

**APLICACIÓN EN TEMÁTICAS DE INGENIERÍA CIVIL
DIAGNÓSTICO DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y
LAS OBRAS DE DRENAJE DE LA ANTIGUA VÍA VILLAVICENCIO –
RESTREPO (65MTE)**



Por:
Daniela Rojas Díaz
Andrés Felipe Espinosa Martínez



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

**APLICACIÓN EN TEMÁTICAS DE INGENIERÍA CIVIL
DIAGNÓSTICO DEL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y
LAS OBRAS DE DRENAJE DE LA ANTIGUA VÍA VILLAVICENCIO –
RESTREPO (65MTE)**



Por:
Daniela Rojas Diaz
Andrés Felipe Espinosa Martínez

Documento final presentado como opción de grado para optar al título profesional
de Ingeniero Civil

Aprobado por:
Ing. Erika Lorena Becerra Becerra, Esp.
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. Erika Lorena Becerra Becerra, Esp.
Director Trabajo de Grado

Villavicencio, 05 de noviembre de 2020

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedicamos primeramente a Dios, a la Virgen María y a Santo Tomás de Aquino, patrono de los estudiantes, quienes nos permitieron llegar a esta última etapa universitaria y de este modo, abrirnos camino como futuros Ingenieros Civiles. A nuestras madres, Concepción Díaz Cubides y Carmen Martínez Gutiérrez y a nuestros padres, Laurentino Rojas Rey y Luis Felipe Espinosa Fonseca, quienes a lo largo de nuestras vidas nos han brindado ese apoyo incondicionalmente y la fuerza para asumir el reto que hoy culminamos. Damos gracias, por no dejarnos desfallecer en cada uno de los retos que se nos han presentado en el camino, por sus consejos, amor, comprensión, esfuerzo y dedicación en cada una de nuestras etapas de nuestra formación como personas integrales y capaces de proponer soluciones acordes a las problemáticas planteadas por la sociedad.

AGRADECIMIENTOS

Damos gracias a Dios por darnos la fe y fortaleza para llegar hasta este punto de nuestras vidas, logrando los objetivos que día a día nos propusimos para cumplir la meta de ser grandes profesionales.

A nuestros padres les damos las gracias por ser nuestros pilares y nuestros ejemplos para seguir a lo largo de nuestras vidas, por enseñarnos a superar cada una de las barreras que se nos presentan en nuestro día a día y a nunca decaer; por su comprensión, apoyo y paciencia que nos han tenido durante estos años; por cada traspasada, lagrima, disgustos y alegrías que hemos pasado juntos como familia y por las que han de venir.

A la ingeniera Erika Lorena Becerra Becerra, nuestra directora de tesis le damos las gracias por brindarnos su conocimiento, su asesoría y apoyo incondicional durante las etapas de desarrollo del presente trabajo.

A la ingeniera Jessica María Ramírez Cuello, le queremos dar las gracias por su amabilidad, gentileza y bondad para con nosotros, brindándonos su apoyo durante el desarrollo del presente trabajo.

A nuestro compa y amigo Juan David Díaz Libreros, le queremos dar las gracias por su apoyo incondicional que permitió la culminación del presente proyecto, pues sin él un hubiéramos terminado.

A papita, Hernán Darío Espinosa Martínez, le agradecemos por su perseverancia, apoyo y compromiso en el desarrollo de nuestro trabajo de campo y por siempre estar al pendiente de lo que necesitábamos, pues gracias a ello, hoy hemos podido dar por terminado este trabajo.

A mi chomelita, Jacquelin Dayana Montaña Orduña, le agradecemos por su apoyo incondicional y su fe en pro del desarrollo y culminación de este proyecto.

Y, por último, le damos las gracias a Carlos Eduardo Espinosa Martínez y a Sebastián Espinosa Martínez, por su compromiso las labores de campo, brindándonos la seguridad y los esfuerzos necesarios para terminar las actividades de campo.

RESUMEN

La antigua vía Villavicencio – Restrepo (65MTE), juega un papel importante en el desarrollo económico, social y sostenible de la comunidad que reside en la vereda Vanguardia y del mismo modo, para los habitantes de la ciudad de Villavicencio y zonas aledañas, puesto que es el principal acceso al sector y a su vez, funciona como ruta alterna al corredor vial que comunica la ciudad con el departamento del Casanare, y otras regiones del país. En vista del alto flujo vehicular que recibe la calzada proveniente de la vía principal, se pudo evidenciar por medio de la inspección visual los distintos tipos de patologías presentes a lo largo de la estructura vial, las cuales fueron catalogados con el objeto de evaluar el estado superficial del pavimento flexible y las obras de drenaje que la componen, mediante la implementación de la metodología del Manual de inspección visual de pavimentos flexibles y de estructuras de drenaje del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y la metodología PCI (Pavement Condition Index) para la evaluación del pavimento flexible.

Una vez recolectados los datos por medio de las metodologías anteriormente nombradas se llevó acabo el análisis patológico en base a los parámetros establecidos por cada una de ellas. A partir de dicho análisis, se establecieron los tramos y las áreas con mayor afectación de toda la calzada, y de igual forma, se identificaron los daños más relevantes en las estructuras de drenajes. Seguido a ello, se realizó el aforo vehicular, en donde se pudo establecer el vehículo que genera mayor afectación en la vía.

Luego del análisis se hizo una comparación entre las metodologías INVIAS y PCI donde se pudo denotar cuál de las dos fue la más eficiente a la hora de la toma, análisis y presentación de los resultados obtenidos. Finalmente, se dio paso a la elaboración de la propuesta de mantenimiento acorde al estado actual del tramo de estudio por medio del manual centroamericano de mantenimiento de carreteras de la Secretaria de Integración Económica Centroamericana (SIECA).

Palabras Clave: *Aforo, drenajes, inspección visual, mantenimiento, patologías, pavimento.*

ABSTRACT

The old way Villavicencio – Restrepo (65MTE) plays an important role in the economic, social and sustainable development of the community that resides in the Vanguardia district and in the same way, for the inhabitants of the city of Villavicencio and surrounding areas, since It is the main access to the sector and in turn, it functions as an alternative route to the road corridor that connects the city with the department of Casanare, and other regions of the country. In view of the high vehicular flow that the road receives from the main road, it was possible to show through visual inspection the different types of pathologies present along the road structure, which were cataloged in order to evaluate the state surface of the flexible

pavement and the drainage works that compose it, through the implementation of the methodology of the Manual of visual inspection of flexible pavements and drainage structures of the National Institute of Vías (INVIAS) and the PCI (Pavement Condition Index) methodology to the evaluation of the flexible pavement.

Once the data had been collected using the previously mentioned methodologies, the pathological analysis was carried out based on the parameters established by each one of them. Based on this analysis, the sections and areas with the greatest impact on the entire road were established, and in the same way, the most relevant damages in the drainage structures were identified. Following this, the vehicle gauging was carried out, where it was possible to establish the vehicle that generates the greatest impact on the road.

After the analysis, a comparison was made between the INVIAS and PCI methodologies where it was possible to denote which of the two was the most efficient at the time of taking, analysis and presentation of the results obtained. Finally, the development of the maintenance proposal according to the current status of the study section was made through the Central American manual for road maintenance of the Secretariat for Central American Economic Integration (SIECA).

Key Word: *Gauging, drains, visual inspection, maintenance, pathologies, pavement.*

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	16
2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
3.	JUSTIFICACIÓN.....	18
4.	OBJETIVOS.....	19
4.1.	OBJETIVO GENERAL.....	19
4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
5.	ALCANCE.....	20
6.	MARCO DE REFERENCIA	21
6.1.	MARCO TEÓRICO	21
6.2.	MARCO CONCEPTUAL.....	22
6.2.1	Pavimento	22
6.3.	ESTADO DEL ARTE.....	24
6.4.	MARCO NORMATIVO.....	27
6.5.	MARCO GEOGRÁFICO	28
7.	METODOLOGÍA.....	29
7.1.	DESCRIPCIÓN DE ETAPAS Y TAREAS	29
7.2.	POBLACIÓN, MUESTRAS, VARIABLES E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	30
8.	ETAPA 1 (RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PARA EL ANÁLISIS DEL TRÁNSITO VEHICULAR).....	32
8.1.	ESTIMACIÓN DEL PUNTO DE AFORO VEHICULAR	32
8.2.	AFORO VEHÍCULAR.....	32
8.3.	DILIGENCIAMIENTO DE LOS FORMATOS PARA EL AFORO VEHÍCULAR	33
8.4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS A PARTIR DEL AFORO VEHICULAR REALIZADO AL TRAMO DE ESTUDIO	35
9.	ETAPA 2 (VISITA DE CAMPO, INSPECCIÓN VISUAL, DILIGENCIAMIENTO DE LOS FORMATOS PROPUESTOS POR EL INVIAS PARA EL DIAGNÓSTICO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y ANÁLISIS DE LA PATOLOGÍAS PRESENTES EN EL TRAMO DE ESTUDIO).....	36
9.1.	VISITA DE CAMPO	36
9.2.	INSPECCIÓN VISUAL.....	36
9.3.	DILIGENCIAMIENTO DE LOS FORMATOS PROPUESTOS POR EL INVIAS PARA EL DIAGNÓSTICO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	38
9.4.	ANÁLISIS DE LA PATOLOGÍAS PRESENTES EN EL TRAMO DE ESTUDIO	41
10.	ETAPA 3 (VISITA DE CAMPO, INSPECCIÓN VISUAL, DILIGENCIAMIENTO DE LOS FORMATOS PROPUESTOS POR EL MANUAL PCI PARA EL DIAGNÓSTICO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y ANÁLISIS DE LAS PATOLOGÍAS PRESENTES EN EL TRAMO DE ESTUDIO).....	42
10.1.	VISITA DE CAMPO	42
10.2.	INSPECCIÓN VISUAL.....	42

10.3.	DILIGENCIAMIENTO DE LOS FORMATOS PROPUESTOS POR EL MANUAL PCI PARA EL DIAGNÓSTICO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	42
10.4.	ANÁLISIS DE LA PATOLOGÍAS PRESENTES EN EL TRAMO DE ESTUDIO	43
11.	ETAPA 4 (VISITA DE CAMPO, INSPECCIÓN VISUAL, DILIGENCIAMIENTO DE LOS FORMATOS PROPUESTOS POR EL INVIAS PARA EL DIAGNÓSTICO DE LAS OBRAS DE DRENAJE Y ANÁLISIS DE LA PATOLOGÍAS PRESENTES EN LA OBRAS DE DRENAJE DEL TRAMO DE ESTUDIO).....	44
11.1.	VISITA DE CAMPO	44
11.2.	INSPECCIÓN VISUAL.....	45
11.3.	DILIGENCIAMIENTO DE LOS FORMATOS PROPUESTOS POR EL INVIAS PARA EL DIAGNÓSTICOS DE LAS OBRAS DE DRENAJE	45
11.4.	ANÁLISIS DE LA PATOLOGÍAS PRESENTES EN LA OBRAS DE DRENAJE DEL TRAMO DE ESTUDIO	48
12.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	49
12.1.	ANÁLISIS DEL TRÁNSITO VEHICULAR – ETAPA1	49
12.2.	ANÁLISIS PAVIMENTO FLEXIBLE SEGÚN INVIAS – ETAPA 2.....	51
12.2.1	Análisis de las patologías presentes en el tramo de estudio según INVIAS	51
12.2.2	Análisis gráfico de las patologías presentes en el tramo de estudio según INVIAS	66
12.3.	ANÁLISIS PAVIMENTO FLEXIBLE SEGÚN LA METODOLOGIA PCI – ETAPA 3.....	70
12.3.1	Cálculo de las unidades de muestreo	70
12.3.2	Estimación del índice PCI por unidad de muestreo	71
12.3.3	Cálculo del índice PCI del tramo de estudio	75
12.3.4	Análisis de resultados metodología PCI	78
12.4.	COMPARACIÓN ENTRE METODOLOGÍA INVIAS Y PCI.....	78
12.5.	ANÁLISIS PATOLÓGICO DE LAS OBRAS DE DRENAJES SEGÚN INVIAS – ETAPA 4.....	79
12.5.1	Análisis gráfico de las estructuras de drenaje longitudinal (cunetas)....	81
12.5.2	Análisis cualitativo de las estructuras de drenaje transversal (alcantarillado).....	86
12.5.3	Análisis cualitativo de las estructuras de drenaje complementarias	87
12.6.	PROPUESTA DE MANTENIMIENTO SEGÚN EL SIECA	87
13.	RESULTADOS E IMPACTOS	95
14.	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	97
14.1.	CONCLUSIONES	97
14.2.	TRABAJOS FUTUROS.....	98
	BIBLIOGRAFÍA	99
	ANEXOS	101

LISTA DE TABLAS

Tabla 6.1 Estado del Arte	24
Tabla 6.2 Marco Normativo	27
Tabla 7.1. Población, muestras, variables e instrumentos de recolección de datos	31
Tabla 12.1 Cálculo del volumen de tránsito promedio diario y semanal (TPD y TPDS)	49
Tabla 12.2 Número de patologías superficiales por carril y por tramo	65
Tabla 12.3 Longitud de secciones en función del ancho promedio de calzada.....	70
Tabla 12.4 Información general del tramo de estudio	77
Tabla 12.5 Consolidado de las unidades a evaluar	77
Tabla 12.6 Resultado final del estado de la estructura de estudio	77
Tabla 12.7 Rangos de Calificación del PCI	79
Tabla 12.8 Reporte de daños, estructuras de drenaje (cunetas) del costado derecho	80
Tabla 12.9 Reporte de daños, estructuras de drenaje (cunetas) del costado izquierdo.....	81
Tabla 12.10 Resumen cualitativo del estado actual de las alcantarillas	86
Tabla 13.1. Resultados esperados	95
Tabla 13.2. Impactos.....	96

LISTA DE FIGURAS

Figura 6.1. Tramo de estudios con sus respectivas abscisas	28
Figura 7.1. Descripción de etapas y tareas	29
Figura 8.1 Punto seleccionado para la realización de aforos vehiculares	32
Figura 8.2 Formato de registro, Estación 1	33
Figura 8.3 Formato de registro, Estación 2	34
Figura 8.4 Formato de registro, Estación 3	35
Figura 9.1 Reconocimiento del tramo de estudio en modelado de la vía	36
Figura 9.2 Punto de inicio: Inspección visual del tramo de estudio	37
Figura 9.3 Cartera Bitácora Pav Flexible.....	39
Figura 9.4 Cartera Formato Pav Flexible INVIAS.....	40
Figura 9.5 Área con mayor afectación de la calzada de estudio	41
Figura 10.1 Cartera Formato Pav Flexible PCI.....	43
Figura 11.1 Reconocimiento previo de las estructuras de drenaje.....	44
Figura 11.2 Figura. Inspección visual de estructuras de drenaje	45
Figura 11.3 Cartera Bitácora Obras De Drenaje DER INVIAS	46
Figura 11.4 Cartera Formato Cuentas DER INVIAS	47
Figura 11.5 Carteras Formato Alcantarillado INVIAS	47
Figura 11.6 Estructura de drenaje transversal, modelo de la vía.	48
Figura 11.7 Estructura de drenaje longitudinal y complementario.....	48
Figura 12.1 Fisura en Bloque (FB), T15; Sev. A; K0+405.21	51
Figura 12.2 Parche (PCH), T3; P70; Sev. A.....	52
Figura 12.3 Piel de Cocodrilo (PC), T1; P15; Sev. A.....	53
Figura 12.4 Fisura Longitudinal (FL), T1; Sev. A.....	53
Figura 12.5 Fisura Transversal (FT), P116; Sev. M; K0+380.91	54
Figura 12.6 Fisura de Borde (FBD), P114; Sev. B; K0+377.71	54
Figura 12.7 Fisura en Media Luna (FML), P131; Sev. M; K0+415.61	55
Figura 12.8 Fisuras en Juntas de Construcción Transversal (FCT), P448; Sev. A; K1+449.74.....	55
Figura 12.9 Descascaramiento (DC), P194; Sev. A; K0+585.67.....	56
Figura 12.10 Ahuellamiento (AHU), P117; Sev. B; K0+383.01	57
Figura 12.11 Hundimiento (HUN), P543; Sev. A; K1+590.66.....	57
Figura 12.12 Baches (BCH), P68; Sev. A; K0+237.40	58
Figura 12.13 Abultamientos (AB), P230; Sev. M; K0+689.42.....	58
Figura 12.14 Separación de Berma (SB), P203; Sev. A; K0+609.23	59
Figura 12.15 Pérdida de Agregados (PA), P855; Sev. A; K2+403.23	59
Figura 12.16 Desgaste Superficial (DSU), P193; Sev. A; K0+584.25	60
Figura 12.17 Surcos (SU), P227; Sev. A; K0+672.17.....	60
Figura 12.18 Pulimentos de agregados (PU), P414; Sev. M; K1+371.76.....	61
Figura 12.19 Cabezas Duras (CD), P223; Sev. M; K0+658.74	61
Figura 12.20 Formato de registro patológico por unidad de muestreo, PCI	73
Figura 12.21 Valor de “m” para la unidad de muestreo 1 (PCI_U1)	73
Figura 12.22 Cálculo del valor deducido corregido máximo (Max CDV)	74
Figura 12.23 Cálculo del índice PCI por unidad de muestreo	74
Figura 12.24 Valor Deducido Total.....	75

Figura 12.25 Estructuras de drenaje complementarias, Sumideros	87
Figura 12.26 Ficha técnica de mantenimiento para limpieza y reparación de cunetas	88
Figura 12.27 Ficha técnica de mantenimiento para la limpieza y reparación de alcantarillas	88
Figura 12.28 Ficha técnica de mantenimiento para la limpieza y reparación de sumideros.....	89
Figura 12.29 Ficha técnica de mantenimiento para fisuras	90
Figura 12.30 Ficha técnica de mantenimiento para Fisuras en Bloque, Piel de Cocodrilo y Parches	91
Figura 12.31 Ficha técnica de mantenimiento para Baches.....	92
Figura 12.32 Ficha técnica de mantenimiento para patologías superficiales	93
Figura 12.33 Propuesta de mantenimiento para la estructura de pavimento flexible	94

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 12.1 TPD vs Días de aforo.....	50
Gráfica 12.2 Composición vehicular.....	50
Gráfica 12.3 Área afectada por tramos, patologías generales (m ²).....	66
Gráfica 12.4 Área afectada por severidad y por daño vs Tipo de patologías generales.....	66
Gráfica 12.5 Peso del daño dentro del área inspeccionada vs Tipo de patología, patologías generales.....	67
Gráfica 12.6 Área afectada por tamos, patologías superficiales (m ²).....	68
Gráfica 12.7 Área afectada por severidad y por daño vs Tipo de patologías superficiales.....	68
Gráfica 12.8 Peso del daño dentro del área inspeccionada vs Tipo de patología, patologías superficiales.....	69
Gráfica 12.9 Área afectada por módulo, costado derecho.....	82
Gráfica 12.10 Cantidad de patologías vs Tipo de patologías, costado derecho....	82
Gráfica 12.11 Módulos vs Total de patologías, costado derecho.....	83
Gráfica 12.12 Área afectada por módulo, costado izquierdo.....	84
Gráfica 12.13 Cantidad de patologías vs Tipo de patologías, costado izquierdo..	84
Gráfica 12.14 Módulos vs Total de patologías.....	85

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 12.1 Área de cada tramo (m ²).....	62
Ecuación 12.2 Área afectada por tramo	62
Ecuación 12.3 Porcentaje de afectación por tramo	62
Ecuación 12.4 Área total inspeccionada	62
Ecuación 12.5 Área afectada total.....	62
Ecuación 12.6 Porcentaje de afectación total.....	63
Ecuación 12.7 Área total afectada por severidad y por daño (A)	63
Ecuación 12.8 Área inspeccionada por severidad y por daño (B)	63
Ecuación 12.9 Área total por daño (C)	63
Ecuación 12.10 Área inspeccionada (D)	63
Ecuación 12.11 Número de patologías generales por carril y por tramo	64
Ecuación 12.12 Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar	70
Ecuación 12.13 Desviación estándar actual.....	71
Ecuación 12.14 Intervalo de muestro	71
Ecuación 12.15 Número máximo admisible de los valores deducidos	72
Ecuación 12.16 PCI la sección del pavimento.....	76
Ecuación 12.17 PCI promedio de u muestreos adicionales	76
Ecuación 12.18 Ponderado del PCI de todo el tramo de estudio	76
Ecuación 12.19 Área afectada por módulo (m ²).....	79
Ecuación 12.20 Total de patologías por módulo	80
Ecuación 12.21 Total de patologías por severidad.....	80

1. INTRODUCCIÓN

Una de las características más relevantes que presentan todas las vías antiguas es que carecen de un monitoreo y control que permitan llevar a cabo un mantenimiento adecuado y oportuno a cada una de ellas. En esta ocasión se toma como referencia la antigua vía Villavicencio – Restrepo, la cual tiene más de 70 años desde su puesta en servicio [1]. Esta tuvo una breve intervención a inicios del año 2018 en el tramo comprendido entre Caño Seco y el antiguo puente sobre el río Guatiquía. El tramo que abarca 3,227.13 kilómetros de longitud presenta a lo largo de su estructura vial ciertas deficiencias en su carpeta asfáltica generando deformaciones (ondulación, abultamientos y hundimiento) y pérdida de las capas de la estructura (descascaramiento, baches y parches) [2].

El deterioro de la infraestructura vial se ve reflejado con el paso de los años, debido a que esta se encuentra expuesta a diferentes factores que tienen influencia como: las condiciones climáticas, el tránsito vehicular y un deficiente diseño en su estructura. Debido a esto, hay un incremento en los costos de mantenimiento vial, gastos para los usuarios que la transitan (repercusión en los vehículos) y a su vez, origina un alto índice de accidentalidad. Por ello, es importante llevar un seguimiento periódico de las condiciones de la vía, analizando cada uno de los daños y fallas presentes, con el fin de realizar los respectivos mantenimientos una vez culminado su período de diseño.

En muchos casos, la economía de una población se puede ver afectada por las condiciones viales, pues se pueden generar ciertas condiciones en el factor movilidad (seguridad vial, eficiencia, durabilidad, entre otros) aumentando los tiempos de desplazamiento y, por ende, los costos de transporte que conllevan al deterioro de los vehículos. Por ello, con esta investigación se pretende determinar las diferentes patologías presentes en el tramo de estudio (antigua vía Villavicencio – Restrepo), por medio de la metodología del Manual de inspección visual de pavimentos flexibles y de estructuras de drenaje del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), una evaluación del estado del pavimento con la metodología PCI (Pavement Condition Index), y una propuesta de mantenimiento por medio del manual centroamericano de mantenimiento de carreteras de la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA).

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En vista del volumen de tránsito vehicular pesado presente en el tramo del corredor vial Villavicencio – Restrepo (antigua vía), es inminente la aparición de patologías en su estructura, producto de los malos diseños y/o procesos constructivos y de la falta de medidas preventivas que resguarden la seguridad de los usuarios y durabilidad de las carreteras. Debido a la presencia de dichas problemáticas, se produce un desgaste y daño progresivo en la carpeta asfáltica y en sus estructuras de servicio (cunetas, bermas, bordillos, zanjas de coronación, entre otros) que se encuentran localizadas en las secciones discontinuas del tramo de estudio, generando un incremento en los índices de accidentalidad en la zona y a su vez, un aumento en los tiempos de desplazamiento de los usuarios, afectando el desarrollo económico de las ciudades destino.

¿Cuáles son las causas del deterioro de la vía antigua Villavicencio- Restrepo (65MTE)?

3. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo económico y social de una población se encuentra ligado al plan de infraestructura vial, puesto que es el principal promotor del comercio e intercambio cultural entre regiones. Por ello, se desea hacer una evaluación del estado actual del pavimento flexible de la vía antigua que comunica a los municipios de Villavicencio y Restrepo ubicados en el departamento del Meta, buscando contribuir con soluciones a las problemáticas presentes enfocadas al desarrollo económico y social de la nación, pues es un enlace de comunicación con el departamento de Casanare, y otras regiones del país.

Asimismo, el proyecto contribuye a mejorar la calidad de vida de la comunidad aledaña (vereda Vanguardia) exponiendo las problemáticas presentes en el corredor vial. Para lo anterior, se hace uso de los resultados obtenidos de la evaluación realizada al estado actual del tramo de estudio, presentando un informe de los daños y posteriormente, planteando posibles soluciones acordes con los parámetros propuestos por el manual de inspección visual de pavimento flexible y drenajes INVIAS, el manual centroamericano de mantenimiento de carreteras (SIECA) y la metodología PCI para la evaluación y calificación del pavimento, utilizados para el desarrollo del proyecto, garantizando seguridad, comodidad y eficiencia a la vía.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el estado superficial del pavimento y las obras de drenaje que componen el tramo vial (K0+000MTF- K3+078MTF) en la vía antigua Villavicencio – Restrepo, con el propósito de presentar una posible solución que garantice la economía, eficiencia y durabilidad de la misma.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un diagnóstico a través de las metodologías de inspección visual de pavimento flexible (INVIAS y PCI) de las fallas presentes en la estructura asfáltica y en las estructuras de drenaje de la antigua vía Villavicencio – Restrepo, para posteriormente hacer una comparación entre ellas.
- Establecer la magnitud del daño generado por el tránsito vehicular en el tramo de estudio.
- Definir el mantenimiento más apropiado para la rehabilitación de las fallas presentes en la estructura de pavimento flexible mediante la implementación del manual centroamericano de mantenimiento de carreteras (SIECA).
- Diseñar un modelado del tramo de estudio por medio del software Civil 3D donde se evidencien cada una de las patologías que se presentan.
- Elaborar un informe técnico sobre el estado de la vía en estudio.

5. ALCANCE

El presente proyecto tiene como fin presentar un documento informativo de la situación actual de tramo vial, el cual evidencie los daños que se presentan en la superficie del pavimento flexible y en las obras de drenaje y a su vez, plantear una solución que cumpla con los parámetros de eficiencia, comodidad, seguridad y durabilidad del tramo de estudio acordes con los parámetros establecidos por los manuales de inspección visual para pavimento flexible (INVIAS y PCI) y el de estructuras de drenaje del INVIAS, determinados para el desarrollo del proyecto.

Por medio de un estudio vehicular se busca verificar el tránsito que circula por el corredor vial, estableciendo la magnitud del daño generado por dichas cargas. Seguido a ello, se busca realizar una comparación entre los resultados obtenidos con las metodologías anteriormente mencionadas, esto para la caracterización de las fallas presentes en la zona de estudio, con el fin de establecer cuál de estas es la óptima. Lo anterior, para realizar una propuesta de mantenimiento que se ajuste a los daños presentes en la zona de estudio por medio del uso del manual centroamericano de mantenimiento de carreteras (SIECA).

6. MARCO DE REFERENCIA

Cuando se habla de obras viales, se deben identificar las propiedades y/o elementos de la estructura de pavimento, y analizar la composición de las capas granulares que hacen parte del conjunto. Siendo este, el punto de partida, para diseñar, construir y rehabilitar las estructuras que conforman a la red vial.

Por ello, es de vital importancia contar con una serie de conocimientos previos que son necesarios, para hacer un análisis de la problemática de estudio de este proyecto, que tiene que ver con los procedimientos para realizar una inspección visual del estado superficial del pavimento flexible, revisión del estado de las obras de drenaje, análisis del índice de condición del pavimento (PCI – Pavement Condition Index) y propuesta de mantenimiento de estructuras de pavimentos (flexible) mediante el uso del manual centroamericano de mantenimiento de carreteras (SIECA).

6.1. MARCO TEÓRICO

Para la determinación de las patologías existentes en el tramo de estudio de la vía antigua Villavicencio – Restrepo, se tiene como referente cuatro documentos: el primero es el manual de inspección visual de pavimentos flexibles, publicado por el Instituto Nacional de Vías en octubre de 2006, el cual expone el paso a paso para la inspección visual y el debido reporte de las patologías que presenta el pavimento flexible. Dicho manual se divide en cuatro capítulos, el primero, evidencia la descripción detallada de los patrones más comunes de daños encontrados en la estructura de pavimento flexible; el capítulo dos, presenta la forma de registro de cada una de las patologías y/o daños; y en el capítulo tres y cuatro, se evidencia la manera correcta de presentar los datos obtenidos del respectivo estudio patológico y los referentes bibliográficos para la realización del manual guía respectivamente [2].

El segundo documento guía es el manual PCI (Pavement Condition Index) enfocado a pavimentos asfálticos (flexibles) y de concreto rígido, elaborado en febrero de 2002 por el ingeniero LUIS RICARDO VASQUEZ VARELA, perteneciente a empresa INGEPAV. Este se enfoca en la evaluación y calificación de las estructuras de pavimento tanto rígido como flexible enfocado a los modelos de calidad vial actuales y teniendo en cuenta las patologías de rigor que se encuentran en dichas estructuras viales [3].

El tercer documento base es el manual para la inspección visual de estructuras de drenaje elaborado por la UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA en acompañamiento con el INSTITUTO NACIONAL DE VIAS (INVIAS) en octubre de 2006, el cual presenta en sus 6 capítulos las diferentes estructuras de drenaje que se pueden encontrar en una estructura de pavimento (en este caso flexible), sus

respectivos componentes y los posibles daños que pueden presentar durante sus años de servicio [4].

Y el último documento es el manual centroamericano de mantenimiento de carreteras elaborado por la SECRETARIA DE INTERGRACIÓN ECONOMICA CENTROAMERICANA (SIECA) en diciembre de 2010; este documento presenta 4 capítulos en los cuales se encuentran contenidos los parámetros respectivos de mantenimiento que se deben aplicar a una estructura de pavimento ya sea rígido o flexible (en este caso flexible), con base al estado en que se encuentran y a sus años de servicio [5].

6.2. MARCO CONCEPTUAL

Para el desarrollo del presente proyecto contar con los siguientes sustentos conceptuales que permitan encaminarlo.

6.2.1 Pavimento

Es una estructura conformada por diferentes capas, las cuales están diseñadas para soportar las cargas generadas por el paso de los vehículos y por las condiciones ambientales durante el período de diseño entre 10 y 20 años [6].

6.2.1.1 Clasificación de los pavimentos

Los pavimentos en territorio colombiano se encuentran clasificados en: pavimentos flexibles, semi – rígidos, rígidos y articulados. Para el presente proyecto se toma el pavimento flexible [7].

Pavimento flexible, es un tipo de pavimento compuesto por una capa asfáltica bituminosa que se encuentra apoyado sobre capas de material no ligado (base y subbase granular). En algunos casos se puede presentar la ausencia de alguna de estas, debido al tipo de obra a ejecutar [8].

- Funciones de las capas de pavimento flexible:

Capa asfáltica, se enfoca en la resistencia de las cargas vehiculares que transitan constantemente sobre esta, la cual debe ser impermeable impidiendo que el agua producida por eventos de lluvia afecte dicha capa y facilita la distribución de esfuerzos de manera equitativa sobre la misma [7].

Riego de imprimación, se puede dar en emulsiones que sirven como adherencia entre la carpeta asfáltica y la base granular, estas facilitan una mejor impermeabilidad entre capas evitando daños en la zona de transición [7].

Base granular, consiste en un material de tipo granular compuesto por arena, triturados y materiales finos; dicha base permite directamente la distribución de esfuerzos facilitando la resistencia de cargas, se caracteriza por ser económica y por su versatilidad en el drenaje de agua dentro del material [7].

Subbase granular, este material está compuesto por granulares más gruesos contenedores de material arenoso, tienen como función el drenado de las capas superiores y divide la subrasante de la base granular [7].

Subrasante, es el terreno natural, sobre este se fundamenta toda la estructura de pavimento y sus componentes, recibe todos los esfuerzos de las cargas vehiculares y permite la estabilidad de toda la estructura [7].

6.2.1.2 Principales patologías que se dan en el pavimento flexible

La patología se centra en el estudio de las posibles enfermedades que se dan en la estructura de pavimento por motivos que se desconocen, las patologías que se pueden encontrar en el pavimento flexible pueden ser [2]:

Fisuras de tipo longitudinal de sección transversal, hace alusión a los espacios discontinuos que presenta la capa asfáltica, generalmente se presentan transversalmente a la dirección del tránsito vehicular, se pueden generar por posible aparición de esfuerzos a tensión en cualquiera de las capas de la estructura, estos pueden vencer la resistencia que tienen dichas capas afectando a las demás. El centro de carril es que sufre mayor cantidad de esfuerzos por lo que en esta se evidencia mayor cantidad de grietas [2].

Fisuras presentes en las juntas divisorias, son fisuras de tipo longitudinal o transversal las cuales se generan por la inconsistencia en división de las juntas de la carpeta asfáltica. Se localizan por lo general en el eje de la vía y se distribuyen a lo largo de cada carril, y en la división fracciones de la carpeta asfáltica [2].

Fisuras tipo medialuna, este tipo de patología se da de forma parabólica, se encuentran ligadas a los movimientos producidos a los extremos de las calzadas y generalmente se dan en presencia de hundimientos [2].

Fisuras de borde, este tipo de fisuras se puede dar de manera longitudinal o curva, se dan en los bordes de las calzadas debido a la falta de bermas y cunetas; esta se da en forma de divisoras las cuales pueden tener un ancho entre 0.2 y 0.6 m² [2].

Piel de cocodrilo, esta es una de las patologías más comunes en los tramos de corredores viales, se identifica por la presencia de múltiples fisuras conectadas de manera continúa presentando patrones de forma irregular los cuales se pueden generar por la aplicación repetitiva de cargas, por lo general el inicio de dicha patología se da en el fondo de las carpetas asfálticas y se propaga de manera progresiva al exterior de la misma ampliando la recurrencia de fisura miento de

manera angular. Dichas fracciones llegan a poseer un diámetro de 10 a 40 cm aproximadamente [2].

6.3. ESTADO DEL ARTE

En este apartado se presentan artículos científicos y/o revista, trabajos de grado, monografías, o disertaciones asociadas con la temática a tratar.

Tabla 6.1 Estado del Arte

Año	Autor	Título	Tipo de publicación	Aplicación al tema
2019	AFA - INCGROUP [9]	Información general del contrato de concesión e interventoría [9]	Sitio web - Licitación	En esta página encontramos los parámetros establecidos para diferentes proyectos ejecutados por la unión temporal de vías del meta en la cual se contemplan vías de vital importancia como lo es la vía Villavicencio - Puerto López - puerto Gaitán, Villavicencio – Bogotá [9].
2019	Daniela A. Barbosa – Jenny P. Uriza Aguirre [10]	Diagnóstico de las fallas que se presentan en el pavimento flexible de la vía antigua Villavicencio – Bogotá (Buenavista) en el tramo (K92+40MTA – K93+40MTA) [10].	Tesis de grado	Estudio y diagnóstico de las patologías presentes en el pavimento flexible de la antigua vía Villavicencio – Bogotá a partir de la metodología INVIAS, brindando una guía de restauración del tramo. [10]
2019	Raúl Enrique Guevara Ruiz – Alix Carolina Romero Aya [11]	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. [11]	Tesis de grado	Propuesta de plan de mantenimiento para la avenida del Llano calzada NS desde la glorieta de la Grama hasta la calle 35 en Villavicencio a partir de la recolección y análisis de las patologías presentes a lo largo de la vía, mediante el uso del método INVIAS y PCI. [11]

2019	Tania Cristina Castiblanco Camacho – Sharon Julieth Torres Daza [12]	Estudio del estado patológico de la malla vial mediante inspección visual en el municipio de Villavicencio, Comuna 2. [12]	Trabajo de grado	Evidencia el análisis de las patologías existentes en la malla vial Comuna 2 de la ciudad de Villavicencio, basado en la información presente en el INVIAS, con el fin de la elaboración de un reporte del estado patológico del tramo estudio. [12]
2018	Néstor Camilo Rey Caraballo [1]	Diagnóstico de la vía antigua al municipio de Restrepo-Meta, km 1, sector Ranchón del Maporal y estación de servicio Cimarrón y propuesta de la estructura del pavimento flexible [1].	Tesis de grado	Diagnóstico de vía secundaria que comunica los municipios de Villavicencio – Restrepo, con el fin de establecer si es necesario realizar un replanteo de diseño del tramo (pavimento y estructuras de drenaje) a partir de los parámetros consignados en la metodología INVIAS. [1]
2018	Daniel Eduardo González Morgado [13]	Metodologías de reparación para pavimentos flexibles de mediano y bajo tránsito. [13]	Tesis de grado	Análisis de un estudio técnico – económico a dos tipos de fallas a partir de la implementación de diferentes metodologías, presentando el método óptimo y eficiente. [13]
2017	Joaquín Eduardo Romero Contreras [14]	Inspección y diagnóstico vial utilizando la metodología PCI, sobre la ruta de transporte escolar y colectiva utilizada en los barrios San Pablo y Julio Caro del municipio de Zipaquirá, Cundinamarca. [14]	Tesis de grado	Análisis vial de la ruta que comunica los barrios San Pablo y Julio Caro del municipio de Zipaquirá, Cundinamarca, a partir de una inspección visual que permita determinar el estado de la vía, por medio de la implementación de la metodología PCI, estableciendo posibles recomendaciones que contribuyan al bienestar de la comunidad. [14]

2017	Diego Felipe Bernal Ardila – Edwin Fernando Gómez Hernández – Yissel Tatiana Céspedes Perafan [15]	Estudio del estado patológico de la malla vial del municipio de Villavicencio, Comuna 6. [15]	Trabajo de grado	Estudio de caracterización patológico a partir de una inspección visual de las calles presentes en la Comuna 6 de la ciudad de Villavicencio, con el objeto de presentar un diagnóstico del estado de cada una de ellas mediante el método INVIAS. [15]
2017	Ingrid Suley Izquierdo Saray – Hamilton René Romero López – Jesy Nayibi Sánchez Hernández [16]	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. [16]	Tesis de grado	Determinación del estado vial que comunica a Pompeya – Pte. Guayuriba, la María – Resguardo Indígena y el cruce de Ocoa – la Reliquia, con la finalidad de presentar una propuesta de rehabilitación a partir de la metodología INVIAS. [16]
2016	Mónica Higuera Jaime [17]	Inspección patológica de pavimentos flexibles en un sector específico de Bogotá D.C., como fase del proyecto “Comparativa patológica de pavimentos flexibles en climas extremos y la toma de decisiones asociadas del convenio interinstitucional con la universidad Federal de Integración Latinoamericana – UNILA. [17]	Tesis de grado	Estimación de las patologías presentes entre los sectores Ciudad Jardín Sur y barrio Caracas en el municipio de Bogotá D.C., con el objeto de analizar el comportamiento de los pavimentos flexibles a partir del clima de la ciudad, mediante la metodología INVIAS. [17]
2016	Alcaldía de Villavicencio [18]	Sector infraestructura vial [18]	Informe de gestión de vigilancia [18]	El pasado 28 de abril de 2016 en la antigua vía Restrepo se presentó un deslizamiento de material (piedras y árboles) que produjeron un taponamiento total en la vía. Esto producto de las lluvias. La intervención se dio por parte de la Secretaría de Infraestructura Municipal [18].

2015	Rodrigo Álvarez Donde Rafael Agudelo Ortiz [19]	– Inspección visual de daños vía Pereira, Risaralda – Alcalá, Valle. [19]	Trabajo de grado	Determinación de los tramos más afectados en la vía Pereira, Risaralda – Alcalá, Valle producto de carencia de estructuras de drenajes, a partir de la realización de una inspección visual por el método INVIAS. [19]
2014	Beltsy Giovanna Barrera Murillo [20]	Resolución PS – GJ [20]	Resolución Oficial	Este documento muestra las medidas de contingencia que se utilizaron para mitigar las socavaciones presentes en los cauces de los ríos contemplados en la ruta 65MTE, la cual va desde Villavicencio, hasta Barranca de Upía [20].
2009	Colombia Licitación	Estudios y diseños definitivos del puente sobre la antigua carretera vía Villavicencio - Restrepo (vía Bavaria) en el sector denominado caño Seco. [21]	Sitio web - Licitación	Resumen del Contrato o Licitación - Antigua Restrepo Bavaria Caño Seco - Alcaldía Villavicencio [21].

Fuente: [22]

6.4. MARCO NORMATIVO

En esta sección se presentan las normas y reglamentos que se implementan para el desarrollo de este proyecto.

Tabla 6.2 Marco Normativo

Año	Título	Descripción
2006	Manual para la inspección de pavimentos flexibles [2]	Este manual reglamenta los procesos respectivos para la realización de una inspección visual con sus respectivos anexos los cuales contienen los debidos formularios para su diligencia [2].
2002	Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras [3]	Este documento se centra en la evaluación y calificación de pavimentos por el modo objetivo, teniendo en cuenta las patologías que se den en la estructura de pavimento [3].

2009	Manual de drenaje para carreteras [4]	Su propósito es disponer una guía para el planteamiento y diseño de estructuras hidráulicas en las obras viales [4].
2010	Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras [5]	Establece los parámetros estándares para el mantenimiento de las estructuras de pavimento flexible o rígido, en base a los años de servicio de la misma y los daños que se presentan, incluyendo el mantenimiento de las respectivas estructuras de servicio (puentes, drenajes, sistemas de señalización, entre otros) [5].

Fuente: [22]

6.5. MARCO GEOGRÁFICO

La sección del corredor vial de estudio se localiza a 1.66 km de la ciudad de Villavicencio, tomando como punto de referencia el sitio denominado el “Ranchón del Maporal” con coordenadas $4^{\circ}9'58.92''N$ y $73^{\circ}38'28.18''O$, comunicando el municipio con el sector de la vereda la Argentina. Desde el K0+000 (inicio del puente) hasta el K3+078 ubicado en el mismo sector, el tramo se ubica en las coordenadas del punto de inicio: $4^{\circ}10'38.56''N$, $73^{\circ}38'28.35''O$ y el punto final de estudio: $4^{\circ}10'42.02''N$, $73^{\circ}36'51.76''O$ y presenta una elevación de 456 msnm aproximadamente.

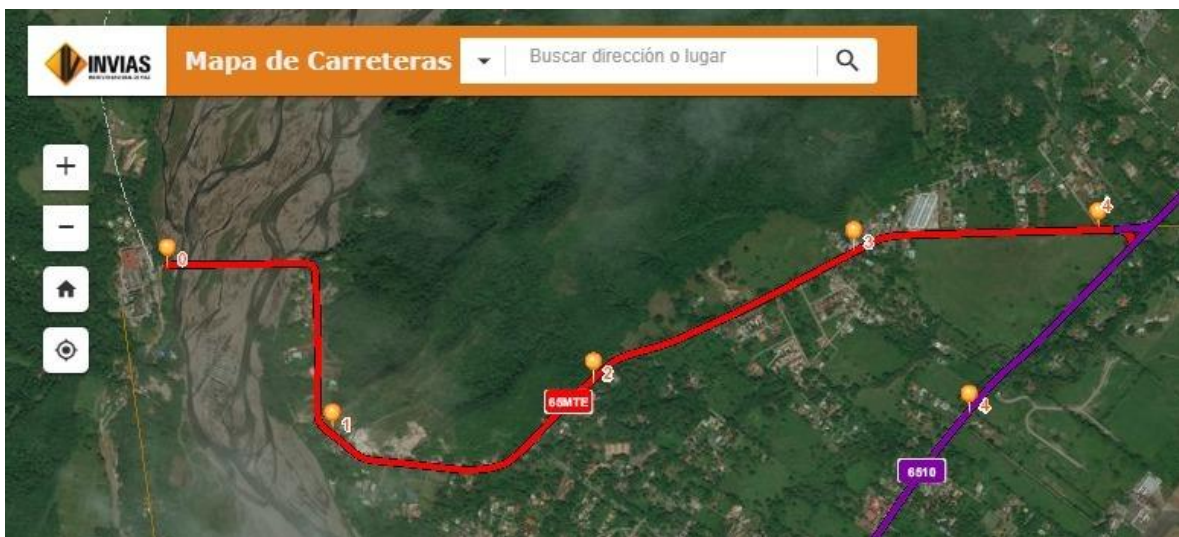


Figura 6.1. Tramo de estudios con sus respectivas abscisas
Fuente: [23]

7. METODOLOGÍA

Evidenciando las malas condiciones en las que se encuentra la vía antigua Villavicencio - Restrepo es indispensable realizar una inspección visual para determinar las diferentes patologías que presenta la estructura de pavimento flexible, su respectiva clasificación y una solución en pro del buen uso del corredor vial el cual beneficia (de manera directa o indirecta) a los usuarios que transitan por este.

La determinación de las diferentes fallas presentes en la vía se da por medio de la visita al tramo de estudio. Una vez sitiados en el tramo de estudio se deben tomar registros fotográficos de los daños, analizando los diferentes factores que pueden afectar la estructura como lo son: el suelo, las cargas vehiculares (tránsito), y el flujo vehicular que se puede dar en el sector. Obtenida la información referente, se procede con la disposición de esta por medio de los formatos técnicos que relejan los procesos de clasificación respectiva de las patologías y las soluciones mitigadoras de dichos daños.

7.1. DESCRIPCIÓN DE ETAPAS Y TAREAS

En este apartado se presentan cada una de las etapas necesarias para llevar a cabo el desarrollo del proyecto, dando cumplimiento a alcance y objetivos planteados.

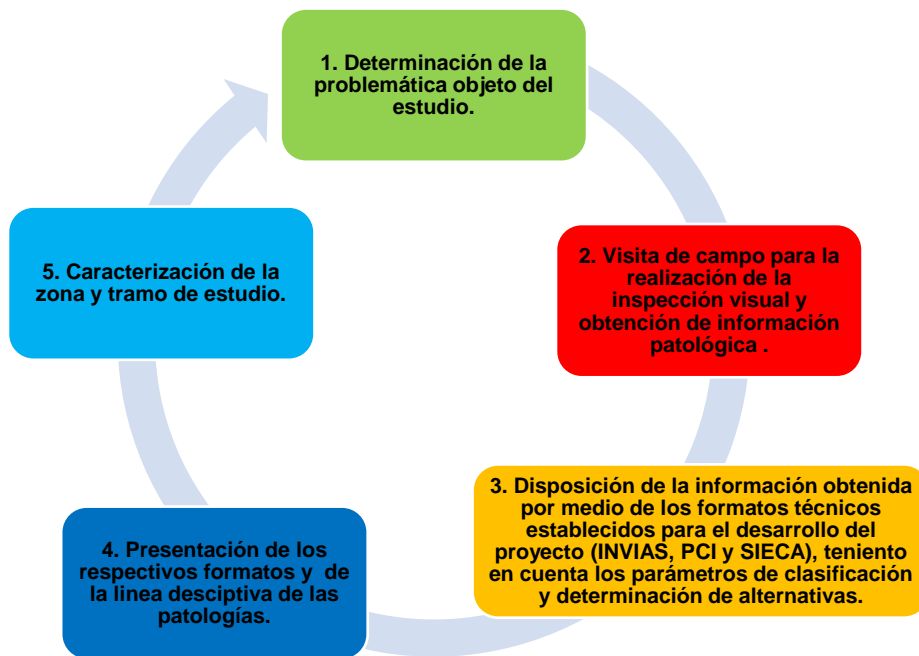


Figura 7.1. Descripción de etapas y tareas
Fuente: [22]

1. Determinación de la problemática objeto del estudio

Se da inicio al proyecto estableciendo la problemática presente en la zona de estudio la cual es determinada por parte de los desarrolladores del mismo. A partir de ello se forma el alcance del proyecto propuesto.

2. Visita de campo para la realización de la inspección visual y obtención de información patológica

Una vez seleccionada la problemática del proyecto se realiza la visita de campo al lugar de estudio con el fin de conocer el estado actual del tramo, lo anterior para establecer los puntos de revisión para la toma de los registros de caracterización visual y la de los registros fotográficos.

3. Disposición de la información obtenida por medio de los formatos técnicos establecidos para el desarrollo del proyecto (INVIAS, PCI y SIECA), teniendo en cuenta los parámetros de clasificación y determinación de alternativas

La información obtenida es diligenciada y clasificada por medio de los formatos establecidos en los manuales de inspección visual tanto de vías como de drenajes; dicha información permite establecer las posibles alternativas para las patologías encontradas y las recomendaciones para el mantenimiento del respectivo tramo. Lo anterior a partir de la comparación entre cada uno de los manuales a implementar.

4. Presentación de los respectivos formatos y de la línea descriptiva de las patologías

Con la información debidamente diligenciada se da paso a la presentación de la misma, dando conocer la problemática que presenta el tramo de vía y las posibles alternativas propuestas para mitigar los daños en la estructura de pavimento flexible de la zona de estudio.

5. Caracterización de la zona y tramo de estudio

La presentación de la información da paso a la caracterización del tramo de estudio la cual permite evidenciar las patologías directamente en la representación esquemática del tramo de estudio, con la respectiva solución a cada una de las mismas.

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

El presente estudio se encuentra limitado entre el K0+000 – K3+071, tramo que se encuentra comprendido desde el antiguo puente Guatiquía y la intersección con la nueva vía Restrepo. A lo largo de la zona de estudio se encuentra la vereda la Vanguardia, siendo los habitantes de esta sección los principales afectados por el proyecto a realizar, puesto que esta es su principal y única ruta de acceso.

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

Parámetros Estadísticos	Definición
Población	Transportadores de carga (insumos, materiales, mercancía, otros). Comunidad del sector de estudio (vereda Vanguardia). Usuarios atraídos a la vía.
Muestras	Conteo vehicular.
Variables	Datos históricos del tránsito vehicular. Longitudes y espesores de calzada tomados en función de la longitud del tramo de estudio.
Instrumentos de recolección de datos	Dispositivos para la medición de kilometraje (odómetro), anchos de calzada (flexómetro) y espesores de carpeta de la estructura asfáltica. Dispositivos y elementos para señalización y seguridad.

Fuente: [22]

8. ETAPA 1 (RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PARA EL ANÁLISIS DEL TRÁNSITO VEHICULAR)

Esta etapa inicial se compone de cuatro fases en las cuales se expone el procedimiento para la toma de datos y el análisis del tránsito vehicular.

8.1. ESTIMACIÓN DEL PUNTO DE AFORO VEHICULAR

Durante la ejecución del trabajo de campo para el diagnóstico patológico por la metodología INVIAS, se visualizaron de manera detallada los puntos críticos de circulación del tráfico, teniendo en cuenta los respectivos sentidos de la calzada y las posibles conexiones con la vía principal Villavicencio – Yopal. En vista de lo anterior, se determinó como punto de aforo vehicular la Tee con coordenadas $4^{\circ}10'20.21''N$ y $73^{\circ}37'51.78''O$, según los sentidos del flujo vehicular y la conexión con el round point de la vía principal como se muestra en la Figura 8.1.



Figura 8.1 Punto seleccionado para la realización de aforos vehiculares
Fuente: [22]

8.2. AFORO VEHÍCULAR

Una vez establecido el punto de estudio para el conteo vehicular, se asignaron las respectivas estaciones para la contabilización del tránsito según los movimientos estipulados por el equipo aforador. Del mismo modo, se estimaron los días para la realización del conteo partiendo de la cantidad de vehículos visualizados durante los dos días entre semana (lunes y miércoles), y el flujo vehicular presenciado

durante un día del fin de semana (sábado). Para la realización del conteo vehicular se manejaron lapsos de registro de cada 30 minutos, con una duración diaria de 12 horas, partiendo desde las 6:00 hasta las 18:00.

8.3. DILIGENCIAMIENTO DE LOS FORMATOS PARA EL AFORO VEHÍCULAR

Para el debido proceso del conteo vehicular se utilizaron los respectivos formatos asignados por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y de este modo, registrar los vehículos dependiendo su tipo. Estos formatos fueron diligenciados en función del tiempo estipulado en el ítem anterior, teniendo en cuenta los distintos tipos de vehículos estándar asignados por el INVIAS para el diseño de estructuras de pavimento en función de sus cargas vehiculares (número de ejes vehiculares). Cada uno de los aforadores de las 3 estaciones asignadas, diligenciaron dichos formatos a los cuales se les asigno sus respectivos movimientos para realizar el conteo vehicular tal como se muestra a continuación:

AFORO VEHICULAR												
Proyecto: <u>Diagnóstico del estado superficial del pavimento flexible y las obras de drenaje de la antigua vía Villavicencio - Restrepo (65MTE)</u>												
Fecha (DD/MM/AA): <u>05-05-20</u>			Estación de Aforo: <u>1</u>			Esquema:						
Condición Climática: <u>Soleado</u>			Movimientos Aforados: <u>2</u>			Hoja: <u>1</u> de <u>8</u>						
Aforador: <u>Daniela Rojas</u>			Hora Inicial: <u>6:00</u>			Hora Final: <u>18:00</u>						
Coordinador: <u>Jessica M Ramirez</u>												
Período		Movimiento	Automóvil	Microbón	Bus Busesta	Bus Intermunicipal	CSP	C2G	C3	C3-32	C3-33	Moto
Inicio	Fin											
hh:mm	hh:mm											
6:00	6:30	←	1	1								
6:00	6:30	↻	5					1				
6:30	7:00	←	2		2			1				
6:30	7:00	↻	6	1				1				
7:00	7:30	←	1	1				2				
7:00	7:30	←	8	1				1				

Observaciones:

Figura 8.2 Formato de registro, Estación 1
Fuente: [22]

Período		AFORO VEHICULAR											
Inicio		Proyecto: Diagnóstico del estado superficial del pavimento flexible y obras de drenaje de la antigua vía Villavicencio - Restrepo (65MTE)											
Fin		Fecha (DD/MM/AA): 08-08-2020											
Movimiento		Estación de Aforo: 3											
Númen		Condición Climática: Soleado											
Iníen		Movimientos Aforados: 2											
		Aforador: Andrés Espinosa											
		Coordinador: Jessica N. Ramirez											
		Hoja: 1 de 8											
		Hora Inicial: 6:00											
		Hora Final: 13:00											
		Esquema:											
Autoservil	Microbús	Buseta	Bus Inter municipal	CSP	CSP	C3	C3-12	C3-13	Moto				
Autoservil	Microbús	Buseta	Bus Inter municipal	CSP	CSP	C3	C3-12	C3-13	Moto				
6:00	6:30	→	3										
6:00	6:30	↗	6	2									
6:30	7:00	→	3										
6:30	7:00	↖	9	1	2	1							
7:00	7:30	→	5										
7:00	7:30	↖	15		1								

Observaciones:

Figura 8.4 Formato de registro, Estación 3
Fuente: [22]

Cada una de las carteras de aforo vehicular diligenciadas por los aforadores se pueden evidenciar en el ANEXO A.

8.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS A PARTIR DEL AFORO VEHICULAR REALIZADO AL TRAMO DE ESTUDIO

Una vez ejecutada la recopilación de los datos respecto al conteo vehicular, se elaboró el análisis de estos para estimar el tipo de vehículo que genera mayor daño a la calzada en función de las cargas de sus ejes vehiculares. En el ítem de Análisis de Resultados, se objeta el debido paso a paso que se manejó para establecer dichos criterios. En dicho procedimiento, se establece la cantidad de vehículos que pasaron en cada uno de los sentidos dependiendo su tipo y la hora, y a su vez, se elaboraron las respectivas graficas que visualizan la clasificación de los distintos tipos de vehículos y la cantidad de estos en función de sus horas.

9. ETAPA 2 (VISITA DE CAMPO, INSPECCIÓN VISUAL, DILIGENCIAMIENTO DE LOS FORMATOS PROPUESTOS POR EL INVIAS PARA EL DIAGNÓSTICO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y ANÁLISIS DE LA PATOLOGÍAS PRESENTES EN EL TRAMO DE ESTUDIO)

La presente etapa está compuesta de cuatro fases en las que se explica de manera detallada el proceso que se llevó a cabo para la ejecución del trabajo de campo.

9.1. VISITA DE CAMPO

En esta fase inicial se realizó la respectiva visita de campo a la vía antigua Villavicencio – Restrepo (65 MTE) en la cual, se determinó el kilometraje de estudio a recorrer, la orientación para realizar el barrido patológico y los puntos críticos en los cuales se evidencio mayor flujo vehicular; con el fin de estimar los recursos necesarios para el control del tránsito y así, tener un mayor conocimiento del tramo de estudio con base a lo planteado en el alcance del proyecto.

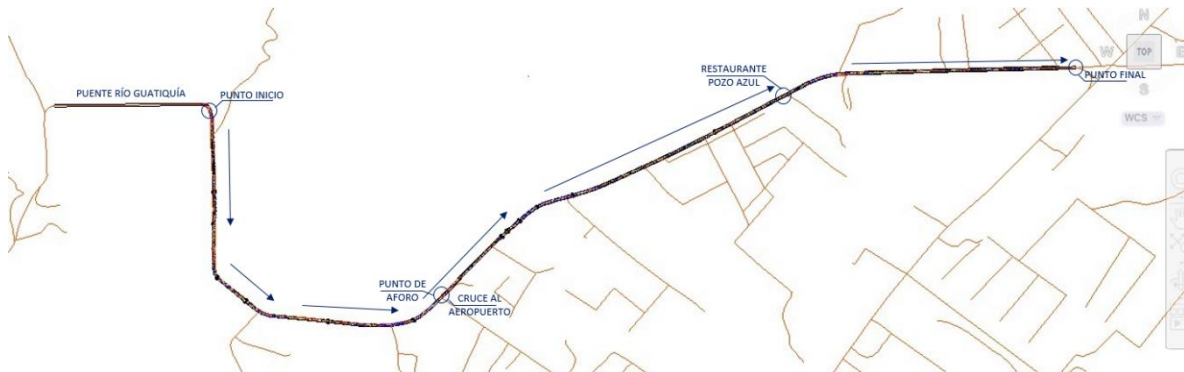


Figura 9.1 Reconocimiento del tramo de estudio en modelado de la vía
Fuente: [22]

9.2. INSPECCIÓN VISUAL

En esta segunda parte se procedió a realizar la inspección visual al tramo de estudio, para lo cual se tuvo en cuenta los implementos de seguridad y señalización requeridos para el manejo de tráfico vehicular, equipo de trabajo disponible para los dos sentidos de la calzada y los implementos requeridos para la toma de medidas y coordenadas satelitales. Mediante la realización de la inspección visual se pudo evidenciar diferentes patologías a lo largo del tramo como lo son: Fisuras Longitudinales (FL), Fisuras Transversales (FT), Fisuras de Borde (FBD), Fisuras en Media Luna (FML), Fisuras en Juntas de Construcción (FCT), Descascaramiento (DC), Cabezas Duras (CD), Ahuellamientos (AHU), Hundimientos (HUN), Baches

(BCH), Abultamientos (AB), Separación de Berma (SB), Perdida de Agregados (PA), Desgaste superficial (DSU), Surcos (SU) y Pulimento de Agregados (PU); siendo las Fisuras en Bloque (FB), Parches (PCH) y Piel de Cocodrilo (PC) las patologías más presentadas a lo largo del tramo de estudio. Para la toma de las respectivas patologías se tomaron subtramos con una longitud de 100 m cada uno. A partir de estos, se tomaron los respectivos anchos de calzada y las evidencias fotográficas de cada una de las fallas contenidas en las unidades de áreas denotadas anteriormente.

Durante la realización de la toma de datos patológicos en campo, se evidencia la falta de señalización en la vía, la falta de demarcaciones horizontales, y la inexistencia de estructuras de control de velocidad a lo largo de esta. Del mismo modo, se tuvo en cuenta el factor clima para la toma de datos y los tipos de fallas presentadas por el manual de inspección visual de pavimentos flexibles (INVIAS) elaborado en el año 2006.



Figura 9.2 Punto de inicio: Inspección visual del tramo de estudio
Fuente: [22]

9.3. DILIGENCIAMIENTO DE LOS FORMATOS PROPUESTOS POR EL INVIAS PARA EL DIAGNÓSTICO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

Con base en la inspección patológica y el registro fotográfico (ver ANEXO K) realizado a cada una de las patologías durante los nueve (9) días de visita al tramo de estudio, se dio paso al diligenciamiento de los formatos técnicos presentes en el manual para la inspección de pavimento flexible es los cuales se asignan los tipos de fallas con su respectiva sigla denotada y la severidad respectiva en función de la unidad de área (m²) o longitud (m).

En este tipo de fichas técnicas se explican los tipos de fallas en función de la unidad para su registro, el tipo de severidad según la magnitud del daño registrado ya sea bajo, medio o alto; y los comentarios respectivos dependiendo lo evidenciado en el momento del registro patológico.

Para el debido registro se estipulan las diferentes causas por las cuales se pudo haber generar dicha patología a partir de la observación del visualizador. Es de vital importancia resaltar que el registro fotográfico marca un punto de importancia frente a la visualización real de cada una de las patologías en el momento de su registro para así establecer la situación actual del tramo de estudio.

A continuación, podemos evidenciar un ejemplo de los formatos diligenciados en campo con algunas patologías contenidas dentro del tramo de estudio. La compilación de los formatos obtenidos en campo se encuentra contenidos en los ANEXO D y ANEXO E, denominado “CARTERA BITACORA PAV FLEXIBLE” y “CARTERA FORMATO PAV FLEXIBLE INVIAS” respectivamente.

PAV-FLEXIBLE



**ESTUDIO E INVESTIGACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS OBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRETERAS
BITÁCORA DE PUNTOS COORDENADOS DE LA ESTRUCTURA VIAL (65 MTE)**

TERRITORIAL: Villavicencio
 NOMBRE DE LA VÍA: 65 MTE
 CÓDIGO DE LA VÍA: 65 MTE
 SECTOR: Vereda Vanguardia

FECHA: 08-Jul-2020
 HOJA: 1 DE 31

Ver Ancho
★

N°	CARRIL	ABSCISA	PUNTO	DESCRIPCIÓN PATOLOGÍA	COORDENADAS		ALTURA (m)	FOTOG.
					NORTE	OESTE		
37	D	0+118	37	PCH	4°10'35,1"	73°38'13,8"	468	34
34	II	0+112	34	FML	4°10'35,7"	73°38'13,5"	460	33
33	I	0+110	33	FB	4°10'35,5"	73°38'13,5"	462	22
32	D	0+105	32	1er Ancho - 6,78m	4°10'35,8"	73°38'13,7"	467	✓
31	I	0+100	31	PCH	4°10'36,0"	73°38'13,5"	463	31
30	Comp	0+097	30	PCH	4°10'36,2"	73°38'13,6"	467	20
29	D	0+096	29	PCH	4°10'36,4"	73°38'13,6"	469	29
28	D	0+093	28	FB	4°10'36,5"	73°38'13,7"	469	28
27	C	0+088	27	FL	4°10'36,4"	73°38'13,6"	466	27
26	I	0+088	26	FB	4°10'36,4"	73°38'13,6"	465	26
25	I	0+088	25	FB	4°10'36,5"	73°38'13,6"	467	25
24	C	0+086	24	FB	4°10'36,6"	73°38'13,6"	467	24
23	D	0+085	23	FB	4°10'36,7"	73°38'13,7"	466	23
22	D	0+084	22	FT	4°10'37,1"	73°38'13,7"	466	22
21	I	0+080	21	FT	4°10'37,2"	73°38'13,6"	469	21
20	C	0+079	20	FT	4°10'37,2"	73°38'13,6"	468	20
19	D	0+079	19	FT	4°10'37,1"	73°38'13,6"	469	19
18	I	0+077	18	PC	4°10'37,4"	73°38'13,6"	476	18
17	D	0+075	17	FB	4°10'37,6"	73°38'13,5"	485	17
16	I	0+071	16	FB	4°10'37,8"	73°38'13,6"	474	16
15	I	0+069	15	PC	4°10'37,8"	73°38'13,5"	471	15
14	D	0+065	14	PCH	4°10'37,5"	73°38'13,6"	468	14
13	C	0+064	13	PC	4°10'38,1"	73°38'13,5"	472	13
12	I	0+058	12	FL	4°10'38,2"	73°38'13,4"	471	12
11	D	0+051	11	FB	4°10'38,2"	73°38'13,2"	467	11
10	D	0+034	10	PCH	4°10'38,4"	73°38'13,8"	468	10
9	C	0+033	9	FT	4°10'38,5"	73°38'13,7"	473	9
8	I	0+031	8	FB	4°10'38,5"	73°38'13,8"	471	8
7	I	0+014	7	FT	4°10'38,5"	73°38'14,4"	477	7
6	I	0+011	6	FT	4°10'38,6"	73°38'14,4"	473	6
5	C	0+007	5	FB	4°10'38,6"	73°38'14,5"	474	5
4	D	0+007	4	FB	4°10'38,6"	73°38'14,5"	473	4
3	I	0+006	3	FT	4°10'38,7"	73°38'14,7"	474	3
2	D	0+003	2	FB	4°10'38,7"	73°38'14,7"	475	2
1	Comp	0+000	1	Inicio - Ancho 5,50 m	4°10'38,7"	73°38'14,8"	478	1

21-24,8
2,4

OBSERVACIONES:

Figura 9.3 Cartera Bitácora Pav Flexible
Fuente: [22]

Diagnóstico del estado superficial del pavimento flexible y las obras de drenaje de la antigua vía Villavicencio – Restrepo (65MTE)

1)



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

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0587 DE 2003



FORMATO PARA LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE - V2

ANEXO 60

PAU-FLEXIBLE

TERRITORIAL: Villavicencio FECHA: 09-Jul-2020 CONCESIÓN: PR INICIAL: W03000
 CÓDIGO DE LA VÍA: 65 MTE CONTRATO No.: _____ MITP INTEGRAL: PR FINAL: W34227.13
 NOMBRE DE LA VÍA: 65 MTE LEVANTAMIENTO POR: Daniela Andrea A.M.V.: HOJA: 1 DE: 29

Carril	Tipo	Sever	Daño		Reparación		Foto	Aclaraciones
			Largo (m)	Ancho (m)	Largo (m)	Ancho (m)		
U4	V	IC	B	1.70	1.2		38v	
	C	FL	B	6.50			37v	F 0.6.
	D	IC	M	5.76	2.40		37v	Tiende a FB.
	D	ICH	B	3.77	1.70		36v	
	D	ICH	B	5.80	3.50		35v	Hoyada agrietamientos y fisura 1.
	I	FML	M	4.30	1.25		34v	Tiende a PC
	I	FIS	B	1.40	0.23		33v	
	I	ICH	B	11.15	2.10		32v	
	C	ICH	B	6.70	6.13		30v	Indicador de FL
U3	D	ICH	A	0.70	1.0		29v	Wf. 3.7cm / Tiende DC y FB.
	D	FB	B	0.70	1.60		28v	
	C	FL	A	5.0			27v	Tiende a ser en FB F.0.6 } Entrada de volquetes
	I	FB	A	5.80	1.64		26v	Tiende a DC
	I	FB	B	1.20	0.77		25v	
	C	FB	M	2.16	1.60		24v	
	D	FB	B	2.20	2.0		23v	
	D	FT	B	1.83			22v	F.0.6.
	I	FT	B	0.71			21v	F.0.6
	C	FT	B	1.30			20v	F.0.6
	D	FT	B	2.0			19v	F.0.6
U2	I	PC	A	2.98	1.30		18v	Tiende a hundimientos (HUN)
	D	FB	M	5.50	2.80		17v	
	I	FB	B	2.50	2.60		16v	
	I	PC	A	2.30	1.70		15v	Tiende a descascamiento DC
	D	ICH	B	7.0	3.20		14v	
	C	PC	A	6.90	1.80		13v	
	I	FL	A	4.72			12v	F.0.6
	D	FB	M	3.74	1.52		11v	Se perfora al carril centro
	D	ICH	M	0.66	0.70		10v	Tiende a suministro de agregado (PU)
	C	FT	A	1.40			9v	F.0.6 - Se acerca a ser fisura en B (FB)
	I	FB	M	0.64	0.96		8v	
U1	I	FT	B	1.70			7v	F.0.6
	I	FT	M	0.74			6v	F.0.6
	C	FB	M	1.96	2.0		5v	
	D	FB	M	1.94	1.70		4v	
	I	FT	M	1.90			3v	F.0.6
	D	FB	A	1.0	0.60		2v	Presenta hundimiento (HUN)

Número de calzadas: <u>1</u>	COMENTARIOS:
Número de carriles por calzada: <u>2</u>	
Ancho de carril: <u>6.37 m</u> Ancho de berma: <u>0.40 m</u>	

CS Escaneado con CamScanner

Figura 9.4 Cartera Formato Pav Flexible INVIAS Fuente: [22]

9.4. ANÁLISIS DE LA PATOLOGÍAS PRESENTES EN EL TRAMO DE ESTUDIO

Con base en la compilación de los datos patológicos recolectados en las visitas de campo contenidos en el ANEXO A, se dio paso a la realización de los cálculos para la estimación de los resultados a partir de lo estipulado por el manual de inspección visual para pavimentos flexibles (INVIAS), para lo cual, se establece el paso a paso a seguir en el apartado “Análisis de Resultados”. En éste, se halla el área afectada por cada tramo y la severidad de su afectación, del mismo modo se calcula el área total afectada por cada uno de los daños y su respectivo porcentaje de afectación con base al área total del tramo de estudio. Con los datos anteriores se elabora el respectivo diagrama de barras el cual permite observar el tramo con la mayor cantidad de área afectada en función del área total del tramo de estudio.

Con los datos obtenidos previamente se obtienen los diagramas patológicos en función de la severidad (alta, media, o baja) para así, obtener el porcentaje de distribución por daño patológico en función de su misma severidad. Posteriormente, se hace el modelado del tramo de estudio el cual se encuentra contenido en el ANEXO C, el cual presenta las respectivas abscisas por tramo, estructuras de drenaje, conexiones a vías alternas y cada una de las patologías nombradas según su numeración en las carteras de campo contenidas en el ANEXO A, junto con sus respectivas coordenadas. A continuación, se evidencia el área con mayor afectación de toda la calzada de estudio:

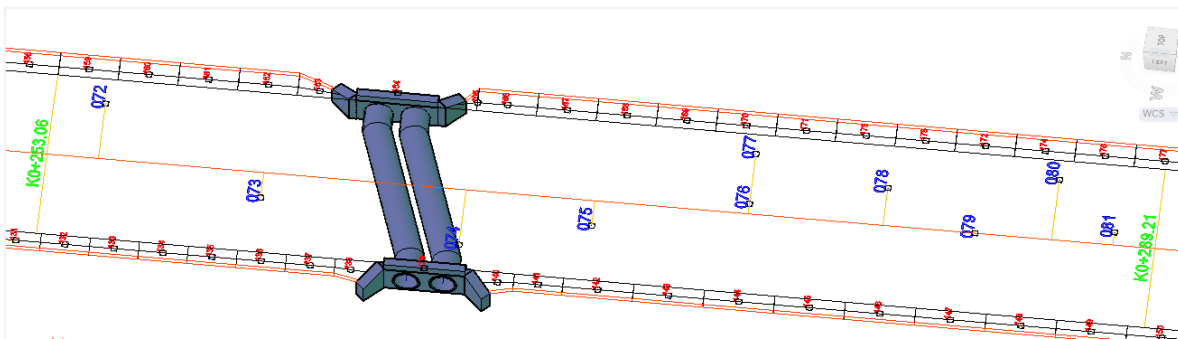


Figura 9.5 Área con mayor afectación de la calzada de estudio
Fuente: [22]

10. ETAPA 3 (VISITA DE CAMPO, INSPECCIÓN VISUAL, DILIGENCIAMIENTO DE LOS FORMATOS PROPUESTOS POR EL MANUAL PCI PARA EL DIAGNÓSTICO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y ANÁLISIS DE LAS PATOLOGÍAS PRESENTES EN EL TRAMO DE ESTUDIO)

En las cuatro fases de esta etapa se evidencia el respectivo procedimiento para la toma de datos patológicos según lo estipulado por la metodología PCI (Pavement Condition Index), elaborada por el cuerpo de ingenieros del ejército estadounidense.

10.1. VISITA DE CAMPO

La respectiva visita de campo para la toma de datos en esta categoría fue la misma realizada previamente en la Etapa 2 (Visita de campo, inspección visual, diligenciamiento de los formatos propuestos por el INVIAS para el diagnóstico del pavimento flexible y análisis de las patologías presentes en el tramo de estudio) en su Ítem 1.

10.2. INSPECCIÓN VISUAL

La respectiva inspección visual para esta metodología se desarrolló de manera paralela con la visualizada en la metodología INVIAS, evidenciándose las mismas patologías a lo largo del tramo de estudio. A diferencia de la metodología INVIAS, en este caso se registraron los diferentes daños en función de la longitud de la unidad de muestreo, la cual se obtuvo en función del ancho de calzada, para lo cual se dividió el tramo de estudio en 89 unidades con una longitud de 36.154 m cada una en relación con un ancho de 6.37 m.

10.3. DILIGENCIAMIENTO DE LOS FORMATOS PROPUESTOS POR EL MANUAL PCI PARA EL DIAGNÓSTICO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

Siguiendo los parámetros dados por el manual PCI, se registraron las diferentes patologías por su unidad de área (m²) y por tipo de daño en cada una de las unidades de muestreo correspondientes, teniendo en cuenta el ancho de calzada, la abscisa inicial y la abscisa final de cada una de las mismas. A continuación, se presenta un ejemplo de los formatos diligenciados en campo los cuales se encuentran en el ANEXO H:

AJEXO #



ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
PCI-01. CARRETERAS ASFÁLTICA

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO						ESQUEMA		
ZONA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO				
Villavicencio		101000		01				
CÓDIGO VÍA		ABSCISA FINAL		ÁREA MUESTREO (m ²)				
65 MTE		101026,15		220,30				
INSPECCIONADA POR				FECHA				
Daniela Rojas - Andres Ospina				08/07/2020				
No.	Daño	No.	Daño					
1	Piel de cocodrilo.	11	Parqueo.					
2	Exudación.	12	Pulimento de agregados.					
3	Agrietamiento en bloque.	13	Huecos.					
4	Abultamientos y hundimientos.	14	Cruce de vía férrea.					
5	Corrugación.	15	Ahuellamiento.					
6	Depresión.	16	Desplazamiento.					
7	Grieta de borde.	17	Grieta parabólica (slippage)					
8	Grieta de reflexión de junta.	18	Hinchamiento.					
9	Desnivel carril / berma.	19	Desprendimiento de agregados					
10	Grietas long y transversal.							
Daño	Severidad	Cantidades parciales				Total	Densidad (%)	Valor deducido
						0,60	0,26	2
3	A	0,60				1,58	0,69	1
10	M	1,14	0,44			13,06	5,67	11
3	M	3,20	3,92	0,61	5,23	0,38	0,34	0
10	B	0,33				0,84	0,36	4,5
10	A	0,84				0,46	0,20	4
11	M	0,46						

Figura 10.1 Cartera Formato Pav Flexible PCI
Fuente: [22]

10.4. ANÁLISIS DE LA PATOLOGÍAS PRESENTES EN EL TRAMO DE ESTUDIO

Con la compilación de los datos patológicos en los respectivos formatos por cada una de las unidades de muestra, se elige una serie de unidades representativas a evaluar respecto a la magnitud de su daño. Seguido a ello, se procede a calcular el total de patologías registradas según su tipo para obtener la densidad de su daño y el total deducido. Lo anterior se evidencia de manera detallada en el paso a paso planteado en el análisis de resultados para esta metodología.

11. ETAPA 4 (VISITA DE CAMPO, INSPECCIÓN VISUAL, DILIGENCIAMIENTO DE LOS FORMATOS PROPUESTOS POR EL INVIAS PARA EL DIAGNÓSTICO DE LAS OBRAS DE DRENAJE Y ANÁLISIS DE LA PATOLOGÍAS PRESENTES EN LA OBRAS DE DRENAJE DEL TRAMO DE ESTUDIO)

Esta última etapa, cuenta con cuatro (4) fases en las cuales se evidencia a detalle el proceso para la toma de patologías en las estructuras de drenaje en el tramo de estudio.

11.1. VISITA DE CAMPO

Previamente a la toma de datos patológicos del pavimento flexible, se realizó la visita de campo en la cual se ejecutó el reconocimiento del estado de las estructuras de drenaje como son alcantarillas, sumideros, y cunetas. Durante este reconocimiento se evidencio que la vía no cuenta con las estructuras de drenaje suficientes, y las pocas que si existen presentan daños evidentes a simple vista, tal como se puede evidenciar en la Figura 11.1:



Figura 11.1 Reconocimiento previo de las estructuras de drenaje
Fuente: [22]

11.2. INSPECCIÓN VISUAL

La toma de patologías en las estructuras de drenaje fue realizada en ambos extremos de la vía. Para ello, se tuvieron en cuenta las coordenadas de cada uno de los módulos, sus anchos, longitudes y el tipo de estructura la cual fue elegida para la construcción de cunetas. Del mismo modo, se evidencia la composición de las alcantarillas según su tipo y sus estructuras complementarias. Para el registro patológico, se manejó la metodología INVIAS contenida en el manual para la inspección visual de estructuras de drenaje siguiendo los respectivos formatos tanto para cunetas como para alcantarillas y estructuras complementarias. Dentro de las patologías presentes en las estructuras de drenaje longitudinal del tramo de estudio se encontraron Obstrucción (OBS), Agrietamiento (GR), Desgaste superficial (DSU), Fracturamiento (FRAC), Escalonamiento (EJ), y Desportillamiento (DPT). Dentro de las patologías encontradas en las estructuras de drenaje transversal observamos Desportillamiento (DPT), Desgaste (DSU), Perdida de Agregados (PA), Obstrucción (OBS) y presencia de vegetación.



Figura 11.2 Figura. Inspección visual de estructuras de drenaje
Fuente: [22]

11.3. DILIGENCIAMIENTO DE LOS FORMATOS PROPUESTOS POR EL INVIAS PARA EL DIAGNÓSTICOS DE LAS OBRAS DE DRENAJE

El registro patológico de las estructuras de drenaje longitudinal, transversal y complementarias fue diligenciado en los formatos establecidos por el manual para la inspección visual de estructuras de drenaje del INVIAS, teniendo en cuenta las coordenadas de cada una de las unidades que componen los respectivos módulos de cunetas de la vía, los anchos de los mismos, las formas de diseño constructivo en función de su velocidad de flujo (triangular, espina de pescado, rectangular, trapezoidal y semicircular), el tipo de alcantarilla según su número de conductos de

transporte de flujo (tubería o cajón rectangular), y la composición – estado de sus partes estructurales. Se realizó el registro de los puntos patológicos por cada uno de los módulos en ambos extremos de la calzada teniendo en cuenta su ubicación, severidad y coordenadas, lo anterior para cada una de las estructuras de drenajes ya nombradas. Esto se encuentra plasmado en el ANEXO L, ANEXO M, ANEXO N, ANEXO O y ANEXO Q; presentando a continuación unos de los formatos nombrados con anterioridad:

ANEXO L - M - Q

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

**ESTUDIO E INVESTIGACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS OBRAS DE LA RED NACIONAL DE CARRETERAS
BITÁCORA DE PUNTOS COORDENADOS DE LA ESTRUCTURA VIAL (65 MTE)**

TERRITORIAL: Villavicencio
 NOMBRE DE LA VÍA: 65 MTE
 CÓDIGO DE LA VÍA: 65 MTE
 SECTOR: Vereda Uapandica

FECHA: 19-10-2020
 HOJA: 1 DE 17

N°	CARRIL	ABSCISA	PUNTO	DESCRIPCIÓN PATOLÓGICA	COORDENADAS		ALTURA (m)	FOTOG.
					NORTE	OESTE		
✓ 1	P	K0+057.28	25	Sumidero /Cajón	4°10' 37,1"	73°38' 13,7"	458	35
	D	K0+057.28	24	OBs por veg / (Tubo)	4°10' 37,1"	73°38' 13,8"	458	34
	D	K0+059.28	23	OBs por veg / DPL (Tubo)	4°10' 37,2"	73°38' 13,8"	458	33
	D	K0+059.28	22	OBs por veg / DSO (Tubo)	4°10' 37,2"	73°38' 13,8"	458	32
	D	K0+050.28	21	OBs por veg / (Tubo)	4°10' 37,3"	73°38' 13,8"	458	31
	D	K0+049.28	20	OBs por veg / (Tubo)	4°10' 37,3"	73°38' 13,8"	458	30
	D	K0+047.28	19	OBs por veg / (Tubo)	4°10' 37,4"	73°38' 13,8"	458	29
	D	K0+046.28	18	OBs por veg / DPL (Tubo)	4°10' 37,4"	73°38' 13,8"	459	28
	D	K0+044.28	17	OBs por veg / DPL (Tubo)	4°10' 37,5"	73°38' 13,8"	459	27
	D	K0+042.14	16	OBs por veg / DSO / DPL (Tubo)	4°10' 37,5"	73°38' 13,8"	459	26
	D	K0+041.14	15	OBs por veg / DSO (Tubo)	4°10' 37,6"	73°38' 13,8"	459	25
	D	K0+038.94	14	OBs por veg / DSO (Tubo)	4°10' 37,6"	73°38' 13,8"	459	24
	D	K0+037.94	13	OBs por veg / DSO (Tubo)	4°10' 37,7"	73°38' 13,8"	459	23
	D	K0+035.94	12	OBs por veg / DSO (Tubo)	4°10' 37,7"	73°38' 13,8"	459	22
	D	K0+034.49	11	OBs por veg / (Tubo)	4°10' 37,8"	73°38' 13,9"	460	21
	D	K0+032.49	10	OBs por veg / (Tubo)	4°10' 37,8"	73°38' 13,9"	460	20
	D	K0+030.49	9	OBs por veg / (Tubo)	4°10' 37,9"	73°38' 13,9"	460	19
	D	K0+029.08	8	OBs por veg / (Tubo)	4°10' 37,9"	73°38' 13,9"	460	18
	D	K0+027.08	7	OBs por veg / (Tubo)	4°10' 38,0"	73°38' 13,9"	460	17
	D	K0+025.67	6	OBs por veg / (Tubo)	4°10' 38,0"	73°38' 13,9"	460	16
	D	K0+023.67	5	OBs por veg / (Tubo)	4°10' 38,1"	73°38' 13,9"	461	15
	D	K0+022.67	4	OBs por veg / (Tubo)	4°10' 38,1"	73°38' 13,9"	461	14
	D	K0+021.25	3	OBs por veg / CR (Tubo)	4°10' 38,2"	73°38' 14,0"	461	13
	D	K0+019.02	2	OBs por veg / (Tubo)	4°10' 38,2"	73°38' 14,0"	461	12
	D	K0+017.00	1	OBs por veg / CR (Tubo)	4°10' 38,3"	73°38' 14,0"	461	11
	D	K0+016.19	10	OBs por veg / DSO (Tubo)	4°10' 38,3"	73°38' 14,1"	461	10
	D	K0+014.37	9	OBs por veg / (Tubo)	4°10' 38,3"	73°38' 14,1"	461	9
	D	K0+012.54	8	OBs por veg / (Tubo)	4°10' 38,4"	73°38' 14,1"	461	8
	D	K0+011.12	7	OBs por veg / (Tubo)	4°10' 38,4"	73°38' 14,2"	461	7
	D	K0+009.73	6	OBs por veg / (Tubo)	4°10' 38,5"	73°38' 14,2"	461	6
	D	K0+007.47	5	OBs por veg / DPL (Tubo)	4°10' 38,5"	73°38' 14,3"	461	5
	D	K0+005.24	4	OBs por veg / DPL (Tubo)	4°10' 38,5"	73°38' 14,3"	462	4
	D	K0+004.24	3	OBs por vegetación (Tubo)	4°10' 38,5"	73°38' 14,4"	462	3
	D	K0+002	2	OBs por vegetación (Tubo)	4°10' 38,5"	73°38' 14,4"	462	2
1	D	K0+000	1	OBs por vegetación (Tubo)	4°10' 38,6"	73°38' 14,5"	462	1

OBSERVACIONES:

Figura 11.3 Cartera Bitácora Obras De Drenaje DER INVIAS
Fuente: [22]

Diagnóstico del estado superficial del pavimento flexible y las obras de drenaje de la antigua vía Villavicencio – Restrepo (65MTE)

FORMATO PARA INSPECCIÓN VISUAL DE CUNETAS

EVALUACIÓN DE LAS OBRAS DEL CONTRATO No. _____ DE _____

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CUAESTRO UNIVERSIDAD DE COLOMBIA

TERRITORIAL: Villavicencio
NOMBRE DE LA VÍA: 65 MTE
CÓDIGO DE LA VÍA: 65 MTE
SECTOR: Vereda Vanguardia

MANTENIMIENTO INTEGRAL: 65 MTE
CONCESIÓN: _____
A.M.V.: _____
SECTOR ADM. VIAL No.: _____

FECHA: 19-Jul-2020
HOJA: 1 DE 3
LEVANTADO POR: Daniela Andrés

PR INICIAL	LADO		LONGITUD (m)		FORMA R ¹	DAÑO				FOTOGRAFÍA No.	OBSERVACIONES	ESQUEMAS
	D	I	TOTAL	MÓDULO		TIPO	SEV.	CANT.	URL			
K0+000	X			1	7	DBT	M	2	m	4-5	4-5-11	
					7	DBT	M	2	m	4-5	4-5-11	
					7	DBT	M	2	m	4-5	4-5-11	
					7	DBT	M	2	m	4-5	4-5-11	
K0+074,62	X			2	7	DBT	M	2	m	4-5	4-5-11	
					7	DBT	M	2	m	4-5	4-5-11	
					7	DBT	M	2	m	4-5	4-5-11	
					7	DBT	M	2	m	4-5	4-5-11	
					7	DBT	M	2	m	4-5	4-5-11	
					7	DBT	M	2	m	4-5	4-5-11	
K0+088,62	X			3	7	DBT	M	2	m	4-5	4-5-11	
					7	DBT	M	2	m	4-5	4-5-11	
					7	DBT	M	2	m	4-5	4-5-11	
					7	DBT	M	2	m	4-5	4-5-11	
K0+104,85	X			4	7	DBT	M	2	m	4-5	4-5-11	
					7	DBT	M	2	m	4-5	4-5-11	
					7	DBT	M	2	m	4-5	4-5-11	
					7	DBT	M	2	m	4-5	4-5-11	
					7	DBT	M	2	m	4-5	4-5-11	
					7	DBT	M	2	m	4-5	4-5-11	
K0+127,85	X			5	7	DBT	M	2	m	4-5	4-5-11	
					7	DBT	M	2	m	4-5	4-5-11	
					7	DBT	M	2	m	4-5	4-5-11	
					7	DBT	M	2	m	4-5	4-5-11	
					7	DBT	M	2	m	4-5	4-5-11	
					7	DBT	M	2	m	4-5	4-5-11	
					7	DBT	M	2	m	4-5	4-5-11	
					7	DBT	M	2	m	4-5	4-5-11	
					7	DBT	M	2	m	4-5	4-5-11	
					7	DBT	M	2	m	4-5	4-5-11	

(1) FORMA: TRIANGULAR. V. RECTANGULAR. R. TRAPEZOIDAL. SEMICIRCULAR. S.

OBSERVACIONES GENERALES:

Figura 11.4 Cartera Formato Cuentas DER INVIAS Fuente: [22]

FORMATO PARA INSPECCIÓN VISUAL DE ALCANTARILLAS

EVALUACIÓN DE LAS OBRAS DEL CONTRATO No. _____ DE _____

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CUAESTRO UNIVERSIDAD DE COLOMBIA

TERRITORIAL: Villavicencio
NOMBRE DE LA VÍA: 65 MTE
CÓDIGO DE LA VÍA: 65 MTE
SECTOR: Vereda Vanguardia

MANTENIMIENTO INTEGRAL: 65 MTE
CONCESIÓN: _____
A.M.V.: _____
SECTOR ADM. VIAL No.: _____

FECHA: 19-Jul-20
HOJA: 1 DE 1
LEVANTADO POR: Daniela Andrés

TIPO DE ALCANTARILLA

CAJÓN: ANCHO (m): _____ ALTIMETRO (m): 0.10

TUBERÍA: DIÁMETRO (m): _____

SIEMPLE: BORNILLO: No. DE DUCTOS: _____

MÚLTIPLE: OBRA: CUAL: _____

CARACTERÍSTICAS DEL DUCTO [5]

LONGITUD (m): 9.84m

ÁNGULO DE SVIAJE (°): _____

MATERIAL DE TUBERÍA: CONCRETO: METÁLICA: OTRA: CUAL: _____

ELEMENTOS DE LA ALCANTARILLA

ESTRUCTURA DE CONEXIÓN	ENTRADA	SALIDA
ENCOLE OSCURO:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MURO CARGAL:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
GUARDARREJAS:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ALZAS:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MUROS DE ACOMPAÑAMIENTO:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
POCETA O LAVADOR:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SOLADO:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ELEMENTOS	REGISTRO DE DAÑOS	CUANTIFICACIÓN	FOTOGRAFÍA No.	ESQUEMA
ENCOLE: Longitud: 2.69 m				
MURO CARGAL: Espesor: 0.25 m Longitud: 11.60 m	Presenta desgaste, vegetación y deterioramiento		140	
GUARDARREJAS: Espesor: 0.25 m Longitud: 9.60 m				
ALZAS: Longitud: 0.65 m Altura Inicial: 0.90 m Altura Final: 0.65 m				
MURO DE ACOMPAÑAMIENTO: Longitud: _____ Espesor: _____ Altura: _____ Poceta: _____ Ancho: _____ Largo: _____ Solado: _____				
DUCTOS [5]: Longitud: _____ Sección: _____				
MURO CARGAL: Espesor: 0.25 m Longitud: 11.60 m	Presenta vegetación, deterioramiento		141	
GUARDARREJAS: Espesor: 0.25 m Longitud: 9.60 m				
ALZAS: Longitud: 0.65 m Altura Inicial: 0.90 m Altura Final: 0.65 m				
MURO DE ACOMPAÑAMIENTO: Longitud: _____ Espesor: _____ Altura: _____ Poceta: _____ Ancho: _____ Largo: _____ Solado: _____				
OBSERVACIONES:	Presentan obstrucción por vegetación y basuras			

Figura 11.5 Carteras Formato Alcantarillado INVIAS Fuente: [22]

11.4. ANÁLISIS DE LA PATOLOGÍAS PRESENTES EN LA OBRAS DE DRENAJE DEL TRAMO DE ESTUDIO

Realizada la recopilación de los datos patológicos de las estructuras de drenaje en ambos extremos de la calzada de estudio, se procede a la estimación de los respectivos resultados y el análisis de los mismos para lo cual se establece el procedimiento a seguir en el apartado de “Análisis de Resultados”. Para ello, se estima la cantidad de módulos de estudio (drenaje longitudinal) en cada extremo de la calzada, las respectivas patologías que afectaron a cada uno de los mismos, el área afectada en función de cada uno de los tramos, y el área total inspeccionada de los módulos presentes en el tramo de estudio. Para las estructuras de drenaje transversal se establece la cantidad de unidades presentes en la vía, la unidad con mayor afectación patológica, y la causa por la cual estas unidades presentan este deterioro. De manera paralela al modelado del tramo de estudio se elaboraron las estructuras de drenaje tanto longitudinal como transversal según sus coordenadas, el tipo de estructura y sus componentes contenidas en el ANEXO C, tal como se muestra en la Figura 11.6 y 11.7:

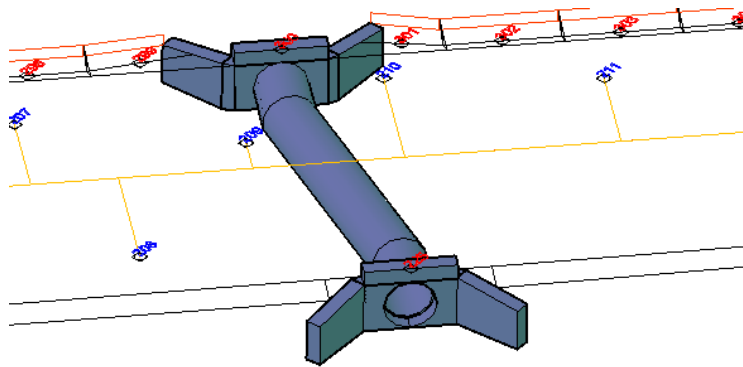


Figura 11.6 Estructura de drenaje transversal, modelo de la vía.
Fuente: [22]

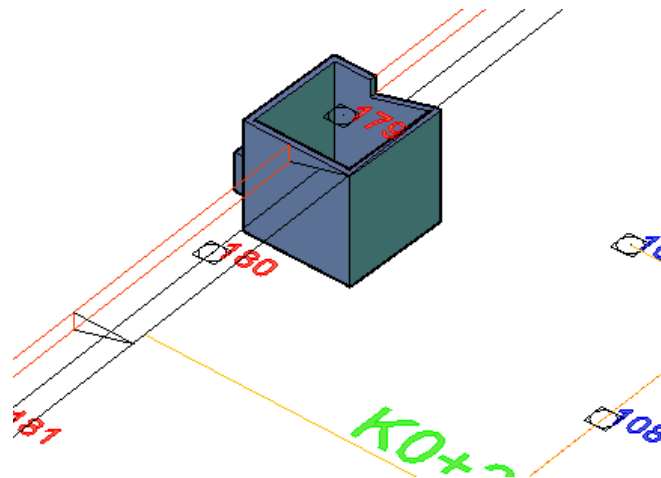


Figura 11.7 Estructura de drenaje longitudinal y complementario
Fuente: [22]

12. ANÁLISIS DE RESULTADOS

12.1. ANÁLISIS DEL TRÁNSITO VEHICULAR – ETAPA1

A partir de los datos obtenidos durante los tres días de aforo (ver ANEXO B), se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 12.1 Cálculo del volumen de tránsito promedio diario y semanal (TPD y TPDS)

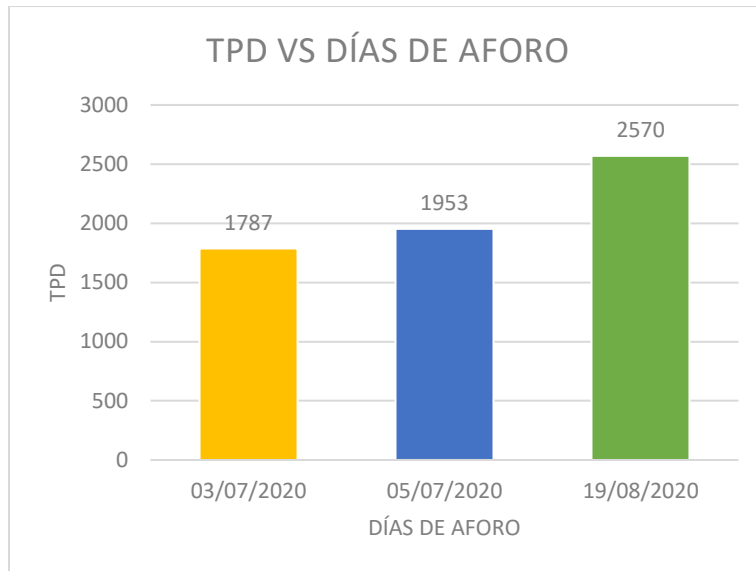


CONSOLIDADO DEL TRÁNSITO VEHICULAR DURANTE LOS DÍAS DE AFORO

Días de Aforo	Automóvil	Microbús	Buseta	Bus intermunicipal	C2P	C2G	C3	C3-S2	C3-S3	TPD
03/07/2020	1434	70	39	1	48	172	20	3	0	1787
05/07/2020	1593	81	72	0	44	127	33	3	0	1953
19/08/2020	2271	69	40	3	58	96	24	9	0	2570
Total general	5298	220	151	4	150	395	77	15	0	6310
TPDS	1766	73	50	1	50	132	26	5	0	2103
Composición Vehicular	84%	3%	2%	0%	2%	6%	1%	0%	0%	100%

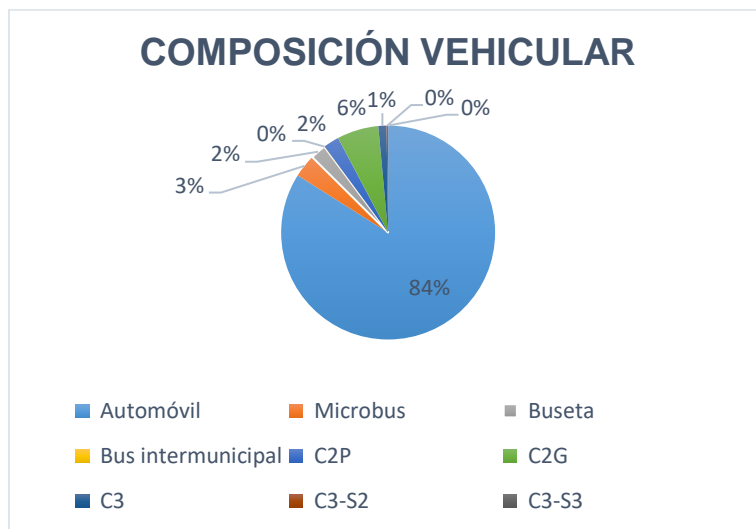
Fuente: [22]

A partir de los resultados evidenciados anteriormente, se puede observar que el tipo de vehículos que mayor circulación presenta por la calzada es el automóvil; esto en vista de la reducción de tiempo y distancia que representa esta calzada por ser una vía alterna entre la parte nororiental de la ciudad y la vía principal Villavicencio – Yopal. De igual manera, podemos observar que los vehículos pesados con denominación C2G (volquetas y camiones sencillos), son el segundo tipo de vehículos que transitan con mayor frecuencia por esta calzada puesto que la zona cuenta con minas de explotación de material de río.



Gráfica 12.1 TPD vs Días de aforo
Fuente: [22]

En el consolidado realizado en la gráfica anterior, podemos evidenciar que el día con mayor flujo vehicular fue el fin de semana en el lapso de 12:00 a 12:30, dado que hay menos restricciones para el tránsito y la ciudad presenta mayor movilidad. Mientras que el menor flujo vehicular reportado el fin de semana fue de 6:00 a 6:30 debido a que la ciudad despierta en este lapso.



Gráfica 12.2 Composición vehicular
Fuente: [22]

Con base a la Gráfica 12.2, el vehículo que mayor repercusión de daño género en la calzada fue el Automóvil, con un 84% del flujo total registrado en el aforo

vehicular. Seguido a ello, se puede evidenciar que los vehículos C2G generan el 6% del flujo vehicular lo cual no representa un gran impacto de daño en la vía.

12.2. ANÁLISIS PAVIMENTO FLEXIBLE SEGÚN INVIAS – ETAPA 2

Este apartado parte de la recopilación de los datos patológicos en campo (ver ANEXO F), para lo cual se hace un análisis de cada uno de ellos, contextualizando su origen para posteriormente realizar un análisis del consolidados de todas patologías encontradas.

12.2.1 Análisis de las patologías presentes en el tramo de estudio según INVIAS

Fisuras en Bloque (FB): Este tipo de patología representa la mayor afectación en el tramo de estudio, pues su aparición a lo largo del mismo fue muy representativa. Durante la realización de la inspección visual se pudo evidenciar que su presencia se da en zonas donde hay un alto flujo vehicular pesado, el cual infringe altas cargas a la capa de rodadura. En vista de los cambios de temperatura por parte del pie de monte llanero durante el día, se observa que la capa asfáltica se ha endurecido con el tiempo y como la mayoría de las patologías de este tipo independientemente de su severidad ocupan áreas considerables en los subtramos de la vía. A continuación de evidencia este tipo de patología en uno de los puntos críticos del tramo No.15 con abscisa K0+405.21 y severidad Alta:



Figura 12.1 Fisura en Bloque (FB), T15; Sev. A; K0+405.21
Fuente: [22]

Parches (PCH): Durante la trayectoria recorrida a lo largo del corredor vial se pudieron evidenciar las reparaciones previas que se ejecutaron en la calzada para

corregir daños en fechas anteriores. Estas se basan en el reemplazo del fragmento de capa de pavimento afectada por una de iguales características de composición. En los parches encontrados a lo largo del corredor vial se encontraron fisuras, las cuales son generadas por la mala instalación de la capa de rodadura en el fragmento afectado. Este mal proceso lo podemos evidenciar en el punto patológico 70 con severidad alta, contenido en el tramo No. 3 con abscisa K0+242.87:



Figura 12.2 Parche (PCH), T3; P70; Sev. A
Fuente: [22]

Piel de Cocodrilo: Al ser la vía alterna al corredor principal que comunica a la capital del Meta con el municipio de Restrepo, podemos observar la presencia de un gran flujo vehicular por la zona, en especial, vehículos de carga pesada que arriban al río Guatiquía por material extraído del mismo. Dichas cargas vehiculares generan en la capa de rodadura una serie de aumentos de esfuerzos tanta de tensión como de deformación, causando un fisuramiento que con el tiempo se propaga, conectándose, formando hexágonos irregulares, a lo que se le denomina “Piel de Cocodrilo”.



Figura 12.3 Piel de Cocodrilo (PC), T1; P15; Sev. A
Fuente: [22]

Fisuras longitudinales (FL): Estas se pudieron encontrar en los sentidos que fluye el tráfico en la calzada de estudio. Se presentan cuando se superan los límites de los esfuerzos a tensión de la capa de rodadura y sus subcapas. Estos límites se establecen por medio de estudios previos a las capas del pavimento y facilitan el punto de aparición de futuras fisuras. A continuación, evidenciamos una fisura longitudinal de severidad alta contenida en el tramo N°1:



Figura 12.4 Fisura Longitudinal (FL), T1; Sev. A
Fuente: [22]

Fisuras Transversales (FT): Esta serie de patologías se encontraron de forma transversal al sentido del flujo vehicular. En vista de la presencia del pie de monte

llanero y de la falla geológica representativa en el terreno de la zona se pueden generar cortes en el terreno procedentes de los movimientos de la tierra en la zona, lo cual puede afectar las capas de la estructura de pavimento generando estas fisuras.



Figura 12.5 Fisura Transversal (FT), P116; Sev. M; K0+380.91
Fuente: [22]

Fisuras de Borde (FBD): Se presentan en los bordes de la calzada. Tienen un aspecto longitudinal – semicircular. Se presentan en las partes en las cuales no existe berma, y se generan por la falta de confinamientos laterales en los cuales los vehículos pueden realizar sus altos con seguridad sin afectar el borde de la calzada.



Figura 12.6 Fisura de Borde (FBD), P114; Sev. B; K0+377.71
Fuente: [22]

Fisuras en Media Luna (FML): Al ser una zona en presencia de montaña y fallas geológicas, se presentan movimientos de tierras en los costados de la vía, los cuales son potenciados por las vibraciones de las cargas vehiculares, generando desestabilización de las capas de la estructura que dan paso a este tipo de fisuras.



Figura 12.7 Fisura en Media Luna (FML), P131; Sev. M; K0+415.61
Fuente: [22]

Fisuras en Juntas de Construcción (FCT/FCL): En vista de lo nombrado anteriormente, se pudo evidenciar a lo largo del tramo de estudio las diferentes reparaciones realizadas para corregir los daños con gran severidad presentes en la calzada, pero por factores como el tiempo y la mala ejecución de las técnicas de reparación se presentaron este tipo de patologías los cuales dan paso a otra innumerable serie de las mismas deteriorando la misma reparación realizada y otras zonas cercanas a la patología.



Figura 12.8 Fisuras en Juntas de Construcción Transversal (FCT), P448; Sev. A;
K1+449.74
Fuente: [22]

Descascaramiento (DC): Esta obedece al desprendimiento de la capa de rodadura debido a los malos procesos constructivos en el momento de su instalación. Esto a su vez, se puede dar cuando el espesor de la carpeta no es el suficiente para suplir las cargas vehiculares, facilitando la entrada de agua disgregando la unión del material pétreo con los agregados.



Figura 12.9 Descascaramiento (DC), P194; Sev. A; K0+585.67
Fuente: [22]

Ahuellamientos (AHU): Este tipo de falla se presenta en el tramo de estudio debido al alto índice de tráfico pesado el cual proviene de los puntos de extracción de material de río (canteras). Estas generan deformaciones en la capa de pavimento los cuales desenlazan problemas en las subestructuras. Por lo evidenciado en las visitas de campo, se presenciaron puntos de afloramiento de agua los cuales junto con las cargas vehiculares deforman el fragmento de área.



Figura 12.10 Ahuellamiento (AHU), P117; Sev. B; K0+383.01
Fuente: [22]

Hundimientos (HUN): Por lo evidenciado en las visitas de campo realizadas a la zona de estudio, se pudo observar que la presencia de agua proveniente de la alta montaña es bastante. Por esta razón, se pueden llegar a presentar asentamientos en la subrasante de la vía los cuales se ven potenciados por la alta transpirabilidad del tráfico pesado.



Figura 12.11 Hundimiento (HUN), P543; Sev. A; K1+590.66
Fuente: [22]

Baches (BCH): La zona presenta nacederos de agua tanto en la parte alta de la montaña como en las áreas de la vía, evidenciando una retención de agua en distintos puntos de los subtramos que al ser presionados por las cargas vehiculares presentan fisuramiento, que con la repetición de cargas han llegado a convertirse en baches.



Figura 12.12 Baches (BCH), P68; Sev. A; K0+237.40
Fuente: [22]

Abultamientos (AB): Debido a los movimientos de la subrasante por afloramientos de agua, se pueden presentar exiaciones de las capas inmediatamente ubicadas sobre la misma, generando este tipo de patología.



Figura 12.13 Abultamientos (AB), P230; Sev. M; K0+689.42
Fuente: [22]

Separación de Berma (SB): Durante lo observado en la inspección visual, se denoto que la vía no cuenta con berma, y en la parte que, si existe berma, se observó la separación de la misma, esto por la acción de las cargas vehiculares que se estacionan en el punto generando desestabilización de las capas inferiores en el punto.



Figura 12.14 Separación de Berma (SB), P203; Sev. A; K0+609.23
Fuente: [22]

Pérdida de Agregados (PA): Una de las causas que posiblemente generen este tipo de patologías es la presencia de material de rio procedente de las canteras aledañas, el cual cae a la calzada debido a su transporte. Este en contacto con los neumáticos de los vehículos genera fricción con la calzada disgregando el material pétreo y sus agregados.

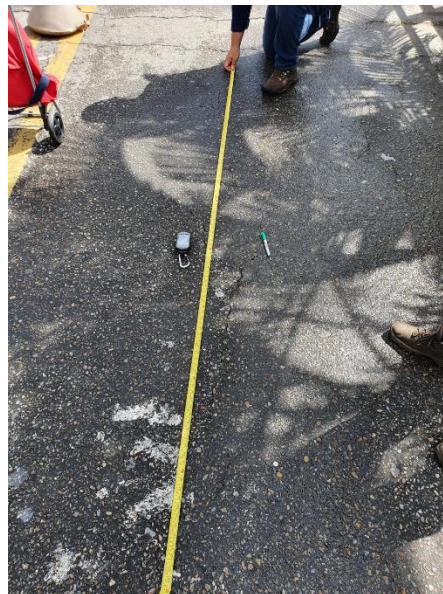


Figura 12.15 Pérdida de Agregados (PA), P855; Sev. A; K2+403.23
Fuente: [22]

Desgaste Superficial (DSU): Durante el recorrido de toda la calzada, se observó que es una patología normal ya que se encuentra en todo el corredor de estudio debido a la antigüedad de la vía y al tráfico vehicular que por este transita. Por tanto, se registran los puntos más críticos de esta.



Figura 12.16 Desgaste Superficial (DSU), P193; Sev. A; K0+584.25
Fuente: [22]

Surcos (SU): En el análisis realizado durante las visitas de campo se encontró una leve presencia de surcos originados por la presencia de agua sobre la calzada, la cual erosiona el material bituminoso generando este tipo de daño.



Figura 12.17 Surcos (SU), P227; Sev. A; K0+672.17
Fuente: [22]

Pulimento de Agregados (PU): En vista de la antigüedad de la vía, se evidencia pulimento de los agregados los cuales han perdido resistencia en el tiempo, y son susceptibles a fallar ante la fricción con los vehículos.



Figura 12.18 Pulimentos de agregados (PU), P414; Sev. M; K1+371.76
Fuente: [22]

Cabezas Duras (CD): En algunas partes del tramo se estudió la presencia de disgregación del material bituminoso dejando expuestos los agregados que poco a poco se van disgregando. Algunos de estos presentan alta resistencia por lo que les cuesta disgregarse ante la fricción vehicular.



Figura 12.19 Cabezas Duras (CD), P223; Sev. M; K0+658.74
Fuente: [22]

La determinación de los resultados se encuentra ligada a los cálculos establecidos en el manual de inspección visual de pavimento flexible (INVIAS) los cuales fueron desarrollados en el ANEXO G; a continuación, se presenta el paso a paso para la obtención de los mismos.

1. Cálculo del área de cada tramo (A_{tramo}):

Ecuación 12.1 Área de cada tramo (m^2)
$$A_{tramo} = L_{tramo} * Ancho\ de\ calzada$$

Fuente: [2]

Donde:

L_{tramo} : Longitud de cada tramo (100 m), m.

Ancho de calzada: 6.37m para el corredor de estudio.

2. Cálculo de las áreas por daño y su ubicación por severidad:
Se realiza la multiplicación del largo y del ancho de la patología teniendo en cuenta la severidad observada.
3. Cálculo del área afectada por cada tramo:

Ecuación 12.2 Área afectada por tramo
$$\text{Área afectada por tramo} = \Sigma \text{área por cada daño}$$

Fuente: [2]

4. Determinación del porcentaje de afectación de cada subtramo:

Ecuación 12.3 Porcentaje de afectación por tramo
$$\% \text{ de afectación por tramo} = \frac{\text{Área afectada por tramo}}{\Sigma A_{tramo}} \times 100$$

Fuente: [2]

5. Estimación del área total inspeccionada:

Ecuación 12.4 Área total inspeccionada
$$\text{Área total inspeccionada} = \Sigma A_{tramo}$$

Fuente: [2]

6. Cálculo del área afectada total:

Ecuación 12.5 Área afectada total
$$\text{Área total afectada} = \Sigma \text{Área afectada por tramo}$$

Fuente: [2]

7. Estimación del porcentaje de afectación total:

Ecuación 12.6 Porcentaje de afectación total
 $\% \text{ de afectación total} = \Sigma \% \text{ de afectación por tramo}$
Fuente: [2]

8. Determinación del área total afectada por severidad y por daño (A):

Ecuación 12.7 Área total afectada por severidad y por daño (A)
 $A = \Sigma \text{ Áreas por daño y severidad de cada tramo}$
Fuente: [2]

9. Cálculo del peso del daño del área inspeccionada por severidad y por daño (B):

Ecuación 12.8 Área inspeccionada por severidad y por daño (B)
$$B = \frac{A}{\text{Área total inspeccionada}} * 100$$

Fuente: [2]

10. Determinación del área total por daño (C):

Ecuación 12.9 Área total por daño (C)
 $C = \Sigma A$
Fuente: [2]

11. Cálculo del peso del daño dentro del área inspeccionada (D):

Ecuación 12.10 Área inspeccionada (D)
$$D = \frac{C}{\text{Área total inspeccionada}} * 100$$

Fuente: [2]

A partir de los cálculos realizados anteriormente, se elaboró el reporte de daños el cual contiene los daños patológicos del pavimento flexible generales, y los daños patológicos superficiales del pavimento flexible para la obtención de resultados, como se puede evidenciar en la siguiente tabla.

Ecuación 12.11 Número de patologías generales por carril y por tramo



NÚMERO DE PATOLOGÍAS GENERALES POR CARRIL Y POR TRAMO																																		
TRAMO	ABSCISA		LON DE TRAMO (m)	ÁREA AFECTADA (m2)	FL		FT		FB		FBD		PC		DC		AHU		HUN		BCH		PCH		FML		SB		AB		FCL		TOTAL PATOLOGIAS POR TRAMO	
	DESDE	HASTA			D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D	I		D
T1	PR 0+000	PR 0+100	100	637	0	0	2	4	6	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
T2	PR 0+100	PR 0+200	100	637	0	0	0	0	0	1	0	0	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	0	1	0	0	0	0	0	0	19	
T3	PR 0+200	PR 0+300	100	637	2	0	0	0	2	3	0	0	3	6	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	
T4	PR 0+300	PR 0+400	100	637	0	1	1	1	4	2	1	0	5	4	0	2	0	1	0	0	2	1	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	33	
T5	PR 0+400	PR 0+500	100	637	1	5	0	3	3	4	2	0	2	9	1	0	0	0	0	0	1	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	37	
T6	PR 0+500	PR 0+600	100	637	2	1	0	0	2	0	0	0	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	
T7	PR 0+600	PR 0+700	100	637	2	2	2	4	1	3	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	22	
T8	PR 0+700	PR 0+800	100	637	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	7	
T9	PR 0+701	PR 0+900	100	637	2	0	1	2	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3	6	0	0	0	0	0	0	0	2	24	
T10	PR 0+702	PR 1+000	100	637	0	2	5	2	8	7	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	32	
T11	PR 0+703	PR 1+100	100	637	0	1	0	1	1	2	0	0	9	6	0	0	0	0	0	0	2	8	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	39	
T12	PR 0+704	PR 1+200	100	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	7	
T13	PR 0+705	PR 1+300	100	637	2	0	2	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	13	
T14	PR 0+706	PR 1+400	100	637	3	5	1	0	1	8	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	
T15	PR 0+707	PR 1+500	100	637	2	5	2	3	9	9	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	2	1	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	44	
T16	PR 0+708	PR 1+600	100	637	1	0	5	6	8	7	0	0	2	5	0	0	0	0	1	0	1	1	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	41	
T17	PR 0+709	PR 1+700	100	637	0	4	0	7	3	5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	
T18	PR 0+710	PR 1+800	100	637	0	0	0	2	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
T19	PR 0+711	PR 1+900	100	637	5	16	0	3	5	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	55	
T20	PR 0+712	PR 2+000	100	637	5	3	0	0	6	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	24	
T21	PR 0+713	PR 2+100	100	637	5	11	3	0	7	7	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	
T22	PR 0+714	PR 2+200	100	637	6	6	1	5	6	12	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	40	
T23	PR 0+715	PR 2+300	100	637	1	9	9	3	11	10	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	48	
T24	PR 0+716	PR 2+400	100	637	0	2	2	0	9	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	21	
T25	PR 0+717	PR 2+500	100	637	2	3	0	0	4	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	20	
T26	PR 0+718	PR 2+600	100	637	2	2	4	0	8	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	24	
T27	PR 0+719	PR 2+700	100	637	1	4	5	0	19	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	
T28	PR 0+720	PR 2+800	100	637	0	0	0	0	7	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	
T29	PR 0+721	PR 2+900	100	637	1	0	2	1	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	15	
T30	PR 0+722	PR 3+000	100	637	0	2	0	6	14	9	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	
T31	PR 0+723	PR 3+100	100	637	1	0	0	2	18	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	
T32	PR 0+724	PR 3+200	100	637	3	1	0	0	3	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	
T33	PR 0+725	PR 3+227	27	171.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Area Total inspeccionada (m2)				20555.99	49	87	47	56	177	168	3	0	47	56	3	3	1	2	3	1	10	19	36	28	7	21	3	1	2	0	1	2	833	

Número de calzada	1	Ancho de calzada	6.4 m
# carril por calzada	2	Factor Fisuras	0.6 m

TOTA PATOLOGIAS CARRIL DERECHO	389
TOTA PATOLOGIAS CARRIL IZQUIERDO	444

Fuente: [22]

Tabla 12.2 Número de patologías superficiales por carril y por tramo



NÚMERO DE PATOLOGÍAS SUPERFICIALES POR CARRIL Y POR TRAMO															
TRAMO	ABSCISA		LON DE TRAMO (m)	ÁREA AFECTADA (m ²)	PA		DSU		SU		PU		CD		TOTAL PATOLOGIAS POR TRAMO
	DESDE	HASTA			D	I	D	I	D	I	D	I	D	I	
T1	PR 0+000	PR 0+100	100	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T2	PR 0+100	PR 0+200	100	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T3	PR 0+200	PR 0+300	100	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T4	PR 0+300	PR 0+400	100	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T5	PR 0+400	PR 0+500	100	637	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
T6	PR 0+500	PR 0+600	100	637	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
T7	PR 0+600	PR 0+700	100	637	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
T8	PR 0+700	PR 0+800	100	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T9	PR 0+800	PR 0+900	100	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T10	PR 0+900	PR 1+000	100	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T11	PR 1+000	PR 1+100	100	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T12	PR 1+100	PR 1+200	100	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T13	PR 1+200	PR 1+300	100	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T14	PR 1+300	PR 1+400	100	637	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
T15	PR 1+400	PR 1+500	100	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T16	PR 1+500	PR 1+600	100	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T17	PR 1+600	PR 1+700	100	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T18	PR 1+700	PR 1+800	100	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T19	PR 1+800	PR 1+900	100	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T20	PR 1+900	PR 2+000	100	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T21	PR 2+000	PR 2+100	100	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T22	PR 2+100	PR 2+200	100	637	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
T23	PR 2+200	PR 2+300	100	637	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
T24	PR 2+300	PR 2+400	100	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T25	PR 2+400	PR 2+500	100	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T26	PR 2+500	PR 2+600	100	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T27	PR 2+600	PR 2+700	100	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T28	PR 2+700	PR 2+800	100	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T29	PR 2+800	PR 2+900	100	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T30	PR 2+900	PR 3+000	100	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T31	PR 3+000	PR 3+100	100	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T32	PR 3+100	PR 3+200	100	637	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T33	PR 3+200	PR 3+227	27	171.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Area Total inspeccionada (m ²)				20555.99	0	0	0	1	0	0	1	2	2	0	6

Número de calzada	1	Ancho de calzada	6.37	m
# carril por calzada	2	Factor Fisuras	0.6	m

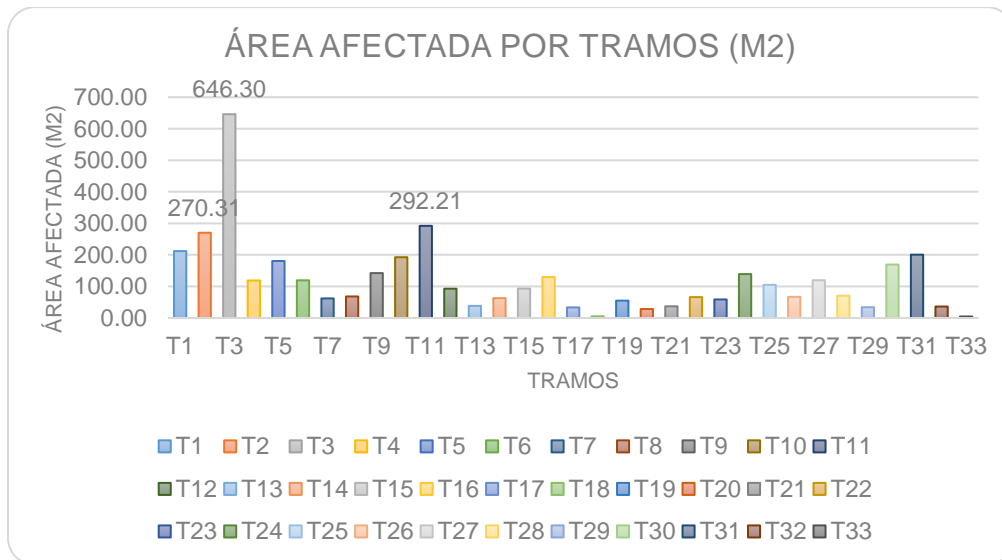
TOTA PATOLOGIAS CARRIL DERECHO	3.00
TOTA PATOLOGIAS CARRIL IZQUIERDO	3.00

Fuente: [22]

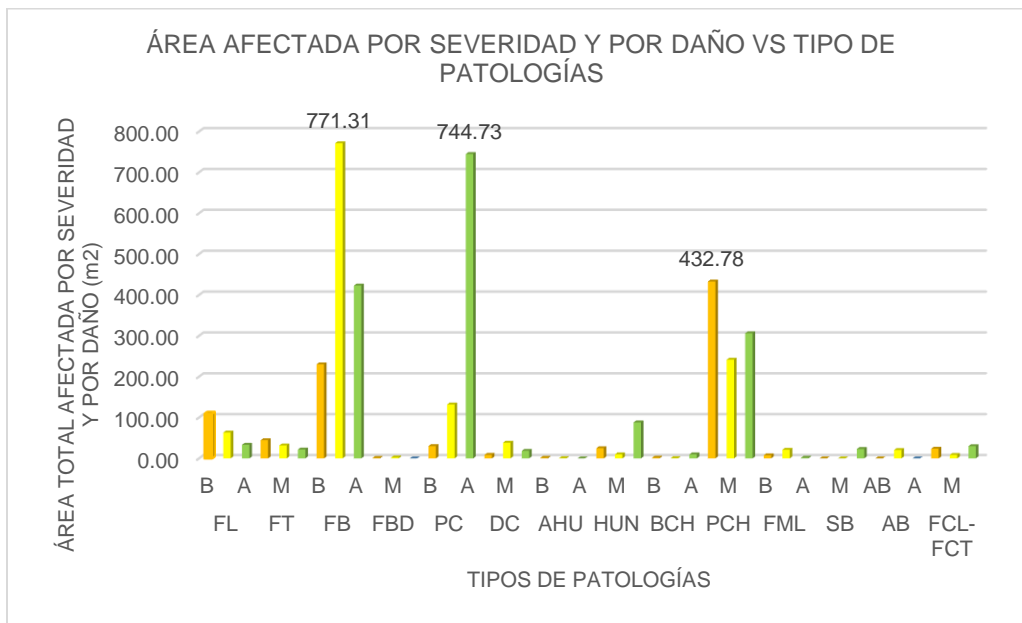
12.2.2 Análisis gráfico de las patologías presentes en el tramo de estudio según INVIAS

Con base en el estudio de inspección visual realizado a la vía antigua Villavicencio – Restrepo (65 MTE), se obtuvieron los siguientes resultados:

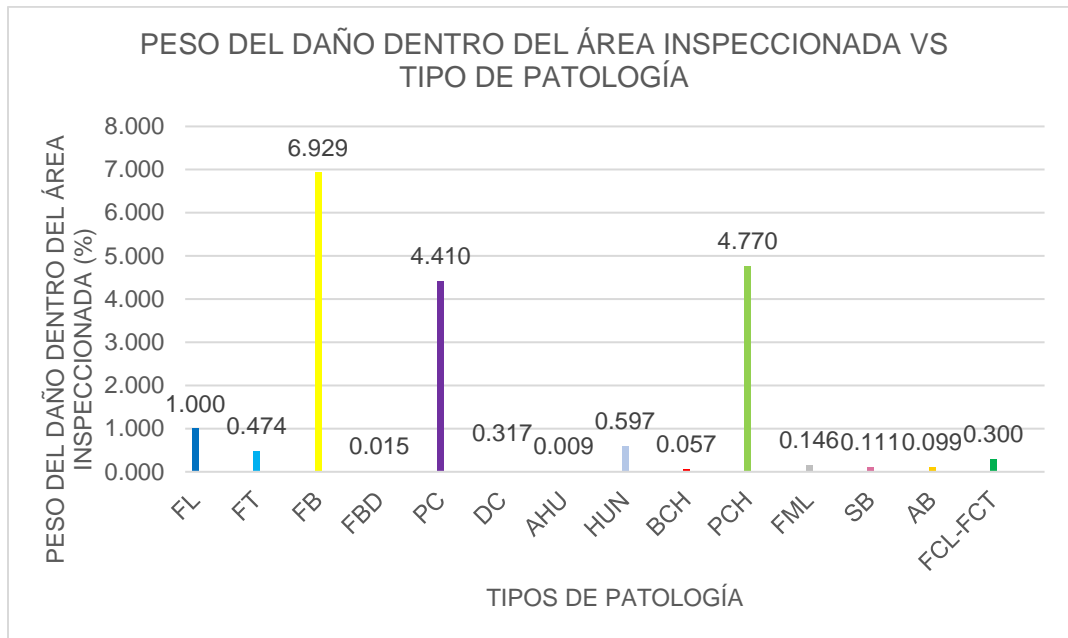
12.2.2.1 Patologías Generales del Pavimento Flexible



Gráfica 12.3 Área afectada por tramos, patologías generales (m²)
Fuente: [22]



Gráfica 12.4 Área afectada por severidad y por daño vs Tipo de patologías generales
Fuente: [22]



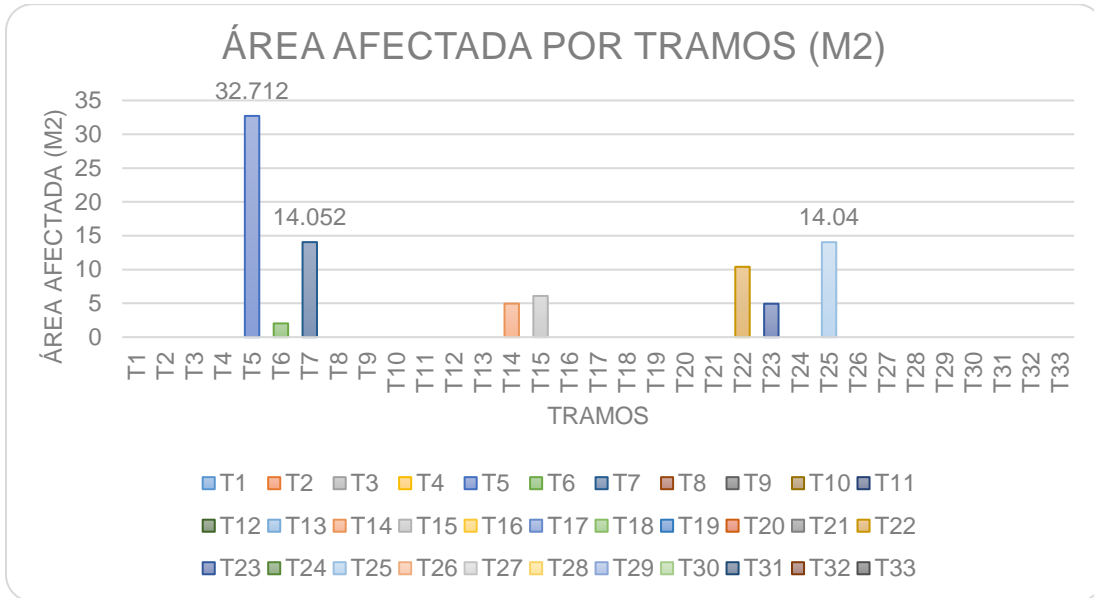
Gráfica 12.5 Peso del daño dentro del área inspeccionada vs Tipo de patología, patologías generales
Fuente: [22]

Análisis de resultados para patologías generales,

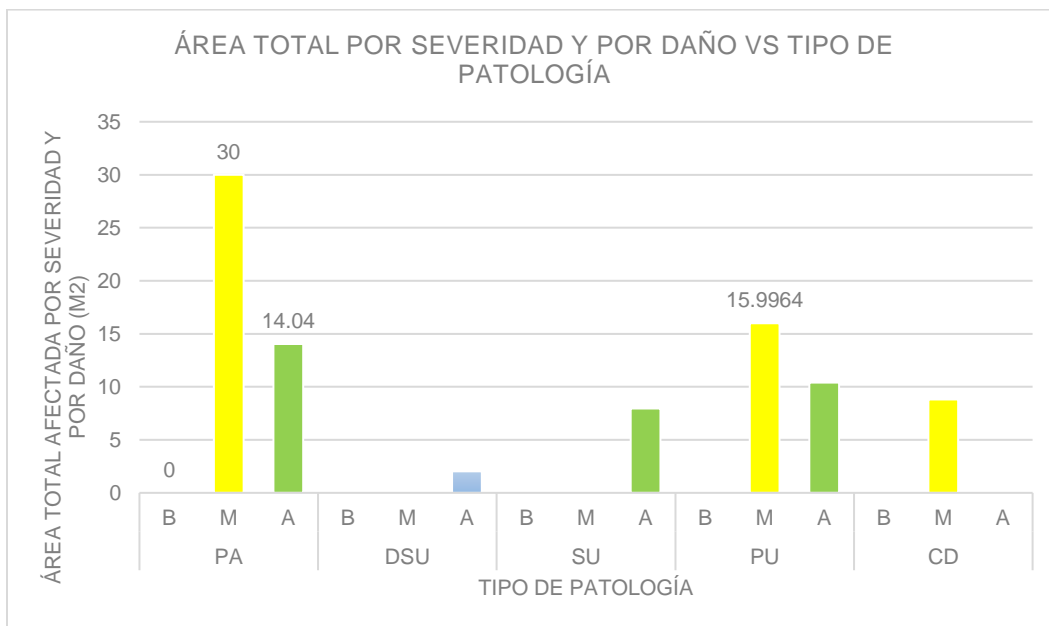
- Gráfica 12.3.** Permite visualizar el tramo más afectado las patológicos, es decir, en el que repercute mayor área de afectación por el total de patologías que se presentan. Se puede evidenciar como los daños patológicos inciden con mayor área sobre el tramo No. 3 (T3), el cual se representa un total de 646.30 m² de área afectada. El tramo No. 33 en comparación de los demás, presenta un leve daño frente al área de afectación a causa de las patologías, pues representa un área afectada total de 4.79 m².
- Gráfica 12.4.** Se analizan las áreas de afectación por las severidades de cada patología presentes a lo largo de toda la vía de estudio, es decir, que se observa por cada daño la severidad más representativa; analizando cada uno de estos daños se observa un crecimiento significativo en la patología “Fisura en Bloque (FB)” sobre la estructura de pavimento, llegando a un resultado de 771.31 m², con una severidad media (M). En segundo lugar, se encuentra la patología de “Piel de Cocodrilo (PC)” con una severidad alta (A) y un área de 744.73 m²; y en tercer lugar se la patología de “Parcheo (PCH)”, con un área de 432.78 m² y una severidad baja (B); las demás patologías se presentaron con baja área de afectación.
- Se analiza que en base a los resultados de la **Gráfica 12.5** y la tabla resumen de patologías generales contenida en el ANEXO G, el carril más afectado por

la falla generadora de mayor impacto es el izquierdo en los tramos 19, 23 y 15.

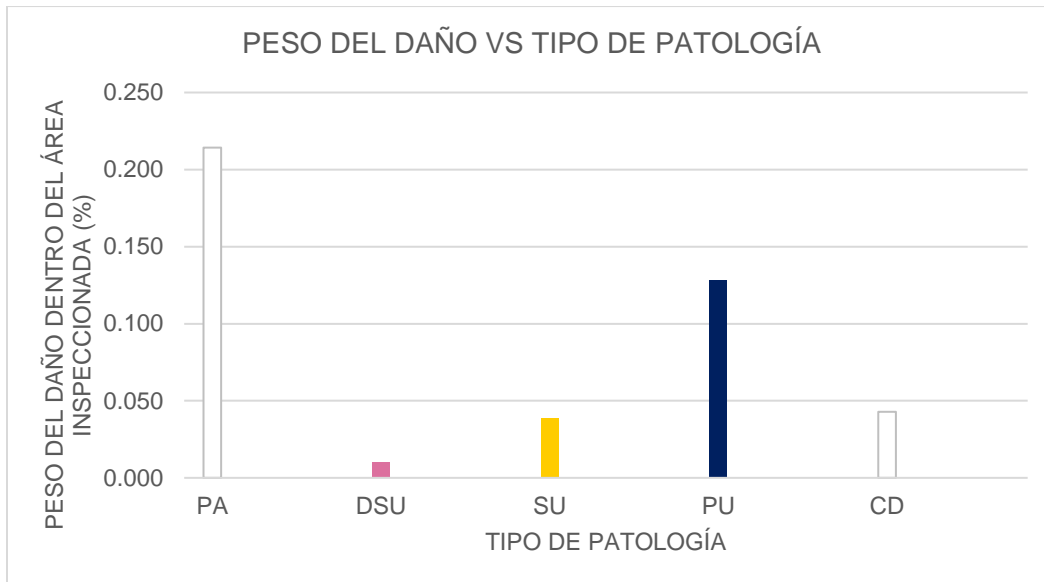
12.2.2.2 Patologías superficiales del pavimento flexible



Gráfica 12.6 Área afectada por tramos, patologías superficiales (m²)
Fuente: [22]



Gráfica 12.7 Área afectada por severidad y por daño vs Tipo de patologías superficiales
Fuente: [22]



Gráfica 12.8 Peso del daño dentro del área inspeccionada vs Tipo de patología, patologías superficiales.

Fuente: [22]

Análisis de resultados para patologías superficiales,

- Podemos evidenciar según los datos recolectados que hay bajo número de patologías superficiales lo que nos indica el punto de inicio del deterioro superficial de la carpeta asfáltica; la mayoría de los tramos aún pueden tener buena consistencia entre el ligante y los agregados, pero con las patologías encontradas se marca el principio del deterioro de la carpeta y sus agregados.
- Según la **Gráfica 12.6**, los tramos 2, 3, 5 y 7, comienzan a sufrir un deterioro en la carpeta asfáltica en función del área afectada de toda la calzada, lo cual puede tener repercusiones con otras patologías, ya sean generales o superficiales.
- Se evidencia en la **Gráfica 12.7**, muestra una alta área de afectación correspondiente a la patología de “Perdida de Agregados (PA)”, con un área de 191.04 m² y una severidad media (M). Además, se presenta en alto grado la patología “Pulimento de agregados (PU)” con un área total de 26.35 m² y una severidad media (M).
- A partir de los resultados evidenciados en la **Gráfica 12.8** se pudo observar que la patología con mayor peso de afectación en todo el tramo de estudio es la pérdida de agregados (PA) puesto que toma el 93% del daño generado en toda la calzada. Del mismo modo, se pudo observar que ambos carriles de la calzada presentan el mismo reporte de daños significativos con un valor de 3.0 según resumen patológico del ANEXO G.

12.3. ANÁLISIS PAVIMENTO FLEXIBLE SEGÚN LA METODOLOGÍA PCI – ETAPA 3

Siguiendo los parámetros planteados por la metodología PCI, se establece el respectivo paso a paso para el cálculo del índice PCI de la calzada de estudio como se muestra a continuación.

12.3.1 Cálculo de las unidades de muestreo

1. Se procede a dividir el tramo de estudio en secciones (ver ANEXO I) tomando como referencia el ancho promedio de la calzada, obteniendo una longitud estándar según se presenta en la siguiente Tabla 12.3.

Tabla 12.3 Longitud de secciones en función del ancho promedio de calzada

Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

Fuente: [3]

2. La selección de las unidades de muestreo para su estudio obedece al criterio de confiabilidad del análisis, pues se debe garantizar un valor de del 95% del mismo, con un número mínimo de unidades de muestreo tomado.
3. La obtención del número de unidades mínimas de muestreo “n”, siguiendo el criterio de confiabilidad está dado por la siguiente ecuación:

Ecuación 12.12 Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar

$$n = \frac{NS^2}{\left(\frac{e^2}{4}\right)N - 1 + s^2}$$

Fuente: [3]

Donde:

e: Error admisible para el cálculo del índice PCI del tramo de estudio, e=+/- 5puntos de dicho índice.

s: Desviación estándar asignada por la metodología PCI, para inspecciones visuales en pavimentos flexibles este valor es de 10.

N: Número total de secciones presentes en el tramo de estudio.

4. Para la verificación del criterio de confiabilidad se establece la siguiente ecuación.

Ecuación 12.13 Desviación estándar actual

$$S = \left(\sum_{i=1}^n \left(\frac{PCI_i - PCI_s}{n-1} \right)^2 \right)^{1/2}$$

Fuente: [3]

Donde:

PCI_i : Valor del índice PCI de las unidades de muestra analizadas.

PCI_s : Índice PCI de la sección.

n : Número de unidades de muestra seleccionadas.

- Obtenido el número de unidades de muestra se procede a calcular el intervalo de separación garantizando el nivel de confianza por medio del cálculo sistemático de la siguiente ecuación.

Ecuación 12.14 Intervalo de muestro

$$i = N/n$$

Fuente: [3]

Donde:

N : Número total de secciones del tramo de estudio.

n : Número de unidades seleccionadas.

La unidad inicial puede ser estimada al azar. A partir de esta, se implementa el respectivo espaciamiento para la obtención de las demás unidades de muestreo.

- La estimación de las unidades de muestreo adicionales es asignada a criterio del usuario del método.

12.3.2 Estimación del índice PCI por unidad de muestreo

- Una vez se cuente con las unidades de muestreo mínimas se debe registrar la casilla “Total de severidades” del formato de inspección, la suma de las cantidades patológicas según su tipo y nivel de severidad; las unidades para el debido registro deben ser en metros cuadrados (m^2) o metro lineal (m) dependiendo el tipo de patología.
- Seguido a ello, se debe dividir el total de patologías según el tipo y severidad, entre el área total de la unidad de muestreo y multiplicar este resultado por 100 para obtener la respectiva densidad en porcentaje como se evidencia en la Figura 12.20.

3. Para la estimación del valor deducido en cada una de las patologías se hace uso de las gráficas estipuladas por el manual PCI las cuales se encuentran presentes en los cálculos del ANEXO J.
4. Para la estimación del valor deducido corregido (CDV) se establecen los siguientes pasos:
 - 4.1. Si ninguno de los valores o solo 1 de los CVD es mayor que dos se toma el valor máximo de los mismos para la estimación del PCI. De no ser así, el valor Max de CVD debe ser calculado según lo estipulado en los ítems 4.2 al 4.5.
 - 4.2. Se debe establecer un listado con los valores deducidos de carácter individual de forma descendente (de mayor a menor).
 - 4.3. Para la estimación del número de deducciones posibles, “*m*” se hace uso de la siguiente ecuación:

Ecuación 12.15 Número máximo admisible de los valores deducidos

$$m = 1 + \left(\frac{9}{98}\right) 100 - HDV \leq 10$$

Fuente: [3]

Donde:

m : Max número posible de valores deducidos incluyendo decimales, (no puede ser mayor a 10).

HDV : Valor máximo deducido de cada unidad de muestra.

- 4.4. Los valores deducidos de cada unidad deben ser ajustados al valor admisible “*m*”, cuando la cantidad de dichos valores deducidos supera el valor admisible. El ajuste se realiza calculando la diferencia entre el valor admisible “*m*” obtenido y su entero anterior, a esto se le denomina “Factor multiplicador”, el cual se aplica al valor deducido sobrante de la unidad de muestreo, multiplicando este por el respectivo factor multiplicador.

#	Valor Deducido							Total	q	CDV
1	11	4.5	4	2	1	0	23	5	0	
2	11	4.5	4	2	2	0	24	4	9	
3	11	4.5	4	2	2	0	24	3	14	
4	11	4.5	2	2	2	0	22	2	16	
5	11	2	2	2	2	0	19	1	19	
6										
7										
8										
9										
								Max CDV	19	

Figura 12.22 Cálculo del valor deducido corregido máximo (Max CDV)
Fuente: [22]

$PCI = 100 - CDV_{max}$	PCI	81
	Muy Bueno	

Figura 12.23 Cálculo del índice PCI por unidad de muestreo
Fuente: [22]

- 4.5. Para el cálculo del valor máximo deducido corregido (Max CDV) se debe realizar de modo iterativo, a partir de los siguientes pasos:
- 4.5.1. Se debe determinar el valor deducido total (CDT), por medio de la suma de todos los valores deducidos totales.
 - 4.5.2. Se determina “q”, tomando asignado el orden de manera descendente a los valores deducidos mayores que 2 como se muestra en la Figura 12.22.
 - 4.5.3. La determinación del CVD parte del análisis gráfico realizado en la figura.... En donde se obtiene dicho valor a partir del factor “q” y el valor deducido total.

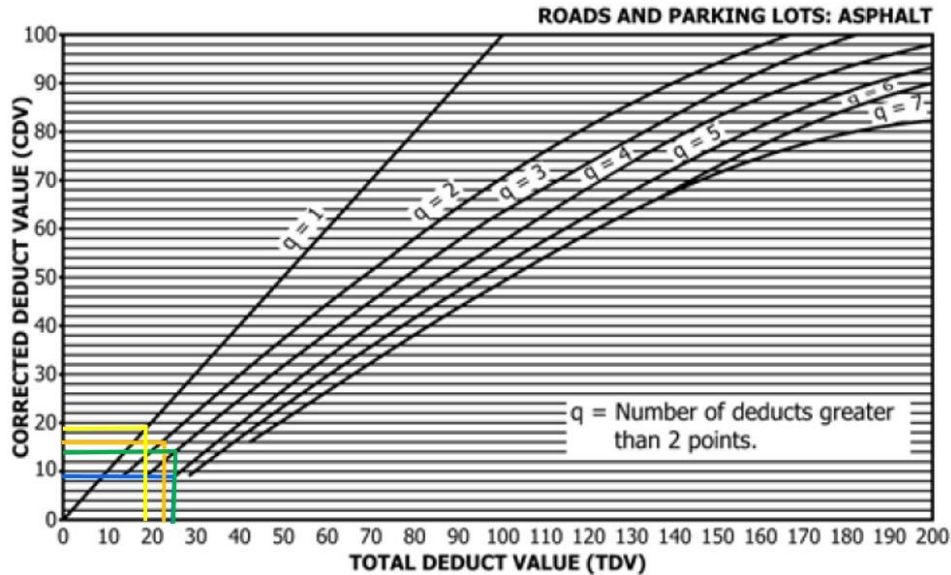


FIG. X3.27 Total Deduct Value

Figura 12.24 Valor Deducido Total

Fuente: [22]

- 4.5.4. Se debe reducir a 2 el menor valor deducido de cada sección mayor a 2, y repetir este proceso desde el ítem 4.5.1 al 4.5.3 hasta que el valor de “q” llegue a ser 1.
- 4.5.5. Se estima el valor máximo deducido corregido seleccionando el mayor de todos los CVDs obtenidos en los parámetros anteriores.
- 4.5.6. Para el cálculo del PCI se realiza la resta de 100 al valor Max CVD obtenido previamente, como se puede ver evidenciado en la Figura 12.23.

12.3.3 Cálculo del índice PCI del tramo de estudio

Una vez estimados los respectivos índices PCI por cada unidad de muestra representativa, se estima el valor general de PCI para toda la calzada a partir de los siguientes parámetros:

1. En vista de que las unidades de muestreo fueron elegidas de manera aleatoria, el índice PCI de la sección (PCI_s) debe ser calculado como el ponderado de los PCI en función de las áreas de las unidades de muestreo (PCI_r), a partir de la siguiente ecuación:

Ecuación 12.16 PCI la sección del pavimento

$$PCI_S = PCI_R = \frac{\sum_{i=1}^n (PCI_{ri} * A_{ri})}{\sum_{i=1}^n A_{ri}}$$

Fuente: [3]

Donde:

PCI_R : Ponderado de PCI en función del área de las unidades de muestreo seleccionadas.

PCI_{ri} : PCI de cada unidad de muestreo seleccionada.

A_{ri} : Área de la unidad de muestreo seleccionada, m².

n : Número de unidades de muestreo seleccionadas.

En caso de presentarse unidades de muestreo adicionales, el PCI ponderado en función del área de las unidades adicionales (PCI_A) se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

Ecuación 12.17 PCI promedio de u muestreos adicionales

$$PCI_A = \frac{\sum_{i=1}^m (PCI_{ai} x A_{ai})}{\sum_{i=1}^m A_{ai}}$$

Fuente: [3]

Ecuación 12.18 Ponderado del PCI de todo el tramo de estudio

$$PCI_S = \frac{PCI_R(A - \sum_{i=1}^m A_{ai}) + PCI_A(\sum_{i=1}^m A_{ai})}{A}$$

Fuente: [3]

Donde:

PCI_A : Ponderado del PCI en función del área de las unidades de muestra adicionales.

PCI_{ai} : PCI de cada unidad de muestra adicional.

A_{ai} : Área de la sección de muestra adicional, m².

A : Área de la sección, m².

m : Números de unidades de muestra adicionales.

PCI_S : Ponderado del PCI de todo el tramo de estudio.

2. Por último, se estima la condición del tramo de estudio con base al PCI calculado.

Con base a los cálculos anteriormente realizados, se elaboró el reporte de resultados, el cual contiene los respectivos índices PCI de las unidades representativas y el índice PCI general del tramo de estudio como se evidencia a continuación:

Tabla 12.4 Información general del tramo de estudio

TIPO DE ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO A ESTUDIO	
Flexible	
INFORMACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	
Tipo de pavimento	Flexible
Ancho de calzada	6.37 m
Longitud del tramo de estudio	3227.13 m
Error admisible (e)	5 %
Desviación estándar (σ)	10
Abscisa Inicial	k0+000
Abscisa Final	k3+227.13
NÚMERO DE UNIDADES A EVALUAR	
Longitud unidad de muestreo	36.154 m
Número total de u muestreo en la sección (N)	89.261 u
Número mín. u muestreo a evaluar (n)	14 u
Intervalo de muestreo (i)	6 u
Unidad de muestreo inicial	1 u

Fuente: [22]

Tabla 12.5 Consolidado de las unidades a evaluar

UNIDADES A EVALUAR					
n	PCI_U	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	PCI	Rating
1	1	k0+000	k0+036.15	81	Muy Bueno
2	7	k0+230.51	k0+266.66	4	Fallado
3	14	k0+461.02	k0+497.17	6	Fallado
4	20	k0+691.53	k0+727.68	89	Excelente
5	26	k0+922.04	k0+958.19	44	Regular
6	33	k1+152.55	k1+188.70	87	Excelente
7	39	k1+383.06	k1+419.21	65	Bueno
8	46	k1+613.57	k1+649.72	88	Excelente
9	51	k1+844.07	k1+880.23	90	Excelente
10	57	k2+074.58	k2+110.74	73	Muy Bueno
11	64	k2+305.09	k2+341.25	70	Muy Bueno
12	70	k2+535.60	k2+571.76	85	Muy Bueno
13	76	k2+766.11	k2+802.27	80	Muy Bueno
14	83	k2+996.62	k3+032.77	60	Bueno

Fuente: [22]

Tabla 12.6 Resultado final del estado de la estructura de estudio

RESULTADOS FINAL	
PCI promedio de <i>n</i> muestreo aleatorias (PCI_R)	66 u
PCI promedio de <i>n</i> muestreos adicionales (PCI_A)	60 u
Número total de <i>n</i> muestreo en la sección (<i>N</i>)	89 u
Número adicional de <i>n</i> muestreo inspeccionada (<i>A</i>)	1 u
PCI de la sección del pavimento (PCI_S)	66.237
ESTADO DE LA ESTRUCTURA	Bueno

Fuente: [22]

12.3.4 Análisis de resultados metodología PCI

Con base a los resultados obtenidos por medio de uso de la metodología del Pavement Condition Index (PCI), se pudo evidenciar que el estado actual del tramo de estudio es BUENO, arrojando un índice PCI de 66.237, lo que nos indica que la calzada aun no entra en estado crítico de reparación. Las unidades que mayor afectación presentes a lo largo de la calzada son la unidad PCI_U7 con un índice PCI de 4 (Fallado), la unidad PCI_U14 con un índice PCI de 6 (Fallado), y unidad PCI_U26 con un índice PCI de 44 (Regular). La patología que mayor afectación generó en las dos primeras unidades críticas fue el tipo 11 (Parche) con severidad alta (A), presentando porcentajes de afectación del 45.48 y 19,07 en función del 100% del área total de cada unidad respectivamente. Lo anterior, nos muestra como el parcheo realizado a estas unidades no fue el adecuado y del mismo modo, requieren de una intervención especial pues su deterioro es progresivamente alto. A su vez, el parcheo de severidad media en la unidad PCI_U26 nos permite observar el deterioro progresivo que está presentando la unidad en función del total de su área de ocupación con un porcentaje de afectación del 19.33 en función del área total.

12.4. COMPARACIÓN ENTRE METODOLOGÍA INVIAS Y PCI

Ambas metodologías de inspección visual nos permitieron obtener buenos resultados en función del estado actual de la estructura pavimento flexible analizado. Cada una de ellas nos permitió visualizar las patologías que mayor afectación generan en la calzada en función del área tomada para su respectivo análisis. Pero en este caso, la metodología que nos permitió entrar en un análisis más detallado fue la propuesta por el INVIAS, ya que analiza de una forma minuciosa la afectación que tiene cada una de las patologías en función del área de cada tramo. Su versatilidad en la división de tramos de estudio de esta metodología facilita la toma de daños patológicos pues no presenta limitantes en las longitudes de las áreas de estudio de la calzada. A su vez, presenta mayor facilidad de análisis de los datos debido a que presenta los mismos de manera gráfica haciendo más cómodo la obtención de resultados.

Para la toma de datos patológicos es más factible implementar la metodología INVIAS, ya que no se requiere de gráficas estándar para obtener datos necesarios en los cálculos. Con la obtención de los datos en campo se puede ejecutar directamente el procesado de la información permitiendo agilizar la obtención de resultados para el debido análisis.

La metodología PCI nos permite obtener resultados de modo cualitativo, pues estima el estado de las unidades de muestreo según la afectación de cada una de sus áreas arrojando una clasificación del índice PCI como se muestra a continuación:

Tabla 12.7 Rangos de Calificación del PCI

Rango	Clasificación
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

Fuente: [3]

Esto nos permite visualizar la situación actual de cada una de las unidades representativas y concebir a detalle las patologías que tiene cada una de las unidades de muestreo. Al ser una metodología con parámetros estándar definidos, presenta mayor complejidad en la toma de resultados para su análisis, pues a mayor longitud de calzada mayor es la cantidad de unidades de muestreo, y del mismo modo, es el respectivo análisis de los datos.

12.5. ANÁLISIS PATOLÓGICO DE LAS OBRAS DE DRENAJES SEGÚN INVIAS – ETAPA 4

Con la recopilación de datos realizada en la inspección visual de obras de drenaje longitudinal (cunetas), se dio paso a la estimación de los respectivos cálculos para establecer el estado actual de las mismas en función de las patologías observadas. Dichos cálculos siguen los parámetros establecidos por el manual para inspección visual de obras de drenaje del INVIAS como se evidencia a continuación:

1. Cálculo del área afectada de cada módulo (m²):

$$\text{Ecuación 12.19 Área afectada por módulo (m}^2\text{)}$$
$$\text{Área afectada} = \text{Longitud de modulo} * \text{Ancho de modulo}$$

Fuente: [22]

Donde,

Área afectada: Área del módulo afectada por las patologías observadas, m².

Longitud de módulo: Distancia total del módulo de cuneta en función de su abscisa, m.

Ancho de módulo: Ancho promedio de todas las unidades (cunetas) del módulo, m.

2. Cantidad de patologías en función de severidad y tipo.

Se obtienen del registro patológico realizado en la inspección visual de obras de drenaje, se clasifican según la severidad y el tipo de patología en cada uno de los módulos.

3. Total de patologías por módulo:

$$\text{Ecuación 12.20 Total de patologías por módulo}$$
$$\text{Total patologías x módulo} = \Sigma \text{cantidad de patologías x tramo}$$

Fuente: [22]

Donde,

Cantidad de patologías x módulo: Todas las patologías registradas por módulo.

4. Total patologías x severidad.

$$\text{Ecuación 12.21 Total de patologías por severidad}$$
$$\text{Total patologías x severidad} = \Sigma \text{patologías por severidad y tipo}$$

Fuente: [22]

Donde,

Patologías por severidad: Todas las patologías con una misma severidad y un mismo tipo de clasificación de todos los módulos analizados.

A partir de los cálculos anteriores se elaboró el reporte de daños para las estructuras de drenaje longitudinal (cunetas) en ambos costados de la vía como se evidencia a continuación (ver ANEXO P):

Tabla 12.8 Reporte de daños, estructuras de drenaje (cunetas) del costado derecho



DAÑOS PRESENTES EN CUNETAS DEL COSTADO DERECHO																													
MÓDULO	ABSCISA		LON DE TRAMO (m)	ANCHO DE MÓDULO (m)	TIPO DE SECCION	ÁREA AFECTADA (m ²)	OBS			DPT			DSU			GR			DPL			FRAC			EJ			TOTAL PATOLOGIAS X MÓDULO	
	DESDE	HASTA					B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A		
M1	PR 0+000	PR 0+76.62	76.62	0.57	√	41.39	0	40	0	0	2	0	0	13	0	0	0	5	0	0	4	0	0	0	0	0	0	64	
M2	PR 0+76.62	PR 0+86.62	10	1	v	10.00	0	0	0	0	0	3	0	0	7	0	0	6	0	0	3	0	0	6	0	0	0	25	
M3	PR 0+88.62	PR 0+102.62	14	1	v	14.00	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	15	
M4	PR 0+104.85	PR 0+124.85	20	1	v	20.00	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	8	0	0	10	0	0	0	0	0	0	25	
M5	PR 0+127.85	PR 0+162.20	34.35	0.57	√	19.58	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	6	0	0	4	0	0	0	0	0	0	27	
M6	PR 0+164.20	PR 0+218.65	54.45	1	v	54.45	0	0	0	0	0	2	0	5	16	0	0	16	0	0	13	0	0	7	0	0	0	59	
M7	PR 0+220.67	PR 0+241.08	20.41	0.57	√	11.63	0	3	0	0	0	0	0	13	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	20	
M8	PR 0+243.08	PR 0+264.08	21	0.57	√	11.97	0	6	0	0	0	0	0	11	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	
M9	PR 0+266.08	PR 0+459.84	193.76	1	v	193.76	0	33	0	0	5	0	29	18	0	0	19	0	0	0	0	0	0	11	0	0	4	119	
M17	PR 1+512.21	PR 1+550.53	38.32	1	v	38.32	0	0	0	0	1	0	9	0	0	0	5	0	0	3	0	0	2	0	7	0	27		
M22	PR 2+560.29	PR 2+604.99	44.7	1.45	v	64.82	0	0	2	0	0	4	14	8	0	0	9	0	0	14	0	0	12	0	9	0	72		
Area Total Inspeccionada (m ²)							479.92	0	82	2	0	8	9	52	91	30	3	41	41	0	14	39	0	1	38	0	16	7	474

Cuneta Costado	Derecho	Factor Fisuras	0.6	m
# carril por calzada	2			

Fuente: [22]

Tabla 12.9 Reporte de daños, estructuras de drenaje (cunetas) del costado izquierdo



DAÑOS PRESENTES EN CUNETAS DEL COSTADO IZQUIERDO																															
MÓDULO	ABSCISA		LON DE TRAMO (m)	ANCHO DE MÓDULO (m)	TIPO DE SECCION	ÁREA AFECTADA (m ²)	OBS			DPT			DSU			GR			DPL			FRAC			SC			EJ			TOTAL
	DESDE	HASTA					B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	
M1	PR 0+000	PR 0+53.7	53.7	0.54	√	29.00	0	0	27	0	2	0	0	24	0	0	3	0	0	4	0	0	6	0	0	0	0	2	68		
M3	PR 0+59.0	PR 0+92.6	33.6	1.69	v	56.78	13	0	0	0	0	3	0	17	7	0	3	0	0	3	0	0	6	0	13	0	0	4	69		
M4	PR 0+94.6	PR 0+121.6	14	2	v	28.00	0	0	0	0	0	11	0	14	0	0	3	0	0	0	0	0	11	0	3	0	0	0	42		
M5	PR 0+104.85	PR 0+120.6	27	0.8	v	21.60	0	6	8	14	0	0	0	37	3	0	5	0	0	32	0	0	1	0	0	0	0	5	111		
M6	PR 0+121.6	PR 0+161.0	39.4	1.16	√	45.70	0	3	0	0	1	0	0	0	13	0	3	0	0	13	0	0	2	0	0	0	0	7	42		
M8	PR 0+163.3	PR 0+193.5	30.2	0.89	v	26.88	0	0	0	0	6	0	0	32	0	0	11	0	0	22	0	0	9	0	0	0	0	3	83		
M9	PR 0+199.5	PR 0+260.0	60.5	0.9	v	54.45	0	11	0	0	2	5	18	70	0	0	14	0	0	1	16	0	25	16	0	0	0	45	223		
M10	PR 0+262.0	PR 0+436.4	174.4	0.91	√	158.70	0	25	0	0	0	0	0	19	0	0	3	0	0	2	0	0	0	9	0	0	0	0	58		
M16	PR 0+438.4	PR 0+519.2	80.8	1.35	v	109.08	0	0	13	0	0	0	0	0	10	0	4	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	3	36		
M17	PR 0+587.0	PR 0+606.2	19.2	0.87	v	16.70	0	21	0	0	0	0	6	59	0	0	15	0	0	0	0	0	10	12	0	0	0	0	123		
M18	PR 0+607.6	PR 0+737.1	129.5	0.87	v	112.67	0	0	0	0	2	0	0	0	20	0	0	10	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	37		
M19	PR 0+739.4	PR 0+778.1	38.7	1.07	v	41.41	0	10	0	0	0	11	0	0	29	0	0	14	0	0	0	0	16	25	0	0	0	3	118		
M20	PR 0+781.1	PR 0+986.7	205.6	0.86	v	176.82	0	0	0	0	2	0	0	8	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	23		
M21	PR 0+989.7	PR 1+010.8	21.1	0.91	v	19.20	0	10	4	0	0	0	108	0	0	0	56	0	0	1	0	0	13	2	0	0	0	1	195		
M23	PR 1+013.8	PR 1+254.7	240.9	0.5	√	120.45	0	12	1	0	3	0	0	18	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35		
M24	PR 1+258.9	PR 1+294.4	35.5	0.8	v	28.40	0	44	18	0	7	0	0	87	0	0	18	0	0	0	0	0	31	10	0	0	0	7	222		
M25	PR 1+296.6	PR 1+502.0	205.4	1.6	√	328.64	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10		
M26	PR 2+669.2	PR 2+691.4	22.2	1.45	v	32.19	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2		
M27	PR 2+813.5	PR 2+815.5	2	1.45	v	2.90	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3		
Area Total Inspeccionada (m ²)						1409.57	13	142	71	14	36	25	136	439	33	0	168	3	0	81	23	0	111	104	0	16	0	0	83	2	1500

Cuneta Costado	Derecho	Factor Fisuras	0.6	m
# carril por calzada	2			

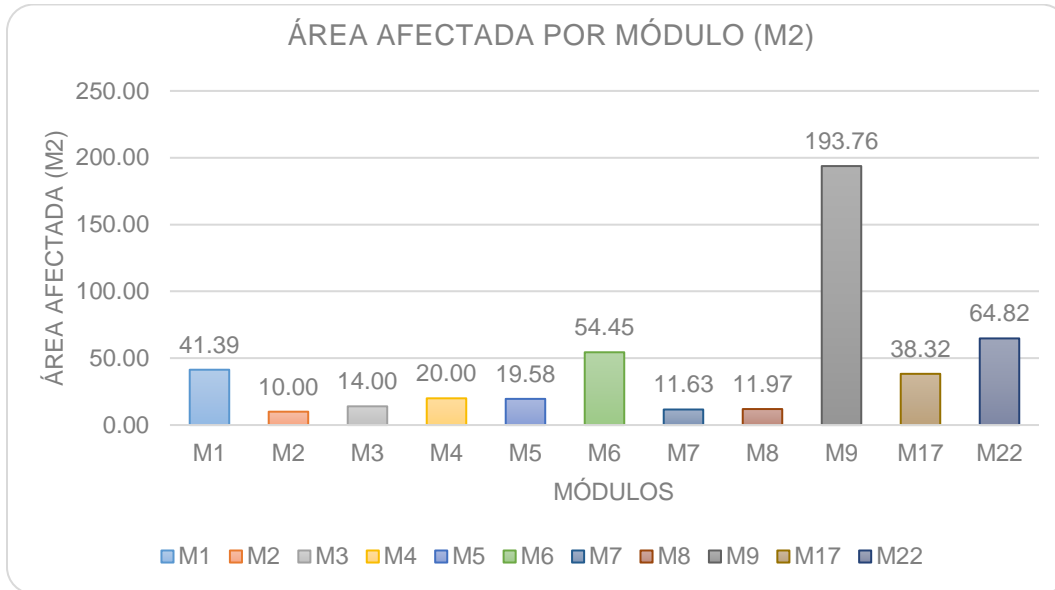
Fuente: [22]

Seguido a ello, se realizó el análisis patológico para las estructuras de drenaje transversal (alcantarillado). Dicho análisis consistió en un proceso cualitativo en el cual se determinó el estado de las alcantarillas según la serie de observaciones realizadas a las mismas (ver ANEXO R), registradas en cada uno de los formatos estipulados por el manual de inspección de obras de drenaje del INVIAS.

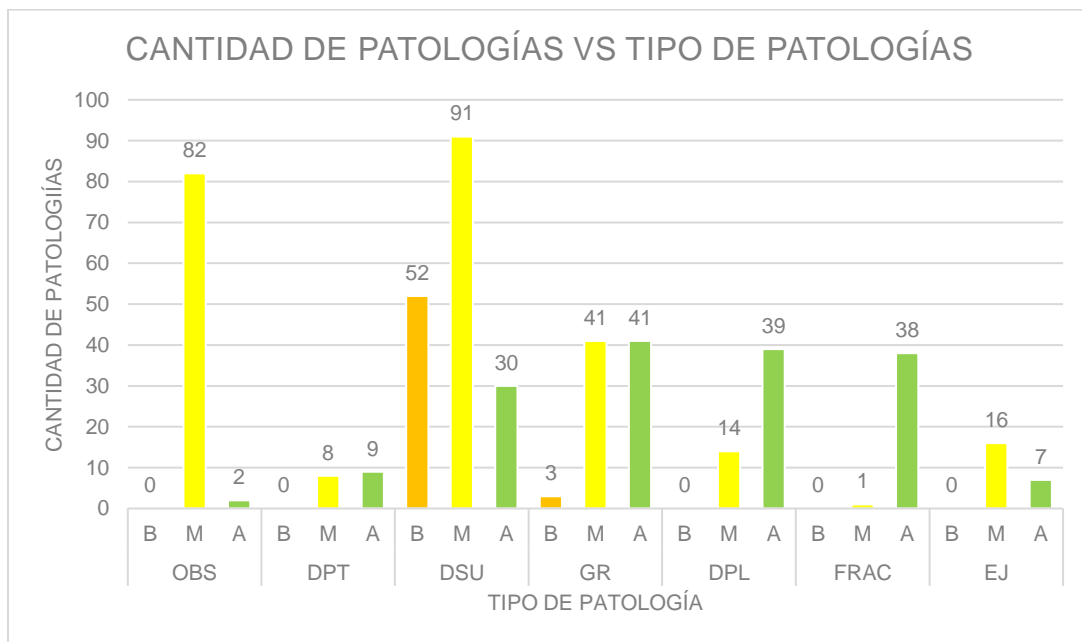
12.5.1 Análisis gráfico de las estructuras de drenaje longitudinal (cunetas)

Con base en los resultados obtenidos en el reporte de daños para las estructuras de drenaje, se obtienen los siguientes análisis de resultados:

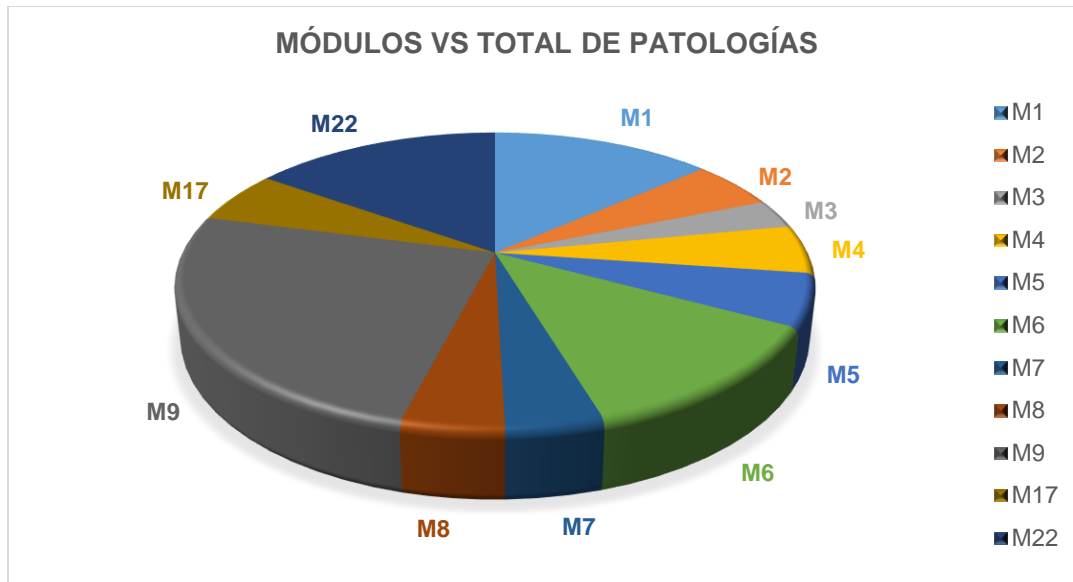
12.5.1.1 Patologías presentes en obras de drenaje longitudinal derecho



Gráfica 12.9 Área afectada por módulo, costado derecho
Fuente: [22]



Gráfica 12.10 Cantidad de patologías vs Tipo de patologías, costado derecho
Fuente: [22]



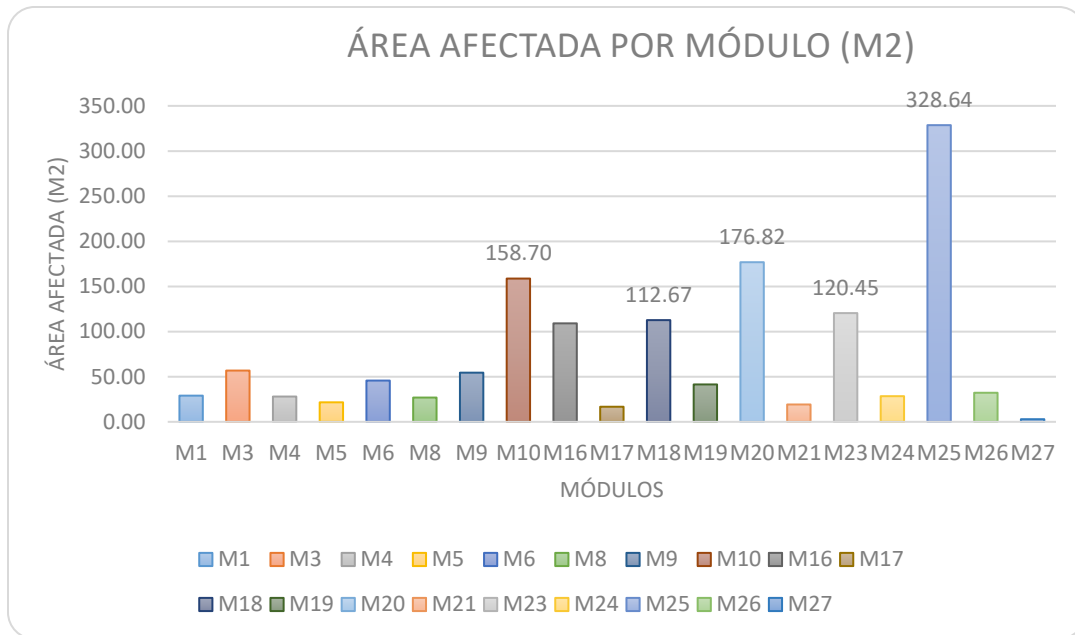
Gráfica 12.11 Módulos vs Total de patologías, costado derecho
Fuente: [22]

Análisis de resultados para estructuras de drenaje longitudinal en el costado derecho,

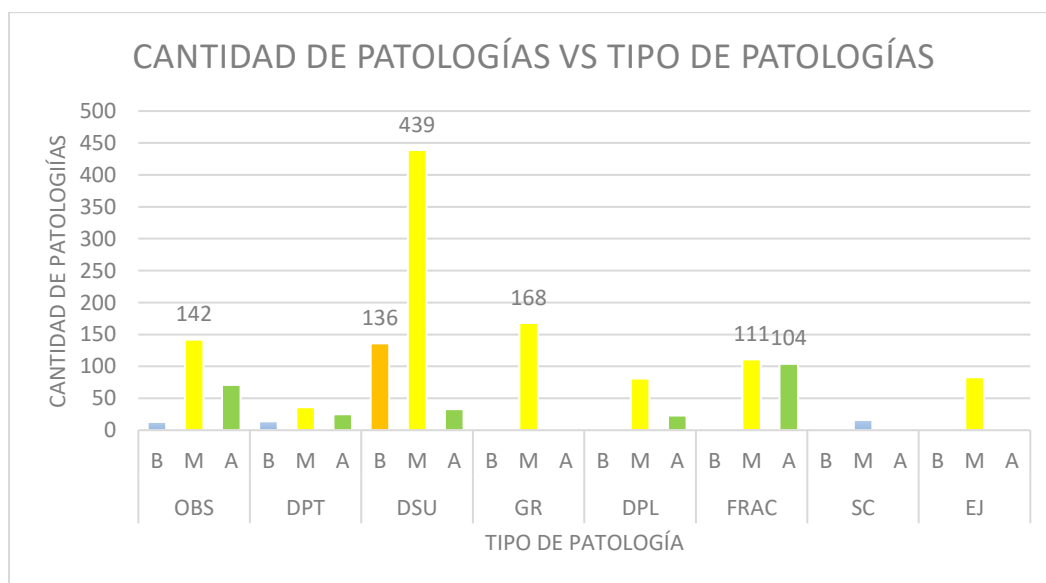
- Según la **Gráfica 12.9**, se pudo observar que el módulo con mayor afectación en base al área afectada por las diferentes patologías es el módulo 9 (M9), ya que tuvo un alto incremento patológico, lo que marca un deterioro evidente de esta sección de cuneta. De igual forma, podemos evidenciar como el módulo 6 y el módulo 22 presentan un incremento en magnitud de los daños generados a sus respectivas áreas por módulo, presenciando de antemano, el inicio del deterioro crítico de las unidades anteriormente nombradas.
- La **Gráfica 12.10** nos permitió evidenciar el tipo patología que genera mayor afectación en todos los módulos de cuneta del costado derecho del tramo de estudio, siendo en esta ocasión el Desgaste Superficial (DSU) con un 91 de incidencia con severidad media (M). Seguido a este tipo de patología se encuentra la Obstrucción (OBS) y el Agrietamiento (GR) en su severidad media, lo cual nos permite intuir que el flujo de escorrentía que transportan estas estructuras es bastante alto, debido a que el costado derecho de la vía recibe el agua que desciende de la montaña y por ello, se pueden presentar bloqueos de material que al entrar en fricción con la estructura generan este tipo de patologías.
- Según lo visualizado en el diagrama de pastel (**Gráfica 12.11**) podemos observar el Módulo con mayor deterioro según el número de patologías contenidas por el mismo el cual es el módulo 9 (M9). Por lo observado en el trabajo de campo, se toma causal de afectación de los daños en el módulo,

la falta de bermas lo cual hace que el tránsito vehicular entre en fricción con las cunetas generando este tipo de daños.

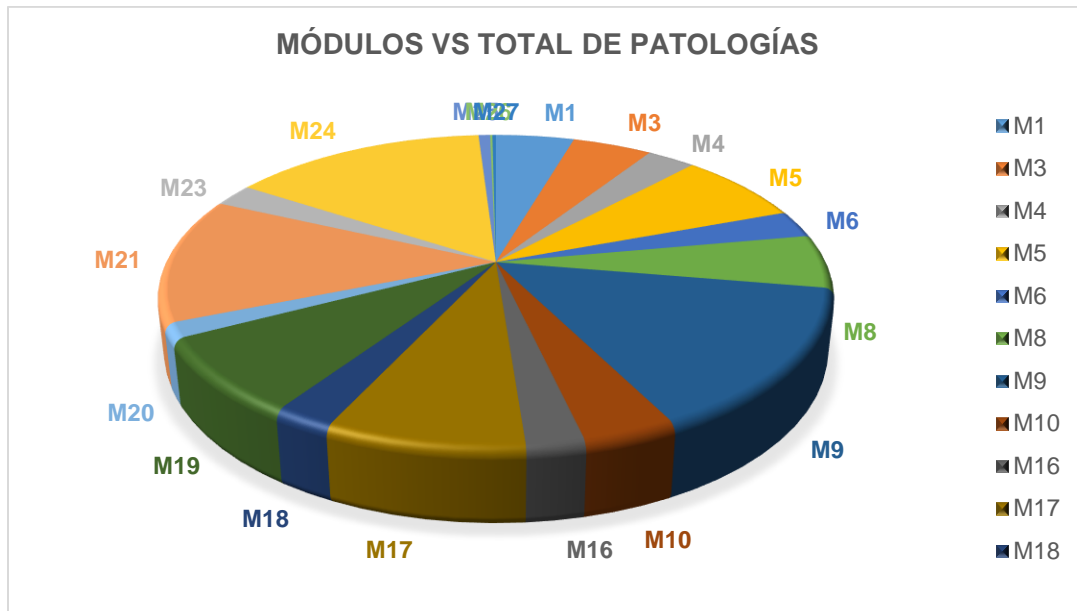
12.5.1.2 Patologías presentes en obras de drenaje longitudinal izquierdo



Gráfica 12.12 Área afectada por módulo, costado izquierdo
Fuente: [22]



Gráfica 12.13 Cantidad de patologías vs Tipo de patologías, costado izquierdo
Fuente: [22]



Gráfica 12.14 Módulos vs Total de patologías
Fuente: [22]

Análisis de resultados para estructuras de drenaje longitudinal en el costado izquierdo,

- La **Gráfica 12.12**, nos permitió observar que el módulo con mayor afectación según el área afectada por las diferentes patologías es el módulo 25 (M25), pues su longitud y ancho abarcan gran cantidad de área, arrojando indicios de deterioro evidente en esta sección de cuneta. A su vez, podemos visualizar como el módulo 20 y el módulo 10 presenta un área considerable de afectación en base a su localización, puesto que estos reciben cantidades de agua y materiales en exceso ya que se localizan en puntos de nacimiento de agua.
- Como se puede evidenciar en la **Gráfica 12.13**, el desgaste de los módulos (DSU) representa la mayor afectación para todas las unidades, pues la cantidad de flujo de escorrentía que reciben estas son elevadas. De igual manera, las unidades de drenaje longitudinal izquierdo se ven afectadas por el tránsito vehicular puesto que, al no contar con bermas, utilizan estas estructuras para estacionarse o transitar, generando fricción que deteriora los módulos, generando nuevas patologías como lo son Agrietamientos (GR) y Fracturas (FRAC).
- El diagrama circular (**Gráfica 12.14**) nos permite objetar que el módulo con mayor afectación patológica es el M24, pues presenta 222 patologías con diferentes severidades contenidas, lo cual nos indica el deterioro de las

unidades adyacentes al mismo y la urgente intervención en cuestiones de mantenimiento o reconstrucción.

12.5.2 Análisis cualitativo de las estructuras de drenaje transversal (alcantarillado)

Cada una de las unidades de alcantarillado del tramo de estudio tuvo su respectiva inspección patológica de manera detallada. Durante la realización de las mismas se pudo observar la falta de obras de alcantarillado en la vía, pues no se tienen las suficientes para recibir el flujo de escorrentía, lo cual deteriora de manera progresiva la calzada y sus demás estructuras de composición. El número de alcantarillas inspeccionadas fue de once (11), obteniendo resultados negativos en cuestión de su estado actual, como se muestra en los formatos de inspección visual de alcantarillado propuestos por el INVIAS (ver ANEXO Q) diligenciados en campo, contenidos en la siguiente tabla:

Tabla 12.10 Resumen cualitativo del estado actual de las alcantarillas



RESUMEN DE OBSERVACIONES PATOLÓGICAS AL ALCANTARILLADO DE LA VIA ANTIGUA VILLAVICENCIO - RESTREPO (65 MTE)																	
No. ALCANT.	TIPO DE DUCTO	TIPO	ESTRUCTURA DE CONDUCCIÓN		MURO CABEZAL		GUARDARUEDAS		ALEJAS		MUROS DE ACOMPAÑAMIENTO		POSETAS		SOLADO		Observaciones
			ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	
1	Tubería	Doble	si	si	si	no	si	no	si	no	no	no	no	no	no	no	Presenta desgaste, vegetación, descascamiento y obs por basuras.
2	Tubería	Simple	no	si	si	si	si	si	si	si	no	no	no	no	no	no	Presenta DPT,GR en muros cabezales, no cuenta con aleta izquierda en la salida y obs por ramas.
3	Cajón	Simple	no	no	si	si	si	si	no	no	no	no	no	no	no	no	Se encuentra obstruida en la entrada del costado izquierdo.
4	Tubería	Simple	no	si	si	si	si	si	si	si	no	no	no	no	no	no	Obstruida por material de cantera de arena y roca.
5	Tubería	Simple	si	si	si	si	si	si	no	no	no	no	no	no	no	no	Presenta bloqueo total generando un hundimiento en el centro de vía.
6	Tubería	Simple	si	si	si	si	si	si	si	si	no	no	no	no	no	no	Presenta DSU, PA DPT, OBS por residuos y FRAC en aleta de salida.
7	Cajón	Simple	si	si	si	si	no	no	si	si	si	no	no	no	no	no	Presenta fragmento de aleta antigua.
8	Tubería	Simple	si	si	si	si	no	si	no	si	no	no	no	no	no	no	Presenta DPT, OBS en la tubería, DSU y PA.
9	Tubería	Simple	si	si	si	si	si	si	no	no	no	no	no	no	no	no	Presenta DC, DPT, y OBS.
10	Tubería	Simple	si	si	si	no	si	no	si	no	no	no	no	no	no	no	Presenta DPT y separación de las aletas en ambos extremos.
11	Cajón	Simple	si	si	si	si	si	si	si	si	no	no	no	no	no	no	Presenta DPT y separación de las aletas en ambos extremos.

Fuente: [22]

Con base a lo anterior, se puede evidenciar que la mayor causa del deterioro de estas estructuras es la obstrucción producida por la contaminación de la misma comunidad en vista de la alta explotación de material proveniente del río Guatiquía y sus alrededores. Del mismo modo, se evidencia como la comunidad de la zona bloquea las mismas con basura proveniente de sus hogares generándose daños en las estructuras.

Dentro de las patologías críticas encontradas en cada una de las obras de alcantarillado se encontraron Desgaste Superficial (DSU), Alta vegetación (VEG), Desportillamiento de sus componentes (DPT), Grietas (GR) en muros cabezales y

aletas, Obstrucciones (OBS) en las deferentes tuberías tanto en entrada como en salida. Cabe resaltar que algunas alcantarillas de las 11 inspeccionadas no reciben agua proveniente de una estructura longitudinal, pues esta llega de puntos afluentes cercanos a la vía los cuales conectan de manera aleatoria con dichas alcantarillas.

12.5.3 Análisis cualitativo de las estructuras de drenaje complementarias

Durante la inspección visual realizada a las estructuras de drenaje se pudieron evidenciar tres (3) sumideros distribuidos a lo largo de la calzada. De los anteriores ninguno se encuentra en servicio debido a que presentan bloqueo por vegetación y agregados. Al igual que las estructuras de alcantarillado, en algunos casos el agua que llega a estas estructuras es de manera aleatoria puesto que no es trasportada por ningún tipo de estructura longitudinal (cunetas).



Figura 12.25 Estructuras de drenaje complementarias, Sumideros
Fuente: [22]

12.6. PROPUESTA DE MANTENIMIENTO SEGÚN EL SIECA

Según lo visto durante la inspección visual realizada al tramo de estudio, se recomienda hacer la debida limpieza rutinaria del derecho de vía, realizando rocería de la vegetación presente en ambos costados de la calzada para impedir la obstrucción de las estructuras de drenaje y la misma vía. Igualmente, es necesario demarcar el tramo de estudio, debido a que éste no cuenta con la respectiva señalización horizontal, y se debe instalar toda la señalización vertical que requiera la calzada para prevenir futuros accidentes. A partir del análisis de resultados obtenido para las estructuras de drenaje, se elaboraron las fichas técnicas correspondientes a la propuesta de mantenimiento de obras de drenaje (ver ANEXO U) según los parámetros establecidos por el manual SIECA como se evidencia a continuación:

FICHA TÉCNICA

PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PARA LAS OBRAS DE DRENAJE EN LA ANTIGUA VIA VILLAVICENCIO - RESTREPO (65 MTE)

TIPO DE ESTRUCTURA: CUNETAS



<p>TIPO DE MANTENIMIENTO: Limpieza</p> <p>1. Descripción: Retirar de modo manual o por medio mecánico, todo tipo de basuras, material de sedimentación u otro tipo de materiales que impida el recorrido del flujo hídrico.</p> <p>2. Frecuencia de la actividad: Se debe realizar con carácter rutinario, pues los periodos de lluvia en la región son altos y la presencia de vegetación en la vía es elevada.</p>		<p>TIPO DE MANTENIMIENTO: Reparación</p> <p>1. Descripción: Reparar las respectivas unidades de los módulos de cunetas, de manera manual respetando la sección original.</p> <p>2. Frecuencia de la actividad: Se debe realizar de modo periodico en vista del mal estado de las cunetas y los problemas patológicos presentes.</p>	
<p>3. Procedimiento del mantenimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verificar que el personal que realiza la actividad porte los implementos de seguridad requeridos. - Quitar todas aquellas basuras u obstaculos que impidan la circulación del flujo de agua. - Chequear la sección transversal de los unidades que componen los módulos de las cunetas en ambos costados de la vía. 	<p>3. Procedimiento del mantenimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verificar que el personal que realiza la actividad porte los implementos de seguridad requeridos. - Delimitar la respectiva zona de reparación. - Demoler y retirar los escobros de las unidades. - Elaborar la mezcla de concreto y vertirlo en las formaletas siguiendo los criterios de instalación. - Revisar la pendiente de la cuneta. 		
<p>4. Mano de obra: Cuadrilla de oficial y obreros.</p>	<p>4. Mano de obra: Cuadrilla estructural (1 oficial y obreros necesarios)</p>		
<p>5. Materiales: No aplica.</p>	<p>5. Materiales: Cemento, arena, grava, palas, picos, baldes y acero de refuerzo.</p>		

Figura 12.26 Ficha técnica de mantenimiento para limpieza y reparación de cunetas

Fuente: [22]

FICHA TÉCNICA

PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PARA LAS OBRAS DE DRENAJE EN LA ANTIGUA VIA VILLAVICENCIO - RESTREPO (65 MTE)

TIPO DE ESTRUCTURA: ALCANTARILLADO



<p>TIPO DE MANTENIMIENTO: Limpieza</p> <p>1. Descripción: Retiro manual de todos aquellos materiales que obstruyen el paso de agua por la respectiva tubería o cajón.</p> <p>2. Frecuencia de la actividad: Se debe ejecutar de manera rutinaria pues la cantidad de objetos transportados por la escorrentía son elevados.</p>		<p>TIPO DE MANTENIMIENTO: Reparación</p> <p>1. Descripción: Reparar aquellos daños presentes en las partes que componen las alcantarillas.</p> <p>2. Frecuencia de la actividad: Se debe realizar de modo periodico pues esta actividad requiere altos fondos y su ejecución debe ser garantizada.</p>	
<p>3. Procedimiento del mantenimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verificar que el personal que realiza la actividad porte los implementos de seguridad requeridos. - Instalar medidas preventivas y de seguridad. - Quitar todas aquellas basuras u obstaculos que impidan la circulación del flujo de agua. - Disponer de los residuos en un lugar autorizado. 	<p>3. Procedimiento del mantenimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verificar que el personal que realiza la actividad porte los implementos de seguridad requeridos. - Demoler las partes deterioradas o reconstruir las partes afectadas. - Elaborar la mezcla de concreto y corregir los daños presentados. - Retirar las formaletas. - Realizar la limpieza del sitio de obra. 		
<p>4. Mano de obra: Cuadrilla de Limpieza (oficial y obreros.)</p>	<p>4. Mano de obra: Cuadrilla estructural (oficial y obreros).</p>		
<p>5. Materiales: Palas, picas, carretillas, machetes, azadones y canecas.</p>	<p>5. Materiales: Gravilla, grava, arena, cemento, madera, puntillas y alambre.</p>		

Figura 12.27 Ficha técnica de mantenimiento para la limpieza y reparación de alcantarillas

Fuente: [22]

FICHA TÉCNICA

PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PARA LAS OBRAS DE DRENAJE EN LA ANTIGUA VIA VILLAVICENCIO - RESTREPO (65 MTE)

TIPO DE ESTRUCTURA: SUMIDEROS



TIPO DE MANTENIMIENTO: Limpieza		TIPO DE MANTENIMIENTO: Reparación	
1. Descripción: Retirar de modo manual todo tipo de basuras, material de sedimentación u otro tipo de materiales que impidan la llegada de agua a los sumideros.		1. Descripción: Reparar las paredes que componen los sumideros.	
2. Frecuencia de la actividad: Se debe realizar con carácter rutinario, pues los periodos de lluvia en la región y la obstrucción en los mismos es alta.		2. Frecuencia de la actividad: Se debe realizar con carácter periodico, pues las reparaciones debes garantizarse en un periodo considerable.	
3. Procedimiento del mantenimiento: - Verificar que el personal que realiza la actividad porte los implementos de seguridad requeridos. - Quitar todas aquellas basuras u obstaculos que impidan la circulación del flujo de agua. - Chequear la salida del flujo de agua por la tubería del sumidero.		3. Procedimiento del mantenimiento: - Verificar que el personal que realiza la actividad porte los implementos de seguridad requeridos. - Limpiar las paredes de los sumideros. - Preparar la mezcla concreto y reparar los daños presentes en el sumidero.	
4. Mano de obra: Cuadrilla de limpieza (oficial y obreros).		4. Mano de obra: Cuadrilla estructural (oficial y obreros).	
5. Materiales: No aplica.		5. Materiales: Picas, palas, cemento, arena, agua, baldes y listones.	

Figura 12.28 Ficha técnica de mantenimiento para la limpieza y reparación de sumideros.

Fuente: [22]

De igual forma, para la calzada de estudio, se elaboró la respectiva propuesta de mantenimiento (ver ANEXO T) en alusión a los daños presentes en la misma, siguiendo los parámetros establecidos por el SIECA como se muestra a continuación:

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO

ZONA: VILLAVICENCIO **CATEGORÍA DE DAÑO:** GENERAL
SECTOR: VEREDA VANGUARDIA **TIPO DE DAÑO:** FISURAS
CÓDIGO VÍA: 65 MTE



<p>PATOLOGÍA:</p> <ul style="list-style-type: none"> *- Fisura longitudinal (FL) - Fisura transversal (FT) - Fisura en media luna (FML) - Fisura de borde (FB) - Fisuras en juntas de construcción (FCL / FCT) 	<p>ESQUEMA:</p> 
<p>TRAMOS AFECTADOS: Todo el tramo de estudio</p>	
<p>POSIBLES CAUSAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> *- Envejecimiento progresivo de la capa de rodadura por cambios térmicos. - Rigidez en la mezcla asfáltica. - Fatiga de la estructura de pavimento flexible. - Reflexión de grietas provenientes de las capas inferiores de la estructura. 	
<p>PROPUESTA DE MANTENIMIENTO:</p> <p>Limpieza de la fisura para aplicar un sellante asfáltico ya sea termoplástico, emulsión o modificado con polímeros, para posteriormente, instalar la respectiva capa de arena llenando el espaciado.</p>	<p>TIPO DE SELLO:</p>  <p>b) Llenado de la ranura a ras con venda</p>

Figura 12.29 Ficha técnica de mantenimiento para fisuras
Fuente: [22]

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO

ZONA: VILLAVICENCIO **CATEGORÍA DE DAÑO:** GENERAL
SECTOR: VEREDA VANGUARDIA **TIPO DE DAÑO:** FB,PC,PCH
CÓDIGO VÍA: 65 MTE


<p>PATOLOGÍA:</p> <ul style="list-style-type: none"> *- Fisuras en bloque (FB) - Piel de cocodrilo (PC) - Parches (PCH) 	<p>ESQUEMA:</p> 
<p>TRAMOS AFECTADOS: Todo el tramo de estudio</p>	
<p>POSIBLES CAUSAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> *- Contracción de la carpeta asfáltica por cambios de temperatura. - Problemas de drenaje en la estructura. - Fatiga de la estructura de pavimento flexible. - Reparaciones mal ejecutadas, deficiencias de compactación. 	
<p>PROPUESTA DE MANTENIMIENTO:</p> <p>Realizar el corte rectangular del área afectada, para realizar la excavación pertinente. Seguido a ello, se realizar el relleno con mezcla asfáltica en frío o caliente y lo que permite compactar de manera óptima.</p>	<p>RECOMENDACIONES:</p> <p>Verificar la calidad de los materiales a utilizar, así como el proceso de instalación, compactación y acabados.</p>

Figura 12.30 Ficha técnica de mantenimiento para Fisuras en Bloque, Piel de Cocodrilo y Parches
Fuente: [22]

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO

ZONA: VILLAVICENCIO **CATEGORÍA DE DAÑO:** GENERAL
SECTOR: VEREDA VANGUARDIA **TIPO DE DAÑO:** BACHES
CÓDIGO VÍA: 65 MTE


PATOLOGÍA: *- Baches (BCH)	ESQUEMA: 
TRAMOS AFECTADOS: Todo el tramo de estudio	
POSIBLES CAUSAS: *- Retención de agua en zonas con presencia de fisuras. - Carencia de imprimación en la base. - Deficiencia en los espesores de capas de la calzada. - Evolución de piel de cocodrilo.	
PROPUESTA DE MANTENIMIENTO: Excavar el área del bache para luego rellenar con material de base y poder aplicar el ligante asfáltico. Por último, instalar la mezcla asfáltica ya sea en frío o caliente y compactar de modo eficiente.	RECOMENDACIONES: El ligante asfáltico debe calentarse a una temperatura promedio entre los 60 y 80 C°.

Figura 12.31 Ficha técnica de mantenimiento para Baches
Fuente: [22]

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO

ZONA: VILLAVICENCIO **CATEGORÍA DE DAÑO:** SUPERFICIAL
SECTOR: VEREDA VANGUARDIA **TIPO DE DAÑO:** DC,PA,DSU,AB,SU
CÓDIGO VÍA: 65 MTE


<p>PATOLOGÍA:</p> <ul style="list-style-type: none"> *- Pulimento de agregados (PU) - Surcos (SU). - Pérdida de Agregados (PA) - Abultamiento (AB). - Descascamiento (DC). - Desgaste superficial (DSU). 	<p>ESQUEMA:</p> 
<p>TRAMOS AFECTADOS: Todo el tramo de estudio</p>	<p>POSIBLES CAUSAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> *- Falta de adherencia del asfalto con los agregados. - Baja dosificación del asfalto. - Alta presencia de escorrentía superficial. - Contaminación de la calzada con aceite, gasolina y otros.
<p>PROPUESTA DE MANTENIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> *- Escarificación, y reconfiguración de la carpeta asfáltica. - Instalación de capa de refuerzo con espesor mín. de 5 cm en frío o caliente. - Imprimación distintas capas ligante Asfáltico. 	<p>RECOMENDACIONES:</p> <p>Realizar un buen triturado del material que compone la carpeta asfáltica.</p> <p>Revisar las especificaciones técnicas de las mezclas asfálticas.</p>

Figura 12.32 Ficha técnica de mantenimiento para patologías superficiales
Fuente: [22]

PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PARA EL ESTADO SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA ANTIGUA VIA VILLAVICENCIO - RESTREPO (65 MTE)





No.	CATEGORÍA DE DAÑO	TIPO DE PATOLOGÍA	SEVERIDAD	TIPO DE MANTENIMIENTO	CATEGORÍA	SOLUCIÓN	ESQUEMA
1	General	*- Fisura longitudinal (FL) - Fisura transversal (FT) - Fisura en media luna (FML) - Fisura de borde (FB) - Fisuras en juntas de construcción (FCL / FCT)	A - M - B	Fisuras	Preventivo	Limpieza de la fisura para aplicar un sellante asfáltico ya sea termoplástico, emulsión o modificado con polímeros, para posteriormente, instalar la respectiva capa de arena llenando el espaciado.	 Fuente: [24]
2	General	*- Fisuras en bloque (FB) - Piel de cocodrilo (PC) - Parches (PCH)	A - M - B	Parcheo	Rutinario	Realizar el corte rectangular del área afectada, para realizar la excavación pertinente. Seguido a ello, se realizar el relleno con mezcla asfáltica en frío o caliente y lo que permite compactar de manera óptima.	 Fuente: [25]
3	General	*- Baches (BCH)	A - M - B	Bacheo	Rutinario	Excavar el área del bache para luego rellenar con material de base y poder aplicar el ligante asfáltico. Por último, instalar la mezcla asfáltica ya sea en frío o caliente y compactar de modo eficiente.	 Fuente: [26]
4	Superficial	*- Pulimento de agregados (PU) - Surcos (SU). - Pérdida de Agregados (PA) - Abultamiento (AB). - Descascaramiento (DC). - Desgaste superficial (DSU).	A - M - B	Tratamiento patologías superficiales	Periódicas	*- Escarificación, y reconfiguración de la carpeta asfáltica. - Instalación de capa de refuerzo con espesor mín. de 5 cm en frío o caliente. - Imprimación distintas capas ligante Asfáltico.	 Fuente: [27]

Figura 12.33 Propuesta de mantenimiento para la estructura de pavimento flexible
Fuente: [22]

13.RESULTADOS E IMPACTOS

A partir de los objetivos propuestos, se presentan los respectivos indicadores y resultados con el fin, de llevar a cabo cada uno de los ellos en su totalidad.

Tabla 13.1. Resultados esperados

Resultado	Indicador	Objetivo Relacionado
Caracterización de los daños y patologías por medio de estudios.	Análisis de los daños y patologías presentes en el pavimento flexible.	Objetivo específico 1
Identificación de los daños de las estructuras de drenaje existentes.	Tipificación de los daños de la estructura de drenajes.	Objetivo específico 1
Determinación del estado actual de la estructura de pavimento.	Comparación de los resultados obtenidos en las metodologías de estudio.	Objetivo específico 1
Análisis del daño generado por acción de las cargas de los ejes equivalentes a la estructura de pavimento flexible.	Realizar un estudio de tránsito.	Objetivo específico 2
Proponer un mantenimiento para la estructura de pavimento flexible acorde con los resultados esperados.	Estudio de las patologías existentes en las estructuras de drenaje.	Objetivo específico 3
Elaboración de modelado 3D del tramo de estudio	Reconocimiento del tramo de estudio	Objetivo específico 4
Elaboración del informe técnico.	Análisis del estado actual del tramo de estudio.	Objetivo específico 5

Fuente: [22]

A continuación, se presentan los posibles impactos que puede contraer el desarrollo del proyecto, para lo cual se tienen en cuenta los aspectos sociales, económicos, académicos y técnicos.

Lo anterior, a partir de los estudios realizados a la zona de estudio, los cuales permiten contemplar los sectores más susceptibles y, la aceptación que puede llegar a tener el desarrollo del presente proyecto. Para ello, se estipulan los lapsos de tiempo, sea corto, mediano y largo plazo, en los cuales se llevará a cabo cada una de acciones a realizar.

Tabla 13.2. Impactos

Aspecto	Impacto	Supuesto	Plazo
Social	Mejoramiento del acceso a la vereda y sus demás puntos destino.	Posibles soluciones a los fallos patológicos existentes.	Medio
Económico	Aumento del tránsito vehicular y de la economía en Villavicencio – Restrepo.	Mayor desarrollo económico en la región.	Largo
Académico	Aumento del nivel de investigación en la zona de estudio.	Datos de los fallos patológicos y su respectivo análisis a las fallas en la estructura de pavimento.	Corto
Técnico	Determinación de alternativas de solución para las fallas presentes en la estructura de pavimento.	Clasificación de fallas y posibles soluciones por medio de los respectivos formatos.	Medio

Fuente: [22]

14. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

14.1. CONCLUSIONES

- Con relación a lo antes expuesto en el análisis del tránsito vehicular, se puede deducir que el vehículo que presenta un mayor impacto en la calzada en el Automóvil con un porcentaje del 84% del flujo vehicular total, esto debido a que la antigua vía Villavicencio – Restrepo (65MTE) representa un punto de apoyo vital para la alternancia del tránsito vehicular en conexión con la vía principal Villavicencio – Yopal. Del mismo modo, dicha vía presenta un flujo considerable de vehículos pesados como son los C2G (camiones y volquetas sencillas) con un porcentaje del 6% con relación al flujo vehicular total, esto debido a que la zona cuenta con puestos de explotación de agregados pétreos provenientes del río Guatiquía.
- Tras el análisis realizado con base a la metodología INVIAS, se pudo establecer que la calzada presenta un deterioro progresivo, el cual ha avanzado de forma circunstancial con el pasar de los días, puesto que las patologías encontradas en el tramo de estudio y junto con su respectiva severidad, marcan el punto inicio del alto deterioro de la calzada, por lo que es necesario implementar medidas de mantenimiento que permitan subsanar dichos daños. Lo anterior deducido a partir del análisis gráfico de las patologías presente en el tramo de estudio por la metodología INVIAS, el cual denota que el tramo con mayor afectación es el T3 con un área aproximada de 646.30 m², lo cual representa el 3.14% del daño total presente en la calzada.
- Dentro del análisis de resultados elaborado a partir de la metodología PCI, se pudo establecer que el índice PCI de toda la calzada de estudio es de 66.237, denotando un rango de clasificación Bueno, siguiendo el criterio de confiabilidad del 95% de las unidades de muestreo evaluadas. Esto nos permite inferir que la calzada no presenta un alto deterioro que requiera un mantenimiento de emergencia, pero si se puede considerar realizar mantenimientos rutinarios que permitan la conservación de esta. Del mismo modo, se evidencia que, dentro de las unidades de muestreo evaluadas, dos de ellas, unidad PCI_U7 y PCI_U14, presenta un rango de clasificación Fallado, con un PCI del 4 y 6 respectivamente. Para este caso en especial, es recomendable realizar una intervención a las áreas de las unidades afectadas con el fin, de no permitir la prolongación de su deterioro y posible propagación a las demás unidades de la calzada.
- De acuerdo con la comparación realizada en base a las metodologías INVIAS vs PCI, se pudo intuir que el método praxis que mejor se ajusta al registro de los daños patológicos es el propuesto por el INVIAS, puesto que éste maneja versatilidad y comodidad al momento de realizar la inspección, recolección y

procesado de los datos. De igual manera, facilita el análisis y presentación de estos, por medio de un sistema gráfico de baja complejidad para el usuario. Este tipo de metodología se adapta de una manera idónea en cualquier tipo de calzada independientemente de su longitud y número de carriles. Por otro lado, la metodología PCI permite conocer el estado actual de una calzada a partir de las unidades de muestreo que la componen, clasificándolos por medio de un índice cualitativo, lo cual limita el análisis patológico puesto que para su respectivo desarrollo se cuenta con un análisis estandarizado basado en gráficas iterativas las cuales permiten obtener valores deducidos de cada una de las patologías, lo cual genera un porcentaje de error, lo anterior debido a que este procedimiento se lleva a cabo a criterio de observación del usuario.

- En cuanto a la inspección patológica realizada a las obras de drenajes presentes en el tramo de estudio por medio de la metodología INVIAS, se pudo evidenciar que el tramo de estudio carece de estructuras de drenaje y no obstante a ello, de las existentes, el 95% de las mismas presentan daños estructurales de tipo PA, DC, DPT, FRAC y GR, las cuales afectan las partes que las componen. Igualmente, estas presentan una obstrucción (OBS) del 60% producto de la vegetación y materiales provenientes de las viviendas y canteras presentes en el sector, originando posibles inundaciones.

14.2. TRABAJOS FUTUROS

El propósito de este documento es aportar una solución que contribuyan al mejoramiento de la infraestructura vial de la ciudad de Villavicencio y sus zonas aledañas, convirtiéndose así, es una guía para futuros proyectos de diagnóstico y mantenimiento de las vías presentes en el municipio. Por medio de la propuesta de mantenimiento expuesta en este documento, se establecen los lineamientos para futuras intervenciones a la antigua vía Villavicencio – Restrepo (65MTE), lo cuales sirven como pauta para futuros trabajos relacionados con el mantenimiento vial de estructuras de pavimento flexible.

Para futuras intervenciones en el tramo de estudio se recomienda realizar los respectivos mantenimientos de manera rutinaria y periódica, si así lo requiere, en pro de la conservación y calidad de la estructura de pavimento flexible y estructuras de drenaje, garantizando la seguridad y confiabilidad para los usuarios que transitan y habitan dicho sector.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] N. C. R. Caraballo, «Diagnóstico de la vía antigua al municipio de Restrepo-Meta, km 1, sector Ranchón del Maporal y estación de servicio Cimarrón y propuesta de la estructura del pavimento flexible,» Universidad Santo Tomas, Villavicencio, 2018.
- [2] G. T. -. C. 5. d. 2003, «Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles,» INVIAS, Bogotá D.C., 2006.
- [3] L. R. V. Varela, «Paviment Condition Index (PCI),» ingepav, Manizales, 2002.
- [4] G. T. -. C. 5. d. 2003, «Manual para la inspección visual de estructuras de drenajes,» INVIAS, Bogotá D.C., 2006.
- [5] SIECA, Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras, Guatemala: CEPREDENAC, 2010.
- [6] D. a. C. P. Croney, Design and Performance of Road Pavements, New York (USA): Third Edition. McGraw Hill, 1998.
- [7] A. M. Fonseca, «Pavimento,» de *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras*, Bogotá D.C., Universidad Católica de Colombia, 2002.
- [8] M. N. d. Transporte, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, Bogotá D.C.: Instituto Nacional de Vías, 2008.
- [9] A. -. INCGROUP, «Información general del contrato de concesión e interventoría,» 2019. [En línea]. Available: <http://www.uniontemporalviasmeta.com/el-proyecto/>.
- [10] J. P. U. A. Daniela Andrea Barbosa Tabarez, «Aplicación en temáticas de ingeniería civil - Diagnóstico de las fallas que se presentan en el pavimento flexible de la vía antigua Villavicencio-Bogotá (Buenavista) en el tramo (K92+40MTA-K93+40MTA),» Universidad Santo Tomás, Villavicencio, 2019.
- [11] R. Guevara y A. Romero, «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.,» Universidad Santo Tomas, Villavicencio, 2019.
- [12] T. Castiblanco y S. Torres, «Estudio del estado patológico de la malla vial mediante inspección visual en el municipio de Villavicencio, Comuna 2,» Universidad Cooperativa de Colombia, Villavicencio, 2019.
- [13] D. E. G. Morgado, «Metodologías de reparación para pavimentos flexibles de mediano y bajo tránsito.,» Universidad Andrés Bello, Santiago de Chile, 2018.
- [14] J. E. R. Contreras, «Inspección y diagnostico vial utilizando la metodología PCI, sobre la ruta de transporte escolar y colectiva utilizada en los barrios San Pablo y Julio Caro del municipio de Zipaquirá, Cundinamarca.,» Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, 2017.
- [15] D. Bernal, E. Gómez y Y. Cespedes, «Estudio del estado patológico de la malla vial del municipio de Villavicencio, Comuna 6.,» Universidad Cooperativa de Colombia, Villavicencio, 2017.

- [16] I. Izquierdo, H. Romero y J. Sánchez, «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.,» Universidad Cooperativa de Colombia, Villavicencio, 2017.
- [17] M. H. Jaime, «Inspección patológica de pavimentos flexibles en un sector específico de Bogotá D.C., como fase del proyecto “Comparativa patológica de pavimentos flexibles en climas extremos y la toma de decisiones asociadas del convenio interinstitucional con la univer,» Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., 2016.
- [18] A. d. Villavicencio, «Informe de gestión,» Alcaldía de Villavicencio, Villavicencio, 2016.
- [19] R. Álvarez y R. Agudelo, «Inspección visual de daños vía Pereira, Risaralda – Alcalá, Valle,» Universidad Libre Seccional Pereira, Pereira, 2015.
- [20] I. B. G. B. Murillo, «Resolución Organizacional,» Contraloría General de la República, Bogotá, 2014.
- [21] C. Licitá, «Estudios y Diseños Definitivos del puente sobre la antigua carretera vía Villavicencio - Restrepo (vía Bavaria) en el sector denominado caño Seco,» Colombia Licitá, Bogotá, 2009.
- [22] A. Propia, «Autoría Propia,» Villavicencio, 2020.
- [23] M. h. INVIAS, «Mapa de Carreteras,» [En línea]. Available: <https://hermes.invias.gov.co/carreteras/>.
- [24] Trabit, «Sellado de grietas. Puesta en obra,» 20 Septiembre 2016. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=keG9wufuoxE>.
- [25] RSTecnología, «Como reparar un pavimento de asfalto RS AsphaltPlus,» 19 Enero 2015. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=qwC1rxeu65g>.
- [26] G. SUR, «¿Cómo reparar un bache con Asfalto en frío?,» 14 Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=RPO988hBO1w>.
- [27] E. F. Y. FIRMES, «Wirtgen w2000 - Fresado de pavimento Asfaltico en carreteras,» 1 Febrero 2017. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=77RYk-tXwtY>.

ANEXOS

ANEXO A

CARTERAS AFORO VEHICULAR

ANEXO B

ANÁLISIS DEL TRÁNSITO

ANEXO C

MODELO 3D VÍA 65MTE

ANEXO D

CARTERA BITÁCORA PAV FLEVIBLE

ANEXO E

CARTERA FORMATO PAV FLEXIBLE INVIAS

ANEXO F

CARTERA DIGITAL PAV FLEXIBLE INVIAS

ANEXO G

REPORTE DE DAÑOS PAV FLEXIBLE INVIAS

ANEXO H

CARTERA FORMATO PAV FLEXIBLE PCI

ANEXO I

CARTERA DIGITAL PAV FLEXIBLE PCI

ANEXO J

REPORTE DE DAÑOS PAV FLEXIBLE PCI

ANEXO K

REGISTRO FOTOGRÁFICO PAV FLEXIBLE

ANEXO L

CARTERA BITÁCORA OBRAS DE DRENAJE DER

ANEXO M

CARTERA FORMATO CUENTAS DER INVIAS

ANEXO N

CARTERA BITÁCORA OBRAS DE DRENAJE IZQ

ANEXO O

CARTERA FORMATO CUENTAS IZQ INVIAS

ANEXO P

REPORTE DE DAÑOS CUENTAS INVIAS

ANEXO Q

CARTERAS FORMATO ALCANTARILLADO INVIAS

ANEXO R

REPORTE DE DAÑOS ALCANTARILLADO INVIAS

ANEXO S

REGISTRO FOTOGRÁFICO OBRAS DE DRENAJE

ANEXO T

PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PAV FLEXIBLE SIECA

ANEXO U

PROPUESTA DE MANTENIMIENTO DRENAJES SIECA