

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA CATAMA (CALLE 35) EN EL TRAMO ENTRE LA CARRERA 20D HASTA LA CARRERA 5, DE VILLAVICENCIO (META)

MAINTENANCE PLAN FOR THE FLEXIBLE PAVEMENT STRUCTURE OF CATAMA AVENUE (STREET 35) IN THE SECTION BETWEEN RACE 20D TO RACE 5, IN VILLAVICENCIO (META)

Marian Camila Carreño Castañeda

Estudiante de Ingeniería Civil Universidad Santo Tomas, mariancarreno@usantotomas.edu.co

María Camila Gómez Agudelo

Estudiante de Ingeniería Civil Universidad Santo Tomas, maria.gomez@usantotomas.edu.co

Jessica María Ramírez Cuello

Docente tiempo completo Universidad Santo Tomas, jessicaramirez@usantotomas.edu.co

Resumen: El artículo presenta los resultados de la investigación orientada a la formulación de un plan de mantenimiento para la estructura de pavimento del tramo de la calle 35 (avenida Catama) de Villavicencio que comunica la carrera 20d con la carrera 5. Para iniciar se realizó un aforo (conteo vehicular), teniendo en cuenta las horas picos y analizar el TPD (tránsito promedio diario) fue uno de los primeros pasos para evidenciar el porcentaje de vehículos pesados que transitan en la vía causando los posibles daños en el pavimento, posteriormente para el registro y análisis de los daños se utilizaron dos métodos, el primero corresponde a la inspección visual del tramo, obteniendo información del estado físico de la vía y se analizan según el manual del INVIAS teniendo en cuenta el carril, el tipo de daño, la severidad y las dimensiones, en el segundo método se calcula el PCI (Pavement Condition Index) para detallar con más precisión el daño del pavimento teniendo en cuenta las unidades de muestreo seleccionadas y así identificar el grado de afectación para cada tipo de daño, densidad y nivel de severidad sobre la condición del pavimento. Se evidenció diferentes tipos de daños en sus diferentes niveles de severidad, encontrando un 27.8% del área afectada en todo el tramo, datos que sirvieron para realizar la propuesta de plan de mantenimiento.

Palabras clave: Deterioro, mantenimiento, pavimento, tránsito.

Abstract: The article presents the results of the research aimed at formulating a maintenance plan for the pavement structure of the section of street 35 (Catama Avenue) in Villavicencio that connects Race 20d with Race 5. To start a vehicle count was performed (vehicle count), taking into account the peak hours and analyzing the TPD (average daily traffic) was one of the first steps to evidence the percentage of heavy vehicles that travel on the road causing possible damage to the pavement. Subsequently, two methods were used to record and analyze the damage, the first being a visual inspection of the section, The second method calculates the PCI (Pavement Condition Index) to detail more precisely the damage to the pavement, taking into account the selected sampling units and thus identify the degree of impairment for each type of damage, density and level of severity on the condition of the pavement. Different types of damage were evidenced at their different levels of severity, with 27.8% of the affected area being found throughout the section, data that served to carry out the proposed maintenance plan.

Keywords: Damages, maintenance, pavement, traffic.

1. INTRODUCCIÓN

La evolución de las carreteras y el avance tecnológico ha impulsado a grandes profesionales expertos en el ámbito de la construcción a ingeniar diversas soluciones a los inconvenientes que puedan ocurrir a la hora de realizar una obra de infraestructura vial, generando alternativas en la construcción y mantenimiento, económicamente viables, para obtener una vía con mayor eficiencia, comodidad, seguridad y transitabilidad.

El pavimento, es una estructura constituida por diferentes capas, diseñadas y construidas técnicamente sobre la subrasante, con el fin de soportar las cargas del parque automotor y los cambios del medio

ambiente. Así mismo transferir esfuerzos y deformaciones a las diferentes capas hasta llegar al suelo natural o de fundación de una manera tolerable, evitando daños por fatiga y/o ahuellamiento.

La red vial actualmente es considerada como uno de los proyectos más importantes en obras civiles, ya que este tipo de infraestructura contribuye al desarrollo y crecimiento económico, cultural y social de un país, además, permite la comunicación entre puntos de producción y consumo de cualquier lugar. Por esta razón es necesario tener en cuenta el mantenimiento y conservación de esta para que funcione en óptimas condiciones y evitar mayores costos en su rehabilitación.

Por lo anterior, este proyecto iniciará con un diagnóstico de la vía, en el que se conocerá las condiciones actuales del pavimento, analizando las fallas que puedan presentar y determinar las causas y orígenes, así mismo se propondrá la mejor solución, ya sea realizar mejoras, mantenimiento o construirla de nuevo, teniendo en cuenta la posición económica y técnica para satisfacer las necesidades de la comunidad.

Es de anotar que la vía en estudio se considera como una de las más importantes de la ciudad, debido a que es fundamental para su desarrollo, pues por ella se transportan una suma importante de productos agrícolas que son llevados y comercializados en la central de abastos de Bogotá. El tramo de vía estudiado cuenta a simple vista con una topografía plana, ya que es una recta, con curvas amplias de grandes radios. En esta vía la falta de mantenimiento ocasionado deterioro en la estructura de pavimento, pues en algunos tramos se encuentra pérdida de la carpeta asfáltica, pero esto no es lo único, también se evidencia la falta de cunetas y sumideros de agua lluvia [1].

A su vez, el mejoramiento que se proporciona al pavimento está diseñado para subsanar los impactos del clima, desgastes y deterioros producidos por los vehículos, como también la falta de mantenimiento, fallas de diseño, materiales de mala calidad, y mala planificación en la construcción, es decir, que la propuesta está destinada a corregir fallas funcionales y estructurales del pavimento.

Además, la propuesta de mejoramiento del pavimento se realizará con el fin de mejorar la calidad de vida de los usuarios ya que ellos serán los principales interesados, analizando los impactos positivos y negativos antes, durante y después de la propuesta de mejoramiento, otra parte interesada es la Alcaldía de Villavicencio, ya que la realización del proyecto ayudará al desarrollo del crecimiento en infraestructura vial a la ciudad mejorando los componentes social, económico y político.

2. METODOLOGÍA

Se llevó a cabo un estudio de tipo práctico con análisis y resultados, donde se coordina las actividades en lugar y tiempo; compuesto de la explicación de cómo se puede aplicar el mantenimiento correcto según el tipo de daño del pavimento en el tramo estudiado, el cual beneficiará socioeconómicamente a las personas que se encuentran directamente en la zona. El mejoramiento requiere toma de información histórica, es decir investigar si le han hecho algún tipo de mantenimiento y que materiales han usado, análisis de ingeniería de tránsito (aforo), recolección de datos, entre ellos las medidas de los daños en el pavimento, deterioro en las demarcaciones, teniendo en cuentas las posibles causas, conclusiones y recomendaciones para el proyecto.

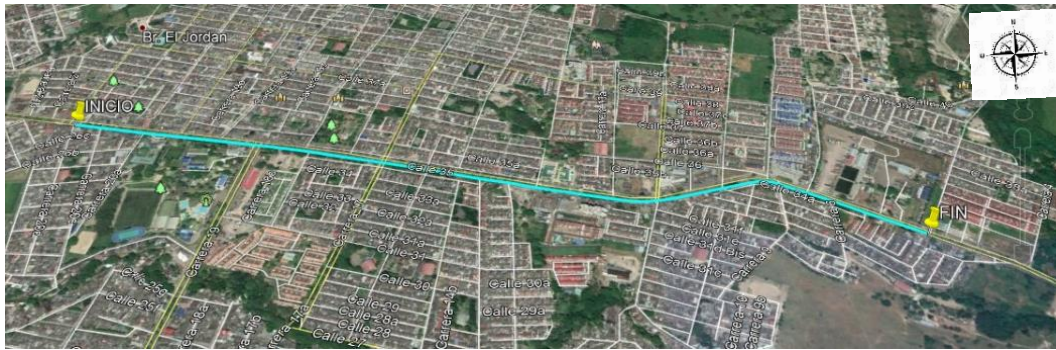
En la calle 35 vía Catama se han manifestado protestas y accidentes por el mal estado de la vía, por esta razón es necesario el mantenimiento del pavimento, se argumenta teniendo en cuenta la recolección de información de noticias que en la vía se presentan actos de accidentes peligrosos donde varias personas han resultado gravemente heridas, producto del supuesto mal estado en el que se encuentra la calle, ha hecho que los líderes comunales reiteren el llamado de atención ante la problemática, siempre enfrenta frecuentes batallas para lograr los arreglos, pero no les ponen cuidado. [2]

La zona de estudio se ubica en la ciudad de Villavicencio, Meta, Colombia (ver fig. 1), y el tramo seleccionado para el análisis se encuentra comprendido entre las secciones punto 1 y punto 2 con coordenadas geográficas:

PUNTO 1: 4° 8'53.11"N - 73°37'26.24"O

PUNTO 2: 4° 8'42.61"N - 73°36'23.38"O

Fig. 1. TRAMO ESTUDIADO DE LA CALLE 35 AVENIDA CATAMA



Fuente: Google Earth

La figura 1 representa el tramo de estudio del proyecto, este tiene una longitud de 2 kilómetros que comprende en la intersección de la carrera 20d hasta la carrera 5.

El sector que se estudia se puede identificar que se encuentran usos comerciales, residenciales e institucionales, específicamente se evidencia tiendas, supermercados, parqueaderos, restaurantes, ferreterías, estación de servicio, entre otros, que están directamente perjudicados con las fallas que presenta actualmente la vía.

En el proyecto se deseó identificar las patologías del pavimento flexible de la calle estudiada, al igual que realizar su descripción, establecer sus posibles causas, y con ello formular una propuesta para mitigar los daños y su reincidencia.

En cuanto a las etapas del proyecto, la figura 2 permite identificar claramente el procedimiento a seguir en el presente proyecto, el cual se encuentra dividido en cuatro etapas.

Fig. 2. ETAPAS METODOLÓGICAS



Fuente: Autoras.

Etapas 1 (Revisión Bibliográfica): se recolecta información de las metodologías que se aplican en el proyecto, en diferentes partes de Colombia y del Departamento, siendo este una referencia de trabajo para el desarrollo del presente proyecto.

Etapas 2 (Inspección visual del estado de la vía): hacer inventario de la calle 35 avenida Catama, antes que nada, se deberá realizar el aforo, con el fin de conocer y clasificar el tráfico que transita en el tramo, analizando el volumen vehicular que soporta dicho pavimento. Así mismo identificar los daños en la estructura de pavimento, determinando la severidad de los daños. Planificar las diferentes soluciones y

seleccionar la más apta con el fin de que pueda mejorar el pavimento teniendo en cuenta las consecuencias que puede causar dicha solución con base a la norma INVIAS, esto con el fin de mejorar la calidad de vida de las personas que están directamente afectados por el estado actual de la vía.

Etapas 3 (Índice de condición del pavimento): el deterioro de la estructura de pavimento se determina según el daño, severidad, cantidad o densidad de este, clasificando el deterioro desde excelente hasta fallado según el rango en que se encuentra, por ende, se deberá determinar las unidades de muestreo para evaluación y la selección del muestreo, terminando con el cálculo del PCI con el fin de obtener una vía resistente, duradera y segura.

Etapas 4 (cierre): finalmente se definirá la solución más pertinente para el tipo de daño encontrado según los estudios del INVIAS y PCI que se analizaron en la etapa 2 y 3, con el fin de plantear el mejor plan de mantenimiento para la avenida Catama calle 35 de la carrera 20 d hasta la carrera 5.

A su vez, como población se consideró el tramo estudiado, siendo este de un sólo sentido, compuesto por tres carriles desde el conocido taller de mecánica Alfamotos hasta la entrada del barrio Manantial que se encuentra después del Supermercado Olímpica, los barrios que se encuentran en este tramo seleccionado son: La Ceiba, Santa Catalina, El Recreo y Seis de Abril; Allí podemos encontrar establecimientos como taller de mecánica, panaderías, restaurantes, asaderos, estación de servicio, monta llantas, cadenas locales de supermercados como “Justo y Bueno”, “Ara”, “D1” y “Olímpica”, entre otros comercios. Dentro de la organización territorial estos barrios se encuentran ubicados en la comuna 4 que cuenta con un total de habitantes de 61.458 según el censo del DANE 2006. [3]

Como instrumentos se utilizaron Equipos de laboratorio de la Universidad Santo Tomas: Odómetro, Cinta métrica y regla o cordel.

3. RESULTADOS

Los siguientes son los resultados obtenidos de la aplicación de los instrumentos de recolección de información:

3.1 Etapa 1. Revisión bibliográfica

El desarrollo de la revisión bibliográfica se encuentra contenido dentro del capítulo 6.3 del presente documento; en el cual se procedió a realizar una investigación para alimentar el conocimiento acerca de las diferentes metodologías para la ejecución de una alternativa de mantenimiento teniendo en cuenta las posibles causas y patologías del pavimento, se realizó la consulta en artículos e informes referentes a la condición de pavimentos flexibles, así mismo se procedió a efectuar la revisión de la normatividad existente y a realizar la selección de los textos guía para el desarrollo metodológico, para efectos prácticos de este desarrollo metodológico se seleccionó la metodología INVIAS y ASTM D6433-03.

3.2 Etapa 2. Inspección estado actual de la vía

3.2.1 Descripción y análisis del aforo

Inicialmente se realizó el conteo vehicular en la vía seleccionada, teniendo en cuenta cada intersección, donde se obtuvieron 4 tramos correspondientes, allí se estudió el tránsito que circulaba en el sentido de la calzada derecha. Las direcciones de los tramos son los siguientes:

Tramo 1. Inicia en la carrera 20d (Taller Alfamotos) hasta la carrera 19 (Colegio Cofrem), con una longitud de 450 metros.

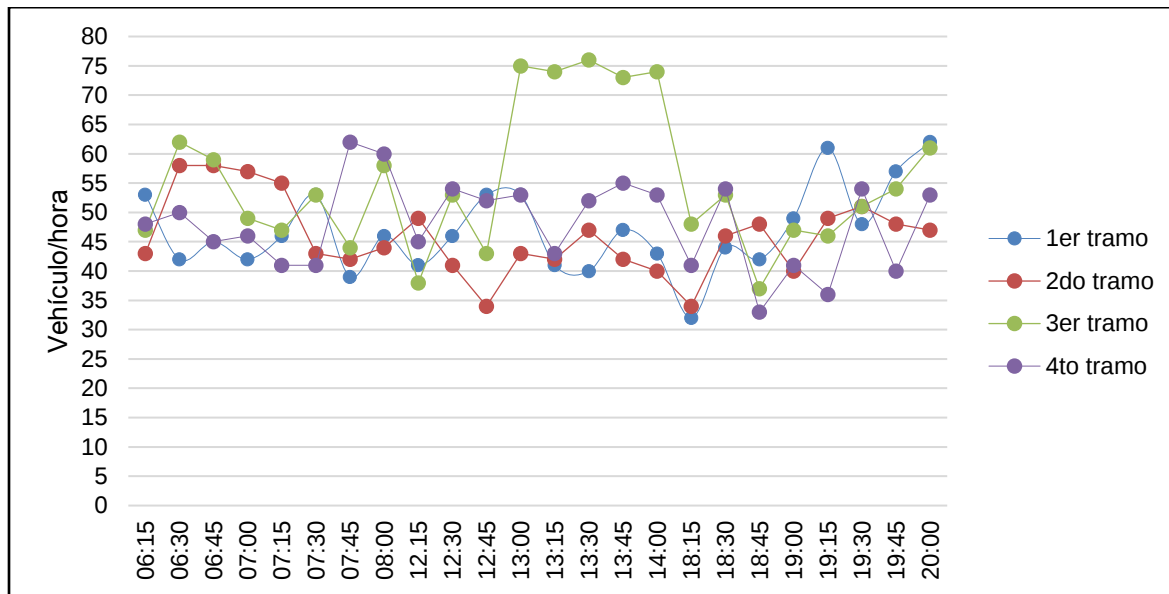
Tramo 2. Inicia desde la carrera 19 (Colegio Cofrem) hasta la carrera 17 (Esquina Hato Grande, barrio la Ceiba) de la calle 35, con una longitud de 307 metros.

Tramo 3. Inicia desde la carrera 17 (Esquina Hato Grande, barrio la Ceiba) hasta la carrera 12 (Entrada al barrio el Recreo) de la calle 35, con una longitud de 633 metros.

Tramo 4. Inicia desde la carrera 12(Entrada al barrio el Recreo) hasta carrera 6 (Entrada al barrio Manantial) de la calle 35, con una longitud de 610 metros.

En la plantilla utilizada para realizar los aforos se clasificó los diferentes tipos de vehículos, como es el automóvil, microbús, buseta, bus intermunicipal, C2P, C2G, C3, C3-S2, C3-S3 las últimas que corresponden a cargas pesadas, información que nos ayudará a determinar la cantidad y clase de vehículos que pasan en ese sentido. Se tuvo en cuenta las horas pico, es decir de 6:00 am a 8:00 am, de 12:00 pm a 2:00 pm y de 6:00 pm a 8:00 pm en periodos de 15 minutos (ver ANEXO A).

Fig. 3. FLUJO VEHICULAR



Fuente: Autoras.

En la figura 3 se puede observar los cuatro tramos establecidos para realizar los aforos en el corredor estudiado y se determina que existe un estrecho rango de variación de los registros durante el día, con volúmenes muy cercanos entre sí en los tramos 1, 2 y 4, destacándose el tramo 3 con un pico vehicular en la hora de 12:00 a 2:00 de la tarde del respectivo miércoles 26 de febrero.

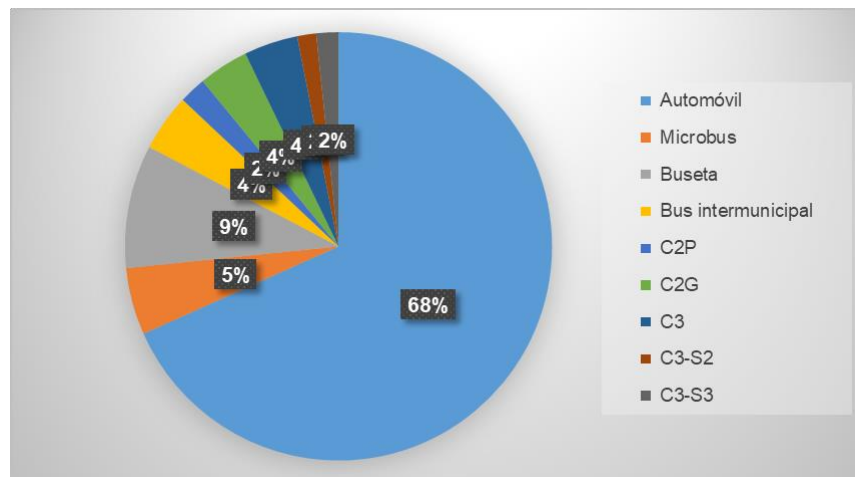
La información recolectada con relación al conteo vehicular y el análisis en forma precisa permitió evidenciar, la composición del tránsito en el tramo vial, lo que nos proporciona una idea del tipo de vehículo que más predomina en el sector.

- Se presenta un volumen de autos del 70% del TPD.
- Los volúmenes de buses por su parte disminuyen sustancialmente con un 16% del TPD.
- En cuanto a los volúmenes de camiones, vehículo pesado descende con un 14% del TPD.

Con lo anterior se puede concluir que el comportamiento de la zona no se encuentra bien definida, ya que la proporción de los vehículos pesados es significativa, pues los buses y los camiones tienen un porcentaje alto, que solo los diferencia en un 2% entre sí, lo que hace que la localización y el tamaño no estén acorde al carácter del sector.

Obteniendo como resultado que el miércoles 26 de febrero se obtuvo un mayor volumen vehicular siendo este de 1322 vehículos por día y una distribución como se presenta en la figura 4, exponiendo los porcentajes de cada tipo vehicular, siendo así:

Fig. 4. MIÉRCOLES, 26 DE FEBRERO DE 2020.



Fuente: Autoras.

- Volumen de auto con un 68% del TPD
- Volumen de buses con un 19% del TPD
- Volumen de camión con un 13% del TPD

3.2.2 Levantamiento y registro de daños en formato INVIAS

Para el levantamiento de daños del pavimento flexible se empleó el formato INVIAS, desde la abscisa K0+000 al K2+000, teniendo en cuenta que se debe realizar cada 100 metros.

Luego se realizó el recorrido de la vía para inspeccionar los daños, con sus respectivas especificaciones. El registro de daños se realizó de forma ascendente, teniendo en cuenta el número de carril, con un total de 8 formatos.

Para terminar el registro, se tuvo en cuenta un último comentario general del pavimento de la vía y su geometría.

3.2.3 Análisis de daños del pavimento flexible, INVIAS

Para determinar el área de cada tipo de daño, se debe multiplicar el ancho por el largo según sea su dimensión medido en campo. En caso de fisuras longitudinales, transversales, de borde o en juntas de construcciones se multiplica su longitud por un ancho de 0.6m y para separación de borde se multiplica su longitud por un ancho de 0.1m.

Luego se analizó la distribución de los daños teniendo en cuenta el nivel de severidad, incluyendo los daños superficiales, encontrando que la piel de cocodrilo tiene un alto grado significativo en el pavimento de la vía, siendo este el daño severo alto que más afecta la estructura de pavimento; por su parte los daños de severidad media más frecuentes en el tramo en estudio son la piel de cocodrilo y el parche; en el nivel de severidad baja el parche es el tipo de daño que más se evidencia en el tramo de pavimento seleccionado; y el daño superficial que más se presenta en la estructura de pavimento es el pulimiento del agregado. También en el estudio se evidenció que el tramo más afectado por los daños en el pavimento inicia desde el K00+500 hasta el K00+700, con niveles de severidades alta, media y baja que se pueden clasificar según su porcentaje de la siguiente manera:

• K00+500
N. Baja: 11.94%
N. Media: 26.79%
N. Alta: 22.49%

• K00+600
N. Baja: 21.89%
N. Media: 7.36%
N. Alta: 20.54%

• K00+700
N. Baja: 0.05%
N. Media: 27.48%
N. Alta: 28.68%

Teniendo en cuenta los daños totales, se especifica los daños por nivel de severidad de cada carril, incluyendo los daños superficiales:

En el primer carril el tramo más afectado es el K01+100 al K01+200, correspondiente al T12. En los 2 kilómetros del carril externo se evidencia una mayor afectación de piel de cocodrilo con un área de 109.35m², en el nivel de severidad alto y 353.81 m² en el nivel de severidad medio, parche con un área de 161.13m² en el nivel de severidad bajo y pulimiento del agregado con un área de 358.22 m² correspondiente a los daños superficiales.

En cuanto a los daños por nivel de severidad del carril central se evidenció que el tramo más crítico es el T5 Y T7 correspondiente al K00+500 Y K00+700, teniendo en cuenta todos los daños encontrados en campo. A su vez en los 2 kilómetros del carril central se evidencia una mayor afectación de piel de cocodrilo con un área de 728.88 m² y parche con área de 696.45 m² en el nivel de severidad alto, fisura longitudinal con un área de 16.08 m², en nivel de severidad medio y 8.28 m² bajo, pulimiento del agregado con un área de 134 m² correspondiente a los daños superficiales.

En relación a los daños por nivel de severidad del carril interno se puede observar que el tramo más crítico es el T5 Y T7 correspondiente al K00+500 Y K00+700, teniendo en cuenta todos los daños encontrados en campo. Además, en los 2 kilómetros del carril interior se evidencia una mayor afectación de piel de cocodrilo con un área de 108.45 m² en el nivel de severidad alto y 399.92 m² en el nivel de severidad medio, parche con un área 445.05 m² en nivel de severidad bajo, pulimiento del agregado con un área de 51.12 m² correspondiente a los daños superficiales.

3.3 Etapa 3. Índice de condición del pavimento

Para determinar el PCI del pavimento flexible se siguieron una serie de pasos que se encuentra registrados en el procedimiento INVIAS, encontrando lo siguiente:

TABLA I
VALORES DEDUCIDOS TRAMO 1

No.	Valores Deducidos					Total	q	CVD
1	40	20	12	11	0	83	4	47
2	40	20	12	2	0	74	3	46
3	40	20	2	2	0	64	2	46
4	40	2	2	2	0	46	1	46

Fuente: Autoras.

TABLA II
VALORES DEDUCIDOS TRAMO 2

No.	Valores Deducidos					Total	q	CVD
1	30	29	12	6	5	82	5	42
2	30	29	12	6	2	79	4	44
3	30	29	12	2	2	75	3	48
4	30	29	2	2	2	65	2	48
5	30	2	2	2	2	38	1	38

Fuente: Autoras.

Con los anteriores datos obtenidos en las tablas I y II se procedió a calcular el PCI de cada tramo, para ello se le resta 100 al mayor CVD obtenido de las siguientes iteraciones:

TABLA III
PCI DEL TRAMO 1

MAX CVD	47
PCI	53
CLASIFICACION	REGULAR

Fuente: Autoras.

TABLA IV
PCI DEL TRAMO 2

MAX CVD	48
PCI	52
CLASIFICACION	REGULAR

Fuente: Autoras.

Los PCI de cada tramo se hallaron teniendo en cuenta el paso anterior, se obtuvo lo siguiente:

TABLA V
PCI DE LAS UNIDADES INSPECCIONADAS

UNIDADES A INSPECCIONAR	Abscisa inicial	Abscisa final	PCI
1	0.0	31.5	53
2	154.5	186.0	52
3	309.1	340.6	50
4	463.6	495.1	14
5	618.1	649.6	49
6	772.7	804.2	29
7	927.2	958.7	34
8	1081.7	1113.2	32
9	1236.3	1267.8	22
10	1390.8	1422.3	51
11	1545.3	1576.8	59
12	1699.8	1731.3	54
13	1854.4	1885.9	60
ADICIONAL	1968.5	2000.0	72

Fuente: Autoras.

Para terminar el PCI de la totalidad del pavimento flexible se calculó encontrando:

TABLA VI
PCI DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

PCIS	45.50
CLASIFICACION	REGULAR

Fuente: Autoras.

Con la tabla anterior se puede analizar que el tramo de vía en estudio presenta un índice de condición de pavimento regular, según la evaluación y calificación objetiva del pavimento regido por la metodología.

3.4 Etapa 4. Plan de mantenimiento para la estructura de pavimento

En consideración a los hallazgos se propone el siguiente plan de mantenimiento:

**TABLA VII
RESUMEN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO**

#	Tipo de mantenimiento	Deterioro a tratar	Severidad	Tipo de estructura	Mantenimiento correctivo	Mantenimiento Rutinario	Mantenimiento Preventivo
1	Reparación de la señalización vertical	Falta de mantenimiento a causa de choques e imprudencias	-	Flexible	Arreglar el estado de la señalización, su forma, su color y la letra	N/A	N/A
2	Repintado de la señalización horizontal	El constante tráfico genera desgaste en la pintura	-	Flexible	Aplicar la pintura reglamentaria para evitar el desgaste de la señalización en la vía	Limpiar y arreglar la falta de señalización en la vía	N/A
3	Rellenado de Baches en la vía	Baches	Alta y media	Flexible	Retirar excesos, reparar capas y rellenar con riego y asfalto	Verificar estado de los baches, limpiar y sellar juntas de construcción	Verificar estado de los baches, limpiar y sellar juntas de construcción
4	Corte de vegetación	Exceso de vegetación, moho y maleza sobre el separador y la berma	-	Flexible	-	Podar y asear los excesos de vegetación y maleza sobre la vía	N/A
5	Mantenimiento a la semaforización de la calzada	Daños eléctricos a la semaforización de la calzada	-	Flexible	Verificar su funcionamiento para realizar su debido mantenimiento eléctrico	N/A	Verificar su funcionamiento para realizar su debido mantenimiento eléctrico
6	Reparación de grietas	Grietas longitudinales	Alta, media, baja	Flexible	Limpiar, arreglar y reparar las grietas concreto	Reparación a su alrededor	Supervisar la reparación de las grietas y generar su
		Grietas transversales	Alta, media, baja	Flexible			debido mantenimiento si es necesario
		Grietas de esquina	Alta, media, baja	Flexible			
7	Limpieza	Tapas de sumideros	-	Flexible	Limpiar muy bien los elementos con el fin de garantizar un buen servicio a los usuarios que transitan por esta vía	Limpiar muy bien los elementos con el fin de garantizar un buen servicio a los usuarios que transitan por esta vía	N/A
		Rejillas de alcantarilla	-	Flexible			
		Material suelto	-	Flexible			
8	Reparación de fisuras	Fisuras longitudinales	Alta, media, baja	Flexible	Limpiar, aplicar riego de liga e impermeabilizar.	N/A	Verificar el estado de las fisuras reparadas, e identificar nuevos daños para repararlos de inmediato.
		Fisuras transversales	Alta, media, baja	Flexible			
		Fisuras de borde	Alta, media, baja	Flexible			
9	Fresado	Fisuras en bloque	Alta, media, baja	Flexible	Retirar carpeta asfáltica y emplear la mezcla asfáltica	N/A	N/A
		Piel de cocodrilo	Alta, media, baja	Flexible			
		Parches	Alta, media, baja	Flexible			
		Descascaramiento	Alta, media, baja	Flexible			

Fuente: Autoras.

El plan de mantenimiento que se realizó se fue desarrollando con el objetivo de identificar los diferentes mantenimientos según los daños que se evidencio en campo de la avenida seleccionada, empezando por el mantenimiento correctivo que emplea acciones para corregir o restaurar los daños que interfieren el nivel de servicio del pavimento.

El mantenimiento rutinario se emplea para garantizar actividades de limpieza y verificar si la vía conservando las condiciones que tenía después de la construcción o la rehabilitación. Por último, se especifica el mantenimiento preventivo que consiste en adelantar acciones para proteger el pavimento en fallas en su fase inicial.

A continuación, se presenta una tabla al detalle de las alternativas que se proponen para mejorar el pavimento de la avenida, teniendo en cuenta los daños analizados anteriormente, consiste en reforzar el pavimento para evitar fallas en la estructura, son soluciones con materiales nuevos y tecnológicos, que actualmente son usados en varias obras como es la geomalla, el slurry y el TSS- TSD.

TABLA VIII

SISTEMA DE REFUERZO POR TIPO DE DAÑO				
¿QUÉ ES?	METODOLOGÍA	CARACTERÍSTICAS	UTILIDAD	IMAGEN
Tratamiento superficial TSS - TSD - Aplicación de uno o más riegos alternados de asfalto y de agregado sobre una capa granular	Los tratamientos superficiales, en su variante más sencilla, se definen como una aplicación uniforme de un ligante asfáltico, usualmente emulsión asfáltica, cubierta por una capa uniforme de agregados de igual tamaño. Permiten aumentar el coeficiente de fricción de la carretera, sirven para impermeabilizar la estructura de pavimento existente, con lo cual se protegen las capas subyacentes, cuando se colocan sobre superficies granulares sirven para reducir la emisión de polvo, permiten disponer de una superficie uniforme. Es importante considerar que los tratamientos superficiales no deben ser colocados sobre carreteras con algún tipo de daño estructural significativo, ya que por su espesor no realizan ningún aporte estructural al pavimento	Aplicación de emulsión asfáltica de rotura rápida y capas de gravilla de tamaño uniforme. Mejora condiciones de fricción y drenaje Nueva Superficie de Rodadura Conserva la carpeta asfáltica	Proveer una superficie de rodado económica y duradera a caminos con base granular y con niveles de tránsito medios a bajos. Prevenir la penetración de agua en las bases granulares.	

SISTEMA DE REFUERZO POR TIPO DE DAÑO				
¿QUÉ ES?	METODOLOGÍA	CARACTERÍSTICAS	UTILIDAD	IMAGEN
Instalación de geomallas para refuerzo de la carpeta asfáltica - Es un geocompuesto utilizado para procesos de reasfaltado y de eliminación de grietas. Formado por fibra de vidrio, poliéster, polivinilo de alcohol	Para cualquier tipo de restauración es necesario preparar la superficie del pavimento, eliminando el polvo y la humedad, además se requiere un buen sellado de las grietas existentes. Después de sellada las grietas, al pavimento se le aplica un riego de liga, que permita adherir el geotextil al pavimento antiguo y dependiendo del geotextil, es necesario colocar en aquellas dosis y temperatura que el fabricante recomienda. Finalizado el riego asfáltico, se procede a colocar la manta del geotextil éste es fijado al riego mediante un rodillo neumático para asegurar la adherencia entre el geotextil y el pavimento antiguo, luego se aplica otro riego de liga y posteriormente se aplica y compacta la carpeta asfáltica en forma tradicional.	Con las geomallas se logra aumentar la resistencia de la tracción de la capa asfáltica garantizando bajo una carga vertical la distribución uniforme de esfuerzos horizontales en una mayor superficie	El efecto de la inclusión de la geomalla de refuerzo reduce el espesor de la sobrecapa si se utiliza con la intención de reducir los costos y mantener el mismo tiempo de duración para el que se diseñó; o aumenta la vida útil del proyecto si la inclusión de la geomalla se hace para obtener un beneficio en la cantidad de tiempo y no en el costo	
Slurry - Mortero con consistencia de lechada, fabricado con emulsión de resina sintética, árido de granulometría seleccionada y pigmentos.	La preparación de la superficie consiste en una limpieza exhaustiva a través del soplado y barrido de ésta, luego aplicamos una liga con emulsión diluida para posterior mente aplicar la lechada, una vez que esta quebró se procede a ligar nuevamente para aplicar enseguida el rechapado en forma tradicional	Antideslizante, impermeable y no toxico. Es resistente a la intemperie y a la abrasión en seco. Mezcla de emulsión asfáltica de rotura lenta, agua, agregado fino y llenante mineral. Sella Grietas de poca abertura Impermeabilizar Superficies Mejora Fricción Superficial Nueva Superficie de Rodadura Conserva la carpeta asfáltica	Textura más rugosa protectora al desgaste. Capa impermeable, sella las grietas del pavimento viejo Superficie de rodamiento uniforme antiderrapante Sin necesidad de renivelar brocales, registros y alcantarillas En superficies nuevas, proporciona una capa de desgaste que prolonga considerablemente la vida del pavimento. Restaura textura del pavimento Corrige el disgregamiento Reduce el ruido	

Fuente: Autoras

4. CONCLUSIONES

En el aforo realizado se identificó que por esta avenida transita un 30% de vehículos pesados, distribuidos en un 14% camiones y buses con un 16% y vehículos livianos con el 70% del volumen total, por ende, se indica que es la causa del deterioro del pavimento. Se evidencia vandalismo, debido a que las señales verticales están rayadas y muy deterioradas, en cuanto a las horizontales se encuentran poco visible, lo que demuestra que no se cumple con el manual de señalización vial del 2015 del invias, lo que genera accidentabilidad e inseguridad en la vía.

Durante la inspección visual teniendo en cuenta la metodología INVIAS, se evidenciaron diferentes tipos de daños en sus diferentes niveles de severidad, en donde se obtuvo un 27.8% del área afectada en todo el tramo, siendo la piel de cocodrilo, el daño con mayor porcentaje de afectación, teniendo un 9.78% del área total inspeccionada, seguido del parche con un 8.43% del área total, por lo que es evidente que no se le está haciendo el mantenimiento adecuado a esta avenida principal.

Los resultados obtenidos por la metodología INVIAS y PCI se pueden relacionar más no comparar ya que no cuentan con la misma escala de calificación, analizando así que el tramo más afectado, se encuentra entre el K0+500 y K0+700 y en la unidad de muestreo 4, 5 y 6.

Para que la avenida Catama cumpla con los requisitos de seguridad y comodidad, es necesario primeramente realizar el mantenimiento correctivo en donde se repara la superficie de la vía, es decir actividades para restaurar los daños actuales, luego se debe realizar el mantenimiento rutinario que es la limpieza que se le hace a la vía en general, teniendo en cuenta la preservación de todos los elementos de la vía, por último se deberá aplicar el mantenimiento preventivo con el objetivo de hacer la vida útil del pavimento más duradera.

Las alternativas propuestas como mantenimiento para la estructura de pavimento flexible se plantean para reforzar la estructura, permitiendo que la vida útil de la vía mejore dando comodidad al peatón y a los conductores, visto que haciendo la debida investigación se descubrió que con la instalación de geomallas se lograra aumentar la resistencia de la tracción de la capa asfáltica garantizando bajo una carga vertical la distribución uniforme de esfuerzos horizontales en una mayor superficie, también el tratamiento superficial TSS – TSD que es la aplicación de uno o más riegos alternados de asfalto y de agregado sobre una capa granular y por último el slurry que permite el sello de grietas de poca abertura, impermeabilizando superficies, mejorando la fricción superficial y conservando la carpeta asfáltica.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por hacer realidad esta etapa de mi vida con éxito y mucho aprendizaje en esta carrera como próxima ingeniera civil. A mis padres que siempre han estado para apoyarme en todas las metas que me propongo y por su amor incondicional. A mi directora de tesis por su asesoramiento y experiencias compartidas para la realización del proyecto, como a todo el cuerpo docente que me acompañaron y me ofrecieron su conocimiento fundamental en la formación académica.

Maria Camila Gómez Agudelo

Primeramente, gracias a Dios que es el promotor de mi vida porque sin él no tendería guía, ni la sabiduría para crear ideas y escribir mis aportes en este proyecto, por permitirme tener las ganas y el entusiasmo para no darme por vencida al querer realizar mis sueños. Gracias también a mis padres porque me apoyaron para realizar mis estudios, porque me enseñan los valores de querer ser alguien en la vida, aconsejándome y guiándome en todo momento.

Marian Camila Carreño Castañeda

REFERENCIAS

- [1] C. M. Clavijo-Rey y C. A. Aranda-Rojas, «Análisis del comportamiento físico - mecánico de una mezcla densa en caliente tipo MDC-2 modificada con caucho y cuero en porcentajes (25%, 75%),» de *V Congreso Internacional De Ingeniería Civil USTA-Tunja*, Tunja, 2014.
- [2] A. G. Boza, «udep,» 05 diciembre 2015. [En línea]. Available: <http://udep.edu.pe/hoy/2015/la-red-vial-es-imprescindible-para-el-desarrollo-y-crecimiento-de-un-pais/>.
- [3] V. Alix, «webmaster,» [En línea]. Available: <http://sikuani.udea.edu.co/webmaster/elecciones2014/especial/InfraVial/Infraestructura.htm>.
- [4] Universidad Catolica de Colombia, *Diseño de un pavimento*, Bogotá: Universidad Catolica de Colombia, 2014.
- [5] INVAS, *MANUAL PARA LA INSPECCION VISUAL*, BOGOTA, 2006.
- [6] I. A. J. B., «Manual de mantinimiento y rehabilitacion de pavimentos flexibles,» [En línea]. Available: http://vialidad21.galeon.com/manual_mrvial.pdf.
- [7] L. R. V. Varela, «Para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras,» [En línea]. Available: <file:///C:/Users/Camila/Downloads/manual-pci1.pdf>.
- [8] C. y. M. & J. Cardenas, *Ingeniería de transito*.
- [9] A. Parera, «Pavimentos flexibles y pavimentos rígidos,» UNIFORT, 18 Julio 2017. [En línea]. Available: <https://www.unifort.es/pavimentos-industriales/pavimentos-flexibles-pavimentos-rigidos/>. [Último acceso: 19 Octubre 2019].
- [10] N. M. Matta y S. Pulido, *Evaluación estructural del pavimento flexible de la Avenida Arica en el tramo jirón Camino Real - jirón Santa Lucia*, P.J. Dos de mayo, distrito Chimbote, Ancash 2019, Chimbote: Universidad César Vallejo, 2019.
- [11] J. S. Celestino, *Evaluación de nivel de patologías del pavimento en el distrito de Ica durante el periodo de Marzo a Agosto del año 2016*, Ica: Universidad Alas Peruanas, 2016.

- [12] P. B. Zamora, Evaluación del estado de conservación de las calles de la zona monumental de la ciudad de Celendín utilizando el método de Índice de Conservación del Pavimento (PCI), Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2019.
- [13] D. L. Romero, Cualificación cuantitativa de las patologías en el pavimento flexible para la vía Siberia – Tenjo de la Sabana de Bogotá, Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2017.
- [14] M. Higuera, Inspección patológica de pavimentos flexibles en un sector específico de Bogotá D.C., como fase del proyecto “comparativa patológica de pavimentos flexibles en climas extremos y la toma de decisiones asociadas” del convenio interinstitucional con la Unive, Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2016.
- [15] Y. F. Chávez, N. X. Hernández y C. M. Ricaurte, Estudio patológico en la base estabilizada con crudo de Castilla del K0+230 al K2+330 de la vía de acceso a la vereda La Arganetina del municipio de Villavicencio Meta, Villavicencio: Universidad Santo Tomas, 2018.
- [16] R. E. Guevara y A. C. 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, Villavicencio: Universidad Santo Tomas, 2019.
- [17] L. K. Patarroyo, O. O. Morales, J. E. Serna y E. García, «Dinámica poblacional en Villavicencio (Departamento del Meta) por comuna y corregimiento,» Universidad de los Llanos, 19 Abril 2014. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/emiliogarciagutierrez56/dinamica-poblacional-villavicencio-meta-por-comuna-y-corregimiento>. [Último acceso: 7 Septiembre 2019].
- [18] E. P. Wigner, «Theory of traveling wave optical laser,» *Phys. Rev.*, vol. 134, pp. A635-A646, 2005.
- [19] A. C. Sole, Instrumentación Industrial, Mexico: Alfaomega, 2006.
- [20] L. L. a. H. Miao, «A specification based approach to testing polymorphic attributes,» de *Formal Methods and Software Engineering: Proceedings of the 6th International Conference on Formal Engineering Methods, ICFEM 2004*, Seattle, WA, USA., November 8-12.
- [21] A. Rezi and M. Allam,, «Techniques in array processing by means of transformations,» de *Control and Dynamic Systems Vol. 69*, San Diego, Academic Press, 1995, pp. 133-180.
- [22] «TenSTEP,» [En línea]. Available: Cuando ha terminado de crear los objetivos y alcance, regrese y asegúrese de que todos están alineados. No debe tener objetivos que hagan referencia a entregables no definidos en los postulados del alcance. Si no está construyendo lo suficiente para satis. [Último acceso: 14 12 2015].
- [23] Diario Extra Llano, «Denuncian vía a Catama, sector La Reliquia por mal estado de pavimentación,» Diario Extra Llano, 10 Noviembre 2017. [En línea]. Available: <https://llano.extra.com.co/noticias/local/denuncian-catama-sector-la-reliquia-por-mal-estado-de-367522>. [Último acceso: 17 Octubre 2019].