

Patologías de la infraestructura vial del tramo variante La Romelia El Pollo, sector La Graciela (Dosquebradas)- glorieta de Mercasa (Pereira).

Pathologies of the road infrastructure of the La Romelia El Pollo variant section, La Graciela sector (Dosquebradas) - Mercasa roundabout (Pereira).

Daniela Florez Jaramillo ¹, Luisa Fernanda Reyes Montoya ², Cristhian Amariles López ³

Resumen

Son diversos los factores que afectan el comportamiento de los pavimentos y de las vías, entre ellos están las cargas impuestas por el tránsito, las condiciones ambientales a las cuales se encuentra sometida la estructura, el tipo de suelo o terreno de fundación, entre otros elementos que inciden en el deterioro y mal estado del material, lo que lo hace susceptible a diferentes daños como fisuras, baches, deformaciones, pérdida de capas estructurales, daños superficiales y otros, es por ello que medir y registrar los deterioros estructurales que se presentan en las vías ayudan a consultar las posibles causas de los daños de manera puntal, y poder realizar de esta manera, una propuesta que desarrolle una investigación de tipo aplicada, experimental y visual de pavimentos flexibles, puentes y estado de la señalización en la vía, teniendo en cuenta los lineamientos del manual de inspección visual de pavimentos flexibles y puentes de INVIAS así como el manual de señalización vial 2015, efectuando la identificación y clasificación correspondiente a cada uno de los tipos de patologías que se presentan en los distintos tramos del pavimento y su grado de severidad en los formatos establecidos para ello; para la realización en campo se debe de tener en cuenta un abscisado cada 100m, posteriormente se lleva a cabo la toma, y el registro de los datos señalizando las zonas ya evaluadas y haciendo su respectivo registro fotográfico nombrado con su abscisa correspondiente. Con esta inspección vial se establece un criterio para sugerir soluciones que faciliten el mejoramiento de un determinado tramo de la red vial de manera tal que se pueda obtener un plan de mejora que plasme las posibles causas que ocasionaron los daños o deterioros del pavimento, y de esta manera proceder a investigar los posibles procesos de reparación y mejora de la variante La Romelia-el pollo, en la cual a partir de lo investigado se determinó que se presentan condiciones favorables para el tránsito y circulación de la misma, ya que solo se presenta un área total de afectación de 369.82 m², lo que corresponde al 0.93% del área total inspeccionada, siendo la fisura en bloque la patología más representativa, de manera similar en el puente inspeccionado “Puente Otún” no se presentan daños significativos que representen un riesgo para la estructura, mientras que para la señalización horizontal hay deficiencia en cuanto a líneas de demarcación vial, y para el caso de señalización vertical ausencia y mal estado de señales SP, SR, SI, delineadores de curva horizontal y defensas metálicas.

Palabras Clave: Asfalto; Auscultación; Infraestructura vial; Inspección vial; Pavimento flexible; Patologías viales; Red vial.

Abstract

¹ Estudiante del Programa de Ing. Civil, Universidad Libre Seccional Pereira. Daniela-florezj@unilibre.edu.co

² Estudiante del Programa de Ing. Civil, Universidad Libre Seccional Pereira. Luisaf-reyesm @unilibre.edu.co

³ Docente del Programa de Ing. Civil, Universidad Libre Seccional Pereira. Cristhian.amariles@unilibre.edu.co

Several factors affect the behavior of pavements and roads, among them, are the loads imposed by traffic, the environmental conditions to which the structure is subjected, the type of soil or foundation terrain, among other elements. that affect the deterioration and poor condition of the material, which makes it susceptible to different damages such as cracks, potholes, deformations, loss of structural layers, surface damage, and others, that is why it is necessary to measure and record the structural deteriorations that occur in The roads help us to consult the possible causes of the damage in a specific way, and to be able to carry out in this way, a proposal that develops an application, experimental and visual investigation of flexible pavements, bridges and the state of the signaling on the road, taking into account the guidelines of the visual inspection manual of flexible pavements and bridges of INVIAS, carrying out the identification and classification ón corresponding to each of the visits made in the field of the types of pathologies that occur in the different sections of the pavement and their degree of severity in a format for the inspection of flexible pavement; to carry out it in the field, an abscissa must be taken into account every 100m, according to the study section, then the taking is carried out, and the data recording is carried out, marking the areas already evaluated and making their respective photographic record naming with their corresponding abscissa. With this road inspection, a criterion is established to suggest solutions that facilitate the improvement of a certain section of the road network in such a way that an improvement plan can be obtained that reflects the possible causes that caused the damage or deterioration of the pavement, and of In this way, proceed to investigate the possible repair and improvement processes of the La Romelia-el pollo variant, in which, based on what was investigated, it was determined that there are favorable conditions for its transit and circulation, since it only occurs a total affected area of 369.82 m², which corresponds to 0.93% of the total inspected area, the block crack being the most representative pathology, similarly in the inspected bridge “Puente Otún” there are no significant damages that represent a risk for the structure, while for horizontal signage there is a deficiency in terms of road demarcation lines, and for the case of vertical signage the absence and poor condition of SP, SR, SI signals, horizontal curve delineators and metal fenders.

Keywords: Asphalt; Auscultation; Road infrastructure; Road inspection; Flexible flooring; Road pathologies; Road network.

1. Introducción

Los pavimentos se dividen en pavimentos flexibles y rígidos, los cuales se comportan de manera diferente desde el punto de vista estructural, por una parte, en el pavimento rígido se produce una buena distribución de las cargas en la superficie de rodadura, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante a discrepancia de los pavimentos flexibles, en los cuales en la superficie de rodadura se producen mayores tensiones y con ello grandes deformaciones (Rebolledo, 2010). En estos pavimentos se presentan diferentes tipos de daños que se pueden catalogar de acuerdo con los procesos de auscultación, considerando los agentes que podrían afectarla, tales como el clima, el tránsito, la calidad de los materiales utilizados y el proceso constructivo (Berrio y Ussa, 2012). Asimismo, estos factores enmarcan la clasificación global del tipo de daño del pavimento dividido entre funcionales y estructurales (Díaz, 2014). De manera que los primeros están relacionados con aspectos de tipo constructivo, con orígenes en algunas deficiencias ocasionadas por los agentes mencionados anteriormente y se caracterizan por

afectar la seguridad y comodidad del usuario en el tránsito de la vía, y los segundos abarcan principalmente deformaciones y daños asociados a la insuficiencia en la capacidad estructural del asfalto y al deterioro de la misma (Valenzuela, 2003). Dentro de los diferentes tipos de daños que se pueden presentar en el pavimento, los más comunes son las fisuras, las deformaciones, la pérdida de capas estructurales, y los daños superficiales, los cuales se originan por diversos factores y con diferentes evoluciones de daño (INVIAS, 2006). De acuerdo con Cao et al (2016) un pavimento se somete a condiciones complejas de tráfico y medio ambientales, por lo tanto, la consideración de los efectos de la temperatura, el envejecimiento y curación, debe incluirse tanto en el material como en la estructura de diseño del pavimento que se utilizara, esto es muy importante evaluarlo de manera rigurosa para evitar posteriores problemas en las vías.

Otro problema que se presenta en la infraestructura vial está relacionado con las patologías en puentes las cuales representan una anomalía en la estructura que puede ocasionar falla o deterioro en el mismo, estas se identifican por medio de la inspección visual y están relacionadas con el tipo de puente, sus materiales de construcción y las condiciones ambientales externas a él (Naranjo y abril, 2018). De modo que los daños y patologías más habituales que se presentan en estas estructuras se dan principalmente en la superficie de rodadura, juntas de dilatación, aletas, estribos, cimentaciones, elementos de apoyo y sistemas de drenaje e impermeabilización, especialmente en las pilas y los elementos que intervienen el cauce, ya que sin duda alguna, la socavación es uno de los mayores problemas a los que se encuentra sometida la cimentación del puente, generando fosas de grandes dimensiones, poniendo a su vez en grave riesgo la estabilidad y seguridad del elemento, y el de la estructura (Matute et al., 2017). En lo que se refiere a las juntas de dilatación se pueden evidenciar deterioros del sello debido en algunas ocasiones a asentamientos en los terraplenes de acceso, lo que genera un desnivel con respecto al tablero de la estructura del puente, sin embargo, no se descartan las deficiencias en su diseño estructural y la falla de los anclajes que unen los componentes del dispositivo (Muñoz y Gómez, 2011).

En este sentido, es aceptado que la circulación vehicular y el tránsito de las vías se ve afectado en gran medida por las condiciones en las cuales se encuentra la estructura que conforma la red vial, y las patologías que en ella se presentan, principalmente en la capa de rodadura de las vías, que es la encargada de proporcionar las características funcionales de la misma, así como de proteger esta superficie ante cualquier tipo de agente externo que pueda interferir en su funcionalidad o que pueda ocasionar daño alguno (Segura, 2016). Se debe reconocer la importancia que tiene este elemento en la operación de las carreteras, ya que es un factor primordial en cuanto a materia de seguridad se refiere, y esto se debe a que dentro de sus funciones también se encuentra mejorar la textura, la fricción y visibilidad del pavimento, asegurando con ello el desempeño en las redes viales, proporcionando a los peatones y conductores que por ellas transitan condiciones seguras y óptimas para hacer uso de estas. De acuerdo con Padilla (2004), la capa superior que conforma el pavimento debe cumplir con todas las exigencias deseables para llegar a optimizarse simultáneamente, y de esta manera equilibrar sus propiedades, tales como la durabilidad, rugosidad, impermeabilidad, entre otras características y así llegar a soluciones más satisfactorias que proporcionen superficies adecuadas para la rodadura de vehículos. Hay que mencionar, además que el pavimento debe de garantizar las condiciones necesarias para que el servicio que se está brindando sea de calidad y de esta manera genere un impacto positivo en los usuarios (Zevallos, 2017).

Por lo que se refiere a las condiciones en las que se encuentra la infraestructura vial, cabe resaltar además que esta juega un papel fundamental en el desarrollo de cualquier región o país, incidiendo no solamente en el tránsito que por ella circula, sino también en aspectos de tipo económico relacionados con tiempos de viaje, costos de circulación por el deterioro de la vía, y la tasa de accidentalidad que se pueda presentar (Garcez, 2017). De forma similar la tecnología influye en gran medida en el comportamiento de los pavimentos según estudios resaltan que a medida que los vehículos avanzan y cambian sus partes, estos pueden generar deterioros en la vía; por ello siempre se deben actualizar los diseños y los procesos constructivos, teniendo en cuenta las mezclas asfálticas como material que se usa para la capa base de asfalto, y que son propensas al surco y agrietamiento por fatiga (Georgouli et al., 2021). La información hasta aquí descrita demuestra la importancia de las etapas de diseño, construcción, así como el conocimiento de patologías en vías y puentes, para su posterior mantenimiento, a continuación, se realiza la descripción de la red vial e infraestructura de puentes en Colombia.

El análisis realizado Ministerio de Transporte, Colombia cuenta con una sistema vial de 206.727 kilómetros, los cuales están distribuidos según sus funciones en tres redes principalmente; la primaria la cual está compuesta por las grandes autopistas que conectan las principales zonas productivas con los puertos del país y por ende a cargo de la nación con 17.203 kilómetros, la secundaria o de segundo orden a cargo de los departamentos con 42.954 kilómetros, y finalmente la terciaria, encargada de unir las cabeceras municipales con las veredas, o las veredas entre sí, con 141.945 kilómetros a cargo del municipio (DANE, 2014). De acuerdo con Buchaar y Sagbini, (2020) las vías en Colombia están en un estado deplorable y esto hace que la intercomunicación terrestre de la población se vuelva complicada, impidiendo la circulación adecuada de vehículos e imponiendo restricciones al tránsito. Zamora y Barrera, (2012) plantean el atraso en infraestructura vial que presenta Colombia, en donde existen deficiencias principalmente de elementos tales como puentes, viaductos, túneles, taludes y carreteras, lo cual resta calidad al sistema vial con que cuenta el país, y deja en claro el estado nefasto y anticuado de las carreteras nacionales consideradas como primarias.

Por lo que respecta al estado de los puentes, Muñoz y Valbuena (2014) describen que actualmente Colombia cuenta con aproximadamente 2100 puentes, de los cuales el 56% de las estructuras están en buen estado, el 29% en condiciones regulares, es decir con daños significativos y el 12% con daños que representan algún peligro. Teniendo en cuenta que, es frecuente que los puentes sufran algún deterioro en sus elementos por diferentes agentes, incluyendo el clima, el uso y las acciones del ser humano, es importante su mantenimiento para su reparación y conservación (Cuba y Gonzales, 2012). Sin embargo, según lo planteado por Garcia et al., (2014) debido al escaso mantenimiento que se realiza a los sistemas estructurales de los puentes en el territorio colombiano, cada día aumenta la probabilidad de que la estructura colapse o de que los daños sean irreparables, esto sumado al deterioro en el puente y la generación de cierres parciales en la vía. Asimismo, Buitrago (2019) expresa que es fundamental para el desarrollo del país llevar a cabo el mantenimiento y las actividades de reparación y conservación de las vías existentes con el fin de brindar un buen funcionamiento y comodidad a los usuarios y beneficiarios de este servicio. Sin embargo, esto no es un trabajo del todo sencillo, puesto que son diversas las causas que originan los problemas en los pavimentos, y se debe determinar el origen de cada una de ellas

para tener un plan de mitigación y de esta manera evitar que vuelvan a causar el daño (Alzate, 2019).

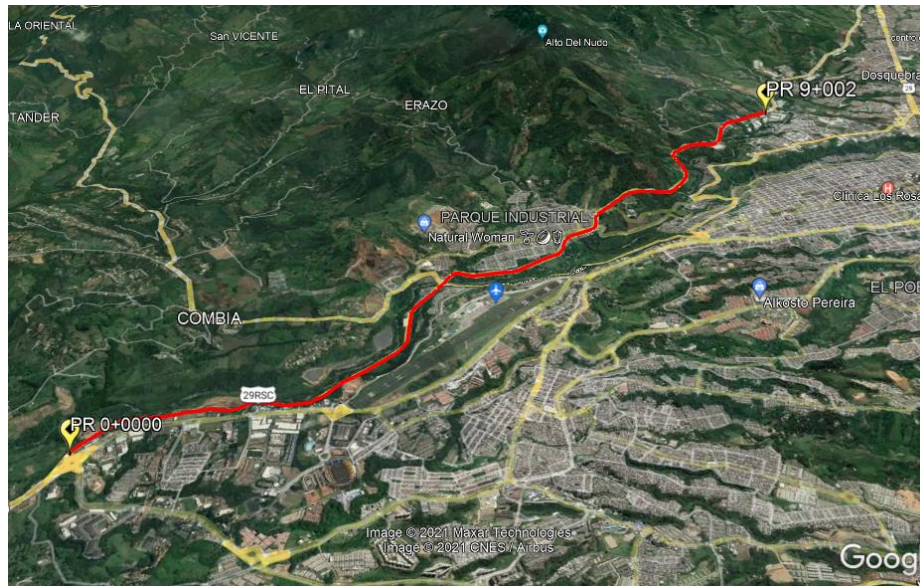
Por lo que se refiere a la ciudad de Pereira, esta cuenta con una de las vías primarias más importantes para la región la cual es la variante la Romelia- El pollo, esta carretera, que tiene una longitud de 13.1 kilómetros, se inicia en la intersección Mercasa (sitio denominado El Pollo) sobre la vía que de Pereira conduce a Cartago y termina en La Romelia, en el cruce de la carretera a Santa Rosa de Cabal. Se caracteriza principalmente por facilitar la movilidad entre los departamentos de Caldas, Risaralda, Valle del Cauca y Quindío, por lo que presenta un alto flujo de vehículos tanto livianos como pesados, esta vía, como muchas, evidencia los diferentes daños que se pueden presentar a lo largo del pavimento de una carretera, en este caso en pavimento flexible, debido a diversas causas (Silvestre et al., 2019). Es por ello por lo que resulta de gran importancia hacer un análisis de las condiciones en las cuales está la vía, así como de algunas estructuras que la conforman, como lo son los puentes, el pavimento flexible, y la señalización tanto vertical como horizontal que en ella se encuentra, ya que son indispensables para el desarrollo y buen funcionamiento de la carretera y los elementos que la conforman, y esto se puede llevar a cabo mediante una inspección visual de acuerdo con los parámetros establecidos por los manuales para puentes, pavimentos rígidos y flexibles del Instituto nacional de vías. Para finalizar, Con la evaluación de pavimentos se presenta el estado en el que se encuentra la superficie de la vía, con el objetivo de proponer planes de mantenimiento y reparación óptimas (Aguilera, 2017) y con el inventario y resumen del estado actual de la señalización se conocen las condiciones de operabilidad y funcionabilidad de la vía, de acuerdo con los registros de sus principales características para el control del tránsito (Quintero, 2011).

1. Materiales y métodos

El presente estudio desarrolla una investigación de tipo exploratoria, descriptiva y visual, en la cual se pretende llevar a cabo la inspección del pavimento flexible, puentes y señalización que se encuentra en la variante El Pollo-La Romelia desde el sector de la glorieta de Mercasa hasta la entrada al barrio La Graciela del municipio de Dosquebradas, tramo comprendido entre PR 0+000 hasta el PR 9+002 con origen de coordenadas 4°48'47.81"N, 75°46'1.32"O como se presenta en la Figura1. En tal sentido se recolecta un modelo de información a través del trabajo realizado en campo en el cual se obtienen un conjunto de datos, y de esta manera se desarrolla un análisis con enfoque cualitativo y cuantitativo con el fin de determinar el estado actual en el cual se encuentra el tramo de la vía estudiado y el de los elementos que la conforman, de acuerdo con los diferentes tipos de patologías presentadas y clasificadas. Teniendo en cuenta el enfoque bajo el cual se está realizando la investigación y los trabajos de campo que se requieren para ello tales como mediciones y referencias geográficas.

Figura 1.

Vista satelital tramo de inspección visual desde la glorieta de Mercasa hasta la entrada el barrio la Graciela



Nota. En esta Figura se evidencia el tramo comprendido entre el kilómetro 0 hasta el 9 de la vía 29RSC- Variante La Romelia- El Pollo. Fuente: propia

1.1 Técnicas e instrumentos de recolección de información

De acuerdo con los lineamientos contenidos en el manual de inspección visual de pavimentos flexibles (INVIAS I. N., 2013) se lleva a cabo la captura de la información en cada uno de los formatos de inspección para el registro de las patologías encontradas a lo largo del recorrido de la vía, un ejemplo del registro se puede observar en la figura 2. En primer lugar, se tiene en cuenta la metodología propuesta y con ello se realiza un abscisado del tramo cada 100 metros y a partir de esto se determinan las demás abscisas correspondientes a cada uno de los fenómenos presentados. En ese mismo contexto, una vez identificado el tipo de daño, se considera el carril en el cual está ubicado, la magnitud aproximada de acuerdo con su unidad establecida; para ello puede ser metros lineales o metros cuadrados, y de igual forma la severidad que presenta y que depende en gran medida del parámetro anterior, ya que se puede clasificar en baja, media o alta de acuerdo con la abertura, o dimensión expuesta, por ultimo una fotografía que evidencie de forma clara y precisa la afectación de lo plasmado y algunas aclaraciones de condiciones irregulares diferentes a las que se estén presentado en el pavimento.

Figura 2

Ejemplo registro de daños para la variante La Romelia El Pollo de acuerdo con los formatos del manual de inspección visual de pavimentos.

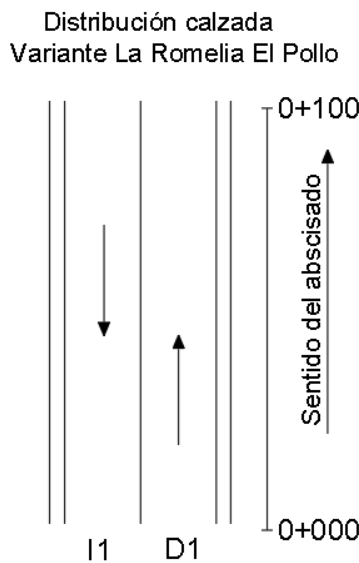
Abscisa	PATOLOGÍA					Foto	Aclaraciones
	Carril	Tipo	Sever	Daño			
				Largo	Ancho		
PI0+000							
PR0+003	D	FB	B	1	1	2	
PR0+005	D	DSU	B	0.5	1	3	
PR0+010	D	FCL	B	2		4	
PR0+012	D	FB	M	14	4.4	10	
PR0+013	E	FCL	M	21		11	
PR0+013	I	FT	B	4.4		12	

Nota. En esta Figura se evidencia el formato para llevar a cabo el registro de los daños o patologías presentadas en el pavimento. Fuente: Propia

Del mismo modo se debe considerar la geometría de la vía para el registro de los daños presentados, para este caso cuenta con un tráfico vehicular de doble sentido, y con ello dos carriles cada uno con un flujo en diferente dirección y con una medida de 4.4 metros, uno izquierdo (I) y otro derecho (D) tal como se muestra en la Figura 3.

Figura 3

Distribución de calzada variante La Romelia-El Pollo.



Nota. En esta imagen se presenta la calzada de la variante La Romelia, El Pollo conformada por dos carriles en sentido contrario. Fuente: propia.

De manera similar, para llevar a cabo la inspección visual de otros elementos que conforman la red vial es necesario recurrir a fuentes tales como el manual de inspección visual de puentes y pontones (INVIAS I. N., 2013) y de esta manera implementar una metodología para evaluar y registrar las patologías presentes en estas estructuras de acuerdo con la identificación de las mismas y las partes que la conforman, así como el formato que comprende los esquemas de localización, la convención del daño, la dimensión del mismo, y al igual que en la inspección de pavimentos flexibles una fotografía en la cual se pueda observar el deterioro que se está presentando,

finalmente un esquema que permita representar la estructura del puente o pontón con sus dimensiones correspondientes. Por el contrario, al registro de daños para pavimento flexible en el cual se lleva un formato para todas las patologías presentadas en la estructura, en el de puentes se tiene una convención para cada elemento de acuerdo con la localización, la convención del daño que presenta, la cuantificación del mismo y el número que se le asigna de fotografía,

Finalmente se lleva a cabo un inventario de la señalización tanto vertical como horizontal existente en el tramo de la vía recorrida, y para ello se tiene como referencia el Manual de señalización vial de 2015, ya que este es quien regula y dicta los lineamientos técnicos para la seguridad vial en el país. De acuerdo con lo anterior todas las señales registradas deben de cumplir lo reglamentado, y los requisitos mínimos establecidos, de manera que se puedan clasificar e inventariar con base a la función que desempeñan cada una; Señales reglamentarias, señales preventivas, y señales transitorias.

1.2 Plan de análisis

1.2.1 Pavimento flexible

En cuanto a la información obtenida en campo la cual se encuentra registrada en los formatos de inspección visual de pavimentos flexibles; se realiza el análisis de afectación en porcentaje por tipos de deterioros; severidades y tramos de cada 100 m o similares a este, además se tiene en cuenta el porcentaje de afectación general para toda la vía inspeccionada con el objetivo de definir los tramos que presentan mayor afectación, los tipos de patologías que se muestran con frecuencia y en general las áreas totales de daños así como las que no presentan daños.

Principalmente se realiza la hoja de cálculo donde no se tiene en cuenta las bermas para el análisis ya que está en una zona la cual no afecta de manera directa la vía; la hoja de cálculo deberá contener los siguientes datos:

- Tramo
- Abscisa inicial y final de cada tramo
- Área total de cada tramo
- Daños encontrados por severidad en cada tramo
- Áreas totales de daños para cada tramo
- Porcentajes de afectación de cada tramo
- Área total afectada de la vía
- Porcentaje de afectación de la vía
- Área total de cada daño y su severidad
- Peso de cada tipo de daño y severidad dentro del área total afectada

A partir de la información obtenida se realiza el análisis de manera gráfica con el propósito de evaluar los resultados más fácilmente, por otra parte estos gráficos muestran el área más afectada según los tramos estudiados, así mismo se realizan tres graficas adicionales de los tipos de daños según su severidad y los porcentajes de afectación con respecto al área total de la vía inspeccionada de manera que se puede valorar el porcentaje de daño que presenta la vía y a su vez la que se encuentra en buen estado.

En todo lo que se refiere al informe donde se lleva a cabo el reporte de daños; el cual deberá contener los daños presentados con su respectivo registro fotográfico, severidad y abscisa, la hoja

de cálculo donde se presenten las tablas y graficas anteriormente mencionadas, se tiene en cuenta la información relevante que se haya presentado en toda la inspección y análisis; por otra parte y de manera más detallada se muestra la siguiente información:

- Abscisas del levantamiento
- Área total inspeccionada
- Área total afectada
- Porcentajes de afectación
- Deterioros más frecuentes y sus severidades
- Los deterioros menos frecuentes
- Porcentaje de afectación de cada deterioro
- Los tramos de vías más afectados

1.2.2 Señalización

En primera instancia se realiza una compilación de todas las señales que se encuentran ubicadas en todo el tramo de vía inspeccionada por consiguiente se realiza la clasificación de estas de acuerdo con el Manual de señalización vial, dispositivo para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclo rutas de Colombia; posteriormente se lleva un registro fotográfico ordenado por el cual se puede observar el estado en el que se encuentra la señal; después de la clasificación de cada señalización se hace el conteo de las señales que se encuentran en estado malo, regular y bueno; así como se tiene en cuenta los porcentajes de severidades de la señalización a nivel general en la vía.

1.2.3 Puentes

Según la recolección de la información obtenida en campo se realiza un esquema básico del puente y sus elementos, registro fotográfico, localización, observaciones detalladas, estado de la estructura, los formatos de captura de información donde se tiene en cuenta todos los aspectos para definir el estado de los puentes, con el objetivo general de evaluar el funcionamiento integral de todos los elementos del puente donde se debe de tener en cuenta cada detalle evidenciado en campo.

2. Resultados y discusión

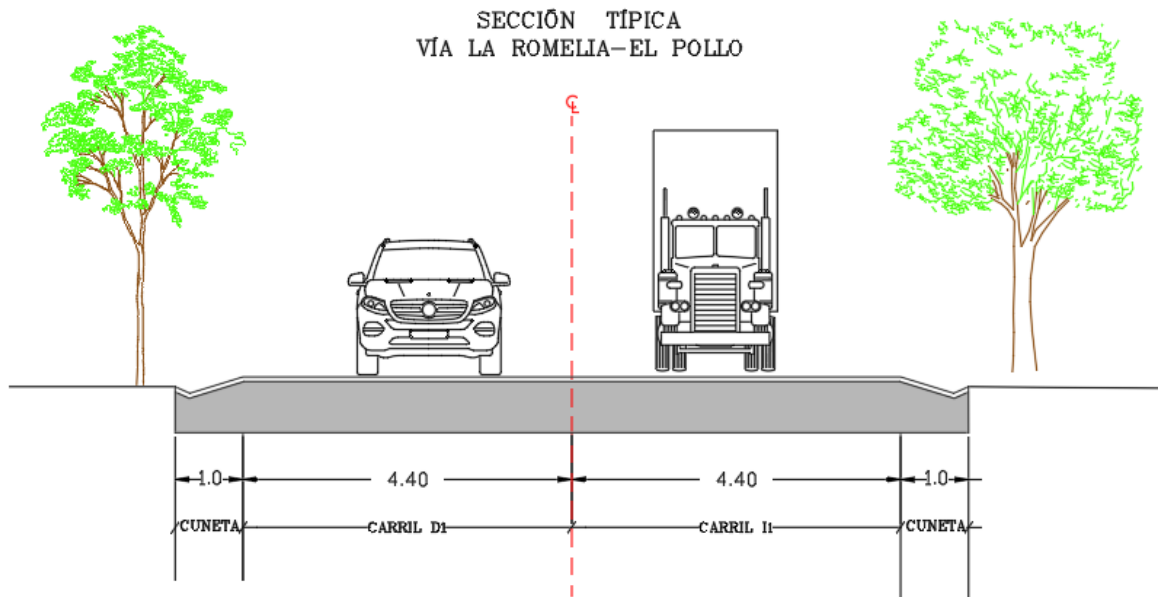
De acuerdo con la información recolectada y analizada a través de la inspección visual de pavimentos flexibles, puentes y señalización de la variante La Romelia-El Pollo, comprendida en los tramos 0+000 al 4+533 se presentan los cálculos y resultados con base al nivel de daños encontrados y clasificados de acuerdo con la tipología de los mismos a lo largo de la estructura de la vía, así como un inventario detallado y clasificado del estado actual que presenta la señalización vertical y horizontal presente, y por ultimo una síntesis de daños en el puente de concreto, junto con la inspección por elementos del mismo.

Hay que mencionar, además, algunos datos generales de la vía objeto de estudio, en la cual se cuenta con una calzada de 8.8 m y dos carriles en doble sentido con un ancho de 4.4 m cada

uno, al igual que con un ancho de berma cuneta en el carril derecho de 1.0 m y un ancho de berma cuneta en el carril izquierdo de 1.0 m como se muestra en la Figura5.

Figura 4.

Sección típica de la vía La Romelia El Pollo.



Nota. Sección típica de la vía La Romelia-El Pollo de acuerdo con sus dimensiones. Fuente: propia.

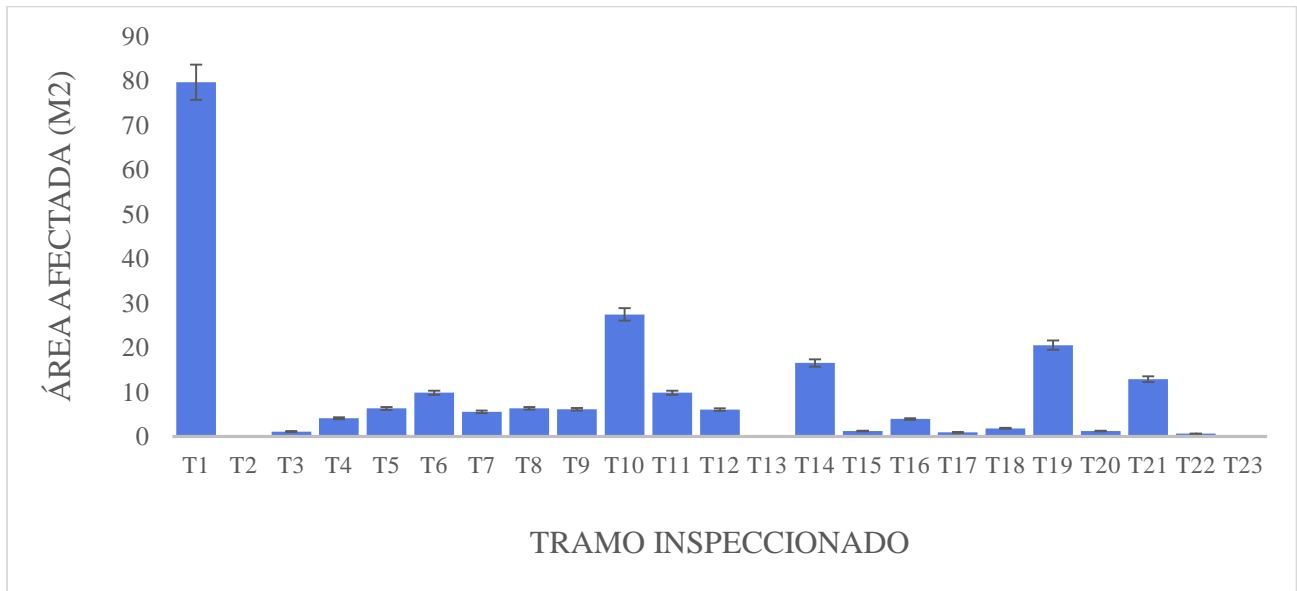
Por lo que se refiere a los resultados obtenidos de la inspección visual del pavimento, se procesaron un total de 45 tramos con una longitud de 100 m cada uno y un tramo final con una longitud de 33 metros, para un total de vía inspeccionada de 4.53 kilómetros. Con respecto a la información obtenida para cada uno de los tramos, se tuvo en cuenta la abscisa de cada uno de ellos, así como las medidas correspondientes para determinar la magnitud del área; la cual fue de 880 m² respectivamente, y para un área total evaluada de 39890.4 m² sin incluir berma.

En relación con lo anterior, se determinaron los daños o patologías presentes con el fin de determinar la afectación por tramo, y de esta manera establecer una relación porcentual que permita la obtención de resultados en cuanto a los tramos que presentan mayores medidas en daños. De tal manera, se pudo observar que el tramo que presenta mayor deterioro es el número 39, comprendido entre la abscisa 3+800 hasta la 3+900, con un total de 101.20 m² afectados, representado por un 11.5% del área total del tramo. Seguido a ello está el tramo número 1 con un total de 79.54 m² de la vía en mal estado, es decir 9.04% en base al área de registro. En cuanto a los demás tramos se puede evidenciar que están por debajo del 4% de afectación, con áreas menores a 30 m². En este sentido, algunas distancias tuvieron porcentajes de deterioro bajos, como lo es el caso de los tramos 22 y 41 con porcentajes de 0.068% y 0.14% respectivamente, mientras

que en otros tramos no se presenta daño o deformación alguna como se puede observar en la Figura 5 y Figura 6.

Figura 5.

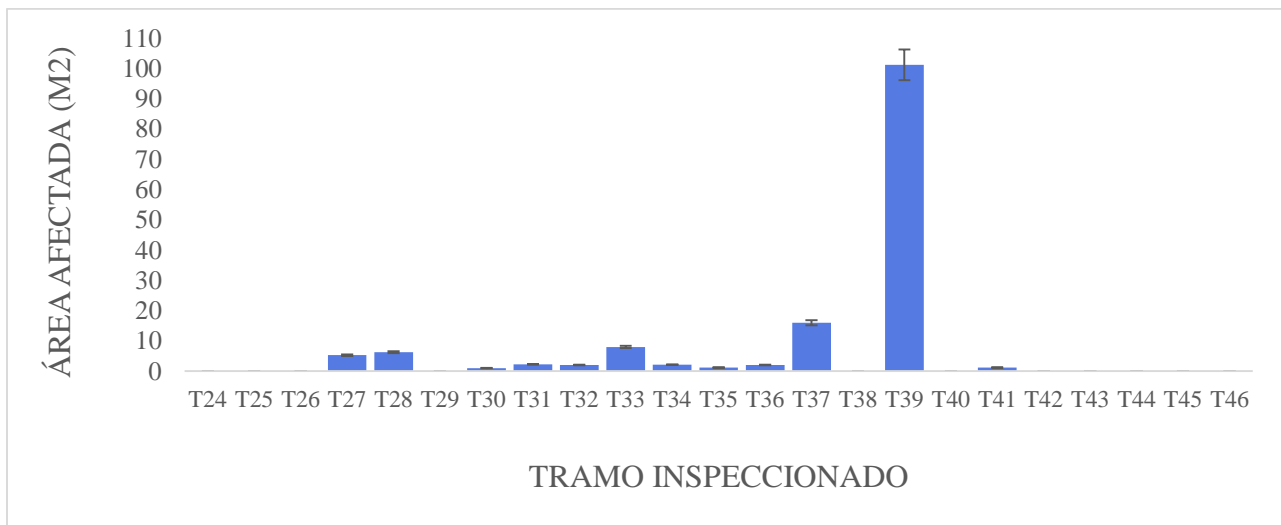
Área afectada por tramo T1-T 23



Nota. En la figura se presenta el área afectada del tramo 1 al tramo 23. Fuente: propia.

Figura 6.

Área afectada por tramo T24-T46.

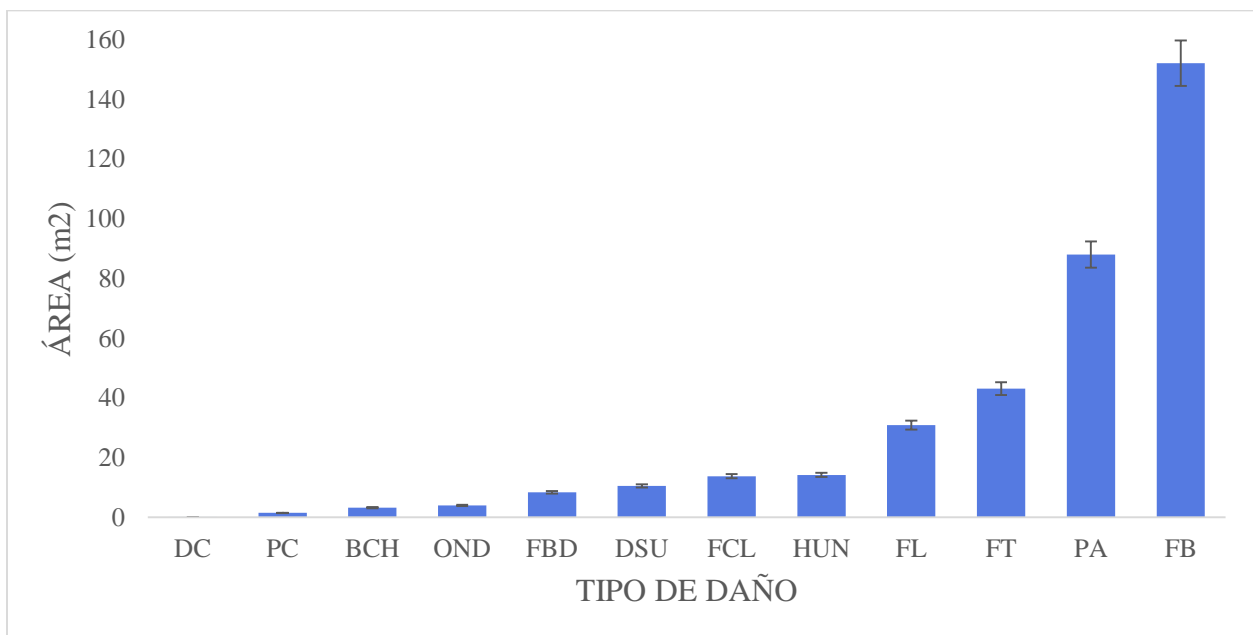


Nota. En la figura se presenta el área afectada del tramo 24 al tramo 46. Fuente: propia

De igual manera se determinó el área afectada por cada una de las patologías registradas de acuerdo con el manual de inspección visual de pavimentos flexibles, siendo las más comunes en este caso las fisuras en bloque, la pérdida de agregado, las fisuras longitudinales y transversales, con porcentajes de afectación de 0.38%, 0.22% 0.108% y 0.077% respectivamente. Mientras que los daños tales como descascaramiento, piel de cocodrilo, y los baches o huecos son registrados en menores proporciones. Por otro lado, para los demás daños que se presentan en el pavimento se estiman en un porcentaje intermedio como se ilustra en la figura 3.

Figura 7.

Área total afectada por daño



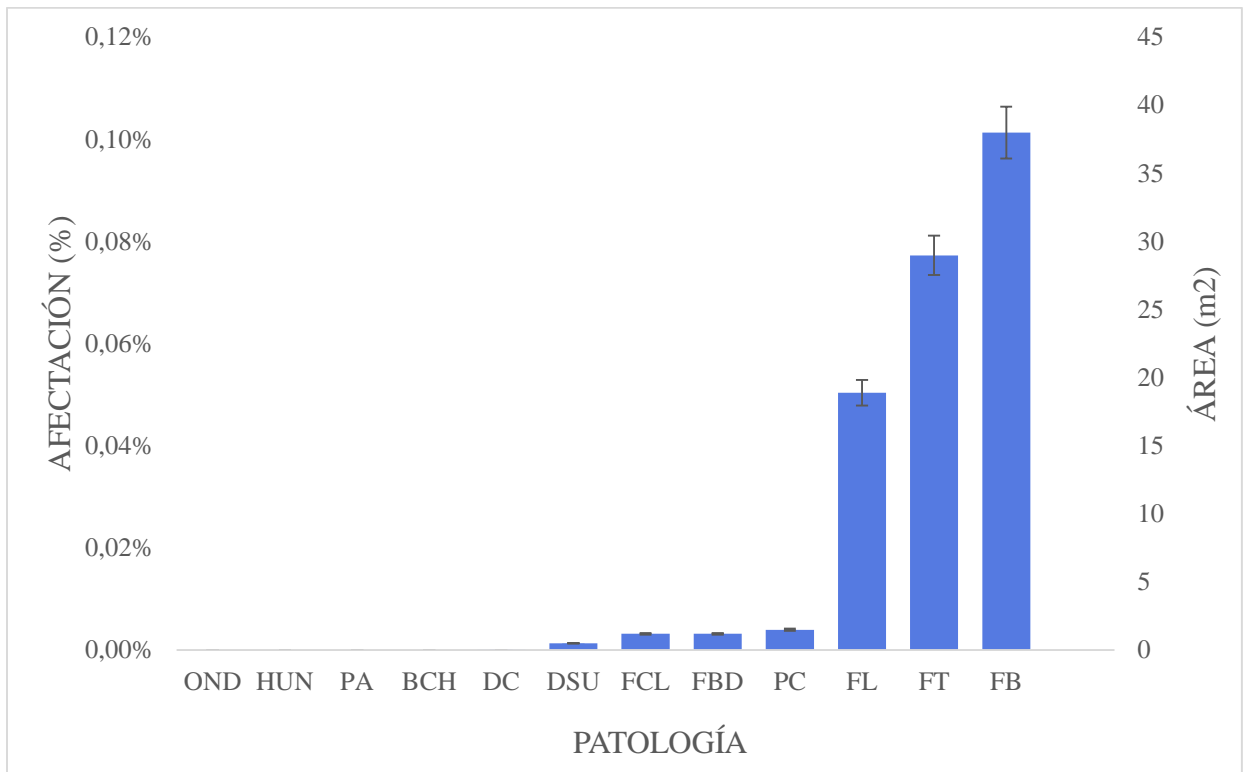
Nota. De acuerdo con la figura se presenta el área de afectación según el tipo de daño.

Fuente: propia

Por consiguiente se procedió a realizar un análisis más riguroso acerca de los daños presentados en cada uno de los tramos, de manera que se estableció el nivel de daño de acuerdo con el tipo de severidad; clasificada de acuerdo con el manual de inspección visual de pavimentos en severidad alta, media y baja, de modo que para el caso de fisuras se tiene en cuenta la abertura de cada una de ellas, para deformaciones la altura que se presenta, para daños superficiales los diferentes estudios visuales, y para el caso del deterioro de capas estructurales la altura o profundidad de los daños. Dicho lo anterior, se llevaron a cabo los registros de acuerdo con la magnitud de los daños, y con ello se presentan las afectaciones y porcentaje correspondiente como se puede observar en la Figura 8, Figura 9 y Figura 10.

Figura 8.

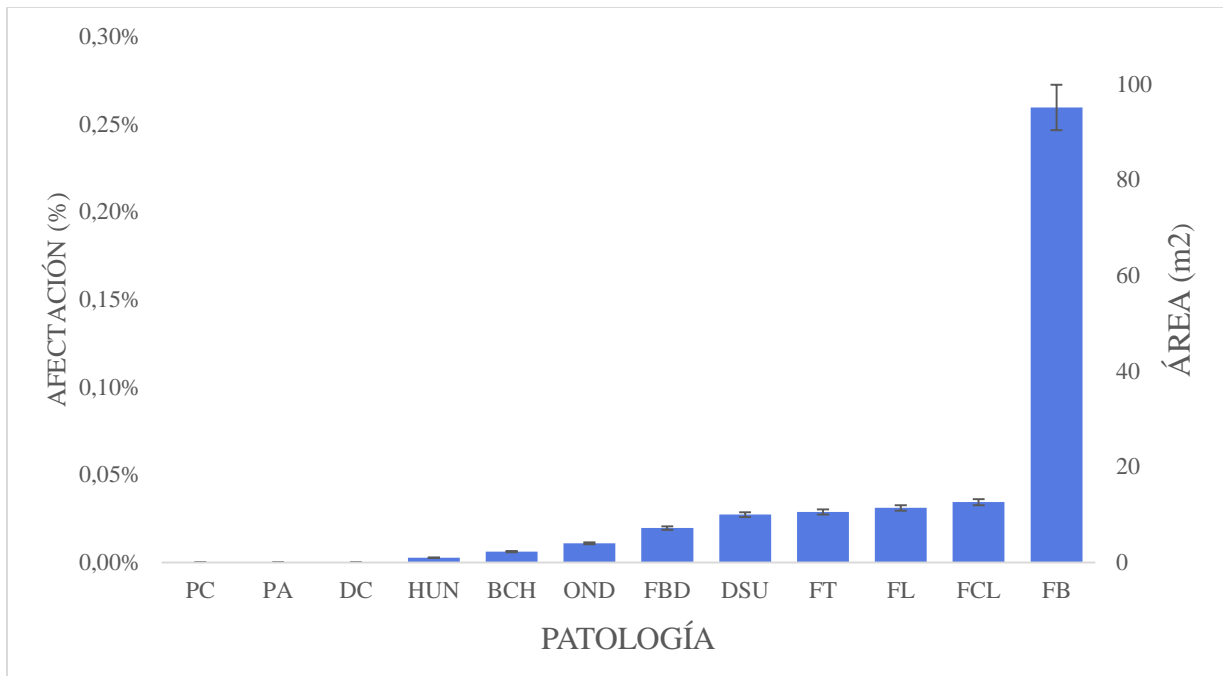
Distribución de los daños de severidad baja por tipo



Nota. En la figura se puede apreciar la afectación según el tipo de patología en severidad baja. Fuente: propia

Figura 9.

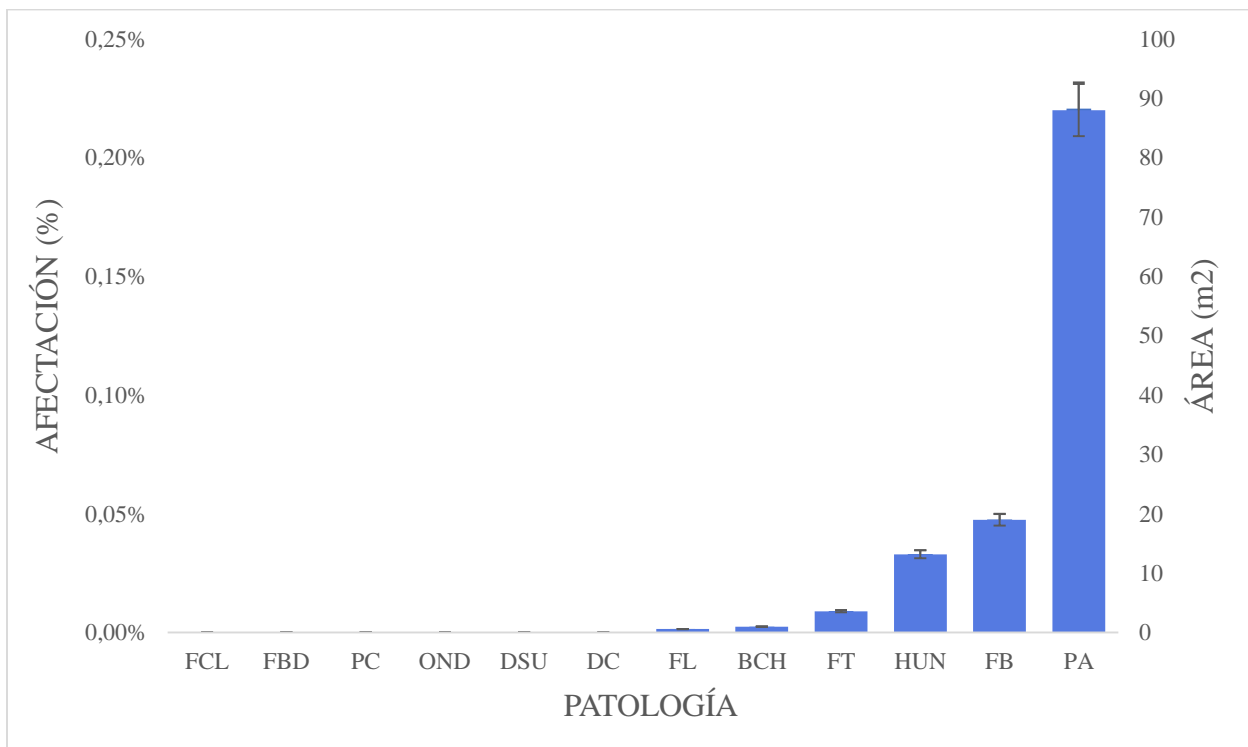
Distribución de los daños de severidad media por tipo



Nota. En la figura se puede apreciar la afectación según el tipo de patología en severidad media. Fuente: propia

Figura 10.

Distribución de los daños de severidad alta por tipo



Nota. En la figura se puede apreciar la afectación según el tipo de patología en severidad alta. Fuente: propia

De acuerdo con los análisis realizados en la Figura 8, Figura 9 y Figura 10, se puede determinar la patología que tuvo mayor incidencia de acuerdo con la severidad presentada; en primer lugar, en la afectación para la severidad baja se presentan las fisuras en bloque en un 0.095%, en las cuales los bloques se han comenzado a formar pero no están claramente definidos, de modo que la abertura de las mismos se puede considerar menor a 1 mm, asimismo las fisuras transversales se presentaron en un porcentaje alto, en este caso de 0.073% con respecto al área total inspeccionada, y de manera similar las aberturas se están empezando a formar con medidas menores a 1 mm, para el caso de la severidad media el daño que predomina es la fisura en bloque en la cual, a discrepancia de la anterior los bloques ya se encuentran definidos por fallas entre 1 y 3 mm de abertura con un desgaste leve con un total de 95.1 m² dañado, es decir en un 0.238% como se puede observar en la Figura 9, finalmente en la severidad alta se presentan afectaciones principalmente por pérdidas del agregado en donde se puede evidenciar un desprendimiento excesivo de los mismos, y con ello separaciones menores a 0.05 m pero con superficie rugosa y presencia de agregados sueltos.

Figura 11.

Evidencia daños registrados en la inspección visual de pavimentos variante La Romelia El Pollo.

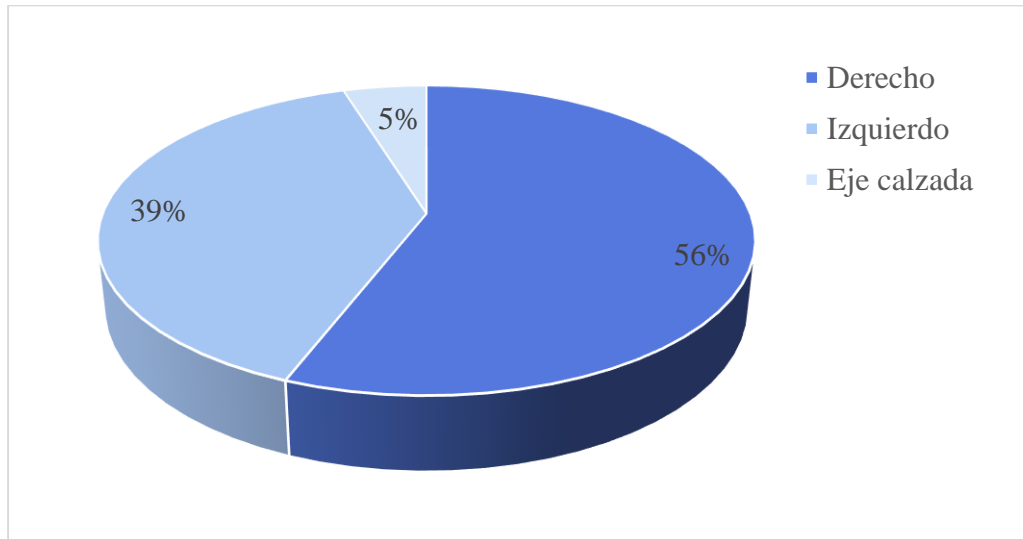


Nota. Fisura en bloque severidad media, abscisa 0+012 carril derecho. Fuente: propia

De igual importancia se determinó la afectación por carril y eje, de tal manera que el lado que presenta mayores daños o patologías es el derecho con un 56% de deterioro con respecto al área de afectación total, mientras que el izquierdo presenta un 39%, y por último el eje de la calzada un 5% de afectación tal y como se presenta en la Figura 12. Cabe resaltar los daños que se presentan en mayor frecuencia según el carril, lo cual para el caso del derecho y el eje de la calzada es la fisura en bloque, y para el izquierdo las fisuras transversales.

Figura 12.

Afectación de daño por carril en la variante La Romelia El Pollo



Nota. En la Figura se presenta los porcentajes de daño según el carril o eje de la calzada.

Fuente: propia

Señalización

De acuerdo con la inspección visual realizada en cuanto a temas de señalización horizontal y vertical existente de la variante La Romelia-El pollo se refiere, a partir de la abscisa 0+0000 sector de la glorieta de Mercasa hasta el PR 4+5330 Puente Otún, se tienen en cuenta diferentes criterios para clasificar e inventariar las señales de tránsito tomando como fundamento el manual de señalización vial 2015 utilizado para la regulación del tránsito en las calles, carreteras y ciclorutas de Colombia con el fin de verificar el cumplimiento de las características básicas de las señales actuales y la disposición de las mismas, como por el mensaje, la forma y color, el tamaño, su ubicación, uniformidad e inclusive que cumpla con el material retrorreflectivo. Dicho esto, también realiza un inventario en el cual se plasma un registro fotográfico donde se proyecta una clasificación por severidades según su estado, de manera que se pudieran catalogar como malo, regular y bueno, como se observa en la Tabla 1; por otra parte, todas las señales verticales están descritas como unidades, y para ello se cuenta con un total de 45 señales verticales y las horizontales con un total de 9 unidades y 4.411 metros lineales ya sea de línea blanca o amarilla.

Tabla 1

Inventario y clasificación por severidades de las señales verticales

Descripción	Unidad	Señalización horizontal			Descripción
		Descripción			
		MALO	REGULAR	BUENO	
Reglamentarias	unidad	1	6	11	18

Preventivas	unidad	8	9	2	19
Informativas	unidad		3	1	4
Transitorias	unidad		4		4
TOTAL SEÑALES VERTICALES					45

Nota. En la figura se puede apreciar la cantidad y diferentes tipos de señales verticales con respecto a sus severidades. Fuente: Propia

Tabla 2

Inventario y clasificación por severidades de las señales horizontales

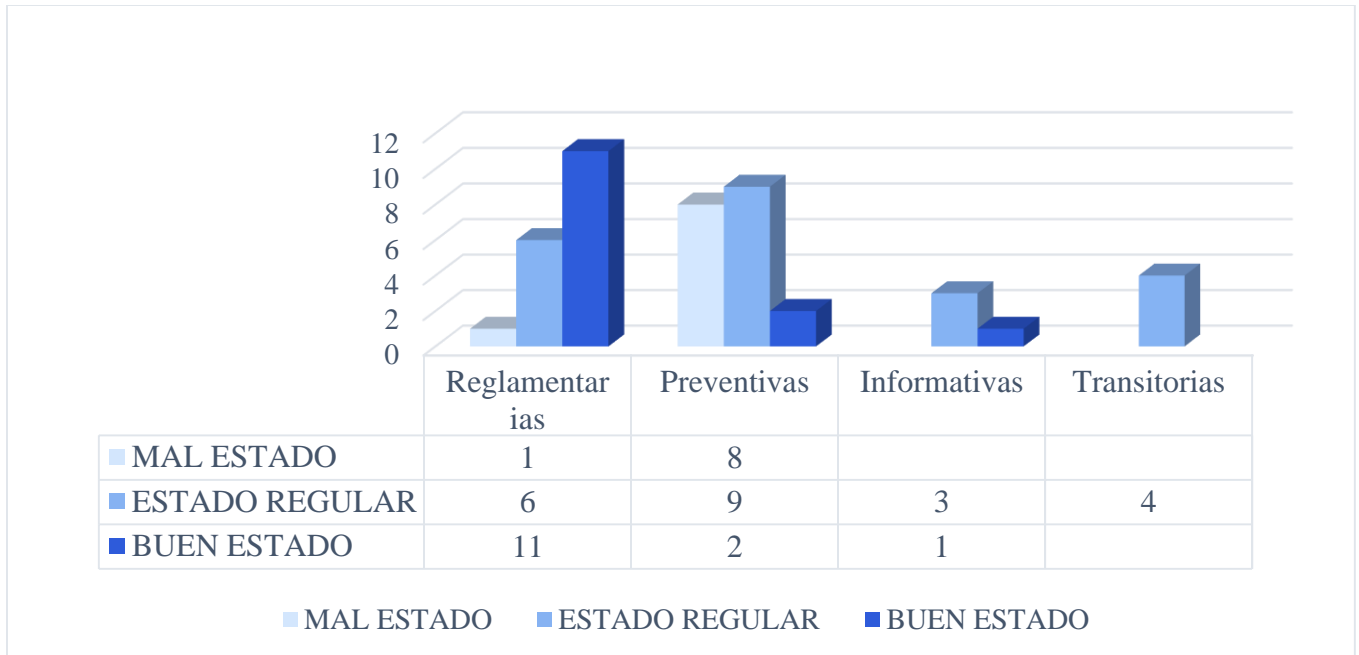
Señalización horizontal					
Descripción	Unidad	Estado			Total señales
		Malo	Regular	Bueno	
Líneas longitudinal	m	1200	3200	0	4400
Líneas transversales	m	4	0	7	11
Demarcaciones	unidad	0	8	0	8
Símbolos y leyendas	unidad	1	0	0	1
Total señales horizontales (m)					4411
Total señales horizontales (unidad)					9

Nota. En la figura se puede apreciar la cantidad y diferentes tipos de señales horizontales con respecto a sus severidades. Fuente: Propia

En primer lugar, en cuanto a la señalización vertical se puede observar en la Figura 13, en la cual las señales reglamentarias son las que más se presentan a lo largo de la vía en un total de 18 señales lo cual corresponde a un 40% en total, de las cuales 11 están en buen estado, 6 en estado regular, y solo una en mal estado o que presenta deterioro, seguido a ello las señales preventivas representan un buen número de elementos, sin embargo la gran mayoría se presentan en estado regular al igual que las informativas; en comparación con otras vías nacionales de Colombia se observa una gran falencia de todas las señales verticales ya que estas informan y advierten para así evitar accidentes, mayor comodidad y seguridad para los usuarios, no obstante la mayoría de señales se encuentran en estado regular y buen estado.

Figura 13.

Inventario de la señalización vertical de la variante La Romelia El Pollo de acuerdo con su estado



Nota. En la figura se puede apreciar la afectación de la señalización vertical y los tipos de señales verticales. Fuente: propia

En segundo lugar, para el caso de las demarcaciones viales, las líneas longitudinales son las que más se presentan en la zona, sin embargo cabe que aclarar que existe un tramo en el cual hay ausencia total de este tipo de señales, y esto se debe a que el pavimento fue rehabilitado recientemente por El Instituto Nacional De Vías, el cual se encuentra a cargo de la carretera, y por ende no presentan ningún tipo de señalización horizontal en un recorrido de aproximadamente 400 m, ubicado entre los tramos 2+200 al 2+600; por otra parte la pintura blanca y amarilla correspondiente a las líneas centrales segmentadas o continuas que separan los flujos opuestos de la vía y a las líneas longitudinales que separan el carril y la berma se encuentran desgastadas, y con ello su color no corresponde al indicado, al igual que su tamaño, tal y como se puede observar en la Figura 14.

Figura 14

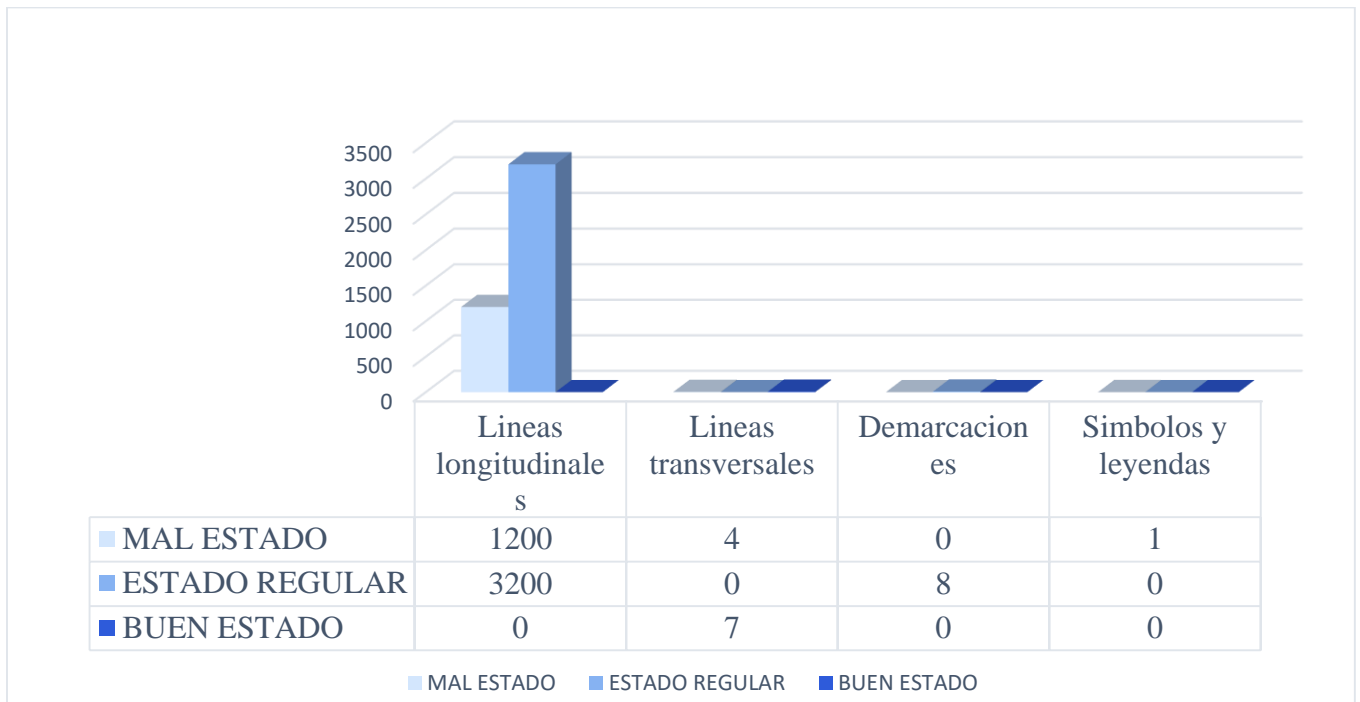
Estado de la demarcación vial tramo de la variante La Romelia El pollo.



Nota. En la Figura se puede apreciar el estado de la demarcación vial abscisa 2+1300.
 Fuente: propia

Figura 15.

Inventario de la señalización horizontal de la variante La Romelia El Pollo de acuerdo con su estado



Nota. En la figura se puede apreciar la afectación de la señalización horizontal y los tipos de señales horizontales.

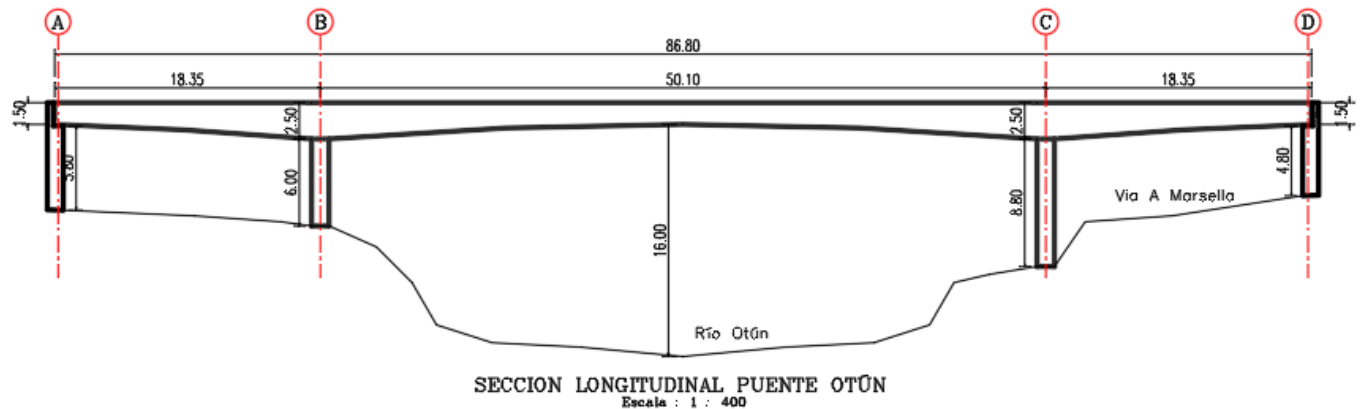
Por otro lado, se evidencia la inexistencia de algunas señales de tránsito o elementos que son necesarios para el buen funcionamiento de la vía, como lo son las tachas reflectivas, que para este caso solo se encontraron a lo largo del puente inspeccionado, así como la iluminación.

Puentes

Por lo que se refiere al estado actual de los puentes de la variante La Romelia- El Pollo, en el tramo inspeccionado que corresponde aproximadamente a 5 kilómetros, se encontró solo un puente ubicado en la abscisa 4+5110 bajo el nombre “Puente Otún” el cual salva dos obstáculos, el primero de ellos es el río Otún, y el segundo la vía que conduce Pereira-Marsella. Seguido a ello se realizó la identificación de la estructura, de la cual se obtiene el tipo de puente, el cual para este caso corresponde a una estructura viga cajón de acuerdo con la estructuración transversal, y para el caso de la longitudinal viga simplemente apoyadas. Para el caso de las dimensiones del puente se realizó un levantamiento y se determinó que este tiene una longitud total de 86.80 metros, con un total de 3 luces, de las cuales dos miden 18.35 metros, y la luz intermedia un total de 50.10 metros, como se puede observar en la Figura 8. Se debe agregar también que dentro de sus dimensiones generales se tiene un ancho de 11.70 metros, del cual se tiene el registro de dos andenes peatonales cada uno con una medida de 1.17 metros, y con ello una calzada de doble carril de 9.36 metros como se puede observar en la Figura 17.

Figura 16

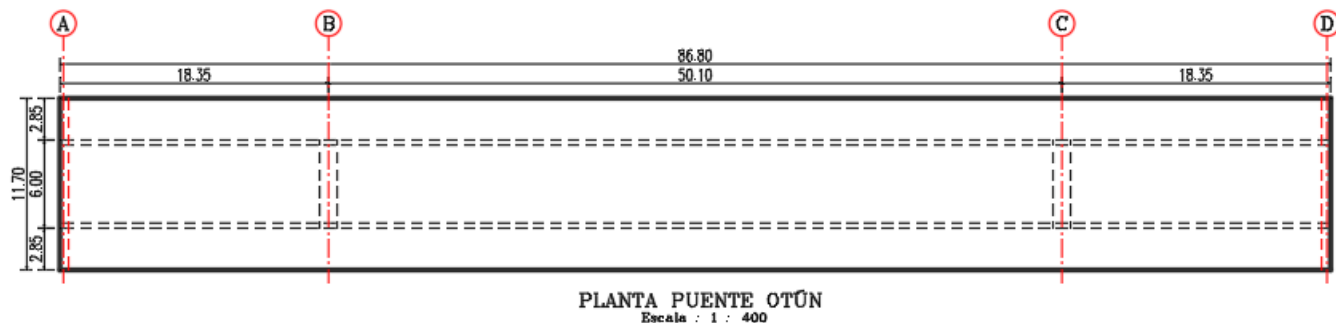
Sección longitudinal de Puente Otún, vía La Romelia El Pollo



Nota. Se puede observar la sección longitudinal de Puente Otún con sus diferentes dimensiones, abscisa 4+5110. Fuente: (Instituto Nacional de Vías, INVIAS, 2013)

Figura 17

Esquema visto en planta de Puente Otún, vía La Romelia El Pollo



Nota. Se presenta el plano con vista en planta de Puente Otún de acuerdo con las dimensiones establecidas. Fuente: (Instituto Nacional de Vías, INVIAS, 2013)

Superficies y equipamientos

En primer lugar, para el registro de los daños para esta estructura se hizo un análisis de la superficie y los equipamientos, en donde se tuvo en cuenta la superficie del puente y los accesos, en el cual para este caso se tiene un pavimento de tipo flexible acorde con el de toda la vía, sin embargo, en el formato de inspección visual para este tipo de estructuras no se registra daño alguno en él. Caso similar ocurre con los elementos que componen el puente para brindar seguridad y comodidad al usuario; entre los cuales están principalmente los andenes y bordillos en concreto, los cuales se encuentran en buen estado y no presentan daños o patologías evidentes, también los drenajes transversales y longitudinales, en los cuales no hay presencia alguna de taponamientos o ausencia de los mismos por lo tanto funcionan correctamente, evitando el estancamiento de agua sobre la superficie del puente.

Sin embargo cabe aclarar que otros elementos dentro de este ítem si presentan fallas o daños, como lo es el caso de las barandas de seguridad las cuales a pesar de estar en buen estado estructural presentan deterioro en la pintura, de igual forma las juntas de expansión se encuentran en mal estado ya que presentan dilataciones muy grandes de aproximadamente 1.5 metros de longitud en sentido transversal. Cabe resaltar que en el inicio del puente hay presencia de una junta de expansión sellada como se visualiza en la Figura 18. Y en ella se presenta ausencia y ruptura del sello de manera que se evidencia el desgaste de este elemento, en el cual tampoco existe algún tipo de continuidad. De igual forma, en la junta final que separa la estructura del puente con la de la vía hay ausencia total del sello, debido a los desgastes y obstrucciones que se presentan en el mismo. Se podría decir que estructuralmente estas juntas de dilatación ya no están actuando acorde con su función ni están cumpliendo el soporte de cargas de tránsito.

Asimismo se observó falencias en cuanto a señalización horizontal y vertical en esta estructura, ya que no se encontró ninguna señal en el tramo del puente inspeccionado. hay que mencionar además que no hay iluminación en la zona, lo que genera consigo dificultad para la visibilidad del usuario en tiempo de tráfico nocturno, siendo ésta una vía de gran importancia gracias a que conecta diferentes territorios del departamento de Risaralda, y que se caracteriza por tener vehículos de carga pesada, por lo que el tránsito es peligroso.

Figura 18

Juntas de expansión en Puente Otún, vía La Romelia El Pollo abscisa 4+5110



Nota. En la Figura se puede apreciar el estado de las juntas de expansión del puente.
Fuente: propia

Subestructura

Es importante mencionar además el estado actual de los elementos que conforman la subestructura del puente inspeccionado, los cuales corresponden a las aletas, estribos y pilas, este último compuesto por columnas de sección rectangular en concreto reforzado. Para el caso de los estribos no se presentan irregularidades, mientras que para las aletas se presenta contaminación del concreto como se puede observar en la Figura 19, y esto se debe a que están expuestas a la intemperie y cerca de una zona con gran variedad de vegetación y humedad. Como caso similar, se procedió a realizar una inspección detallada de los posibles daños que se están generando en las pilas del puente, y en base a esto se pudo observar que se está empezando a manifestar un proceso de socavación en la cimentación de la primera pila como resultado de la acción erosiva del propio flujo de agua. Es importante tener en cuenta este aspecto dado que es uno de los problemas más graves que se presenta en este tipo de estructuras, ya que pone en riesgo su estabilidad y seguridad, por medio de la reducción de la rigidez de los sistemas de cimentación de tal manera que puede ocasionar que los pilares de los puentes fallen.

Figura 19

Inspección visual en los elementos de la subestructura de concreto, Puente Otún vía La Romelia El Pollo



Nota. aletas concreto contaminado. Fuente: propia

Superestructura de concreto

Finalmente se contempla el estado actual en el cual se encuentra la superestructura del puente de acuerdo con los elementos que la conforman, como lo son la losa, las vigas, riostras y apoyos en el puente. Para empezar podría decirse que para todos los elementos se comprobó que no se presentaran ningún tipo de fisuras, descascaramiento, exposición del acero de refuerzo, infiltraciones y daños causados por el agua u otros factores que indiquen deterioro.

3. Conclusiones

De acuerdo con la inspección visual del pavimento flexible realizada en la variante La Romelia-El Pollo, comprendida en los tramos 0+000 al 4+533 bajo los lineamientos del manual de inspección visual de pavimentos flexibles, puentes y pontones del Instituto Nacional De vías, se pudo determinar el estado en el cual se encuentra el tramo correspondiente a 4.533 metros de los cuales, 45 tramos comprenden una longitud de 100 metros cada uno y un tramo final con una longitud de 33 metros, para un área total inspeccionada de 39890.40 m² los cuales fueron evaluados y analizados en el presente trabajo de investigación.

De acuerdo con lo anterior, el área total que se encuentra en mal estado es del 0.93% con respecto al total de vía construida en el tramo, por lo cual se podría decir que los tipos de daño más comunes en este sector fueron las fisuras en bloque, la fisuras longitudinales y transversales, la pérdida del agregado con un porcentaje de afectación del 0.38%, 0.077%, 0.108%, 0.22% respectivamente definidas por tener un tipo de severidad múltiple en el cual sobresale la severidad alta, en representación se podría establecer que para fallas como la pérdida del agregado tiende a evolucionar a un deterioro mayor, ya que es una desintegración y hace que la superficie presente rugosidad y esté expuesta a otro tipo de patología como son los surcos. Por otra parte y de manera particular se analizan los tramos que presentan mayor deterioro teniendo así el tramo 39 el cual

está comprendido entre la abscisa 3+800 hasta la 3+900 con un total de 101.20 m² afectados que representa un 11.5% del área total del tramo, asimismo el tramo 1 entre la abscisa 0+000 hasta la 0+100 con un total de 79.54 m² afectados, esto quiere decir que el 9.04% de este tramo se encuentra en mal estado, siendo así estos dos tramos los que presentan un área y porcentaje mayor de afectación a discrepancia de los demás tramos que presentan afectaciones menores al 4% y con esto áreas menores a 30 m². Seguido a ello, a nivel general y según la inspección realizada el 99.07% del pavimento flexible de este tramo de vía se encuentra en buen estado, mientras que para los carriles, el que presenta mayores patologías es el derecho con un 56% de afectación, el izquierdo un 39% y finalmente el eje con un 5% de daño siendo el que menor daño presenta.

Dicho lo anterior, como resultado se obtuvo que el pavimento flexible de la vía La Romelia El Pollo en cuestión de estudio se encuentra en un buen estado, dado que los daños que figuran en él no representan medidas o áreas significativas, de manera que esta infraestructura de transporte esta acondicionada para permitir la circulación de vehículos de manera continua con los niveles adecuados de seguridad y comodidad de tal forma que puede ofrecer una adecuada movilidad. Sin embargo es necesario tomar acciones para la reparación y restauración de los tramos que se encuentran afectados, de los cuales se destacan el tramo uno y treinta y nueve tal como se describió anteriormente, en donde se estiman las posibles causas de deterioro, entre las cuales se encuentran espesores de estructura insuficientes, deformaciones en la subrasante, problemas de drenaje en los materiales, deficiencia de compactación o inadecuados procesos constructivos, entre otros, y de esta manera poder determinar procesos ya sean de rehabilitación o mejoramiento de los tramos.

Considerando que la señalización en las vías es indispensable para la convivencia y seguridad de los usuarios que transitan por una vía nacional, es necesario tener cierta cantidad de señales de tránsito que permitan obtener la información necesaria para la circulación de vehículos, y que a su vez cumplan con las especificaciones dictadas por el manual de señalización de 2015 expedido por el Ministerio de Transporte, como lo son el color, forma y visibilidad; específicamente para este trabajo de investigación se concluyó que en el tramo inspeccionado se refleja la falta de señalización tanto vertical como horizontal, lo cual afecta la seguridad de los usuarios, dicho de tal manera la señalización vertical se cuantifica en unidades mientras que las horizontales en metros lineales y unidades. Para la señalización vertical inspeccionada en el tramo se tiene un total de 45 señales verticales de las cuales 22 se encuentran en estado regular, 9 en mal estado y 14 en buen estado, por otra parte se clasifican estas señales en reglamentarias, preventivas, informativas y transitorias las cuales comprenden un 40%, 42.22%, 8.9% y 8.9% del total de señales verticales ubicadas en este tramo, asimismo se analizan las señales horizontales que cuentan con 9 unidades de señales y 4.411 metros que se definen por las líneas longitudinales amarillas y blancas ubicadas en la superficie del pavimento como tal, para el caso de las demarcaciones viales el tramo percibido entre las abscisas 2+200 hasta la 2+600 con un total de 400 metros fue rehabilitado recientemente por lo cual hay ausencia de señalización horizontal, así como las líneas transversales y horizontales presentan deterioro en su pintura y tamaño por lo cual se define 3200 metros en estado regular y 1204 metros en mal estado y tan solo 7 metros en buen estado haciendo parte de la señalización transversal, cabe resaltar que solo hay un símbolo en este tramo; en relación con lo anterior se concluye que se presenta una gran falta de señalización lo cual este tramo de vía es poco seguro en cuanto a iluminación y señalización.

Finalmente, para el tramo analizado se tiene la inspección visual de Puente Otún, de donde se infiere el estado general de la estructura, en la cual no se presenta ningún tipo de alteración o daño significativo en los principales elementos de la subestructura y superestructura de concreto, según lo establecido en el manual de inspección visual de puentes y pontones. Por el contrario, frente al tema de superficie y equipamientos si se presentan algunos casos de desgaste y deterioro así, por ejemplo para las barandas metálicas instaladas a lo largo del puente, las cuales carecen de pintura epóxica y mantenimiento rutinario, asimismo para el caso de las juntas de expansión se presentan dilataciones y daños que impiden el correcto funcionamiento de las mismas, el cual para este caso sería facilitar y permitir los movimientos relativos entre las dos partes de la estructura que separan el pavimento del tablero, por lo tanto al estar en mal estado se ve comprometida la integridad estructural de todo el puente. Cabe resaltar además que los efectos de socavación que se empiezan a presentar en la cimentación de la primera pila es una de las principales causas de falla en los puentes, por ende es necesario que las administraciones a cargo de la estructura, en este caso El Instituto Nacional de Vías efectúen una evaluación general del estado del mismo y tomar las medidas necesarias para el mantenimiento y reparación.

Referencias

- Abril Parra, P. A., & Naranjo Posada, J. A. (2018). *Inspección visual y estudio de patologías estructurales de puentes vehiculares en la Autopista Norte-La Caro–Briceño*.
- Alzate Zuluaga, S. (2019). *Sistema de clasificación de severidad de daños en pavimentos flexibles para determinar posibles intervenciones*.
- Buchaar, A., & Sagbini, C. (2021). Análisis del estado de funcionalidad de los pavimentos en vías terciarias en los departamentos del Magdalena y Atlántico. *Repositorio Institucional UCC*, 1–16.
https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/32874/1/2020_Analisis_Funcionamiento_Vias.pdf
- Buitrago Hernandez, K. L. (2019). *Auscultación, calificación del estado superficial y evaluación económica de la carretera sector del municipio de Neiva en el proyecto de la ampliación y rehabilitación de la calle 6 (Huila)*.
- Cao, W., Norouzi, A., & Kim, Y. R. (2016). Application of viscoelastic continuum damage approach to predict fatigue performance of Binzhou perpetual pavements. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 3(2), 104–115.
<https://doi.org/10.1016/j.jtte.2016.03.002>
- Chincay, A. A. (2012). *Evaluación De Las Patologías Existentes En El Pavimento Flexible De La Avenida Don Bosco, Cuadras 28, 29,30 Y 31 Del Aa- Hh. Santa Rosa, Distrito Veintiseis De Octubre, Departamento De Piura, Octubre - 2017*. 117.
http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/123456789/3342/ESTUDIO_VISUAL_PATOLOGIAS_AV_DON_BOSCO_AGUILERA_CHINCHAY_ANDRES.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cojitambo-, M. D. E. L. A. V. Í. A. A.-, Previa, T., Obtención, A. L. A., Título, D. E. L., Diana, I. N. G., & Garcés, P. (2017). *Universidad de cuenca*.
- DANE. (2014). 4001-Infraestructura Vial. *Dane, 4001*, 40.
https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/construccion/AFOC/1_Infraestructura_vial.p

df

- Diaz, J. M. (2014). *Evaluación de la metodología PCI como herramienta para la toma de decisiones en las intervenciones a realizar en los pavimentos flexibles*.
- García, J. M., Ospina Giraldo, J., & Graciano, E. A. (2014). Evaluación técnica de los puentes en la infraestructura vial del departamento de Antioquia. *Ingeniería Solidaria*, 10(17), 49–54. <https://doi.org/10.16925/in.v9i17.804>
- Georgouli, K., Plati, C., & Loizos, A. (2021). Autonomous vehicles wheel wander: Structural impact on flexible pavements. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 8(3), 388–398. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2021.04.002>
- Instituto Nacional de Vías, INVIAS. (2013). *Manual de diseño de pavimento alfaltico*. Colombia.
- Instituto Nacional de Vías, INVIAS. (2013). *Manual para inspeccion de puentes y pontones*. La República. (2019, 01 23). Solo 13% de la red vial primaria está en muy buen estado. *La República*, pp. 1-2.
- Instituto Nacional de Vías. INVIAS. (2006). Manual para la inspeccion visual de pavimentos rígidos. *Invias*, 58. ftp://201.230.195.242/MANUALES_OBRAS_INFRAESTRUCTURA_VIAL/MANUALES_DISE%DIOS_CARRETERAS/10_MANUALES_INSPECCION_OBRAS_VIALES/Manual_Inspecci%F3n_Visual_PUENTES_y_PONTONES.pdf%0Ahttps://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/ma
- Javier, R., & Rebolledo, M. (2010). Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos. *Universidad Austral De Chile*, 93.
- Muñoz, E., & Gómez, D. (2013). Análisis de la evolución de los daños en los puentes de Colombia. *Revista Ingenieria de Construccion*, 28(1), 37–62. <https://doi.org/10.4067/SO718-50732013000100003>
- Muñoz, E., & Valbuena, E. (2004). Evaluación del estado de los puentes de acero de la red vial Nacional de Colombia. *Boletin Tecnico/Technical Bulletin*, 42(3), 125–128.
- Ouda. (2012). No Title ענףוי הקיורי: מצב תמונת: הגוטע עלון. *הגוטע עלון*, 66, 37–39.
- Quintero, G. J. R. (2011). Road Inventories and the road net categorization in the traffic and Transport Engineering Studies. *Revista Facultad de Ingeniería, UPTC*, 20(30), 65–77.
- Padilla Rodríguez, A. (2004). *Análisis de la resistencia a las deformaciones plásticas de mezclas bituminosas densas de la normativa mexicana mediante el ensayo de pista*.
- Perles, P. (2003). *Hormigón armado*. Nobuko.
- Rebolledo, R. J. (2010). *Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos*. Retrieved from https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38405574/deterioros_en_pavimentos.pdf?1438901293=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDETERIOROS_EN_PAVIMENTOS_FLEXIBLE_S_Y_RIG.pdf&Expires=1626999659&Signature=A5~xPn28sWzBfowj8epoPzezqGoVjoY8ZEUfMjONyO9
- Rubio, L. M. (2012). *Las patologías más frecuentes detectadas en las inspecciones de puentes de la red de carreteras del estado*. 9(fig 1).
- Rodríguez, A. P. (2004). Análisis de la resistencia a las deformaciones plásticas de mezclas bituminosas densas de la normativa mexicana mediante el ensayo de pista. *UPcommons*, 65-66. Retrieved 07 26, 2021, from <http://hdl.handle.net/2099.1/3334>

- Segura Almanza, A. T. (2017). *Estudio del comportamiento físico y mecánico de mezclas asfálticas; con materiales reutilizables en la construcción como escoria de acero.*
- Valenzuela, M. (2003). El asfalto , en la conservación de pavimentos. *Universidad Austral De Chile*, 1–97. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2003/bmfciv161a/doc/bmfciv161a.pdf>
- Vega Bustamante, B., Zapata Toro, V., Rodríguez Marín, P. A., Velásquez Corrales, M. J., & Castillo Tobar, G. I. (2019). *Evaluación de la vulnerabilidad en vías con alto índice de accidentalidad debido al coeficiente de resistencia a deslizamiento.*
- Zamora, N., & Barrera, O. (2012). *Diagnóstico de la infraestructura vial actual en Colombia. Bogotá, DC,: Universidad EAN.*
- Zevallos Gamarra, R. E. (2018). *Identificación y Evaluación de las fallas superficiales en los pavimentos flexibles de algunas vías de la ciudad de Barranca–2017.*