto al total de losa construida.

De igual manera se debe realizar el cálculo en función del área dañada, el cual se calcula de la siguiente manera [12]:

$$\text{Área de cada tramo} = \text{Ancho total de cazada (sin bermas)} * \text{Longitud de tramo} \quad (5)$$

$$\text{Área total afectada} = \sum \text{Daños encontrados en cada tramo} \quad (6)$$

$$\text{Área total inspeccionada} = \sum \text{Área de cada tramo} \quad (7)$$

$$\% \text{ Afectación de la vía} = \frac{\text{Área total afectada}}{\text{Área total inspeccionada}} \quad (8)$$

Para el análisis de fisuras transversales, longitudinales, en juntas se debe multiplicar por un ancho de referencia de 0.6 m y para el desportillamientos en las juntas, se debe medir la longitud de afectación y multiplicarla por 0.2 m [12].

En la presentación de resultados del informe debe contener la siguiente información:

- Abscisas iniciales y final del levantamiento (solo al inicio del informe).
- Área total inspeccionada, área total afectada.
- Porcentaje de afectación.
- Los deterioros (con sus severidades) más frecuentes.
- Los deterioros menos frecuentes.
- Los tramos de vía más afectados (abscisas, área afectada y % de afectación).

6.1.3. Manual de mantenimiento de carreteras

Este manual está compuesto por dos volúmenes; el primero, incluye aspectos generales sobre el mantenimiento de carreteras, como: importancia del mantenimiento, factores que afectan los pavimentos, seguridad de trabajadores y usuarios de la vía mientras se realizan trabajos de mantenimiento, recomendaciones para mitigar impactos negativos, políticas de mantenimiento, modalidades para ejecutar el mantenimiento vial, elementos constitutivos de las

carreteras, evaluación y necesidades de mantenimiento y finalmente una descripción de técnicas usadas en el mantenimiento de las calzadas pavimentadas y en afirmado. [13]

El segundo volumen, contiene especificaciones y aspectos normativos a considerar en el mantenimiento de carreteras, como: definiciones sobre las actividades de mantenimiento, normas de ensayo, aspectos generales de seguridad y salud, responsabilidades del contratista y una descripción de las actividades de supervisión y desarrollo de los trabajos de mantenimiento.

6.1.4. Plan de mantenimiento

Documento que define el conjunto de tareas que se deben plantear de forma continua y sostenida para asegurar un mantenimiento adecuado que garantice la vida útil de la estructura (periodo de tiempo, a partir de la fecha de finalización de la obra durante el que debe mantenerse el cumplimiento de las exigencias de seguridad estructural, comportamiento en servicio y funcionalidad, así como la seguridad de los usuarios).

Uno de los objetivos principales del plan es mantenerlo actualizado a lo largo de la vida de la estructura, por lo que se hace necesario definir los responsables de su elaboración en cada una de sus fases (de proyecto, de obra, de conservación y explotación). [14]

6.2. MARCO CONCEPTUAL

6.2.1. Pavimento

Los pavimentos en vías urbanas están conformados por un conjunto de capas horizontales que se diseñan y construyen con materiales seleccionados. Estas estructuras son diseñadas para soportar las cargas generadas por el tránsito y por las condiciones ambientales. Igualmente se diseñan con el fin de brindar un desplazamiento cómodo, seguro y confortable a los diferentes vehículos que se impongan sobre su extensión en determinado período de tiempo [16].

Los pavimentos deben cumplir con las siguientes características:

- Ser resistente a la acción de cargas impuestas por el tránsito, al desgaste producido por el rodaje de las llantas y agentes de interperismo.
- Presentar textura superficial adaptada a las velocidades previstas por los vehículos.
- Presentar regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal.
- Debe ser durable y económica.
- Presentar condiciones adecuadas de drenaje.
- El ruido de rodadura debe ser moderado.
- Debe poseer un color adecuado que evite reflejos y deslumbramientos.

Además, entre los factores que se deben considerar para el diseño y selección de pavimentos, se pueden mencionar: Tránsito, la subrasante, el clima y los materiales disponibles

- El tránsito, es considerado como una de las variables más importantes en el diseño de las vías, se debe tener en cuenta: el volumen y dimensiones de los vehículos y el número y peso de los ejes.
- La subrasante, de su calidad depende en gran parte el espesor que debe tener un pavimento. Es importante considerar la sensibilidad del suelo a la humedad, ésta puede producir hinchamiento o retracción del pavimento.
- El clima; las lluvias por acción directa influyen en la resistencia, compresibilidad y cambios de volumen de los suelos de la subrasante y los cambios de temperatura pueden provocar deformaciones, agrietamientos y modificaciones de las condiciones de elasticidad, en los pavimentos flexibles y cambios en las losas en el caso de pavimentos rígidos. [17]

Asimismo, por la presencia de agentes externos como: el agua, el tráfico y la gravedad en taludes, los pavimentos sufren un deterioro permanente, por lo que se puede decir que tienen un ciclo de vida, que si no se interviene con mantenimientos periódicos en cada una de las fases pueden convertirlos en intransitables. [18]



Figura 6.5. Ciclo de vida de un pavimento

Fuente: Propia, basada en Manual Técnico - Mantenimiento rutinario de caminos con Microempresas [18], 2020

6.2.2. Clasificación de pavimentos

Existen varios tipos de pavimentos ya que son los encargados de soportar las cargas que producen los vehículos que transitan por la superficie, lo que genera esfuerzos cíclicos y deformaciones verticales, horizontales y de corte. Los tipos de pavimentos utilizados en Colombia son: el pavimento flexible, pavimento rígido y pavimento semirrígido [19].

6.2.2.1. Pavimento Flexible

La estructura del pavimento flexible está formada por una carpeta asfáltica descansada sobre capas con menor rigidez, constituido por materiales granulares no tratados o ligados y a su vez soportado por el terreno natural o subrasante. La capa o carpeta asfáltica está conformada por una carpeta de rodadura, una base intermedia y base asfáltica. Igualmente puede solo estar conformada por la capa de rodadura cuando los niveles de tránsito no son muy elevados [20].



Figura 6.6. Perfil de una estructura de pavimento flexible

Fuente: SlideShare [20], 2012

6.2.2.2. Pavimento Rígido

La estructura del pavimento rígido se conforma principalmente por una capa o losa de concreto hidráulico de 18 a 30 cm de espesor, descansada sobre una capa granular no tratada o estabilizada con cementantes hidráulicos. Los esfuerzos generados por el tránsito son mitigados en flexión por la losa y los esfuerzos de compresión se reparten en un área extensa y se transmiten al suelo magnitudes muy pequeñas [22].

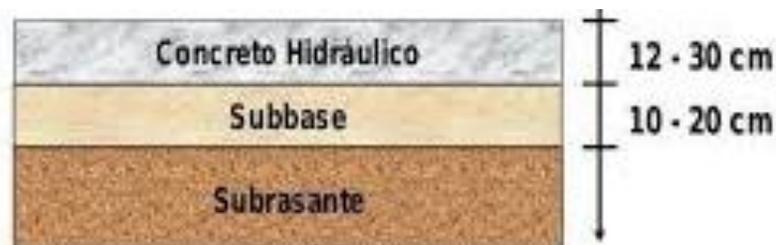


Figura 6.7. Sección transversal Pavimentos Rígidos

Fuente: SlideShare [20], 2012

6.2.2.3. Pavimento Semirrígido

Este tipo de estructura está constituido por una carpeta asfáltica apoyada en una capa tratada con ligantes hidráulicos, a su vez soportada por unas capas granulares no tratada de subbase y subrasante mejorada o natural [23].

6.2.3. Daños en pavimentos flexibles.

Un pavimento flexible puede sufrir deformaciones en las capas que conforman su estructura, como consecuencia de la abrasividad del tráfico, factores ambientales, tiempo de uso del pavimento y/o características de los materiales. A continuación, se enuncian los tipos de fallas más comunes, según el Manual de inspección Visual de pavimentos flexibles de la Universidad Nacional y el Instituto de vías INVIAS.

Tabla 6.1. Daños en pavimentos flexibles

FISURAS	
FISURAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES. FL - FT	Unidad de medida: m
	<p>DESCRIPCIÓN. Discontinuidades paralelas o transversales al eje del pavimento. Son indicio de la existencia de esfuerzo de tensión en alguna de las capas estructurales.</p> <hr/> <p>POSIBLES CAUSAS</p> <ul style="list-style-type: none"> -Rigidización de la mezcla asfáltica. -Envejecimiento del asfalto a bajas temperaturas. -Espesor insuficiente de la capa de rodadura. -Fatiga de la estructura
FISURAS EN JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN. FCL FCT	Unidad de medida: m
	<p>DESCRIPCIÓN. Fisuras longitudinales o transversales generadas por la mala ejecución de las juntas en zonas de ampliación.</p> <hr/> <p>POSIBLES CAUSAS</p> <ul style="list-style-type: none"> -Carencia de ligante en las paredes de las juntas. -Deficiencia en el corte vertical de las franjas construidas con anterioridad. -Deficiencia de compactación en la zona de la junta. -Unión entre materiales de diferente rigidez.
FISURAS POR REFLEXIÓN DE JUNTAS. FJL - FJT	Unidad de medida: m
	<p>DESCRIPCIÓN. Estas fisuras aparecen por la proyección en superficie de las juntas de las placas de concreto asfáltico sobre las capas de concreto rígido</p> <hr/> <p>POSIBLES CAUSAS</p> <ul style="list-style-type: none"> -Movimiento de las juntas debido a cambios de temperatura y humedad.
FISURAS EN MEDIALUNA. FML	Unidad de medida: m²



DESCRIPCIÓN. Son en forma parabólica, acompañadas generalmente de hundimientos

POSIBLES CAUSAS

- Inestabilidad de la banca.
- Falla lateral del talud en zonas de terraplén.
- Ausencia o fallas de obra de contención de la banca
- Desecación producida por presencia de árboles muy cerca al borde la vía.

FISURAS DE BORDE. FB

Unidad de medida: m



DESCRIPCIÓN. Fisuras con tendencia longitudinal a semicircular localizadas cerca del borde de la calzada.

POSIBLES CAUSAS

- Ausencia de berma o por deficiencia de nivel.
- Transito circula muy cerca del borde

FISURAS DE BLOQUE. FB

Unidad de medida m²



DESCRIPCIÓN. La superficie de asfalto se divide en bloques rectangulares, con lados promedios mayores a 0.30 m³

POSIBLES CAUSAS

- Contracción del concreto asfáltico por variación de Temperatura
- Reflejo de grietas de contracción provenientes de materiales utilizados como base.
- Combinación del cambio volumétrico del agregado con el uso de un asfalto de baja penetración.

PIEL DE COCODRILO. PC

Unidad de medida m²



DESCRIPCIÓN. Fisuras intercaladas con patrones irregulares. Tiende a iniciarse en el fondo de las capas asfálticas y se propagan a la superficie como fisuras longitudinales paralelas. Este daño tiene por lo general un diámetro menor a 30 cm.

POSIBLES CAUSAS

- Espesor de la estructura insuficiente.
- Deformaciones de la subrasante.
- Problemas de drenaje que afectan los materiales granulares.
- Compactación deficiente de las capas granulares.
- Reparaciones mal ejecutadas, deficiencias de compactación

FISURACIÓN POR DESLIZAMIENTO DE CAPAS. FDC

unidad de medida m²



DESCRIPCIÓN. Corresponden a fisuras en forma de semicírculo o medialuna, con curvaturas definidas de acuerdo con la fuerza de tracción que produce la llanta sobre el pavimento (al acelerar o frenar). Usualmente aparecen en zonas montañosas, en curvas o intersecciones.

POSIBLES CAUSAS

- Mezcla en la superficie de baja resistencia.
- Escasa adherencia entre las capas superficiales del pavimento.
- Espesores de carpeta muy bajos.
- Alto contenido de arena en la mezcla asfáltica.
- Exceso de ligante o presencia de polvo durante la ejecución del riego de liga.
- Carencia de penetración de la imprimación en bases granulares.

FISURACIÓN INCIPIENTE. FIN

unidad de medida m²



DESCRIPCIÓN. Corresponde a una serie de fisuras contiguas y cerradas, que generalmente no se interceptan. Suelen afectar el concreto asfáltico de manera superficial.

POSIBLES CASUSAS

- Diferencia de temperatura entre la mezcla y el medio ambiente en el momento de la colocación (temperatura ambiente baja).
- Lluvia durante la colocación del concreto asfáltico.

DEFORMACIONES

ONDULACIÓN. OND

Unidad de medida m²



DESCRIPCIÓN. También conocida como corrugación o rizado, es un daño caracterizado por la presencia de ondas en la superficie del pavimento, generalmente perpendiculares a la dirección del tránsito, con longitudes entre crestas usualmente menores de 1,0m.

POSIBLES CAUSAS

- Pérdida de estabilidad de la mezcla asfáltica.
- Exceso de compactación de la carpeta asfáltica.
- Exceso o mala calidad de asfalto.
- Insuficiencia de triturados (caras fracturadas).
- Falta de curado de las mezclas en la vía.
- Acción del tránsito en zonas de frenado y estacionamiento.
- Deslizamiento de la capa de rodadura sobre la capa inferior por exceso del riego de liga.

ABULTAMIENTO. AB

Unidad de medida: m²



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

POSIBLES CAUSAS

- Expansión de la subrasante o en capas de concreto asfáltico colocado sobre placas en concreto rígido.

HUNDIMIENTO. HUN

Unidad de medida: m²



DESCRIPCIÓN. Los hundimientos corresponden a depresiones localizadas en el pavimento con respecto al nivel de la rasante. Los hundimientos pueden estar orientados de forma longitudinal o transversal al eje de la vía o forma de medialuna.

POSIBLES CAUSAS

- Asentamiento de la subrasante.
- Deficiencia de la compactación de las capas inferiores del pavimento, del terraplén.
- Deficiencias de drenaje que afecta los materiales granulares.
- Diferencia de la rigidez de los materiales de la subrasante en los sectores de transición entre corte y terraplén.
- Deficiencias de compactación de relleno en zanjas que atraviesan la calzada.
- Inestabilidad de la banca.
- Circulación de tránsito muy pesado.

AHUELLAMIENTO. AHU

Unidad de medida: m²



DESCRIPCIÓN. Depresión de la zona localizada sobre la trayectoria de las llantas de los vehículos. Con frecuencia se encuentra acompañado de una elevación de las áreas adyacentes a la zona deprimida y de fisuración.

POSIBLES CAUSAS

- Deformación permanente de las capas del pavimento.
- Compactación inadecuada de las capas durante la construcción.
- Uso de asfaltos blandos o agregados redondeados.
- Deficiencia de diseño.

PÉRDIDA DE LAS CAPAS DE LA ESTRUCTURA

DESCASCARAMIENTO. DC

unidad de medida: m²

DESCRIPCIÓN. Este deterioro corresponde al desprendimiento de parte de la capa asfáltica superficial, sin llegar a afectar las capas asfálticas subyacentes.



POSIBLES CAUSAS

- Limpieza insuficiente previa a tratamientos superficiales.
- Espesor insuficiente de la capa de rodadura asfáltica.
- Riego de liga deficiente.
- Mezcla asfáltica muy permeable.

BACHES. BCH

Unidad de medida: m²



DESCRIPCIÓN. Desintegración total de la carpeta asfáltica que deja expuestos los materiales granulares lo cual lleva al aumento del área afectada y el aumento de la profundidad debido a la acción del tránsito.

POSIBLES CAUSAS

- Retención de agua en zonas fisuradas.
- Defectos constructivos.
- Deficiencia de espesores de capas estructurales.

PARCHE. PCH

Unidad de medida: m²



DESCRIPCIÓN. Los parches corresponden a áreas donde el pavimento original fue removido y reemplazado por una materia similar o diferente, ya sea para reparar la estructura o para permitir la instalación o reparación de alguna red de servicios.

POSIBLES CAUSAS

- Procesos constructivos deficientes.
- Progresión del daño inicial por el cual debido realizarse el parcheo.
- Deficiencia de juntas.
- Propagación de daños existentes en las áreas aledañas del parche.

DAÑOS SUPERFICIALES

DESGASTE SUPERFICIAL. DSU

Unidad de medida: m²



DESCRIPCIÓN. Deterioro del pavimento ocasionado principalmente por la acción del tránsito, agentes abrasivos o erosivos. Se presenta como pérdida de ligante y mortero. Suele encontrarse en las zonas por donde transitan los vehículos.

POSIBLES CAUSAS

- Falta de adherencia del asfalto con los agregados.
- Deficiente dosificación de asfalto en la mezcla.
- Acción intensa del agua u otros agentes abrasivos además del tránsito.

PERDIDA DE AGREGADO. PA

Unidad de medida: m²

DESCRIPCIÓN. Corresponde a la disgregación superficial de la capa de rodadura debido a una pérdida gradual de agregados, haciendo la superficie más rugosa y exponiendo

de manera progresiva los materiales a la acción del tránsito y los agentes climáticos.



POSIBLES CAUSAS

- Aplicación irregular del ligante en tratamientos superficiales.
- Problemas adherencia entre agregado y asfalto.
- Uso de agregados contaminados con finos o agregados muy absorbentes.
- Lluvia durante la aplicación o el fraguado del ligante asfáltico.
- Endurecimiento significativo del asfalto.
- Deficiencia de compactación de la carpeta asfáltica.
- Contaminación de la capa de rodadura con aceite, gasolina y otros.

PULIMIENTO DEL AGREGADO. PU

Unidad de medida: m²



DESCRIPCIÓN. Este daño se evidencia por la presencia de agregados con caras planas en la superficie o por la ausencia de agregados angulares, en ambos casos se puede llegar a afectar la resistencia al deslizamiento.

POSIBLES CAUSAS

- Baja resistencia o susceptibilidad de algunos agregados al pulimiento.

CABEZAS DURAS. CD

Unidad de medida m²



DESCRIPCIÓN. 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.

POSIBLES CAUSAS

- Uso de agregados gruesos con tamaño inadecuado.
- Distribución granulométrica deficiente en el rango de arenas.
- Segregación de los agregados durante su manejo en obra.
- Heterogeneidad en la dureza de agregados.

EXUDACIÓN. EX

Unidad de medida m²



DESCRIPCIÓN. Este tipo de daño se presenta con una película o afloramiento del ligante asfáltico sobre la superficie del pavimento generalmente brillante, resbaladiza y usualmente pegajosa.

POSIBLES CAUSAS

- Cantidades excesivas de asfalto.
- Épocas o zonas calurosas.
- Asfaltos muy blandos o derrame de solventes.

SURCOS. SU

unidad de medida m²



DESCRIPCIÓN. Corresponde a franjas o canales longitudinales donde se han perdido los agregados de la mezcla asfáltica.

POSIBLES CAUSAS

- Distribución transversal defectuosa del ligante bituminoso o del agregado.
- Erosión producida por agua en zonas de alta pendiente.

OTROS DAÑOS

CORRIMIENTO VERTICAL DE LA BERMA. CVB

unidad de medida m



DESCRIPCIÓN. Diferencia de elevación entre la calzada y la berma, debido a un deslizamiento de la berma. Permite la infiltración de agua hacia el interior de la estructura del pavimento, provocando su deterioro.

POSIBLES CAUSAS

- Diferencia entre los materiales de la berma y el pavimento.
- Bombeo del material de base en la berma.
- Inestabilidad de los taludes aledaños.

SEPARACIÓN DE LA BERMA. SB

unidad de medida m



DESCRIPCIÓN. Indica el incremento en la separación de la junta existente entre la calzada y la berma.

POSIBLES CAUSAS

- Movimiento de la berma por causa de inestabilidad de los taludes aledaños.
- Ausencia de liga entre calzada y berma cuando no son construidos monólicamente.

AFLORAMIENTOS DE FINOS. AFI

unidad de medida N/A



DESCRIPCIÓN. Corresponde a la salida de agua infiltrada, junto con materiales finos de la capa de base por las grietas, cuando circulan sobre ellas las cargas de tránsito.

POSIBLES CAUSAS

- Ausencia o inadecuado sistema de subdrenaje.
- Exceso de finos en la estructura.

AFLORAMIENTO DE AGUA. AFA

unidad de medida m²



DESCRIPCIÓN. Presencia del líquido en la superficie del pavimento en instantes en los cuales no hay lluvia.

POSIBLES CAUSAS

- Ausencia o inadecuado sistema de subdrenaje.
- Filtración de aguas.

Fuente: Propia basada en el Manual de Inspección Visual para pavimentos flexibles [11], 2006

6.2.4. Daños en pavimentos rígidos

Asimismo, los pavimentos rígidos pueden sufrir diferentes tipos de daños, según el Manual de Inspección Visual para pavimentos rígidos de la Universidad Nacional y el Instituto de vías INVIAS dichos daños se pueden agrupar en cuatro categorías, así:

Tabla 6.2. Daños en pavimentos rígidos

GRIETAS

GRIETAS DE ESQUINA. GE

Unidad de medida m²



DESCRIPCIÓN. Bloque de forma triangular en la losa, se presenta al interceptar las juntas transversales y longitudinales, describiendo un ángulo mayor a 45°, con respecto a la dirección del tránsito.

POSIBLES CAUSAS

- Asentamiento de la base y/o subrasante.
- Falta de apoyo de la losa, originado por erosión de la base.
- Sobrecarga en las esquinas.
- Deficiente transmisión de cargas entre las losas adyacentes.

GRIETAS LONGITUDINALES.

GL Unidad de medida m



DESCRIPCIÓN. Grietas predominantemente paralelas al eje de la calzada o que se extienden desde una junta transversal hasta el borde la losa.

POSIBLES CAUSAS

- Asentamiento de la base o la subrasante.
- Falta de apoyo de la losa, originado por erosión de la base.
- Alabeo térmico.
- Losa de ancho excesivo.
- Carencia de una junta longitudinal.
- Mal posicionamiento de las dovelas y/o barras de anclaje.
- Aserrado tardío de la junta.
- Contracción del concreto.

GRIETAS TRANSVERSALES. GT

Unidad de medida m



DESCRIPCIÓN. Grietas que se presentan perpendiculares al eje de circulación de la vía. Pueden extenderse desde la junta transversal hasta la longitudinal.

POSIBLES CAUSAS

- Asentamiento de la base o la subrasante.
- Losas de longitud excesiva.
- Junta de contracción aserrada o formada tardíamente.
- Espesor de la losa insuficiente para soportar las sollicitaciones.
- Gradiente térmico que origina alabeos.
- Problemas de drenaje.
- Cargas excesivas.

GRIETAS EN LOS EXTREMOS DE LOS PASADORES. GP

Unidad de medida m



DESCRIPCIÓN. Grietas cercanas al extremo de los pasadores o dovelas. Pueden ser ocasionadas por la mala ubicación de los pasadores o por movimiento en el proceso constructivo.

POSIBLES CAUSAS

- Mala ubicación de los pasadores.
- Corrosión o desalineamiento de los pasadores.
- Movimiento durante el proceso constructivo.
- Diámetros de barras muy pequeños y cargas de tráfico muy altas.

GRIETAS EN BLOQUE O FRACTURACIÓN MÚLTIPLE.

Unidad de medida m²



DESCRIPCIÓN. Grietas que aparecen por la unión de grietas longitudinales y transversales formando bloques a lo largo de la placa. También comprenden las grietas en Y.

POSIBLES CAUSAS

- Repetición de cargas pesadas (fatiga del concreto).
- Equivocado diseño estructural y condiciones de soporte deficiente.

GRIETAS EN POZOS Y SUMIDORES. GA

Unidad de medida m²



DESCRIPCIÓN. Grietas relacionadas directamente relacionadas con la presencia del pozo o sumidero.

POSIBLES CAUSAS

- Variación en la distribución de esfuerzos debida a la presencia de pozos o sumideros.

DAÑOS EN JUNTAS

SEPARACIÓN DE JUNTAS LONGITUDINALES. SJ

Unidad de medida m



DESCRIPCIÓN. Abertura en la junta longitudinal del pavimento

POSIBLES CAUSAS

- Contracción o expansión diferencial de losas debido a la ausencia de barras de anclaje entre carriles adyacentes.
- Desplazamiento lateral de las losas motivado por un asentamiento diferencial en la subrasante.
- Ausencia de bermas.
- Asentamiento diferencial de la subrasante.

DETERIORO DEL SELLO. DST, DPL

Unidad de medida m



DESCRIPCIÓN. Desprendimiento o rompimiento del sello de las juntas longitudinales o transversales, que permite la entrada de materiales incomprensibles e infiltración de agua superficial.

POSIBLES CAUSAS

- Endurecimiento del sello.
- Pérdida de adherencia entre el sello y la placa.
- Pérdida de sello.
- Extrusión del material del sello.
- Incrustación de material incomprensible.
- Crecimiento de la vegetación.

DETERIORO SUPERFICIAL

DESPORTILLAMIENTO DE JUNTAS. DPT, DPL

Unidad de medida m



DESCRIPCIÓN. Desintegración de las aristas de una junta, con pérdida de trozos.

POSIBLES CAUSAS

- Debilitamiento de los bordes de la junta.
- Desintegración del concreto por mala calidad del material.
- Presencia de material incomprensible en la junta.
- Mal procedimiento de corte de la junta.
- Aplicación de cargas antes de conseguir la resistencia mínima recomendada del concreto.

DESCASCARAMIENTO. DE

Unidad de medida m²



DESCRIPCIÓN. Rotura de la superficie de la losa hasta una profundidad del orden de 5 a 15mm, por desprendimiento de pequeños trozos de concreto.

POSIBLES CAUSAS

- Exceso de acabado de concreto fresco colocado.

DESINTEGRACIÓN. DI

Unidad de medida m²



DESCRIPCIÓN. Consiste en pérdida constante de agregado grueso de la superficie, debido a la progresiva desintegración de la superficie del pavimento por pérdida de material fino desprendiendo de matriz arena-cemento del concreto, provocando una superficie con pequeñas cavidades.

POSIBLES CAUSAS

- Efecto abrasivo del tránsito sobre concretos de calidad pobre.
- Material inapropiado en el interior del hormigón tal como terrones de arcilla o cal viva.
- Mortero poco homogéneo.
- Deficiente calidad de los materiales.
- Agregados expansivos o de baja durabilidad.
- Reparaciones hechas sin seguir recomendaciones técnicas.

BACHES. BCH

Unidad de medida m²

DESCRIPCIÓN. Desintegración de la losa de concreto y la remoción en una cierta área, formando una cavidad de bordes irregulares que incluso puede dejar expuesto el material de base.



POSIBLES CAUSAS

- Fundaciones y capas inferiores inestables.
- Espesores del pavimento estructuralmente insuficientes.
- Retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas.
- Acción abrasiva del tránsito.

PULIMENTO. PU

Unidad de medida m²



DESCRIPCIÓN. Carencia o pérdida de la textura superficial necesaria para que exista una fricción adecuada entre el pavimento y los neumáticos.

POSIBLES CAUSAS

- Tránsito que produce el desgaste superficial de los agregados.

ESCALONAMIENTO DE JUNTAS LONGITUDINALES. EJ

Unidad de medida m



DESCRIPCIÓN. Falla provocada por el tránsito que corresponde a un desnivel de la losa en su junta con respecto a una losa vecina.

POSIBLES CAUSAS

- Deficiencia en el traspaso de cargas entre las losas.
- Erosión de la base en las inmediaciones de la junta.
- Asentamiento diferencial de la subbase o subrasante.
- Falta de capacidad de soporte de la subrasante.

LEVANTAMIENTO LOCALIZADO. LET, LEL

Unidad de medida m²



DESCRIPCIÓN. Sobre elevación abrupta de la superficie del pavimento, localizada generalmente en zonas contiguas a una junta o una grieta, habitualmente el concreto afectado se quiebra en varios trozos.

POSIBLES CAUSAS

- Falta de libertad de movimiento de las losas de concreto.
- Mala colocación de las barras de transferencia.
- Presencia de un estrato de suelos expansivos.
- Variaciones térmicas.
- Longitud de losas excesivas.

PARCHES. PCHA- PCHC

Unidad de medida m²



DESCRIPCIÓN. Área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado, ya sea con un material similar o eventualmente diferente, para reparar el pavimento existente, también un parcheo por reparación de servicios públicos.

POSIBLES CAUSAS

- parche asfalto, la capacidad estructural del parche es insuficiente o se practicó un deficiente proceso constructivo.
- Parche concreto, el traspaso de carga entre el parche y la losa es insuficiente por falta de dovelas o barras de amarre.

HUNDIMIENTO O ASENTAMIENTOS. HU Unidad de medida m^2



DESCRIPCIÓN. Depresión o descenso de la superficie del pavimento en un área localizada.

POSIBLES CAUSAS

- Asentamiento del material de relleno.
- Deficiente compactación inicial.
- Movimiento de la propia estructura.
- Deficiencias durante el proceso de construcción de la losa.

OTROS TIPOS DE DETERIORO

FISURAS POR RETRACCIÓN O TIPO MALLA. FR

Unidad de medida m^2



DESCRIPCIÓN. Fisuras limitadas sólo a la superficie del pavimento. Frecuentemente las grietas de mayores dimensiones se orientan en sentido longitudinal.

POSIBLES CAUSAS

- Curado inapropiado del concreto.
- Exceso de amasado superficial.
- Malla de refuerzo muy cerca de la superficie.
- Acción del clima o de productos químicos.

FISURAS LIGERAS DE APARICIÓN TEMPRANA. FT

Unidad de medida m^2



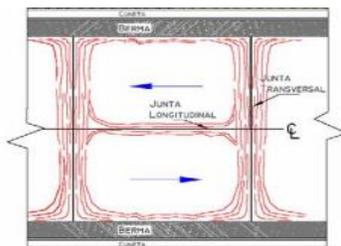
DESCRIPCIÓN. Fisuras delgadas, que afectan únicamente la superficie de la losa. La mayoría de las veces adquieren la tendencia de ser paralelas entre sí.

POSIBLES CAUSAS

- Contracción plástica del concreto, que aparece antes del fraguado final, por secado prematuro.

FISURAS POR DURABILIDAD. FD

Unidad de medida m^2



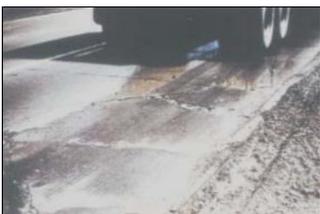
DESCRIPCIÓN. Serie de grietas finas muy cercanas entre sí, que aparecen cerca de las juntas longitudinales, transversales y cerca de los bordes libres de las losas. Estas fisuras suelen curvarse en la intersección de las juntas.

POSIBLES CAUSAS

- Ambientes alcalinos.
- Reactividad álcali-sílice cuando los agregados son expuestos a cambios de temperatura.
- Humedecimiento excesivo en el borde del pavimento sumado a exceso de cargas.

BOMBEO SOBRE LAS JUNTAS. BO

Unidad de medición m



DESCRIPCIÓN. Expulsión de finos a través de las juntas o fisuras, esta expulsión se presenta por deflexión que sufre la losa ante el paso de cargas.

POSIBLES CAUSAS

- Presencia de agua superficial.
- Material erodable en la base.
- Tráfico de vehículos pesados.
- Transmisión inadecuada de cargas entre losas.

DESCENSO DE LA BERMA. DB

Unidad de medida m



DESCRIPCIÓN. Diferencia de nivel entre la superficie de la losa respecto a la superficie de la berma, ocurre cuando alguna de las bermas sufre asentamientos.

POSIBLES CAUSAS

- Asentamiento de la berma por compactación insuficiente.
- En bermas no revestidas: por la acción del tráfico o erosión de la capa superficial por agua que escurre desde el pavimento hacia el borde externo de la losa.
- Inestabilidad de la banca.

SEPARACIÓN ENTRE LA BERMA Y EL PAVIMENTO. SB

Unidad de medida m



DESCRIPCIÓN. Incremento en la abertura de la junta longitudinal entra la berma y el pavimento.

POSIBLES CAUSAS

- Asentamiento con desplazamiento por compactación insuficiente.
- Escurrimiento de agua sobre la berma cuando existe un desnivel entre ella y el pavimento.

Fuente: Propia basada en el Manual de Inspección Visual para pavimentos rígidos, [12], 2006

6.2.5 Mantenimiento vial

Se define como el conjunto de actividades tendientes a conservar en buen estado las condiciones físicas de los caminos, con el fin de contrarrestar los efectos de deterioro propios de las vías.

El mantenimiento vial tiene tres propósitos principales:

- Prolongar su vida y la fecha en que se debe renovar.
- Proporcionar comodidad y seguridad y disminuir los costos de operación vehicular.
- Garantizar la transitabilidad de manera permanente. [13]

El mantenimiento se puede clasificar en dos tipos: el preventivo (periódico) y el correctivo (rutinario).

6.2.5.1. Mantenimiento preventivo

Tiene como objetivo principal anticiparse al deterioro natural de las obras y comprende operaciones y tareas de carácter periódico, necesarias para mantener en buen estado las estructuras.

6.2.5.2. Mantenimiento correctivo.

Es el encaminado a corregir y/o reparar fallas detectadas que no pudieron evitarse; sus propósitos son: mitigar el deterioro natural aplicando arreglos provisionales,

reparar fallas localizadas, eliminando causas que las originaron e introducir mejoras o modernizaciones necesarias debido a la localización de deterioros o final de la vida útil. [14]

6.3. ESTADO DEL ARTE

En la ciudad de Villavicencio se han realizado diferentes estudios de planes de mantenimiento, los cuales brindan posibles soluciones de mantenimiento y rehabilitación vial de la ciudad; una de las propuestas de mejoramiento para la estructura de pavimento se llevó a cabo en la calle 35 con carrera 19 hasta la carrera 8 de la Avenida Catama, otra patología que se realizó al pavimento es en la calle 35 en la Avenida Catama hasta la intersección de la carrera 32 con la calle 38, también se han diagnosticado las fallas presentadas en el pavimento flexible en la antigua vía Villavicencio-Bogotá exactamente en el tramo K92+40MTA-K93+40MTA, sin olvidar el plan de mantenimiento de la estructura de pavimento en la Avenida del Llano calzada NS desde la glorieta de la Grama hasta la calle 35 en el municipio de Villavicencio-Meta; en el siguiente mapa se muestran los proyectos mencionados anteriormente propuestos por la Universidad Santo Tomas sede Villavicencio y el que se desarrollara en este proyecto:

Tabla 6.3. Recopilación de referencias que contribuyen a la investigación

TÍTULO	AUTOR / AÑO	HECHOS QUE LO RELACIONAN
Patología del pavimento de la calle 35 / av. Catama hasta el punto de intersección de la carrera 32 con calle 38 del municipio Villavicencio–Meta.	Arias Díaz Gustavo Adolfo 2019	Inicialmente, se toman estos trabajos de grado como referentes teóricos por ser desarrollados por la Universidad Santo Tomas en diferentes lugares de la ciudad de Villavicencio; por realizar el diagnóstico mediante la inspección visual y determinar la patología del pavimento teniendo en cuenta como referencia el manual para la inspección visual de pavimentos tanto flexible como rígido.
Determinación de patologías en losas de concreto hidráulico en la calle 4d entre carreras 22 a la 26ª barrio la Alborada.	Santana Trujillo Andrés Sebastián – Cuesta Rojas Jaime Andrés. 2019	Además, estas tesis en sus referentes conceptuales mencionan temas como: Pavimentos, clasificación de pavimentos, definición de daños y tipos de daños, planes de mejoramiento, entre otros.
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.	Romero Aya Alix Carolina – Guevara Ruiz Raúl Enrique. 2019	

TÍTULO	AUTOR / AÑO	HECHOS QUE LO RELACIONAN
<p>Inspección visual del estado patológico y los daños sobre el corredor vial en afirmado y pavimento rígido de las veredas La Argentina, Santa María Baja, Santa María Alta, el tramo Puente Abadía, San José y la vereda la Bendición</p>	<p>Torres Caicedo Felipe Vargas Monroy Julián Ortega García Daniel Felipe 2018</p>	<p>Por otro lado, la Universidad Cooperativa de Colombia en su programa de Ingeniería, también ha desarrollado trabajos afines al tema propuesto, realizando informes resultantes de la Inspección visual de afectaciones en las vías la ciudad de Villavicencio, que describen tipos de pavimentos, Manuales de Inspección visual, patología de daños, entre otros.</p>
<p>Inspección visual y evaluación del estado actual en los pavimentos flexibles de las vías principales terciarias rurales de la malla de las veredas Suria, Cocuy, Barcelona, la Cecilia y la llanerita del municipio de Villavicencio- Meta.</p>	<p>Carrillo Bohórquez Jorge López Abaunza Carlos Reina Herrera Camilo 2017</p>	<p>Además, proponen entregar a la Secretaría de Infraestructura de Villavicencio las bases de datos para que una vez evaluadas tomen medidas para el mejoramiento o intervención parcial o total según sea el grado de severidad de daños de las zonas afectadas.</p>
<p>Inspección visual del estado patológico de las vías rurales (Pompeya-Pte. Guayuriba, la María-resguardo indígena, el cruce de Ocoa- la Reliquia), basado en el manual de inspección visual del INVIAS</p>	<p>Izquierdo Saray Ingrid Romero López René Sánchez Hernández Jesy 2017</p>	
<p>Análisis comparativo de la inspección visual de un pavimento flexible, por los métodos tradicional y por sensores remotos en un kilómetro de la calle séptima en el municipio de Cajicá Cundinamarca</p>	<p>Vargas Buitrago Camila Alexandra Universidad Militar Nueva Granada 2018</p>	<p>Este trabajo se referencia ya que realiza un análisis comparativo entre dos metodologías de inspección visual: por el método tradicional y por el de sensores remotos, lo que permite ampliar la perspectiva en el uso de nuevas tecnologías en el ámbito de mantenimiento de redes viales.</p>

TÍTULO	AUTOR / AÑO	HECHOS QUE LO RELACIONAN
Propuesta para la solución de los daños de la vía 7008-ocaña alto del pozo (inicial 00+000, final 04+000), basada en las consideraciones del índice de deterioro superficial según lineamientos del instituto nacional de vías	Prado Pérez Jon Édison Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña 2018	Al igual que las primeras tesis, se tiene en cuenta por realizar el diagnóstico mediante los lineamientos del instituto nacional de vías
Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos	Miranda Rebolledo Ricardo Javier Universidad Austral de Chile 2010	La importancia de esta tesis radica en que no solo presenta una amplia introducción al tema de Pavimentos y tipos de fallas, sino también, presenta una amplia teoría sobre los trabajos de reparación en pavimentos rígidos como flexibles (Sellado de grietas y juntas, bacheo superficial, bacheo profundo, Sellos bituminosos, nivelación de bermas, Sellado y grietas, reparación en todo el espesor, entre otros.

Fuente: Propia, 2020

6.4. MARCO NORMATIVO

Para realizar el presente trabajo se hace una revisión de normas actuales que sirvan como base y sustento legal. A Continuación, se hace una descripción de cada una de las normas encontradas.

Tabla 6.4. Marco normativo

NORMA / AÑO	TÍTULO	DESCRIPCIÓN
Ley 80 de 1993	Políticas y lineamientos de INVIAS	El gobierno nacional en el marco de la política de mantenimiento vial designa al Instituto Nacional de Vías para “ejecutar políticas, estrategias, planes, programas y proyectos de infraestructura de la red vial, de acuerdo con los lineamientos
Ley 1551 del 6 de julio de 2012, artículo 3°, punto 21	Ley 1551 de 2012	Establece como función del municipio en materia de vías, “los municipios tendrán a su cargo la construcción y mantenimiento de vías urbanas y rurales del rango municipal garantizando 118 un desarrollo óptimo dado por las obras públicas y de infraestructura que ejecuten. Continuarán a cargo de la Nación, las vías urbanas que

NORMA / AÑO	TÍTULO	DESCRIPCIÓN
		<i>formen parte de las carreteras nacionales, y del Departamento las que sean departamentales”.</i>
Plan de desarrollo municipal de Villavicencio, 2016-2019 Acuerdo No. 293 de 2016	Plan de desarrollo municipal de Villavicencio, “Unidos Podemos”	En lo relacionado con el sector de infraestructura vial, plantea políticas y programas a cargo de la Secretaría de Infraestructura “ <i>para la construcción, rehabilitación y mantenimiento de la malla vial municipal</i> ” asegurando la asignación de recursos propios y del sistema general de regalías
Manual para la inspección visual de pavimentos flexible (2006)	Estudio de investigación del estado actual de las obras de la red nacional de carreteras	Recopilación bibliográfica y de la experiencia acumulada en el desarrollo del convenio 587 de 2003, entre la Universidad Nacional de Colombia y el INVIAS, con respecto a la inspección y al reporte de daños que se pueden encontrar en los pavimentos flexibles.
Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos (2006)	Estudio de investigación del estado actual de las obras de la red nacional de carreteras	Presenta una guía para la inspección visual de pavimentos rígidos, donde describe los distintos tipos de deterioros que afectan la vida útil de la estructura, además las clasifica según sus severidades y presenta las posibles causas de estas afectaciones.
Manual de mantenimiento de carreteras INVIAS (2016)	Manual de mantenimiento de carreteras	Este manual, se encuentra dividido en dos volúmenes; el primero define aspectos generales e informativos sobre la importancia, modalidades, ejecución y necesidades del mantenimiento de la red vial de la nación, y el segundo presenta especificaciones y aspectos normativos relacionados con el mantenimiento de las carreteras de la red vial no concesionada.

Fuente: Propia, 2020

6.5. MARCO GEOGRÁFICO

El territorio colombiano cuenta con 32 departamentos, entre los cuales se encuentra el departamento del Meta que está ubicado en la región Orinoquia y cuya capital es la ciudad de Villavicencio, fue fundada en el año 1840. La capital del Meta se encuentra ubicada en las coordenadas 04°09 N 73°38 O, a una altura 467 metros sobre el nivel del mar (msnm) y una temperatura media de 27°C; Villavicencio es poblada por 452.472 habitantes [3].

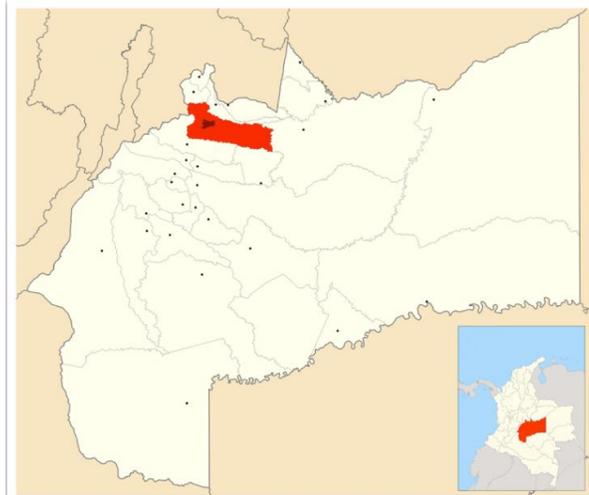


Figura 6.8. Ubicación geográfica de Villavicencio en el Meta y Colombia
Fuente: Alcaldía de Villavicencio- Meta [23], 2014.

Villavicencio se encuentra a 3 horas y 30 minutos de Bogotá y limita en el Norte con los municipios de Restrepo y Calvario, en el Sur con Acacias y San Carlos de Guaroa, al oriente con el municipio de Puerto López y en el Occidente con Acacias y el Departamento de Cundinamarca. La capital del Meta en su interior se encuentra dividido por 8 comunas, en el cual el barrio la Esmeralda se encuentra ubicado en la comuna 1 y el barrio la Esperanza se encuentra ubicado en la comuna 7.

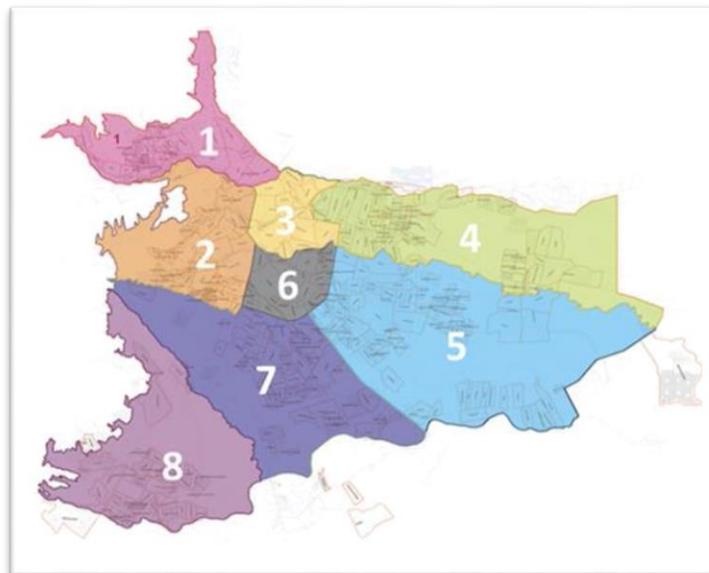


Figura 6.9. Comunas en Villavicencio
Fuente: Alcaldía de Villavicencio- Meta [24], 2019

En el barrio la Esmeralda se escogió la carrera 40 entre las calles 44 – 49 ubicado en las coordenadas $4^{\circ}09'33''$ N $73^{\circ}38'51''$ W y $4^{\circ}09'44''$ N $73^{\circ}38'55''$ W.

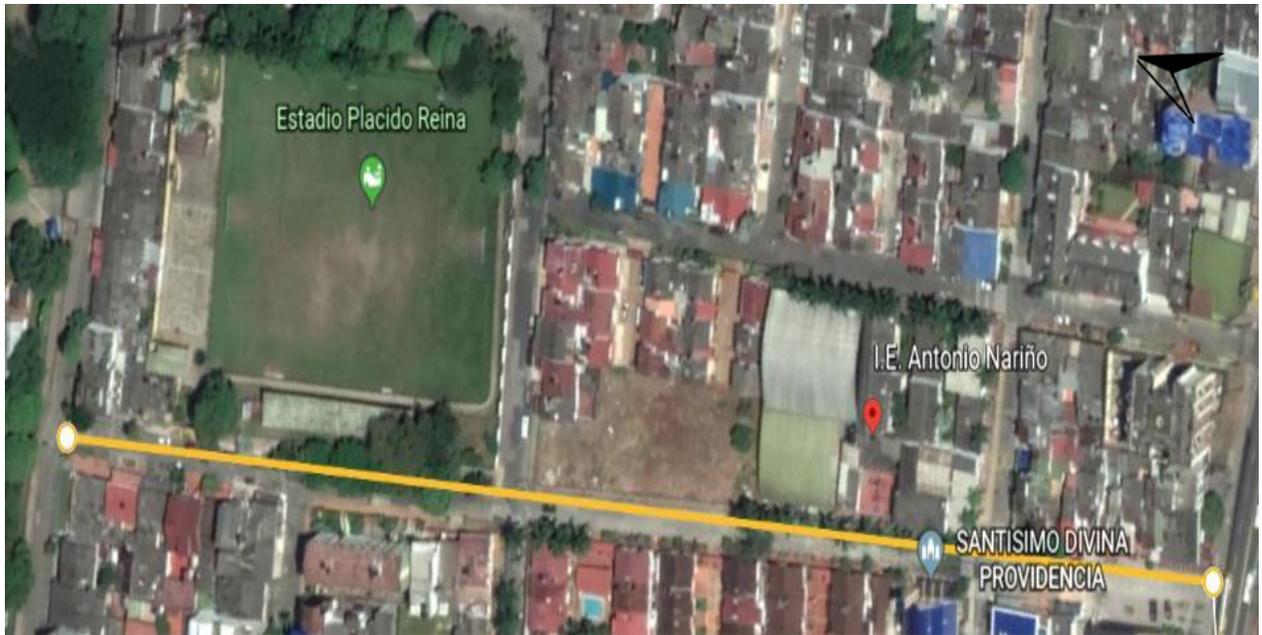


Figura 6.10. Carrera 40 (calles 44-49) barrio La Esmeralda
Fuente: Google Earth [25],2019

En el barrio la Esperanza se escogieron 4 calles: la calle 12 entre las carreras 44a – 47a ubicados en las coordenadas $4^{\circ}07'46''$ N $73^{\circ}38'02''$ W y $4^{\circ}07'50''$ N $73^{\circ}38'10''$ W.

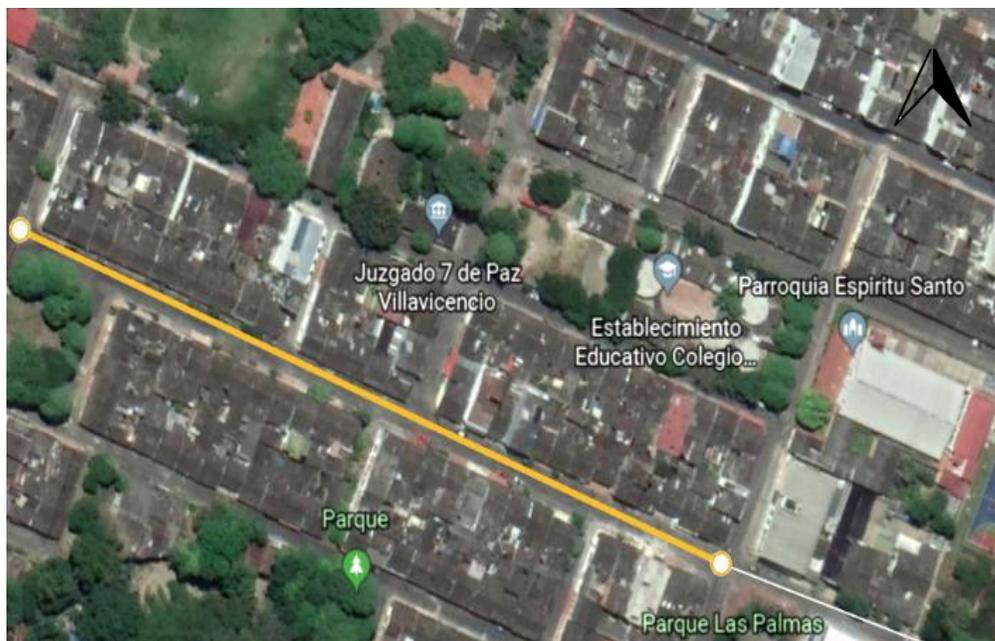


Figura 6.11. Calle 12 (carrera 44a-47a) barrio La Esperanza
Fuente: Google Earth [25],2019

La calle 10 entre la carrera 39 – 47e ubicada en las coordenadas $4^{\circ}07'42''$ N $73^{\circ}38'17''$ W y $4^{\circ}07'35''$ N $73^{\circ}37'56''$ W.

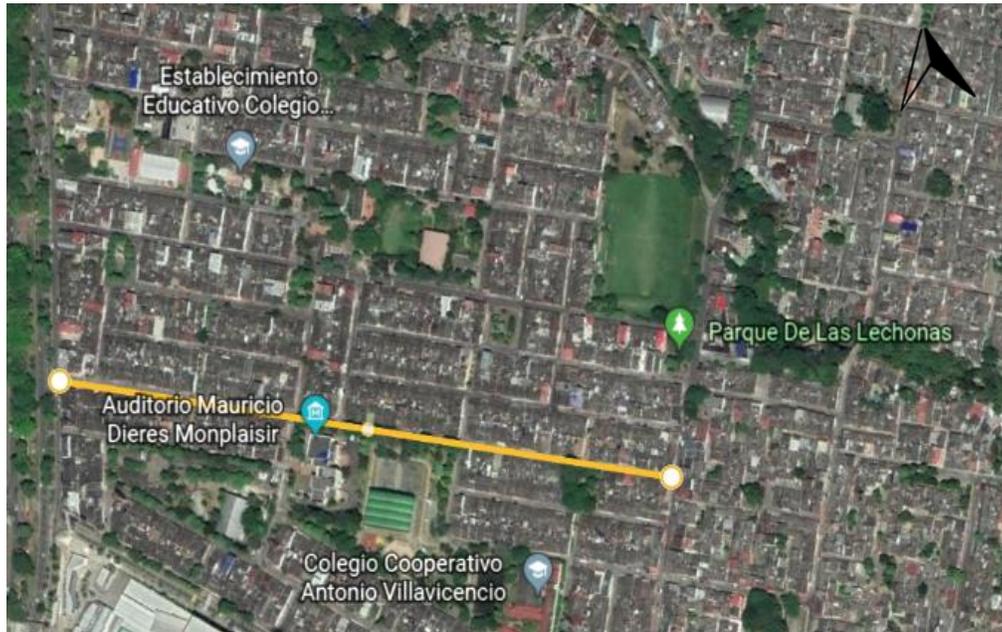


Figura 6.12. Calle 10 (carrera 39-47e) barrio La Esperanza
Fuente: Google Earth [25],2019

La carrera 45a entre las calles 7b – 11 ubicada en las coordenadas $4^{\circ}07'44''$ N $73^{\circ}38'07''$ W y $4^{\circ}07'35''$ N $73^{\circ}38'11''$ W.

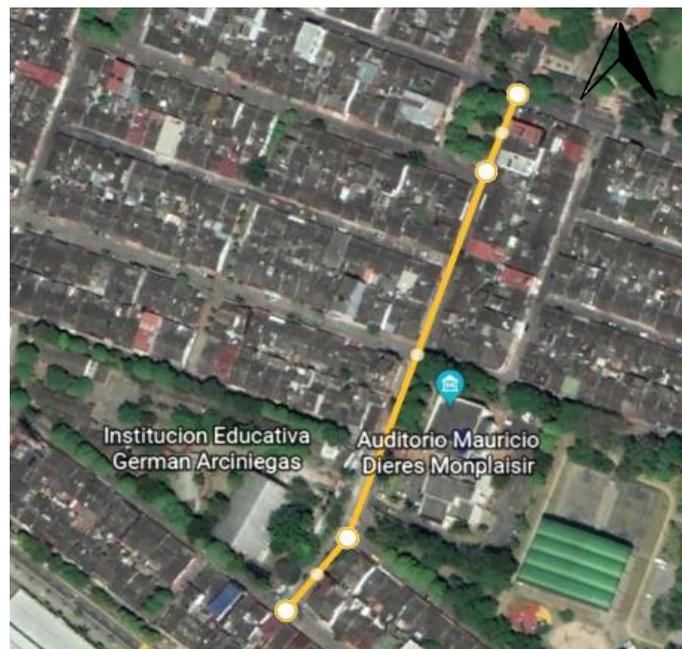


Figura 6.13. Carrera 45a (calle 7b-11) barrio La Esperanza
Fuente: Google Earth [25],2019

La calle 7b entre las carreras 41 – 47b ubicada en las coordenadas $4^{\circ}07'38''$ N $73^{\circ}38'15''$ W y $4^{\circ}07'28''$ N $73^{\circ}38'03''$ W.

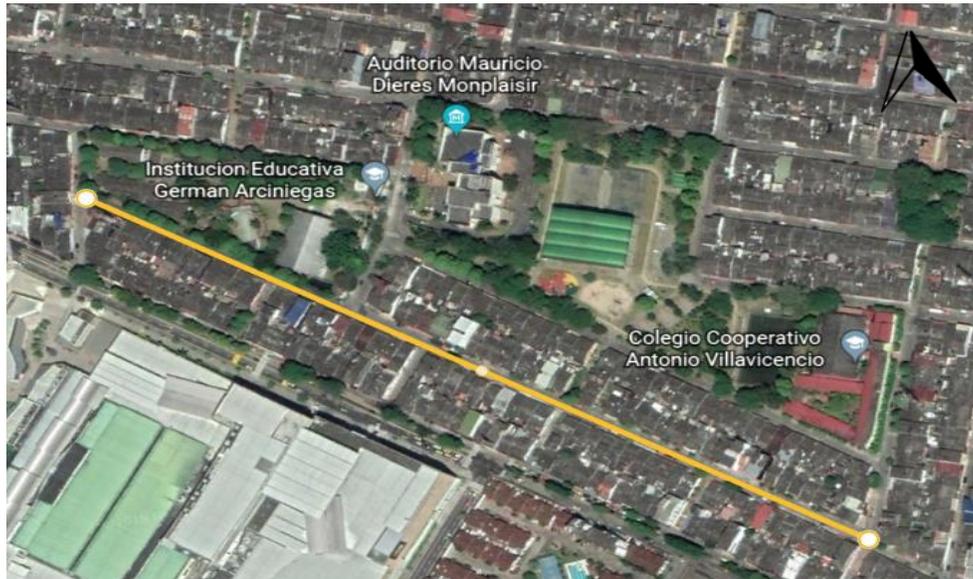


Figura 6.14. Calle 7b (carrera 41-47b) barrio La Esperanza
Fuente: Google Earth [25],2019

7. METODOLOGÍA

Este proyecto se desarrolla dentro del marco de una investigación cualitativa, ya que se centra en la resolución de problemas en un contexto determinado, aplicando conceptos y saberes adquiridos. Su ejecución se plantea en cuatro etapas: Revisión bibliográfica, levantamiento de daños, análisis de resultados y elaboración del plan de mantenimiento, como se muestra a continuación.

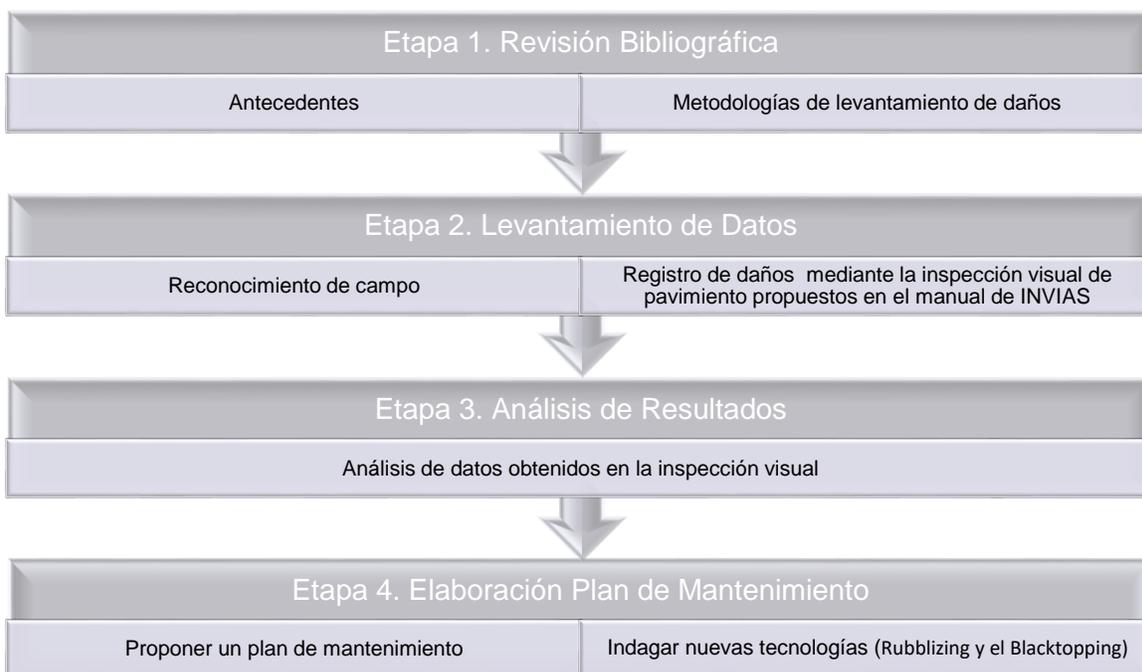


Figura 7.1. Metodología
Fuente: propia, 2020

7.1. DESCRIPCIÓN DE ETAPAS Y TAREAS

Para el desarrollo de la etapa inicial se sugirió una revisión bibliográfica minuciosa relacionada con los antecedentes históricos de la infraestructura vial de la ciudad de Villavicencio, metodologías y estrategias propuestas para el diagnóstico y evaluación de daños en vías, elaboración de planes de mantenimientos y, por último, revisión de trabajos de grado afines al tema de la propuesta investigativa.

Una vez terminada esta revisión, se procede a la etapa de levantamiento de daños, para lo cual se realizaron visitas de campo que permitieron caracterizar las zonas (uso de suelos, importancia de las calles), la población (tipo de población que vive y transita en la zona, actividades económicas que desarrollan en las zonas aledañas a las vías), como también obtener información sobre el estado actual de las vías (tipo de daños, dimensiones de las fallas, nivel de severidad, etc.), basados en los manuales de inspección visual propuesto por INVIAS y la Universidad Nacional de Colombia. Igualmente, en esta etapa se define el punto de inicio de la inspección, es decir la abscisa K0+000, para determinar los daños presentes en el pavimento,

hasta la abscisa final, para cada una de las calles seleccionadas; así mismo, se procedió a registrar los daños observados en las diferentes vías en los formatos propuestos por los manuales.

A continuación, se realizó el análisis de los datos en busca de determinar el tipo de daño (s) predominante (s), el tramo más afectado de la vía y el grado de severidad que se presentó; basado y soportado en un registro fotográfico; este análisis se presenta en un informe, de acuerdo con el procedimiento establecido por los Manuales propuestos por INVIAS y la Universidad Nacional de Colombia.

Para finalizar, en la última fase de investigación se propuso un plan de mantenimiento para las vías inspeccionadas, donde se mostró una solución acorde al daño encontrado, proponiendo al mismo tiempo métodos alternativos de mantenimiento.

7.2. POBLACIÓN, MUESTRAS, VARIABLES E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

A continuación, se desglosa la población beneficiaria del proyecto, la muestra, variables, técnicas e instrumentos de recolección de datos; tenidos en cuenta para la ejecución del proyecto.

Tabla 7.1. Población, muestra, variables e instrumentos de recolección de datos

POBLACION BENEFICIADA	MUESTRA	VARIABLES	TECNICAS E INSTRUMENTOS
Habitantes y transeúntes frecuentes de los barrios	Carrera 40 entre las calles 44–49 barrio la Esmeralda	Tránsito Flujo vehicular	Observación directa
Personal y asistentes de la biblioteca German Arciniegas, Institución Educativa Antonio Nariño y al campo deportivo de la Esmeralda	Calle 12 entre las carreras 44a –47 Calle 7b entre las carreras 47b – 41	Factores climatológicos	Formato para la inspección visual de pavimentos flexibles Formato para la inspección visual de pavimentos rígidos
Usuarios de rutas escolares	Calle 10 entre las carreras 47e–39 barrio la Esperanza Villavicencio – Meta		Fotografías
Usuarios transporte público y privado			

Fuente: Propia, 2020

8. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

8.1. ETAPA 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Como se mencionó en el apartado anterior, esta etapa se tuvo en cuenta como referente teórico y práctico para iniciar el proceso investigativo, trabajo de campo y elaboración de la propuesta escrita del proyecto. En esta revisión no solo se consultaron trabajos de grado, sino artículos de revistas y periódicos (Sala de prensa Alcaldía Villavicencio) que sirvieron para contextualizar y conocer el estado actual de la infraestructura vial y obras de mantenimiento realizadas en la ciudad de Villavicencio. De igual manera, se realizó una revisión profunda de cada uno de los manuales propuestos por INVIAS “Manual para la Inspección Visual de pavimentos Rígidos, Manual para la Inspección Visual de pavimentos flexibles y Manual de mantenimiento de carreteras”, que sirvieron como base para el levantamiento de información sobre el estado actual de las vías establecidas.

8.2. ETAPA 2. LEVANTAMIENTO DE DAÑOS

Mediante una inspección previa y la observación directa a las diferentes vías se identificaron diferentes aspectos que permitieron caracterizar la zona, población y las vías objeto de estudio, los cuáles se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 8.1. Información general sobre la zona de estudio

CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA	
Economía	Viviendas comerciales, restaurantes instituciones públicas.
Importancia	Vías que sirven como bajantes de la Avenida 40, entrada y salida de la única biblioteca pública, al centro comercial Viva y la planta de tratamiento del acueducto del municipio, como también a conjuntos residenciales.
Uso de suelo	Residencial Comercial
CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN	
<ul style="list-style-type: none">- Habitantes y transeúntes frecuentes de los barrios- Personal y asistentes de la biblioteca German Arciniegas, centro comercial Viva, Institución Educativa Antonio Nariño y al campo deportivo de la Esmeralda- Usuarios de rutas escolares- Transportadoras servicio público, particular y de Alimentos	
CARACTERIZACIÓN DE LAS VIAS DE ACCESO	
Según Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Villavicencio	
Las vías propuestas como objeto de estudio están catalogadas como vías colectoras tipo 1 y tipo 2, éstas distribuyen y canalizan el tránsito desde y hacia las vías arteriales, y al mismo tiempo las catalogan como vías locales pues permiten el acceso directo del tráfico a las propiedades, y se caracterizan por un tráfico lento	

Fuente: Propia, 2020

Una vez realizado el reconocimiento y caracterización de las vías, se procede al levantamiento de información relacionada con los daños presentados en las vías seleccionadas, empleando los formatos establecidos por INVIAS para pavimentos rígidos y flexible (según el caso), para esto se hizo necesario ubicar la abscisa K0+000 en el sentido que tiene cada una de las cinco vías seleccionadas. Esta etapa se dividió en 2 fases, las cuales se explican a continuación.

8.2.1. Levantamiento de daños del pavimento flexible en el formato INVIAS

Al realizar los recorridos se identificaron pavimentos flexibles en las siguientes vías: la calle 12 desde la abscisa K0+120 hasta la abscisa K0+380, la carrera 45a desde la abscisa K0+139 hasta la abscisa K0+259 y en la carrera 40 desde la abscisa K0+072 hasta la abscisa K0+146, retoma en la abscisa K0+173 hasta la abscisa K0+259 por tal motivo, se utilizó el formato INVIAS en el levantamiento de daños para este tipo de pavimento.

Inicialmente, se anotó la información general de la vía, en la Parte 1 del formato, como se puede apreciar en la figura 8.1.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUCUMBA		FORMATO PARA LA INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTO FLEXIBLE				
TERRITORIAL:	<u>Orinoquia</u>	FECHA:	<u>3/03/2019</u>	CONCESIÓN	<input type="checkbox"/> PR INICIAL: _ P10+0	
CODIGO DE LA VÍA:	_____	CONTRATO N°:	_____	MANTENIMIENTO INTEGRAL	<input type="checkbox"/> PR FINAL: _ PRO+88	
NOMBRE DE LA VÍA:	<u>Carrera 45a</u>	LEVANTADO POR:	<u>Alejandro Pinto - Santiago Torres</u>	A.M.V	<input type="checkbox"/> HOJA: <u>1</u> DE: <u>1</u>	

Figura 8.1. Parte 1. Información general, formato pavimento flexible INVIAS
Fuente: Propia, 2020

Posteriormente, se procedió a transitar por cada una de las vías para realizar el registro de forma ascendente de los daños encontrados con sus respectivas singularidades:

- Abscisa
- Carril
- Tipo
- Severidad
- Dimensiones de los daños
- Dimensiones de reparación,
- Fotos y aclaraciones.

Así mismo, en la parte inferior, se llenó correspondiente a la geometría de la vía y se realizaron los comentarios pertinentes. A continuación, se visualiza el del formato con la información obtenida (Anexo A).

Tabla 8.2. Formato diligenciado pavimentos flexibles INVIAS

PATOLOGÍA								FOTO	ACLARACIONES
Carril	Tipo	Sever	Daño		Reparación				
			Largo	Ancho	Largo	Ancho			
K0+259									
C	PU	-	13	5.6				<u>19</u>	
DANOS SUPERFICIALES									
D	FT	A	1.1	1.8				<u>18</u>	
D	PCH	M	1.2	4.5				<u>17</u>	
K0+229									
C	CD	-	25	5.6				<u>16</u>	
DANOS SUPERFICIALES									
I	DC	M	0.4	0.68				<u>15</u>	
D	DC	M	4.3	0.6				<u>14</u>	
D	DC	A	0.45	0.35				<u>13</u>	
I	BCH	M	0.35	0.28				<u>12</u>	
K0+199									
C	CD	-	26.7	5.6				<u>11</u>	
C	PU	-	19	5.6				<u>11</u>	
DANOS SUPERFICIALES									
D	PCH	M	10.5	1.2				<u>10</u>	
I	DC	A	0.25	0.8				<u>9</u>	
I	FT	A	1.1	-				<u>8</u>	
K0+169									
C	CD	-	7.8	5.6				<u>7</u>	
C	PU	-	9.2	5.6				<u>7</u>	
DANOS SUPERFICIALES									
D	PCH	M	4	1.1				<u>6</u>	
I	DC	A	0.4	1.8				<u>5</u>	
I	FT	A	2.3	-				<u>4</u>	
D	FT	A	2.1	-				<u>3</u>	
D	FT	A	2.15	-				<u>2</u>	
E	FCL	A	14.4	-				<u>1</u>	
K0+139									
Número de calzadas: 1								COMENTARIOS: Se observó daños superficiales en la mayoría del área del pavimento.	
Número de carriles por calzada: 2									
Ancho de carril: 3 m Ancho de berma: NA									

Fuente: Propia, 2020

8.2.1. Levantamiento de daños del pavimento rígido en el formato INVIAS

Para este caso se realizó el mismo procedimiento anterior, pero teniendo en cuenta las vías con pavimento rígido y el formato correspondiente, figura 8.2.

Figura 8.2. Parte 1. Información general, formato pavimento rígido INVIAS
Fuente: Propia, 2020

Posteriormente, se procedió a transitar la vía para realizar el registro, ubicación y peculiaridad de los daños en el formato, en donde se especificó:

- La abscisa
- El número y letra de cada losa
- Las dimensiones de la losa
- El tipo de daño que presenta cada losa
- Las dimensiones del daño
- Las dimensiones de reparación
- Foto y aclaraciones.

Al final el formato se detalló los datos correspondientes a la geometría de la vía y las observaciones correspondientes.

En la siguiente tabla se puede observar lo explicado antes, igualmente los formatos se pueden visualizar en el ANEXO B.

Tabla 8.3. Formato diligenciado pavimentos rígidos INVIAS

ABSCISA	No Placa		Dimensiones de la Losa		TIPO DE DETERIORO						ACLARACIONES	
	#	Letra	Largo	Ancho	Tipo	Sever	Daño		Reparación			Foto
							Largo	Ancho	Largo	Ancho		
k0+000												
k0+004	1	A	4.1	4.0	SJL	B	4.10	-			<u>A1</u>	
k0+004	1	B	4.1	4.0	DST	M	0.68	-			<u>B1</u>	
k0+010	2	A	6.0	4.0	GB	A	6.00	4.0			<u>A2</u>	
k0+010	2	B	6.0	4.0	SJT	B	3.20	-			<u>B2</u>	
k0+016	3	A	6.0	4.0	GB	A	6.00	4.0			<u>A3</u>	
k0+016	3	B	6.0	4.0	DST	A	1.60	-			<u>B3</u>	PRESENCIA VEGETAL
k0+022	4	A	6.0	4.0	GB	A	6.00	4.0			<u>A4</u>	

ABSCISA	No Placa		Dimensiones de la Losa		TIPO DE DETERIORO							ACLARACIONES
	#	Letra	Largo	Ancho	Tipo	Sever	Daño		Reparación			
							Largo	Ancho	Largo	Ancho	Foto	
k0+022	4	B	6.0	4.0	DST	A	1.20	-				<u>B4</u>
k0+028	5	A	6.0	4.0	GL	A	6.00	-				<u>A5</u>
k0+028	5	B	6.0	4.0	DPT	M	1.40	-				<u>B5</u>
Número de calzadas: 1			PR inicial: K0+000				Ancho de berma:				Observaciones: A lo largo de la vía en el carril b se puede evidenciar un parche en concreto (PCHC) con un ancho de 20 cm.	
Número de carriles por calzada: 2			PR final K0+226				Espesor de la losa:					

Fuente: Propia, 2020

8.3. ETAPA 3. ANALISIS DE RESULTADOS

Los daños expuestos en la fase 1 y 2 de la segunda etapa, se analizaron de acuerdo con lo establecido por el INVIAS. No obstante, pese a que el manual indica que los tramos de estudio sean de 100 metros, en el presente proyecto se tomaron tramos menores, debido a que las calles no tienen distancias prolongadas. Cabe resaltar que este procedimiento se realizó para las dos vías que presentan pavimento rígido la vía que presenta pavimento flexible y las dos que presentan pavimento rígido y flexible al mismo tiempo, como se muestra a continuación:

Tabla 8.4. Clasificación y extensión de las vías seleccionadas

Vía en estudio	Tipo de Pavimento	Longitud (m)
Calle 10 entre carreras 39 y 47e	Rígido	650
Calle 7b entre carreras 41 y 47b	Rígido	500
Calle 12 entre carreras 44 y 49	Flexible	380
Carrera 40 entre calles 44 y 49	Flexible	160
	Rígido	173
Carrera 45a entre calles 7b y 11	Flexible	120
	Rígido	170

Fuente: Propia, 2020

8.3.1. Análisis de daños del pavimento flexible

Para este análisis se hizo necesario desarrollar una hoja de cálculo (Anexo C) sugerida por el INVIAS, la cual está compuesta de datos y cálculos, como:

- Tramo
- Abscisa
- Área de tramo
- Daño en el pavimento
- Total (área total afectada en cada tramo),
- Área total inspeccionada
- Área total afectada

- Porcentaje de afectación
- Área total afectada por severidad y daño
- Área total afectada por daño
- Peso del daño dentro el área inspeccionada según severidad (%)
- Peso total del daño dentro el área inspeccionada (%).

El área para cada tramo se calculó multiplicando el ancho de la calzada por la longitud del tramo. El porcentaje de afectación se calculó dividiendo el área total afectada entre el área total inspeccionada. En el análisis de daños de fisuras, la longitud anotada se multiplicó por el ancho de referencia “0.6 m”.

Tabla 8.5. Hoja de cálculo para el proceso y análisis los datos

TRAMO	ABRANCAMIENTO		ÁREA TRAMO (m ²)	DAÑOS EN EL PAVIMENTO (SIN INCLUIR DAÑOS SUPERFICIALES)									TOTAL	% AFEC
	DESDE	HASTA		PCH			DC			BCH				
				B	M	A	B	M	A	B	M	A		
T1	KD+120	KD+153	257.4	-	12.24	-	-	-	-	-	4.26	3.42	19.9	1.0%
T2	KD+153	KD+185	249.6	33.93	-	-	-	-	-	-	0.58	7.30	41.8	2.1%
T3	KD+185	KD+217	249.6	96.8	10.92	-	0.05	0.765	-	-	1.57	-	110.1	5.4%
T4	KD+217	KD+250	257.4	-	-	-	0.12	0.409	0.32	-	0.46	1.32	2.6	0.1%
T5	KD+250	KD+282	249.6	36.60	52.15	-	-	0.360	-	-	0.63	0.07	89.8	4.4%
T6	KD+282	KD+315	257.4	125	-	-	-	0.03	-	-	0.09	-	125.1	6.2%
T7	KD+315	KD+347	249.6	42.50	-	-	-	-	-	-	-	0.12	42.6	2.1%
T8	KD+347	KD+380	257.4	54.9	-	-	-	-	-	-	-	0.60	55.5	2.7%
Área total inspeccionada (m²)			2028	Área total afectada y % de afectación									487.50	24.04%
Área total afectada por severidad y por daño (m ²)				389.73	75.31	0.00	0.17	1.56	0.32	0.00	7.58	12.83		
Área total afectada por daño (m ²)				465.04			2.05			20.41				
Peso del daño dentro del área inspeccionada según severidad (%)				19.22%	3.71%	0.00%	0.01%	0.08%	0.02%	0.00%	0.37%	0.63%		
Peso total del daño dentro del área inspeccionada (%)				22.93%			0.10%			1.01%				

Fuente: Propio, 2020

Con la información obtenida de la tabla anterior, se realizó la gráfica de área de afectación de cada tramo.

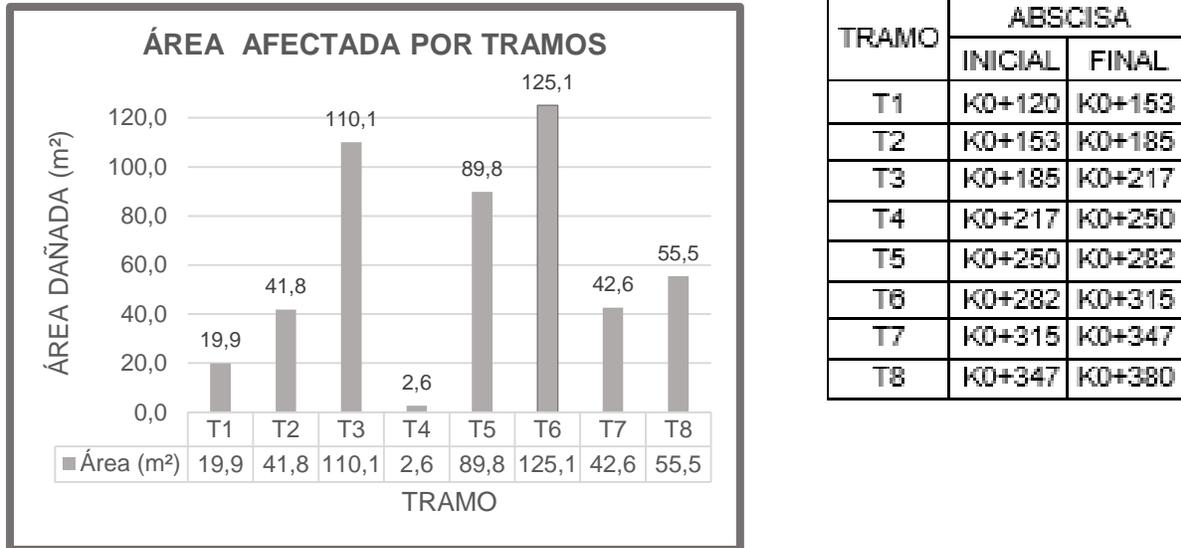


Figura 8.3. Área afectada en tramos por daños no superficiales
Fuente: Propia, 2020

Igualmente se realizan tres gráficas de los daños agrupados según su nivel de severidad (bajo, medio y alto), en estas gráficas se puede observar las áreas afectadas por tipo de daño con su respectivo porcentaje de afectación respecto al área total inspeccionada.

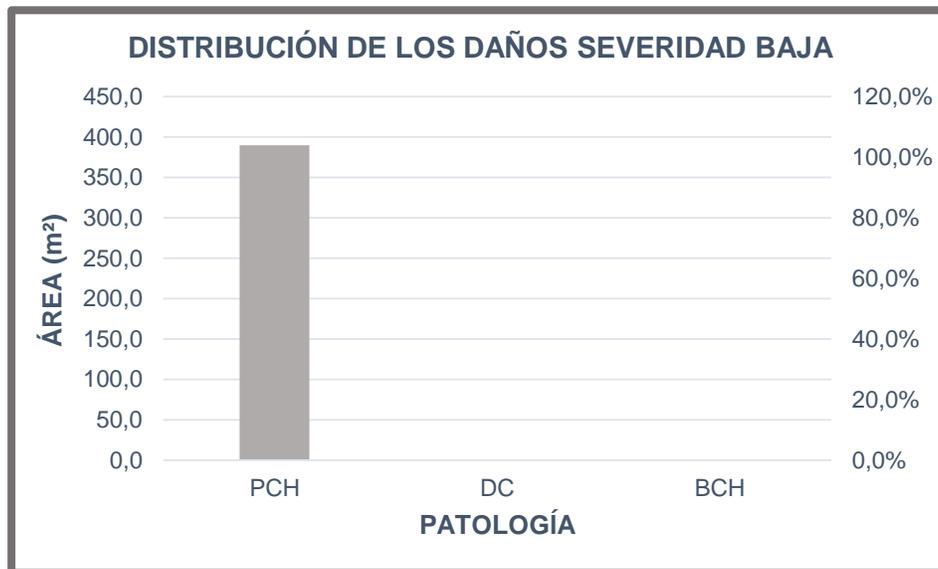


Figura 8.4. Distribución por tipo de daños de severidad baja
Fuente: Propia, 2020

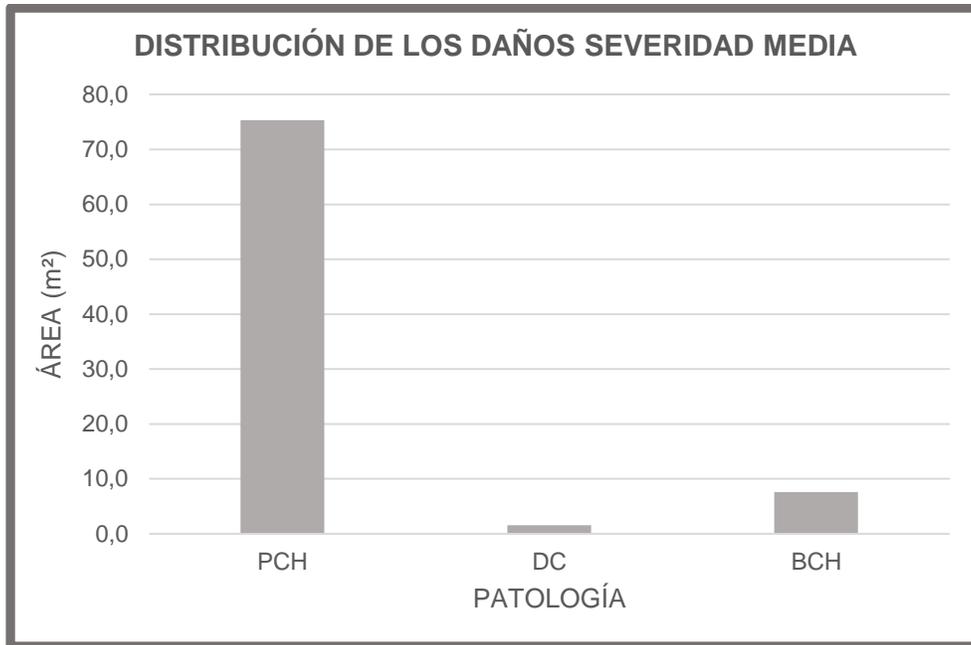


Figura 8.5. Distribución por tipo de daños de severidad media
Fuente: Propia, 2020

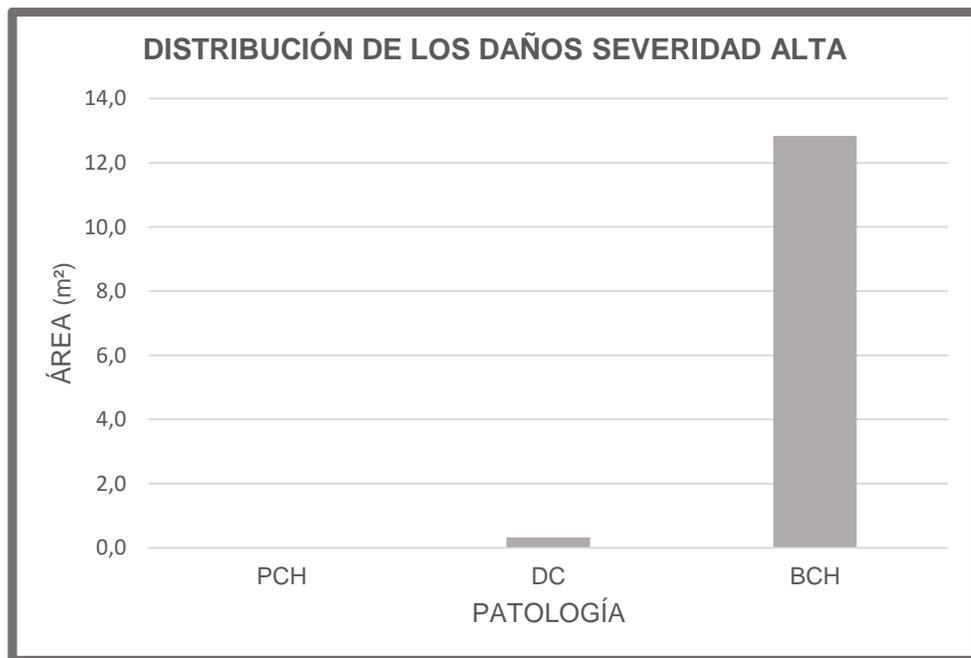


Figura 8.6. Distribución por tipo de daños de severidad alta
Fuente: Propia, 2020

En el análisis de daños superficiales, se graficó el porcentaje de área afectada en cada tramo.

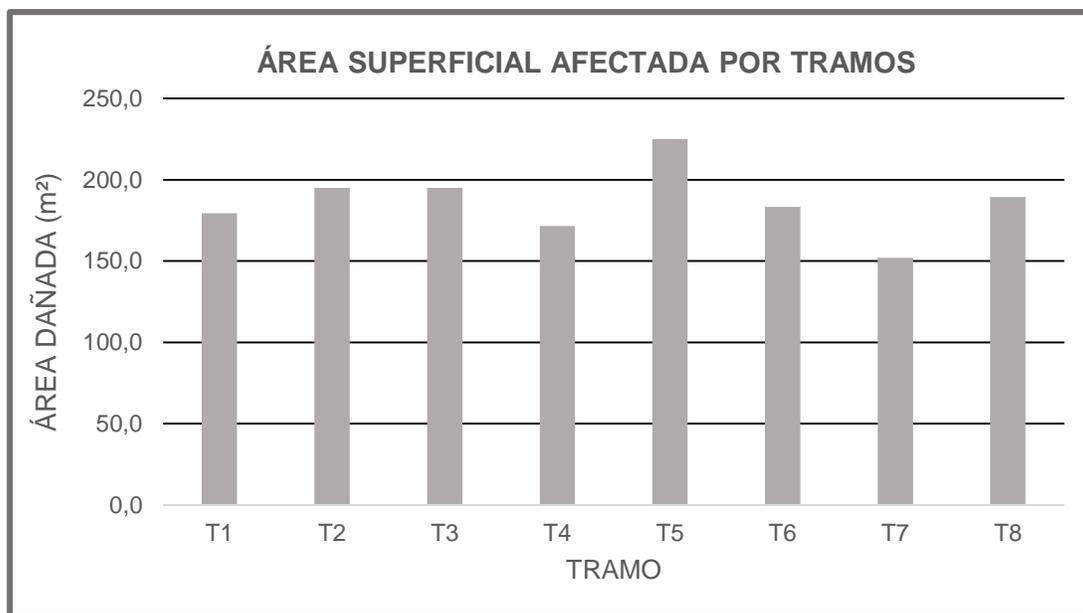


Figura 8.7. Área afectada por daños superficiales
Fuente: Propia, 2020

8.3.2. Análisis de daños del pavimento rígido

Tabla 8.6. Identificación general del tramo identificado como pavimento rígido

Nombre de la vía	Carrera 40 entre las calles 44 - 49
Longitud de zona de estudio	333 m
Abscisa inicial	K0+000
Abscisa final	K0+333
Área total inspeccionada	2331
Área total afectada	2331

Fuente: Propia, 2020

El área inspeccionada que se muestra en la tabla anterior se calculó multiplicando el ancho de calzada por la longitud de cada vía con pavimento rígido, conocidas las dimensiones de la losa y el total de losas afectadas se determinó el área total afectada de cada vía.

La siguiente tabla y figura, muestra el porcentaje de losas que presentan deterioros con relación al total de losas de cada tramo de las vías inspeccionadas.

Tabla 8.7. Porcentaje de losas que presentan deterioros

Tramo	PR Inicial	PR Final	No. Placas construidas	Total, placas afectadas	% Placas afectadas vs total construidas en el tramo	% Placas afectadas vs total placas construidas
T1	K0+000	K0+111	60	40	67%	25.16%
T2	K0+111	K0+222	44	38	86%	23.90%
T3	K0+222	K0+333	55	48	87%	30.19%

Fuente: Propia, 2020

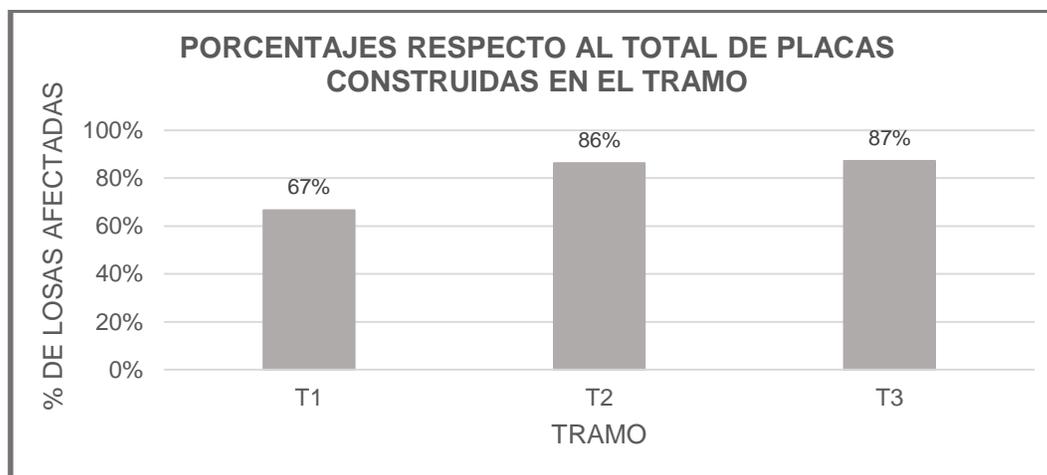


Figura 8.8. Porcentaje de losas afectadas respecto al total de losas por tramo
Fuente: Propia, 2020

A continuación, se presenta el resumen de daños encontrados en las placas por tramos, indicando la abscisa inicial, el número de losas afectadas y el grado de severidad encontrado.

Tabla 8.8. Patologías encontradas Tramo 1 -PR inicial K0+000

DETERIORO	No. DE LOSAS AFECTADAS	SEVERIDAD
PCHA	2	B
DPL	1	B
DST	2	B
SJT	3	M
PCHA	5	M
EJL	1	M
GL	1	M
DPT	2	M

DST	2	M
GE	1	M
SJL	1	A
EJT	1	A
GL	1	A
DST	7	A
GB	11	A
GE	4	A

Fuente: Propia, 2020

Tabla 8.9. Patologías encontradas Tramo 2 - PR inicial K0+111

DETERIORO	No. DE LOSAS AFECTADAS	SEVERIDAD
PCHA	5	B
SJT	1	M
PCHA	5	M
GL	1	M
DST	3	M
GE	1	M
PCHA	2	A
GL	2	A
BCH	1	A
GB	26	A
GE	3	A

Fuente: Propia, 2020

Tabla 8.10. Patologías encontradas Tramo 2 - PR inicial K0+222

DETERIORO	No. DE LOSAS AFECTADAS	SEVERIDAD
GL	1	B
PCHC	1	M

GL	2	M
DPT	1	M
GE	1	M
PCHC	1	A
GL	4	A
BCH	1	A
DST	2	A
GB	33	A
GE	3	A

Fuente: Propia, 2020

Por último, se presenta en una gráfica, el porcentaje de placas afectadas por tramo según el grado de severidad observado.

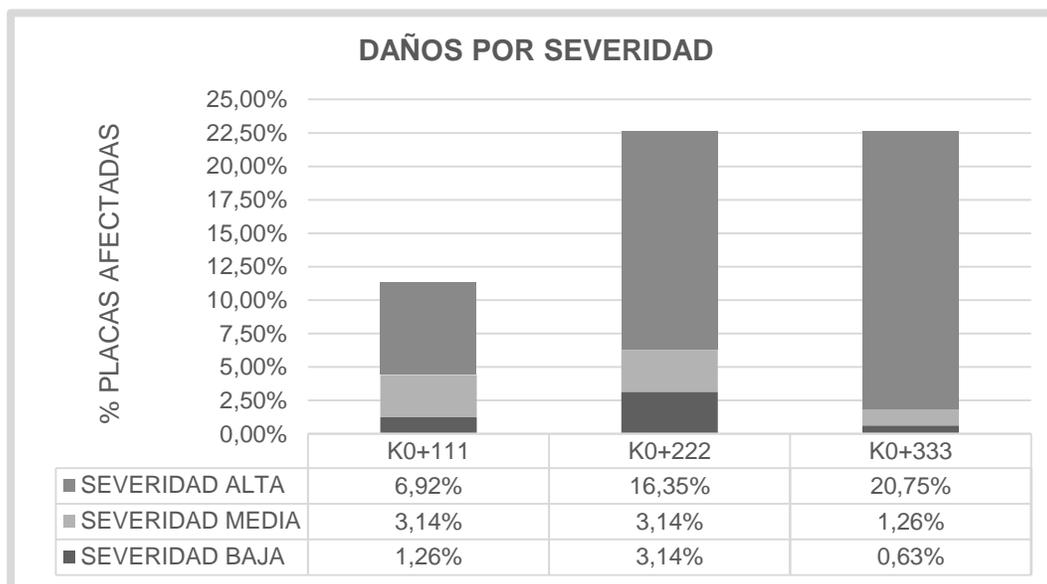


Figura 8.9. Porcentaje de placas afectadas según grado de severidad
Fuente: Propia, 2020

8.4. ETAPA 4. PLAN DE MANTENIMIENTO

En esta etapa de investigación se propuso un plan de mantenimiento para las fallas predominantes encontradas con niveles de severidad entre medio y alto. Dadas las condiciones del proyecto de investigación, el plan a referenciar es de conservación y explotación, el cual debe incorporar acciones de inspección, de mejora realizadas

a la obra, acciones y/o estrategias de mantenimiento preventivo que aseguren la vida útil de la obra [14].

A continuación, se presenta el plan de mantenimiento para la calle 12 entre las carreras 44^a-47, carrera 40 entre las calles 44-49 y Carrera 45 entre las calles 7b-11 (pavimentos flexibles) y un plan de mantenimiento para la Calle 7B entre CRA 41-47, CRA 40 entre 44-49, Calle 12 entre CRA 44-47 y CRA 45 entre calle 7-11, correspondientes a pavimentos rígidos. Anexo D

Tabla 8.11. Plan de mantenimiento para pavimento rígido

SEPARACION DE JUNTAS (SJ)	
DESCRIPCIÓN	POSIBLES CAUSAS
Abertura en la junta longitudinal del pavimento	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Contracción o expansión diferencial de losas debido a la ausencia de barras de anclaje entre carriles adyacentes. ❖ Desplazamiento lateral de las losas motivado por un asentamiento diferencial de la subrasante. ❖ Ausencia de bermas. ❖ Asentamiento diferencial de la subrasante
ZONAS AFECTADAS	
CALLE 7B entre CRA 41-47	CRA 45 entre CALLE 7-11
	
TRAMO: T1,T2,T3,T4 y T5	TRAMO: T1 y T2
SOLUCIÓN	
SELLADO DE JUNTAS EN PAVIMENTO RÍGIDO	
<ul style="list-style-type: none"> ❖ Realizar limpieza del material suelto del área que va a hacer sellada. ❖ Limpiar las paredes de las juntas, utilizando compresor o bombas de alta presión. ❖ Secar la junta, utilizando un compresor de aire. ❖ Colocar cordón de respaldo, si es necesario en la longitud afectada. Este cordón deberá ser de espuma de polietileno extruida de celda cerrada y de diámetro aproximadamente 25% mayor que el ancho de la caja de la junta. ❖ Aplicar el sello en la longitud afectada, el cual se podrá aplicar en frío (silicona) o en caliente (materiales asfálticos). El tipo de silicona a aplicar deberá ser el estipulado en la tabla 500.7 del artículo INV.-E 500.07 de las especificaciones generales de la construcción de carreteras 2007 del INVIAS. 	
PARCHES (PCH)	
DESCRIPCIÓN	POSIBLES CAUSAS
Área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado, ya sea con un material similar o eventualmente diferente,	<ul style="list-style-type: none"> ❖ En parches asfálticos, la capacidad estructural del parche es insuficiente o se practicó un deficiente proceso constructivo. ❖ En parches de concreto en pequeñas dimensiones, la retracción por fraguado puede separar el parche del concreto antiguo.

para reparar el pavimento existente, también un parcheo por reparación de servicios públicos.	❖ En el caso de parches de concreto, si hubo remplazo de por lo menos la mitad de la losa de concreto, el traspaso de carga entre el parche y la losa es insuficiente por falta de dovelas o barras de amarre y/o por defectos de procesos
---	--

ZONAS AFECTADAS

Calle 7B entre CRA 41-47	CRA 40 entre 44-49	Calle 12 entre CRA 44-47	CRA 45 entre calle 7-11
			
TRAMO: T1, T2, T3, T4 y T5	TRAMO: T2 y T3	TRAMO: T1, T2, T4, T5, T6 y T7	TRAMO: T2 y T5

SOLUCIÓN

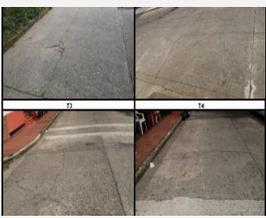
REEMPLAZO DE LOSAS

- ❖ Reemplazo de losas
- ❖ Demoler la losa manual o mecánicamente.
- ❖ Retirar los bloques de la losa fracturada.
- ❖ Reconformación y compactación de la sub-base, luego se realiza una limpieza de las caras adyacentes de las losas expuestas con el fin de eliminar cualquier residuo suelto.
- ❖ Se funde el concreto con la misma resistencia y espesor de las losas existentes.

GRIETAS EN BLOQUE (GB)

DESCRIPCIÓN	POSIBLES CAUSAS
Grietas que aparecen por la unión de grietas longitudinales y transversales formando bloques a lo largo de la placa. También comprenden las grietas en Y	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Asentamiento de la base o la sub-rasante. ❖ Falta de apoyo en la losa originado por la erosión. ❖ Alabeo térmico. ❖ Losa de ancho existente. ❖ Carencia de junta. ❖ Mal posicionamiento de las dovelas y/o barras de anclaje. ❖ Aserrado tardío de la junta. ❖ Contracción del concreto

ZONAS AFECTADAS

Calle 7B entre CRA 41-47	CRA 40 entre 44-49	Calle 12 entre CRA 44-47	CRA 45 entre calle 7-11
			
TRAMO: T1, T2, T3, T4 Y T5	TRAMO: T1, T2 y T3	TRAMO: T1, T2, T3, T5, T6, T7	TRAMO: T1, T2, T3 y T4

SOLUCIÓN

REEMPLAZO DE LOSAS	
<ul style="list-style-type: none"> ❖ Demoler la losa manual o mecánicamente. ❖ Retirar los bloques de la losa fracturada. ❖ Reconformación y compactación de la sub-base, luego se realiza una limpieza de las caras adyacentes de las losas expuestas con el fin de eliminar cualquier residuo suelto. ❖ Se funde el concreto con la misma resistencia y espesor de las losas existentes. 	
DETERIORO DEL SELLO (DS)	
DESCRIPCIÓN	POSIBLES CAUSAS
Desprendimiento o rompimiento del sello de las juntas longitudinales o transversales, que permiten la entrada de material incompresible o infiltración de agua superficial.	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Endurecimiento del sello. ❖ Pérdida de adherencia entre el sello y la placa. ❖ Pérdida de sello. ❖ Extrusión del material del sello. ❖ Incrustación de material incompresible. ❖ Crecimiento de la vegetación
ZONAS AFECTADAS	
Calle 7B entre CRA 41-47	CRA 45 entre calle 7-11
	
TRAMO: T1 y T4	TRAMO: T1 y T3
POSIBLES CAUSAS	
<ul style="list-style-type: none"> ❖ Endurecimiento del sello. ❖ Pérdida de adherencia entre el sello y la placa. ❖ Pérdida de sello. ❖ Extrusión del material del sello. ❖ Incrustación de material incompresible. ❖ Crecimiento de la vegetación 	
SOLUCIÓN	
SELLADO DE JUNTAS EN PAVIMENTO RÍGIDO	
<ul style="list-style-type: none"> ❖ Realizar limpieza del material suelto del área que va a hacer sellada. ❖ Limpiar las paredes de las juntas, utilizando compresor o bombas de alta presión. ❖ Secar la junta, utilizando un compresor de aire. ❖ Colocar cordón de respaldo, si es necesario en la longitud afectada. Este cordón deberá ser de espuma de polietileno extruida de celda cerrada y de diámetro aproximadamente 25% mayor que el ancho de la caja de la junta. ❖ Aplicar el sello en la longitud afectada, el cual se podrá aplicar en frío (silicona) o en caliente (materiales asfálticos). El tipo de silicona a aplicar deberá ser el estipulado en la tabla 500.7 del artículo INV.-E 500.07 de las especificaciones generales de la construcción de carreteras 2007 del INVIAS. 	
GRIETAS LONGITUDINALES (GL), TRANSVERSAL (GT), GRIETAS DE ESQUINA (GE)	

DESCRIPCIÓN		POSIBLES CAUSAS	
<p>(GL) Grietas predominantemente paralelas al eje de la calzada o que se extienden desde una junta transversal hasta el borde la losa.</p> <p>(GE) Bloque de forma triangular en la losa, se presenta al interceptar las juntas transversales y longitudinales, describiendo un ángulo mayor a 45°, con respecto a la dirección del tránsito.</p>		<ul style="list-style-type: none"> ❖ Asentamiento de la base o la sub-rasante. ❖ Falta de apoyo en la losa originado por la erosión. ❖ Alabeo térmico. ❖ Losa de ancho existente. ❖ Carencia de junta. ❖ Mal posicionamiento de las dovelas y/o barras de anclaje. ❖ Aserrado tardío de la junta. ❖ Contracción del concreto 	
ZONAS AFECTADAS			
Calle 7B entre CRA 41-47	CRA 40 entre 44-49	Calle 12 entre CRA 44-47	CRA 45 entre calle 7-11
(GL) y (GT)	(GL) y (GT)	(GE), (GL) y (GT)	(GL)
			
TRAMO: T2, T4 y T5	TRAMO: T1, T2 y T3	TRAMO: T1-T2-T3 -T4 -T5 -T6-T7	TRAMO: T1 y T2
SOLUCIÓN			
SELLADO DE GRIETAS			
<ul style="list-style-type: none"> ❖ Limpieza energética con aire comprimido para remover partículas de polvo, materiales sueltos etc.; que puedan impedir la adhesión del producto sellante. ❖ Se realiza un corte con una cortadora o pulidora utilizando una hoja de diámetro máximo de 200 mm y garantizar un ancho de 6 mm a lo largo de la grieta. ❖ Desprender el material suelto con un chorro de aire comprimido mediante el uso de un compresor. ❖ Sellar las grietas aplicando ligante asfáltico o sellantes industriales flexibles. ❖ Recoger el material suelto y eliminar sobrantes de material 			
BACHES (BCH)			
DESCRIPCIÓN		POSIBLES CAUSAS	
Desintegración de la losa de concreto y la remoción en una cierta área, formando una cavidad de bordes irregulares que incluso puede dejar expuesto el material de base.		<ul style="list-style-type: none"> ❖ Asentamiento de la base o la sub-rasante. ❖ Falta de apoyo en la losa originado por la erosión. ❖ Alabeo térmico. ❖ Losa de ancho existente. ❖ Carencia de junta. ❖ Mal posicionamiento de las dovelas y/o barras de anclaje. ❖ Aserrado tardío de la junta. ❖ Contracción del concreto 	
ZONAS AFECTADAS			
CRA 40 entre 44-49		CRA 45 entre calle 7-11	

		
TRAMO: T2 y T3		TRAMO: T2 y T3
SOLUCIÓN		
PARCHEO EN PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO		
<ul style="list-style-type: none"> ❖ Determinar los límites de la zona que se va a reparar, los límites del área a reparar se debe extender entre 8 cm a 10 cm más. ❖ Delimitar las áreas a reparar, definiendo áreas cuadradas o rectangulares. ❖ Retirar el concreto suelto o desprendido, realizar el corte en el área delimitada, el corte debe ser tener una profundidad mínima de 4 cm y máxima del espesor de la losa. ❖ Limpiar las caras expuestas del concreto, con un chorro de arena a presión. ❖ Compactar el fondo de la excavación en un espesor mínimo de 15 cm seguido aplicar el riego de liga. ❖ Colocar la mezcla asfáltica. ❖ Compactar la mezcla y asegurar que la mezcla compactada quede a nivel con la superficie circundante. 		
ESCALONAMIENTO DE JUNTAS (EJ)		
DESCRIPCIÓN	Calle 10	POSIBLES CAUSAS
Falla provocada por el tránsito que corresponde a un desnivel de la losa en su junta con respecto a una losa vecina.		<ul style="list-style-type: none"> ❖ Deficiencia en el traspaso de cargas entre las losas o trozos de losas. ❖ Erosión de la base en las inmediaciones de la junta o grieta. ❖ Asentamiento diferencial de la sub-base o sub-rasante. ❖ Falta de capacidad de soporte de la sub-rasante.
	TRAMO: T6	
SOLUCIÓN		
REPARACIÓN DE LOSA Y/O CONSTRUCCIÓN DE LOSAS DE MENOR TAMAÑO		
<ul style="list-style-type: none"> ❖ Recortar las losas existentes entre 0,5 a 1,0 m según sea necesario mediante una maquina cortadora. ❖ Retirar el trozo afectado de losa de todas las losas afectadas y limpiar su superficie. ❖ Restaurar las capas subyacentes a la losa de concreto. ❖ Realizar su adecuado refuerzo con el fin de fundir el concreto. ❖ Dilatar las juntas con el fin de evitar transferencias. 		
MANTENIMIENTO ALTERNATIVO		

TÉCNICA (RUBBLIZING)

Esta técnica consiste principalmente en la pulverización del material de concreto en fragmentos pequeños (10-20 cm), destruyendo por completo la losa, esta técnica se puede implementar en cualquier tipo de pavimento rígido (con o sin traspaso de carga). La capa triturada y/o pulverizada pasa a formar parte de la base que antecede la carpeta asfáltica, restituyendo las propiedades funcionales y estructurales del pavimento. Fuente especificada no válida.



Fuente: Elaboración propia, 2020

De forma similar se diseña el plan de mantenimiento para pavimentos flexibles.

9. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con base a la inspección visual propuesta por INVIAS, se realizó el registro y análisis de daños que se consideraron en la propuesta de mantenimiento de los pavimentos de las vías seleccionadas; de donde se resaltan los siguientes resultados:

- De las cinco (5) vías inspeccionadas (2153m); dos presentan pavimento rígido en su totalidad, la calle 7b entre la carrera 41-47 (500 m) y la calle 10 entre la carrera 39-49 (650 m) de la Esperanza. Una, pavimento flexible exclusivamente; calle 12 entre la carrera 44-47 (380 m) y las dos restantes presentan los dos tipos de pavimentos, así: la carrera 40 entre calles 44-49 de La Esmeralda (173 m de pavimento rígido y 160 m de flexible), y la carrera 45 entre las calles 7-11 (170 m de pavimento rígido y 120 m del flexible).
- **Calle 7b entre las carreras 41 - 47b:** Esta calle presenta un pavimento totalmente rígido. Con el registro y procesamiento de los daños se puede evidenciar que, de las 204 placas construidas, 189 están afectadas por algún tipo de daño de severidad media o alta, representando un 92.6% de afectación, por tal motivo se puede deducir que esta vía necesita de una intervención inmediata para mejorar su transitabilidad. Los daños más frecuentes que se encuentran en las losas con severidad alta son los daños en las juntas (deterioro del sello, separación de juntas y desportillamiento) que representan el 34,3% y la mayor incomodidad para los usuarios que transitan por esta vía. Y, en segundo lugar, con severidad media las grietas en bloque (24.1%).



Figura 9.1. Daños Calle 7b entre las carreras 41 - 47b

Fuente: Propia, 2020

- **Calle 10 entre las carreras 39 – 47e:** Con la inspección del pavimento rígido, se evidencia que el 94% de las placas construidas en esta calle están afectadas por algún tipo de daño de severidad alta o media, por lo tanto, se puede inferir que este pavimento necesita de una intervención vial inmediata, en donde la falla más común de severidad alta son las grietas en bloque con un 17,6%, seguido de la separación de juntas con un 16,32%. Es de resaltar que esta vía presenta en su totalidad de tramos valores altos de porcentajes de placas afectadas respecto losas construidas; de los siete tramos, los tramos 5 y 7, presentan daños de severidad alto y medio en todas sus losas construidas, mientras que el tramo 3 es el menos afectado presentando un el menos afectado solo un 81%.



Figura 9.2. Daños Calle 10 entre las carreras 39 – 47e
Fuente: Propia, 2020

- **Calle 12 entre las carreras 44^a – 47^a:** La calle 12 cuenta con un pavimento totalmente flexible, fue dividida en 8 tramos. En donde el tramo más afectado es el número cinco, con un área total de afectación de 225 m², seguido de los tramos dos y tres con un total de afectación de 195 m² cada uno y del tramo ocho con 184,32 m², luego se puede observar que el tramo menos afectado es el número siete con un área total de afectación de 152,1 m². De igual forma, se puede evidenciar que el daño más frecuente que se presenta de severidad alta son los baches .y severidad baja y media en el pavimento son los parches.



Figura 9.3. Daños Calle 12 entre las carreras 44^a – 47^a
Fuente: Propia, 2020

- **Carrera 40 entre las calles 44 – 49 barrios La Esmeralda:** En esta vía, se evidencia los dos tipos de pavimento; rígido, con una extensión de 173m y pavimento flexible de 160m para un total de 333m.

El registro y procesamiento de los datos obtenidos por la inspección visual para pavimentos rígidos propuesto por el INVIAS, indica que, de 159 losas construidas, 126 presentan algún tipo de afectación (79%), por lo tanto, se puede afirmar que el pavimento rígido se encuentra en un estado de deterioro avanzando; en donde 93 losas (58,49%) presentan un solo tipo de daños “grietas” con un nivel de severidad alto y medio, convirtiéndose en el daño observado más frecuente. Y, además, el 38% se presenta en el tramo número tres (T3), con 48 losas afectadas, seguido del primer tramo (T1), con un 31% afectando 40 losas y, por último, el segundo tramo (T2), con 38 losas de concreto rígido afectadas.

En cuanto al pavimento flexible se pudo observar que el segundo tramo (T2), es el más afectado, con un área de afectación es de 29,7 m², mientras que el primer tramo (T1), es de 27,2 m²; en ambos casos, el daño más severo que se presenta en el pavimento, son los baches, aunque su área de afectación no sea la mayor. La falla que presenta mayor área de afectación son las fisuras en bloque con un

área total de 17,5 m². De igual manera se puede evidenciar que el total de área afectada por los diversos tipos de daños que se presentan en este pavimento de severidad alta y media es de 56,5 m²



Figura 9.4. Carrera 40 entre las calles 44 – 49
Fuente: Propia, 2020

- **Carrera 45a entre las calles 7b – 11:** En esta vía, se evidencian dos tipos; pavimento rígido 170m y pavimento flexible 120m para una longitud total de 290m.

La inspección visual para pavimentos rígidos indica que el 75% de placas construidas en esta calle han sido afectados por algún tipo de daño con severidad media o alta, de igual manera, se puede evidenciar que las losas del tramo dos (T2), se encuentran afectadas en su totalidad por algún tipo de daño de severidad alta o media, siendo las grietas en bloque las más frecuentes que se encuentra, con un porcentaje de afectación del 42% de las losas construidas en el tramo; las grietas en bloque es el daño que se presenta con mayor frecuencia en toda la vía afectando un 29,5% de las placas construidas en toda la calle.

En cuanto al pavimento flexible, presenta algún tipo de daño de severidad media y alta en toda su extensión, siendo el primer tramo (T1), el más afectado, con un porcentaje de afectación del 3.45%. Los parches son la falla más frecuente que se encuentran en la carpeta de rodadura, los cuales presentan una severidad media, el daño más severo que presenta la estructura del pavimento son los baches ya que presentan una gran incomodidad para los conductores.



Figura 9.5. Carrera 45a entre las calles 7b – 11
Fuente: Propia, 2020

- Por último, el plan de mantenimiento se sugirió únicamente para los daños con niveles de severidad alto y medio para cada una de las vías seleccionadas; teniendo en cuenta tipo de daño observado, zona o tramo afectado, posibles causas y soluciones de mantenimiento. De aquí, se determinó que para el caso de los pavimentos rígidos las fallas más predominantes fueron los parches y las grietas; mientras que el menos frecuente, fue el escalonamiento de juntas, así mismo se sugirió como mantenimiento alternativo la técnica de Rubblizing; y en el caso de los pavimentos flexibles, las fallas más predominantes fueron las fisuras y los baches y como mantenimiento alternativo se sugirió la técnica de Blacktopping.

10.RESULTADOS E IMPACTOS

Los productos obtenidos con el desarrollo del presente trabajo responden a los propuestos inicialmente: Definir el tipo de fallas, determinar el porcentaje de daños e identificar el plan de mantenimiento adecuado; sin embargo, hay que resaltar que este último se desarrolló únicamente para los daños que presentaron un nivel de severidad media y alta de cada una de las vías inspeccionadas. A continuación, se detalla los productos e impactos del proyecto.

Tabla 10.1. Resultados obtenidos

RESULTADO	INDICADOR	OBJETIVO RELACIONADO
Levantamiento de daños	Diligenciamiento de los formatos para pavimentos rígidos y flexibles. Anexo A y B	Determinar los tipos de fallas que se presentan en la estructura de pavimento de las zonas de estudio.
Cuantificación de fallas	Hoja de cálculo para el proceso y análisis de datos. Anexo C	Calcular los porcentajes de daño que presenta la capa de rodadura, teniendo en cuenta el tipo de daño.
Identificación de mantenimiento para cada una de las vías	Ficha técnica de los mantenimientos	Definir el tipo de mantenimiento adecuado para el mejoramiento de cada una de las calles seleccionadas.
Plan de mantenimiento	Ficha técnica de los mantenimientos. Anexo D	Proponer un plan de mantenimiento para estructuras de pavimento mediante la inspección visual de daños propuesto por el INVIAS en 5 vías de la ciudad de Villavicencio-Meta.

Fuente: Propia, 2020

De acuerdo con los resultados mostrados en la tabla anterior, se pueden considerar los siguientes impactos del proyecto.

Tabla 10.2. Impactos

ASPECTO	IMPACTO	PLAZO
Social	Motivación de los habitantes de la zona para solicitar la implementación de planes de mantenimiento elaborados en el proyecto para mejorar sus vías e indirectamente su calidad de vida.	Largo plazo
Económico	Disminución de costos en el mantenimiento, al presentar un informe de daños y el plan de mantenimiento adecuado para cada una de las vías seleccionadas.	Mediano plazo
Técnico-académico	Implementación de los conocimientos teóricos adquiridos en la universidad para solucionar un problema real. Experiencia en el área de patologías	Corto plazo

Fuente: Elaboración propia, 2020

11. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

11.1. CONCLUSIONES

Según el Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad de Villavicencio las calles inspeccionadas son consideradas arteriales y colectoras, y aunque jueguen un papel importante en la distribución y canalización del tránsito, no han sido prioridad para los entes gubernamentales; durante el recorrido e inspección realizadas a la carrera 40 entre las calles 44 y 49 Barrio la Esmeralda, la calle 12 entre las carreras 44a y 47a, la calle 7b entre las carreras 41 – 47b, la carrera 45a entre las calles 7b – 11 y la calle 10 entre la carrera 39 – 47e del barrio La Esperanza se pudo evidenciar que se encuentran en un estado de deterioro avanzado, ya sea por su antigüedad, por el tránsito, por los factores climatológicos o por la falta de un mantenimiento preventivo y periódico.

Mediante la inspección visual realizada en el presente estudio se pudo determinar que de los 2033 m analizados, 1526 m están constituidos por estructuras en concreto y 660 con carpeta de rodadura asfáltica, por lo cual se analizaron como pavimento rígido y pavimento flexible; además, se identificó que los daños más frecuentes presentados por el pavimento rígido son los parches y las grietas y los menos frecuentes el escalonamiento de juntas; mientras que en el pavimento flexible las fallas que presentan mayor frecuencia son los baches, fisuras y descascaramientos.

Este trabajo además de caracterizar las vías seleccionadas, determinó las patologías y daños encontrados, cuantificando el porcentaje de daños y finalmente analizó esta información para determinar el estado actual de las vías y mantenimiento adecuado necesario para cada una de ellas, determinando que:

- Las vías, calle 10 entre la carrera 39 – 47e y la calle 7b entre las carreras 41– 47b del barrio La Esperanza, presentan un porcentaje de afectación de 94% y 92.3%, respectivamente, lo que indica que presentan un nivel de deterioro y requieren una intervención inmediata por parte de los entes gubernamentales.
- La carrera 40 entre las calles 44 y 49 Barrio la Esmeralda y la carrera 45a entre las calles 7b – 11 Barrio de la Esperanza, presentan un porcentaje de afectación del 79% y 75%, respectivamente, que indica un deterioro alto en sus estructuras, por tal motivo se puede sugerir una intervención inmediata, con el fin de evitar que los daños evolucionen y se conviertan en un obstáculo total para los vehículos que circulan por esta vía; y por último,
- La calle 12 entre las carreras 44a y 47^a, ha sido afectada casi en su totalidad (95.39%) por parches con nivel de severidad bajo y medio y en un nivel alto por baches, requiriendo una intervención inmediata ya que ocasionan incomodidad al conducir y desgaste prematuro en automóviles.

Es evidente que estas vías requieren inicialmente un mantenimiento correctivo para reparar los daños detectados y luego mantenimientos rutinarios que garanticen la seguridad, comodidad y prolongación de su vida útil.

Para finalizar, se elaboró un plan de mantenimiento de conservación y explotación, para las fallas predominantes con niveles de severidad alto y medio, mostrando zona afectada, imágenes correspondientes, definición, causas y solución posible, como también el mantenimiento alternativo sugerido para cada uno de los pavimentos.

11.2. TRABAJOS FUTUROS

Con el diagnóstico visual realizado en el presente trabajo de estudio, es recomendable hacer un diagnóstico de las estructuras de pavimento que se encuentran en la vía para determinar si las capas se encuentran con los espesores y materiales adecuados y así dar una solución más efectiva a los daños presentados en la carpeta de rodadura de las 5 vías.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Rivera, «Red Vial,» 5 Diciembre 2015. [En línea]. Available: <http://udep.edu.pe/hoy/2015/la-red-vial-es-imprescindible-para-el-desarrollo-y-crecimiento-de-un-pais/>.
- [2] R. PDM, «No hay calles para tanto carro en Villavicencio,» 2 Agosto 2018. [En línea]. Available: <https://periodicodelmeta.com/no-hay-calle-para-tanto-carro-en-villavicencio/>.
- [3] Alcaldía Villavicencio, «Proceso de transformación vial de Villavicencioliderado por la alcaldía comenzó en el 2018,» 14 Julio 2019. [En línea]. Available: <http://www.villavicencio.gov.co/NuestraAlcaldia/SalaDePrensa/Paginas/Proceso-de-transformaci%C3%B3n-vial-de-Villavicencio-liderado-por-la-Alcald%C3%ADa-comenz%C3%B3-en-el-2018.aspx>.
- [4] Alcaldía Villavicencio, «Boletines estamos haciendo,» 8 -13 Julio 2019. [En línea]. Available: <http://www.villavicencio.gov.co/Documents/BOLETINESTAMOSHACIENDO.pdf>.
- [5] J. Todf, «Oficina del alto comisionado de Derechos Humanos,» 7 Marzo 2018. [En línea]. Available: https://www.standup4humanrights.org/es/highlights_14.html.
- [6] R. Semana, «¿Cómo están las vías internas del Meta?,» 30 septiembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.semana.com/contenidos-editoriales/meta-aqui-estamos/articulo/estas-son-las-vias-y-proyectos-en-los-que-se-ha-invertido-en-villavicencio/634051>.
- [7] C. Camacho Marín, «Las principales razones por las que se rompen frecuentemente las calles en Bogotá,» 29 Agosto 2008. [En línea]. Available: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-4489577>.
- [8] U. N. INVIAS, «Definición de los tipos de daños en pavimentos flexibles,» 2006. [En línea]. Available: <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/manuales-de-inspeccion-de-obras/974-manual-para-la-inspeccion-visual-de-pavimentos-flexibles/file>.
- [9] U. N. INVIAS, «Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles,» 2006. [En línea]. Available: <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/manuales-de-inspeccion-de-obras/974-manual-para-la-inspeccion-visual-de-pavimentos-flexibles/file>.
- [10] INVIAS, «Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles.,» 2006. [En línea]. Available: <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/manuales-de-inspeccion-de-obras/974-manual-para-la-inspeccion-visual-de-pavimentos-flexibles/file>. [Último acceso: 11 Agosto 2019].
- [11] U. N. INVIAS, «Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles,» 2006. [En línea]. Available: <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y>

- documentos/documentos-tecnicos/manuales-de-inspeccion-de-obras/974-manual-para-la-inspeccion-visual-de-pavimentos-flexibles/file.
- [12] INVIAS, «Manual para a inspección visual de pavimento rígido,» 2006. [En línea]. Available: <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/manuales-de-inspeccion-de-obras/664-manual-para-la-inspeccion-visual-de-pavimentos-rigidos/file>.
- [13] I.-. MINTRANSPORTE, «Manual de mantenimiento de carreteras,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/7714-manual-de-mantenimiento-de-carreteras-2016-v2>.
- [14] A. A. D. R. Brito, «Diseño de un plan de mantenimiento para infraestructuras viales en la República Dominicana.,» 2017. [En línea]. Available: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/103062/TFM%20ALVIN%20DE%20ROSARIO%20BRITO.pdf?sequence=1>.
- [15] F. A. R. L. Hugo Alexander Rondón Quintana, «Introducción,» de *Pavimentos: Materiales, construcción y diseño*, Bogotá, MACRO EIRL, 2015, p. 26.
- [16] A. M. Fonseca, «Ingeniería para pavimentos de carreteras,» Bogotá, Universidad Católica de Colombia, 2002, pp. 1-10.
- [17] J. R. Menéndez, «Mantenimiento rutinario de caminos con Microempresas,» Lima, Oficina Internacional del Trabajo-OIT, 2003, pp. 4-5.
- [18] F. A. R. L. Huego Alexander Rondón Quintana, «Introducción,» de *Pavimentos: Materiales, construcción y diseño*, Bogotá, Macro EIRL, 2015, p. 27.
- [19] F. A. R. L. Huego Alexander Rondón Quintana, «Introducción,» de *Pavimentos: Materiales, construcción y diseño*, Bogotá, Macro EIRL, 2015, p. 28.
- [20] F. Ramirez, «Pavimento flexible y rígido,» 22 Noviembre 2012. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/nievesiita/pavimento-flexible-y-rigido>.
- [21] F. A. R. L. Huego Alexander Rondón Quintana, «Introducción,» de *Pavimentos: Materiales, construcción y diseño*, Bogotá, Marco EIRL, 2015, p. 31.
- [22] F. A. R. L. Huego Alexander Rondón Quintana, de *Pavimentos: Materiales, construcción y diseño*, Bogotá, Marco EIRL, 2015, p. 32.
- [23] ALCALDIA DE VILLAVICENCIO - META, «Galeria de mapas,» 14 DICIEMBRE 2019. [En línea]. Available: <http://www.villavicencio.gov.co/MiMunicipio/GaleriaDeMapas/Localizaci%C3%B3n%20de%20Villavicencio%20en%20el%20Meta.png>.
- [24] ALCALDIA DE VILLAVICENCIO - META, «Galeria de mapas,» 14 DICIEMBRE 2019. [En línea]. Available: <http://www.villavicencio.gov.co/MiMunicipio/GaleriaDeMapas>.
- [25] GOOGLE, «Loclización de vías de estudio,» 20 NOVIEMBRE 2019. [En línea]. Available: <https://earthmaps->

co.com/co/?k=google%20world&gclid=EAlalQobChMIhPCesbHw5wIVxZyzC
h3QMwiyEAAYASAAEgLdbfD_BwE.

ANEXOS

**ANEXO A. FORMATO DILIGENCIADO DE INSPECCIÓN VISUAL PARA EL
REGISTRO DE DATOS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, INVIAS**

**ANEXO B. FORMATO DILIGENCIADO DE INSPECCIÓN VISUAL PARA EL
REGISTRO DE DATOS DE PAVIMENTOS FLEXIBLES, INVIAS**

ANEXO C. HOJA DE CÁLCULO PARA EL PROCESO Y ANÁLISIS DE DATOS

ANEXO D. PLAN DE MANTENIMIENTO PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES DE LAS VÍAS: CALLE 10 ENTRE LA CARRERA 39 – 47E, LA CALLE 7B ENTRE LAS CARRERAS 41 – 47B, CALLE 12 ENTRE LAS CARRERAS 44^a – 47^a, CARRERA 45 ENTRE CALLES 7B – 11 DEL BARRIO LA ESPERANZA Y LA CARRERA 40 ENTRE LAS CALLES 44 Y 49 EN EL BARRIO LA ESMERALDA.