

**Cuantificación deterioro infraestructura vial de la Avenida Sur en la ciudad de Pereira,
Risaralda, Colombia.**

**Quantification of road infrastructure deterioration of Avenida Sur in the city of Pereira,
Risaralda, Colombia.**

Guillermo Junior Juliao Hernández ¹, José Andrés Giraldo Osuna², Cristhian Camilo
Amariles López ³

Resumen

El presente artículo va centrado en la cuantificación del deterioro del pavimento, puentes y señales de tránsito del tramo ubicado desde el inicio de la Avenida Sur en el Museo de Arte, hasta la entrada del Batallón San Mateo por la Avenida La Independencia en los dos sentidos en el municipio de Pereira, Risaralda. El tramo se conforma por pavimento rígido y flexible, el pavimento rígido comprende un 89% y la patología más recurrente en este es la grieta longitudinal (GL), mientras que el pavimento flexible comprende un 11% del tramo y la patología más recurrente en este es fisuración en bloque (FB). La inspección se realiza a la luz de las metodologías contempladas en el Manual de Inspección Visual de Pavimentos Rígidos y Flexibles, Manual de Inspección Visual de Puentes y Pontones y Manual de Señalización Vial del 2015 del Instituto Nacional de Vías. Lo que se busca es un detalle del estado actual de los 8,4 kilómetros investigados a través de los análisis realizados. Para una mejor recolección de información se divide la vía en 84 tramos iguales de 100 metros, esto con el fin de identificar y clasificar las patologías encontradas; acorde al procesamiento de la información se encontró que los tramos más críticos corresponden a los tramos 72 al 74 los cuales presentan un grado de deterioro del 5,2%, lo que corresponde a un 0,71% del daño total en la carretera. Del procesamiento de datos se concluye que la afectación total del tramo corresponde a un 10,6%. Los puentes peatonales correspondientes al tramo estudiado presentan una patología en común, la cual corresponde a desgaste en superficie y equipamiento, sumándole a esto corrosión en barandas de acceso y paso, pero se concluye que se encuentran en buen estado, ligado a este estudio se inspeccionaron 173 señales de tránsito, siendo las señales horizontales las de mayor daño con un 91% de señales afectadas en rangos de medio y alto, el deterioro principal se da por pérdida de pintura y abrasión vehicular. Por consiguiente, se concluye que el pavimento, puentes y señales de tránsito investigados se encuentran en buenas condiciones con recomendación de mantenimiento a largo plazo.

Palabras clave: Cuantificación, Patología En Vías, Pavimento, Pavimento Flexible,
Pavimento Rígido, Puentes Peatonales, Señales De Tránsito.

Abstract

This article is focused on the quantification of the deterioration of the pavement, bridges and traffic signals of the section located from the beginning of the South Avenue in the Museum of Art, to the entrance of the San Mateo Battalion through La Independencia Avenue in both directions. in the municipality of Pereira, Risaralda. The section is made up of rigid and flexible

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

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

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

pavement, the rigid pavement comprises 89% and the most recurrent pathology in this is the longitudinal crack (GL), while the flexible pavement comprises 11% of the section and the most recurrent pathology in this is block cracking (FB). The inspection is carried out in light of the methodologies contemplated in the Manual of Visual Inspection of Rigid and Flexible Pavements, Manual of Visual Inspection of Bridges and Pontons and Manual of Road Signaling of 2015 of the National Institute of Roads. What is sought is a detail of the current state of the 8.4 kilometers investigated through the analyzes carried out. For a better collection of information, the road is divided into 84 equal sections of 100 meters, this in order to identify and classify the pathologies found; According to the processing of the information, it was found that the most critical sections correspond to sections 72 to 74, which present a degree of deterioration of 5.2%, which corresponds to 0.71% of the total damage to the road. From data processing it is concluded that the total affectation of the section corresponds to 10.6%. The pedestrian bridges corresponding to the studied section present a common pathology, which corresponds to wear on the surface and equipment, adding to this corrosion in access and passage railings, but it is concluded that they are in good condition, linked to this study they were inspected 173 traffic signs, with horizontal signs being the most damaged with 91% of signs affected in medium and high ranges, the main deterioration is due to loss of paint and vehicular abrasion. Therefore, it is concluded that the pavement, bridges and traffic signals investigated are in good condition with a recommendation for long-term maintenance.

Keywords: Flexible Pavement, Pavement, Pedestrian Bridges, Quantification, Rigid Pavement, Road Pathology, Traffic Signals.

1. Introducción

Uno de los corredores viales con mayor tráfico en el municipio de Pereira es la Avenida Sur, este trayecto es una vía principal que conecta al terminal de transporte, con la vía que conduce al Departamento del Valle del Cauca, además, teniendo a su alrededor zona urbanística y comercial. Por lo anterior, el pavimento presenta deterioros en algunos sectores, siendo lo mencionado anteriormente, causa de reducción del flujo vehicular y en ocasiones accidentes de tránsito. Esta ruta comunica a sectores comerciales muy importantes y da acceso a vías alternas para desplazarse a otros puntos de la ciudad. Este alto nivel de importancia provoca que los pavimentos estén sometidos a grandes valores de carga por diferentes clases de vehículos. En Colombia, la gran mayoría de tramos presentan patologías y en muchos artículos recopilados se presentan casos que sirvieron como guía.

Dentro de las temáticas más importantes en la documentación científica relacionadas con inspección de vías, se encuentra la inspección visual de la mano con la tecnología como lo citado por el autor Miyamoto (2013) el cual menciona que la importancia de la tecnología ha afectado para bien la ingeniería civil, como se puede observar con este artículo, se facilita la inspección mediante cámaras que permiten ver los pavimentos, su entorno y así determinar qué cambios o que acciones tomar, desde una estación remota. Los autores Chuang et al. (2019) mencionan que los sistemas automatizados de las calzadas proporcionan un control de más del 90% de estas. Esta

inversión tecnológica mejora la movilidad automovilística, ejemplo que se debe tomar a nivel local, por consiguiente, si se avanza en esos detalles, el país también avanzará. Por lo anterior expuesto, los autores Medina et al. (2010) recalcan que el aumento de la implementación tecnológica en la inspección de carreteras ha hecho que cada vez sea más preciso, a medida que avanza la tecnología, se automatiza la inspección de las rutas y así aumenta el rango de rutas a inspeccionar, dando más tiempo para solucionar los problemas que se presenten. Además, los autores Tello-Cifuentes et al. (2021) afirman que las patologías en pavimentos pueden ser percibidas por medio visual y en una libreta se puede anotar todo lo visto, y así llevarlo a un determinado software para luego hacer los arreglos que el programa determine de una forma correcta.

Otra temática fundamental dentro de la documentación, son los factores que influyen en el deterioro, como lo citado por los autores Takahashi & Sekine (2011) los cuales explican como el clima es un factor que no puede ser ignorado, dado que deben tomarse medidas necesarias y a tiempo, pues el material al estar expuesto a la intemperie es propenso a deterioro. Estudios previos de la zona permite minimizar esos daños. Es por esta razón, que los autores Pacheco & Crespo (2018) confirman que los diferentes agentes erosionantes como lo son el viento, la lluvia y el sol, son los principales causantes de los deterioros en los pavimentos, por lo cual, se han ideado nuevos tipos de materiales que sean más resistentes a todos estos agentes. Desde el punto de vista de los autores Carbonell et al. (2017) recomiendan que lo mejor que se puede hacer para que los tramos perduren es llevar un adecuado seguimiento y mantenimiento, para que estas no sufran patologías adversas a los que deben de sufrir normalmente, como lo son los agentes exógenos.

Por otra parte, de la autora Hernandez (2015) se determina que los vehículos de gran volumen son unas de las principales causas del deterioro en las avenidas, por lo cual se tienen que crear pavimentos mucho más resistentes al peso de dichos vehículos y llevar a cabo un seguimiento constante de los trayectos para así hacer sus debidos mantenimientos y dichas calles perduren largos lapsos de tiempo. Es por este motivo, que los autores Arias & Ramirez (2018) dan a conocer que las carpetas asfálticas tienen una duración promedio de 5 años, por lo cual se recomienda llevar su determinado mantenimiento antes de que colapsen y creen surcos o agrietamiento que pueda dañar el uso de dichas vías. De lo anteriormente determinado, son muy importantes las metodologías que ayudan a la inspección, como lo expuesto por los autores Garcia & Silva (2018) puesto que los factores que influyen en el deterioro de una carretera son muchos, no solo los vehículos que transitan en ella. Las calidades de los materiales utilizados en la etapa constructiva garantizan una buena estructura y por ende una buena duración. Vinculado a esto, los autores Andrade, Andrade et al. (2020) confirman que un estudio a tiempo y bien hecho va a mostrar qué medidas son necesarias tomar para evitar grandes daños. Además, los autores Pineda et al. (2015) recomiendan que las carreteras deben de llevar su determinado mantenimiento en vista de que la vegetación es un agente que puede volver mucha más angosta la calzada, lo cual la hace más peligrosa, debido a que una vía de dos carriles puede terminar convirtiéndose en una calzada de un solo carril, y si no hay buen flujo vehicular pueden desarrollarse accidentes.

Asimismo, los autores Mercado et al. (2016) demuestran que la tecnología a medida que va avanzando se convierte en un gran aliado, dado que proporciona mucha más información en poco tiempo, por ejemplo, prevención de afectación en el pavimento, y gracias a esto se pueden tomar medidas y dar arreglos sin necesidad de quitar toda una carpeta asfáltica. Vinculado a esto,

los autores Higuera & Pachecho (2010) aclaran que, si se tienen identificadas las diferentes patologías, se podrá hacer de una forma mucho más ligera la solución de dichas causas, a diferencia de dar con patologías que no han sido tratadas. Es por este motivo, que los autores Arango et al. (2020) recomiendan que cuando se tiene un trayecto afectado se deben realizar determinadas reparaciones en el menor tiempo posible para evitar mayor deterioro y generar una carretera peligrosa e inservible, ya que una vía donde se transite a muy poca velocidad y haya mucho flujo vehicular no cumpliría su función. Por ello, dentro de las temáticas más importantes en la documentación científica relacionadas con inspección de pavimentos, se encuentran los factores que generan riesgo de accidentalidad en los tramos, como lo citado por los autores Tarrago-Garay et al. (2020) los cuales recomiendan analizar los diferentes tramos de carretera, determinar la localización y magnitud de los deterioros para optimizar la propuesta de posibles soluciones sin necesidad de dañar la carretera ya construida. Es así como los autores Fernandes & Ciobanu (2017) recalcan el peligro que los baches y grietas generan en las calzadas, que en combinación con altas velocidades de tránsito pueden causar accidentes.

El factor que mide el nivel de impacto ambiental, social y económico de la infraestructura vial, puede ser determinado como lo manifiestan los autores Caro & Caicedo (2017) afirmando que la mejora de cobertura y calidad de las vías terciarias impulsa el desarrollo socioeconómico de zonas rurales y de poblaciones que se encuentren muy apartadas de las ciudades. Es por esta razón, que la autora Ospina (2016) afirma que de nada sirve tratar tramos pequeños de carreteras si se sabe que en poco tiempo se deteriora de nuevo, es más importante analizar tramos extensos donde se sabe que hay mucho flujo vehicular y a futuro estos tramos van a dar recompensa de la inversión dada inicialmente. Localmente en temas de investigación, se tiene lo citado por la autora Ramírez (2019) la cual recomienda que la malla vial debe estar lo menos colapsada para evitar el deterioro, desde que haya un buen diseño de pavimento estas no sufrirán diferentes patologías, visto que el peso de los vehículos causa daños a medida que pasa el tiempo. Debido a esto es necesario resaltar, por el lado de las inspecciones a nivel internacional, con los autores Varum et al. (2007) los cuales hacen un énfasis en la señalización y reductores de velocidad para las estructuras viales, ayudando a la movilización en estas zonas.

Además, un factor muy importante en la documentación investigada fue la tecnología de materiales de construcción de carreteras, como lo citado por los autores Coral & Caicedo (2003) dado que es importante que se conozcan todos los componentes del asfalto y como actúa frente a los diferentes fenómenos del entorno.

Es necesario resaltar, que el autor Oliveiro (2017) asegura que crear vías terciarias aumenta la productividad de las ciudades por las conexiones de una manera más cómoda y fácil, dichas rutas dejan transportar mercancías de una forma muy rápida y en grandes cantidades. Por ello, el autor Bacca (2015) asegura que los pavimentos tipo "huellas" sirven para las carreteras terciarias debido a que estas se encuentran en las veredas y hay muy poco flujo vehicular, lo cual permite a las personas de esas zonas desplazarse mucho más rápido y hacer activar la zona económica del sector. Al mismo tiempo, los autores Garcia et al. (2014) aclaran que los puentes son muy importantes para conectar regiones, aliviar la malla vial para que no haya tanto tráfico y entre más calzadas tenga, mucha mejor movilidad, velocidad y tiempo.

Los autores Zofka et al. (2017) recomiendan la implementación de mallas electrosoldadas en los pavimentos, porque hacen que este pavimento sea más resistente a agentes erosivos y a la naturaleza, por medio de estudios han podido llegar a la mezcla más adecuada para crear carpetas asfálticas con mayor refuerzo, que a futuro muestra una perduración de la vía mucho mayor a la de una vía normal. En ese mismo contexto los autores Thanh Nhat & Takahashi (2017) recomiendan que las mezclas asfálticas deben tener una buena proporción cuando está en caliente, de esto depende el tiempo de vida de las calzadas, si se tiene una mala relación en la mezcla puede crear surcos y grietas. Por ello, los autores Grazulyte et al. (2017) aseguran que hay que saber cómo controlar las mezclas del pavimento a diferentes alturas, presiones y climatología dado que el pavimento reacciona de forma diferente a cada ítem dicho anterior mente. Por ende, se recomienda hacer un buen estudio del sector donde se va a trabajar para dar un buen desempeño en la carretera que se vaya a construir.

Nacionalmente los autores Gomez & Giraldo (2019) afirman que el caucho es un material que hace un poco más flexible el pavimento lo cual ayuda para evitar surcos y grietas por los vehículos pesados, y por otro lado es bueno que los ingenieros innoven las mezclas del pavimento con materiales reutilizables para ayudar al medio ambiente. Bajo este esquema, los autores Castro & Crespo (2017) hacen pensar que los ingenieros deben encontrar materiales que no causen tanto impacto al medio ambiente puesto que al hacer las mezclas de los pavimentos se emite dióxido de carbono de tal modo que se contribuye al deterioro el planeta.

2. Materiales y métodos

Para la realización de este estudio cuantitativo se planteó una inspección de campo, determinando las patologías presentadas en el tramo a estudiar, basados en el Manual de Inspección Visual de Pavimentos Rígidos y Flexibles (INVIAS, 2006).

La investigación se realizó en la parte suroeste de la ciudad donde se presenta las características mostradas en la Tabla 1. La zona de estudio inicia en la entrada de la Avenida Sur hasta la avenida La Independencia por la entrada al Batallón San Mateo en los dos sentidos en el municipio de Pereira, Risaralda, Colombia. Como se puede ver en la Figura 1.

Tabla 1

Características de la vía

Característica	Longitud
Longitud de la vía	8.4 km
Ancho de vía	6.5m - 7.5m
Diámetro Glorieta	45 m

El tramo se encuentra delimitado por segmentos magentas (pavimento rígido) y segmentos cian (pavimento flexible). Coordenadas de la zona investigada en Tabla 2.

Tabla 2

Coordenadas del punto inicial y final del tramo.

Parámetro	Inicio	Final
Latitud	4°48'14.06''N	4°48'12.73''N
Longitud	75°41'44.13''O	75°41'45.51''O
Altura promedio	1377 m.s.n.m.	1377 m.s.n.m.

Figura 1

Localización tramo y puentes investigados (Fuente Google Earth)



Figura 2

Localización sectores compuestos de pavimento rígido y flexible (Fuente Google Earth)



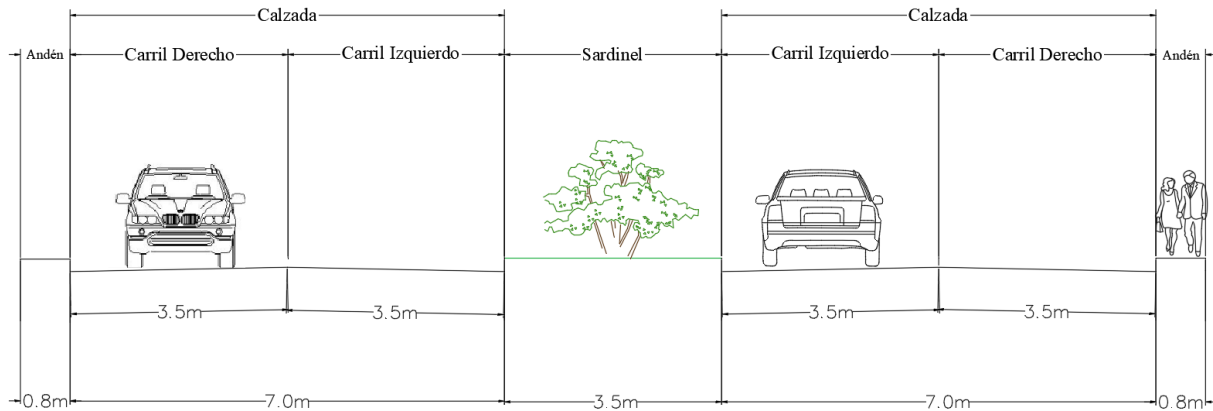
Tabla 3

Distribución de pavimentos.

Segmento	Tipo de pavimento	Longitud
Cian	Flexible	900 m
Magenta	Rígido	7300 m

Figura 3

Sección típica

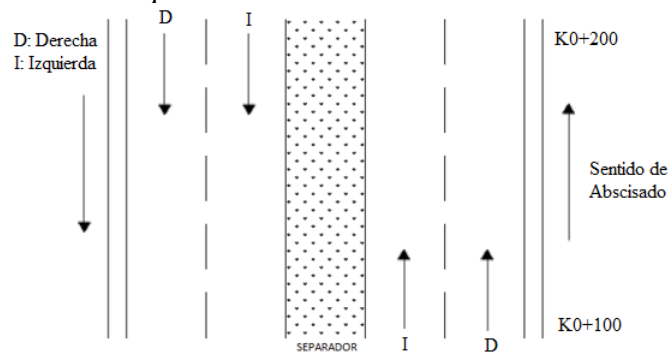


Se realiza la salida de campo en la cual se recolectan los datos de acuerdo con el manual de inspección visual de vías para pavimentos rígidos y flexibles. Los materiales que se utilizaron para hacer este proyecto fue odómetro, GPS, cámara fotográfica, internet, flexómetro. Se llevan a cabo 5 salidas de campo en la cual se recorrió aproximadamente 1.6km por salida, para un total de 8.4km, en la cual se tomaron todos los datos necesarios para hacer anexo de este proyecto, patologías, faltas de señalización, zonas que no cumplieran con las características mínimas que exige la norma del Instituto Nacional de Vías. Toda la información que se recolectó se anexó en una base de datos, la cual es proporcionada por el manual de Inspección Visual de Pavimentos Rígidos y Flexibles (INVIAS, 2006), denominado “Procesamiento de datos” para así obtener conclusiones, diferenciar todas las patologías encontradas y saber el estado de esta malla vial. En la investigación de campo se recolecta la información según la importancia del sector a investigar, el orden es, pavimento, puentes y señalización:

2.1. Pavimento: Se utiliza el formato para recolección de datos adoptado del Manual de Inspección de Pavimentos Rígidos y Flexibles, según el tipo, la información es tomada por tramos, cada uno de 100 metros hasta completar el total del tramo. El carril es de doble calzada en ambos sentidos, por lo que las patologías se pueden presentar en cualquiera de los dos, por lo tanto, se identifica el carril afectado con la siguiente sigla:

Figura 4

Identificación de carriles vista en planta



Se clasifica la patología según su severidad y daño, la clasificación de estos es proporcionada por el manual de Inspección Visual de Pavimentos Rígidos y Flexibles (INVIAS, 2006), para mejor análisis de cada patología se determinan de la siguiente manera:

- Severidad y tipo de patología, Ubicación y abscisa del daño, Área de afectación, Área total del tramo, Área total afectada del tramo, Porcentaje de afectación.

Luego del procesamiento de los datos, se procede a analizar estos mediante las gráficas que detallan el estado del sector inspeccionado, estas graficas proporcionan información de áreas, porcentajes, severidad de afectación y deterioros más recurrentes.

2.2. Puentes: a lo largo de la vía se inspeccionaron un total de cuatro puentes, los cuatro son puentes peatonales, se describen en la tabla 4.

Tabla 4
Información general de los puentes

Nombre del puente	Puente peatonal Universidad Católica (Puente 1)	Puente peatonal sector la Castellana (Puente 2)	Puente peatonal sector el Jardín (Puente 3)	Puente peatonal Deogracias Cardona (Puente 4)
Punto de referencia	K4+676	K5+160	K6+530	K7+485
Coordenadas geográficas	N 04°48'28" O 75°43'34.96"	N 4°48'26.27" O 75°43'21.16"	N 4°48'28.62" O 75°42'37.81"	N 4°48'22.58" O 5°42'11.74"
Clasificación longitudinal	02- Viga Continua	02- Viga Continua	02- Viga Continua	05- Pórtico tipo Howe
Clasificación transversal	01- Losa sobre vigas	01- Losa sobre vigas	01- Losa sobre vigas	01- Losa sobre vigas

La inspección de estos se hace en base en el Manual de Puentes y Pontones de INVIAS (2006), una vez recolectada la información de los daños y dimensiones de los elementos afectados, se determina el estado de cada uno de estos por medio de la Herramienta de Cuantificación de Puentes y Pontones de los autores Martínez & Sánchez (2021), esta herramienta permite determinar el porcentaje, puntos del puente que presentan mayor afectación y la condición según su rango como lo muestra la tabla 5.

Tabla 5*Rangos de grado de afectación*

Grado de afectación		Condición del puente	Recomendación
Rangos			
0%	10%	Sin deterioro	Se requiere mantenimiento a largo plazo
10.1%	40%	Deterioro bajo	Programar mantenimiento
41.1%	50%	Deterioro moderado	Se requiere mantenimiento a corto plazo
50.1%	90%	Deterioro medio-alto	Programar mantenimiento inmediato
90.1%	100%	Deterioro alto susceptible a colapso	Definir estado de alerta máxima-clausurar su uso

La Herramienta de Cuantificación de Puentes y Pontones de los autores Martínez, & Sánchez (2021), ayuda a determinar el rango de afectación del puente, para llegar a esta, es necesario realizar un análisis cuantitativo de las patologías que presente dicho puente, con la información recolectada en campo se procede a clasificarlas según su daño y su área de afectación, esto con el fin de hacer un análisis cuantitativo y mediante los gráficos arrojados, analizar y ubicar la estructura en su respectiva condición para finalmente dar una recomendación de esta.

2.3. Señalizaciones de tránsito: Inicialmente se realizó un inventario del total de señales encontradas, tanto verticales como horizontales, clasificándolas según su tipología como lo especifica el Manual de Señalización Vial 2015 (INVIA, 2015). Para mejor análisis, estas se clasifican en subgrupos de baja, media y alta severidad, según el deterioro que presenten, con la finalidad de obtener gráficos que proporcionen porcentajes de estado de señales, cantidad comprometida de estas y realizar las comparativas pertinentes.

3. Resultados y discusión

A partir del análisis de los datos recolectados se obtienen las gráficas para la discusión de resultados.

3.1. Tramo pavimento rígido

Al inspeccionar todo el trayecto se obtuvieron 84 tramos cada uno de 100m para un total de 8.4km de carretera, clasificando las patologías para cada tramo. A partir de esto se procede a graficar.

3.1.1. Porcentaje de las losas en pavimento rígido afectadas respecto al total de losas

Para efectos de mejor lectura e interpretación se procede a dividir las figuras de los porcentajes de losas afectadas respecto al total de losas de pavimento rígido en los tramos del 1 al 30, 31 al 60 y del tramo 60 al 84.

Figura 5

Porcentaje de losas afectadas respecto al total de losas en pavimento rígido, tramos 1 - 30

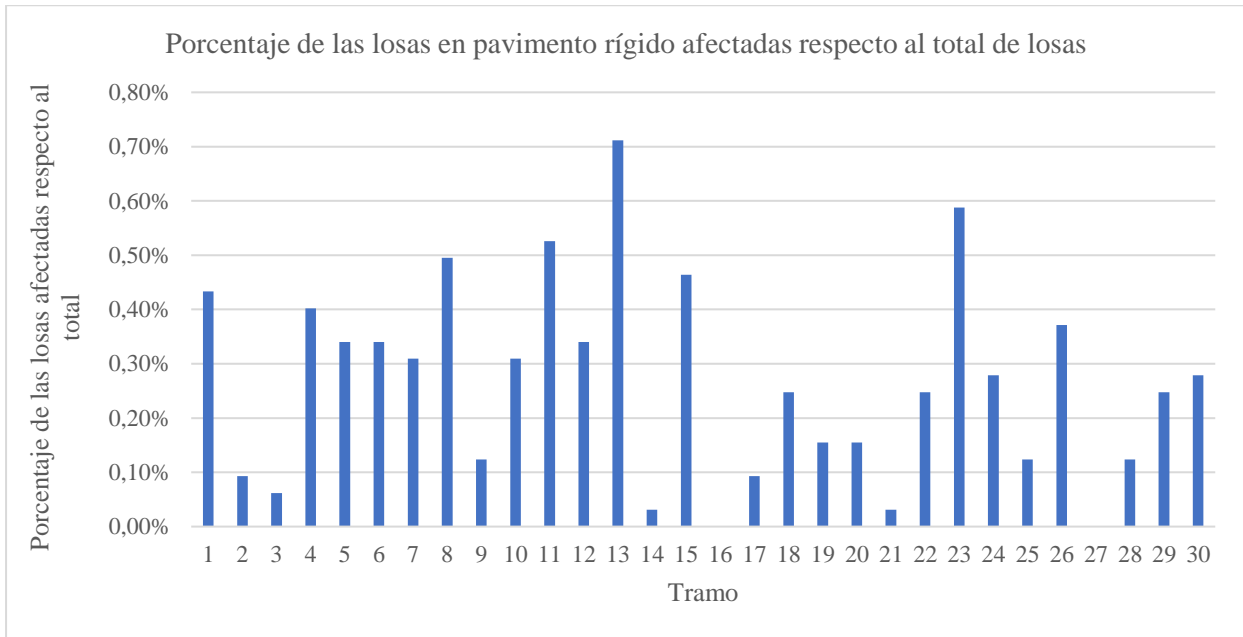


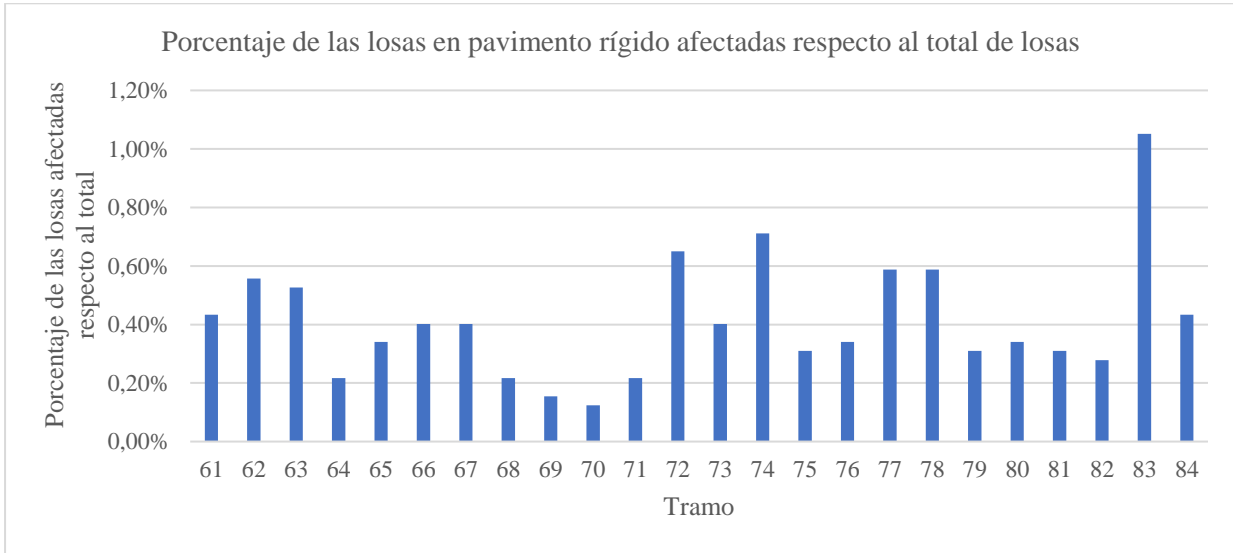
Figura 6

Porcentaje de losas afectadas respecto al total de losas en pavimento rígido, tramos 31 – 60



Figura 7

Porcentaje de losas afectadas respecto al total de losas en pavimento rígido, tramos 61 – 84



De las tres figuras, el tramo que presenta mayor cantidad de losas comprometidas es el 83 (K8+200 al K8+300), teniendo un porcentaje de afectación del 1,05% respecto al total de toda la carretera.

3.1.2. Daños por patología y severidad

Para efectos de mejor lectura e interpretación se procede a dividir las figuras de los daños por patología y severidad en los tramos del 1 al 40 y del 41 al 84.

Figura 8

Daños por patologías y por severidad en pavimento rígido, tramos 1 – 40

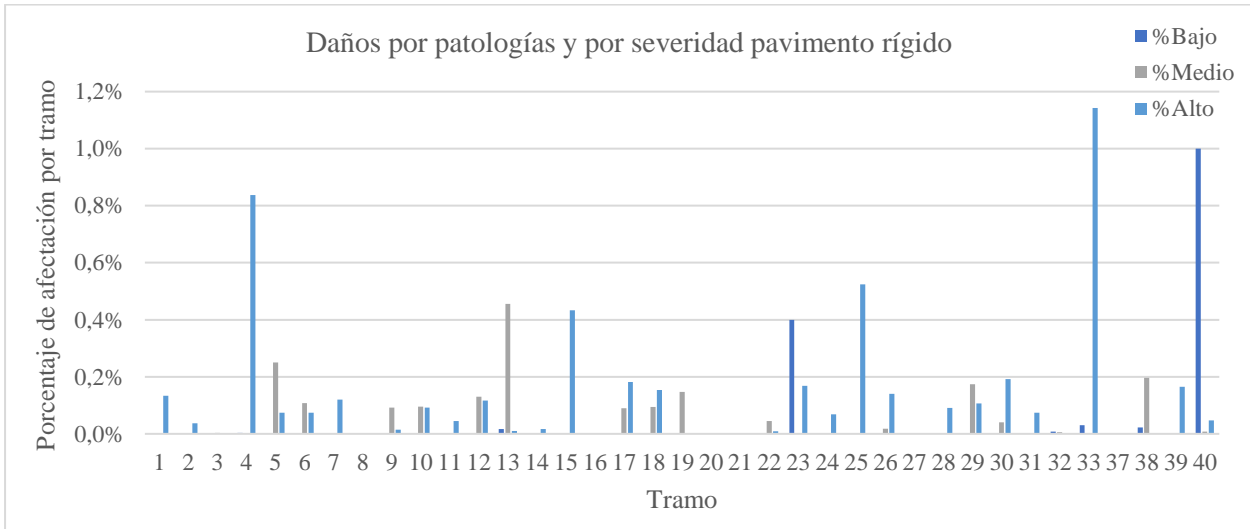
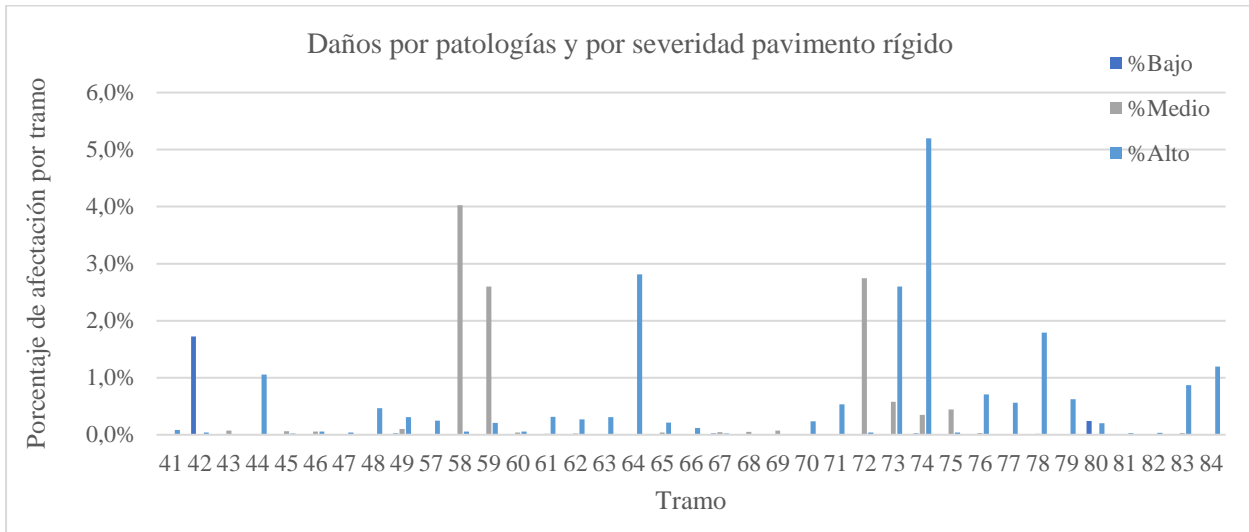


Figura 9

Daños por patologías y por severidad en pavimento rígido, tramos 41 – 84



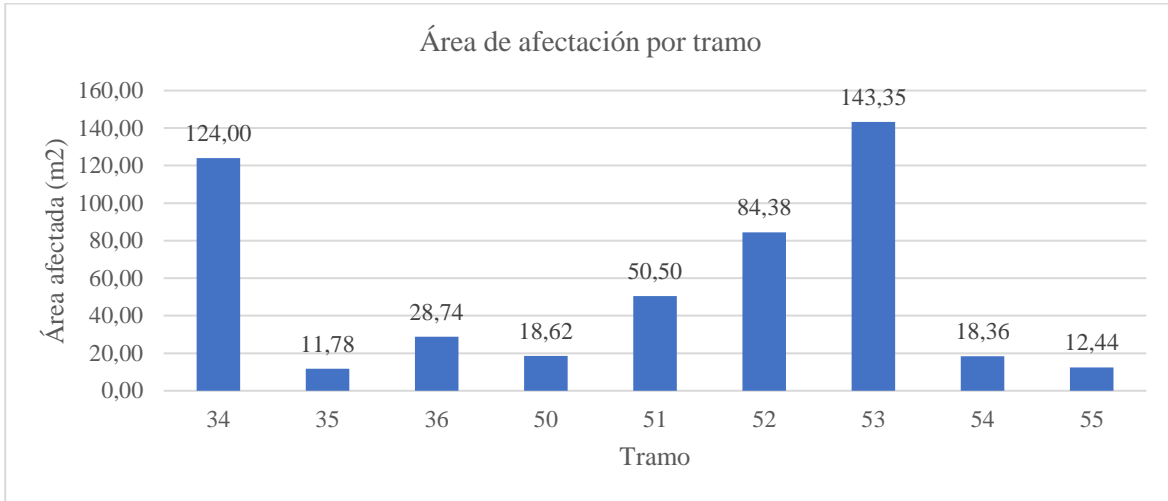
El pavimento rígido conforma un 89% de la totalidad del pavimento investigado. La grieta longitudinal es la patología más frecuente en la investigación hecha, debido a que esta tiende a formarse paralelo a la red de alcantarillado, en la calzada de forma transversal, encontrándose por lo general en el carril derecho de la carretera, dado a que la mayoría del tráfico se concentra en la parte derecha del carril.

Según lo visto en la figura 12 la parte con losas más involucradas respecto al total de losas es el correspondiente al tramo 83 (Km8+200 al Km8+300), esto no define que estos tramos sean los que tengan mayor daño por área, en vista de que este se encuentra afectado por grietas longitudinales de espesor entre 0.4 cm a 1 cm, mientras que, si se analiza la figura 8, la parte con mayor complicación por área es el tramo 74 (Km7+300 al Km7+400), teniendo una afectación del 5,2% sobre el total. Gráficamente se observa que la zona con mayor afectación se encuentra entre los tramos 72 al 74 (Km7+100 hasta Km7+400).

3.2. Tramo en pavimento flexible

Los tramos conformados por pavimento flexible se encuentran en el Km3+300 hasta Km3+600 y del Km 4+900 hasta el Km 5+500. Teniendo el tramo de pavimento flexible un total de 900 metros, es decir que de todo el tramo inspeccionado el pavimento flexible corresponde a un 11% del total del pavimento.

Figura 10
Área de afectación por tramo en pavimento flexible

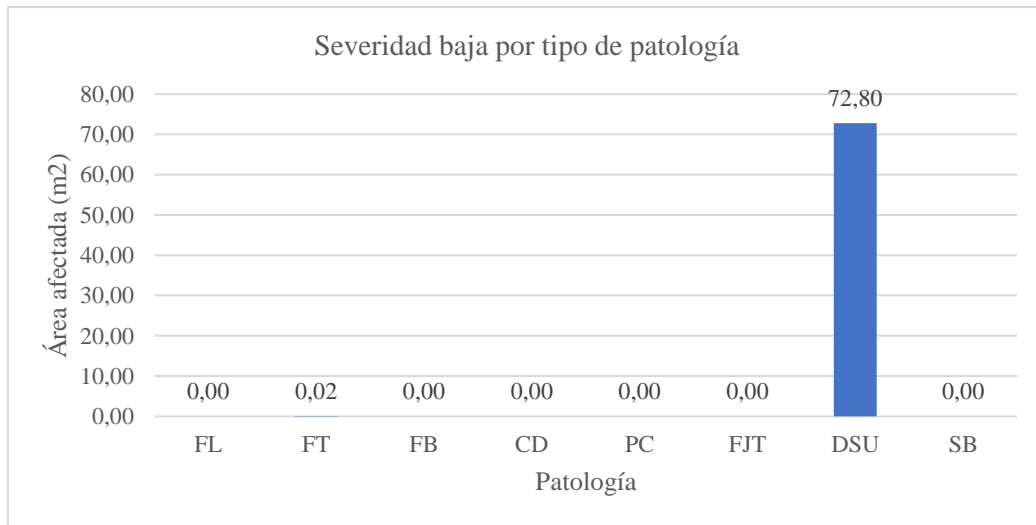


El tramo 53, correspondiente a la abscisa Km5+200 a Km5+300 es el que presenta mayor daño por área respecto a los demás tramos, presentando este en especial, la patología de fisuración en bloque con severidad alta.

3.2.1. Severidad por tipo de patología

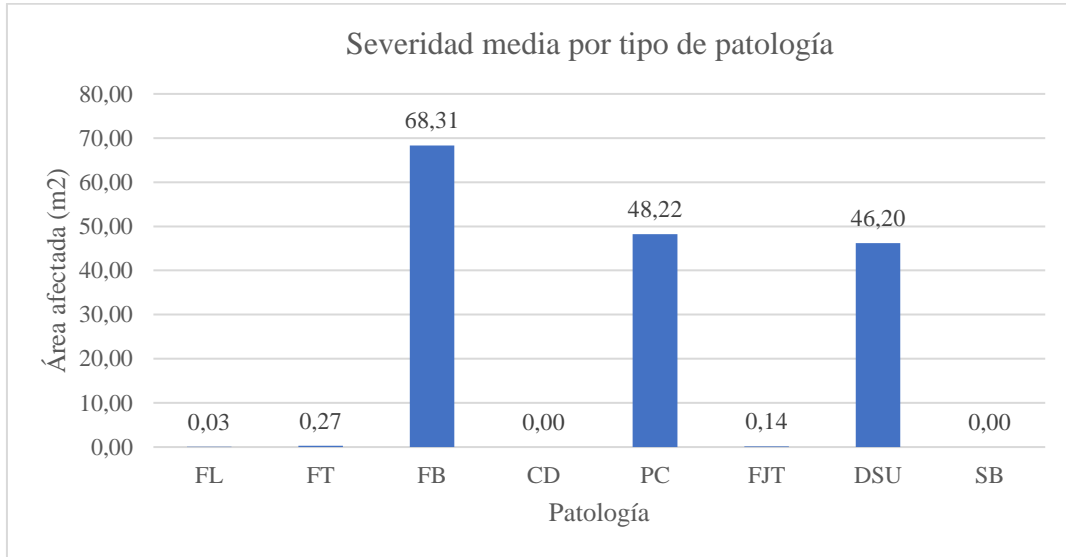
A medida que se clasificaron las patologías a lo largo del trayecto, también se iban clasificando según su nivel de afectación como lo establece el Manual de Inspección de INVIAS (2006), el cual las agrupa en severidad baja, media o alta. Para un mejor procesamiento de datos se obtienen las figuras 11, 12 y 13, con las patologías predominantes en cada severidad.

Figura 11
Severidad baja por tipo de patología



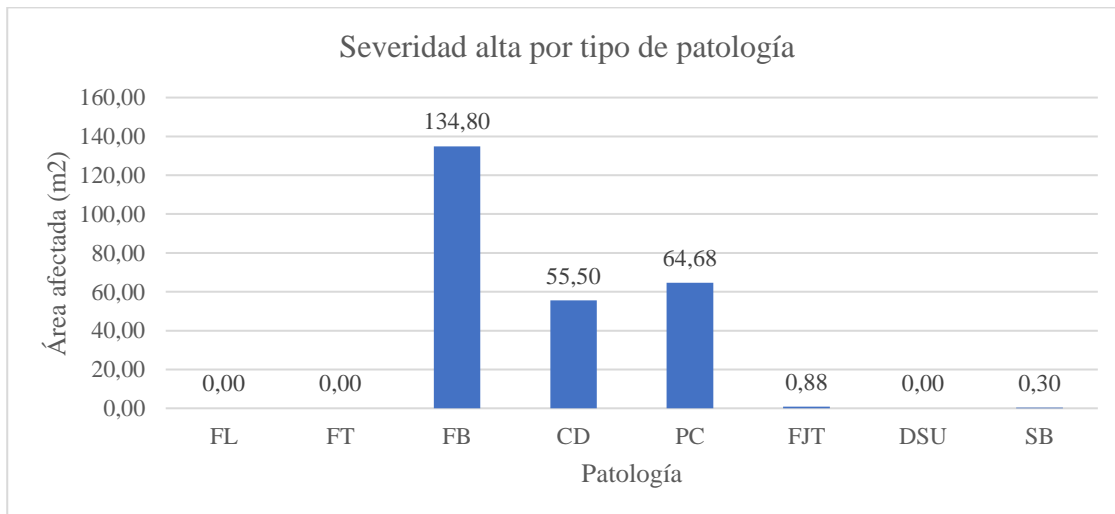
El desgaste superficial es la patología que predomina en severidad baja, comprometiendo un total de 72,8m² en la zona comprendida por pavimento flexible.

Figura 12
Severidad media por tipo de patología



La patología de fisura en bloque es la que predomina en la severidad media, comprometiendo un total de 68,3m² en la zona comprendida por pavimento flexible.

Figura 13
Severidad alta por tipo de patología



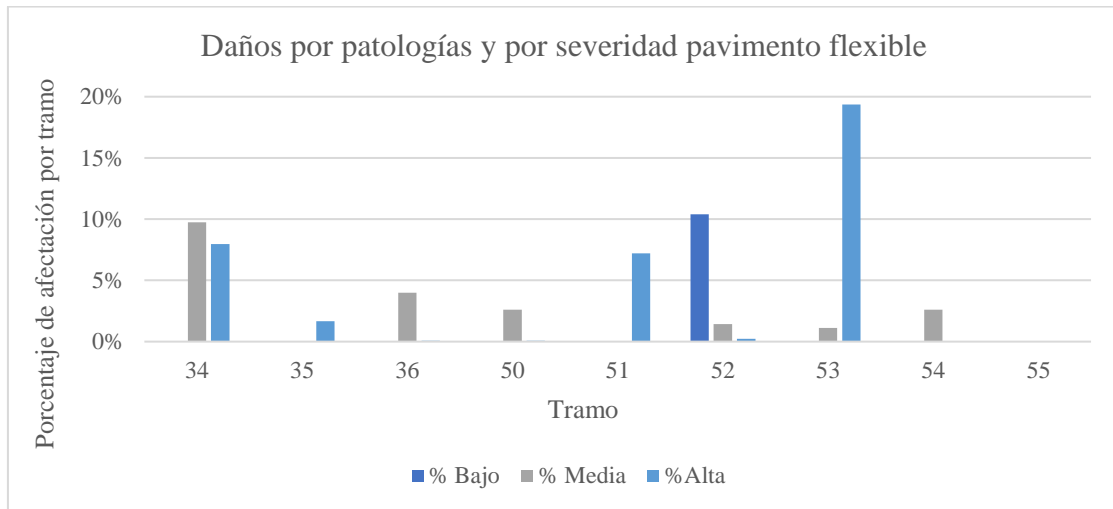
Se observa que la patología predominante es la fisura en bloque, se repite para severidad media y alta, siendo entonces la patología más frecuente en el total comprendido por pavimento flexible.

3.2.2. Daños por tramo y por severidad en pavimento flexible

En la figura 14 Se plasma la afectación de cada tramo con las tres severidades que establece la norma, teniendo así una mejor claridad sobre los tramos.

Figura 14

Daños por patología y por severidad en pavimento flexible



De la gráfica anterior se tiene que las patologías de fisuración en bloque y desgaste superficial, son las más recurrentes en los tramos encontrados. A su vez, el tramo 53 correspondiente a los Km5+200 a Km5+300 es el más perjudicado, presentando un 19% de afectación con severidad alta, respecto a la totalidad del pavimento flexible analizado.

3.3. Afectación en puentes

La zona investigada cuenta con cuatro puentes de tipo peatonal. Por medio de la Herramienta de Cuantificación de Puentes y Pontones de los autores Martínez, & Sánchez (2021), se procedió a cuantificar cada uno de estos para determinar su porcentaje de deterioro y así conocer que elementos presentan mayor afectación.

3.3.1. Puente peatonal Universidad Católica: Este primer puente se encuentra en la abscisa K4+676, correspondiente al tramo 47 con coordenadas geográficas N04°48'28" O75°43'34.96" y elevación de 1293 m.s.n.m., se encuentra ubicado en frente del supermercado PriceSmart con el fin de permitir el paso a las personas que salgan de la Universidad Católica a los paraderos de autobús (Figura 15), se categoriza como un puente con sección transversal de losa sobre viga en concreto tipo 01, compuesto por pilas de concreto que ayudan a soportar este. Se compone por una luz de 23.59m (sin luz de rampas), un ancho de 1.5m y un galibo de 4.5 metros

Figura 15
Puente peatonal Universidad Católica



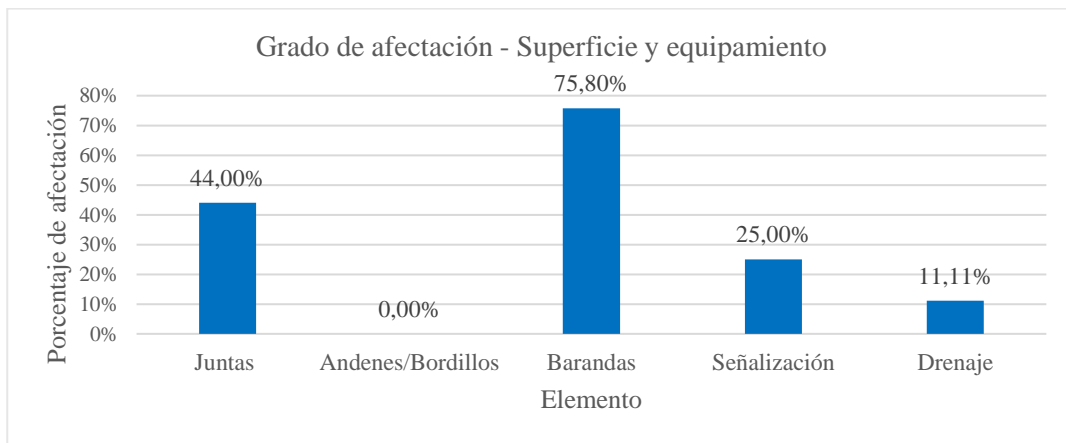
Superficie y equipamientos: El acceso y la superficie del puente está compuesta por concreto, las barandas son metálicas, presentan deterioro y oxidación en ambos costados. Cuenta con drenaje al costado izquierdo y ausencia de este en el costado derecho.

Subestructura: Las pilas y las vigas de concreto no presentan patologías.

Superestructura metálica: Toda la estructura es en concreto.

Acceso peatonal: Algunos peldaños de las escaleras presentan exposición del acero, en la entrada a la rampa del costado izquierdo se presenta fisura por retracción, además, presenta corrosión en sus barandas de acceso peatonal y una señal de tránsito presenta afectación por agentes externos.

Figura 16
Grado de afectación en superficie y equipamiento



Luego de la cuantificación se determina que la afectación total del puente corresponde a un 24%, ubicando este en una condición de deterioro bajo según lo expuesto en la tabla 5 de la metodología, teniendo en cuenta que el equipamiento de este es el que presenta afectación. La superestructura se encuentra en óptimas condiciones y su uso no expone a los transeúntes. Por lo

anterior expuesto se tiene que para los elementos como barandas y juntas se recomienda un mantenimiento a largo plazo.

3.3.2. Puente peatonal sector la Castellana: El segundo puente se encuentra en la abscisa K5+160, correspondiente al tramo 52 con coordenadas geográficas N4°48'26.27" O75°43'21.16" y elevación de 1307 m.s.n.m., se encuentra ubicado en frente del conjunto bosques de Santa Helena I y al otro extremo da con el conjunto la castellana, (Figura 17), se categoriza como un puente con sección transversal de losa sobre viga en concreto tipo 01, compuesto por pilas de concreto que ayudan a soportar la estructura. Se compone por una luz de 22.84m (sin luz de rampas), un ancho de 1.5m y un galibo de 4.5 metros.

Figura 17

Puente peatonal sector la castellana



Superficie y equipamientos: El acceso y la superficie del puente está compuesta por concreto, las barandas son metálicas, presentan deterioro en ambos costados. No cuenta con drenaje en ninguno de los costados. Los guardacantos presentan desgaste en la entrada y en la salida.

Subestructura: Las pilas y las vigas de concreto no presentan ninguna afectación.

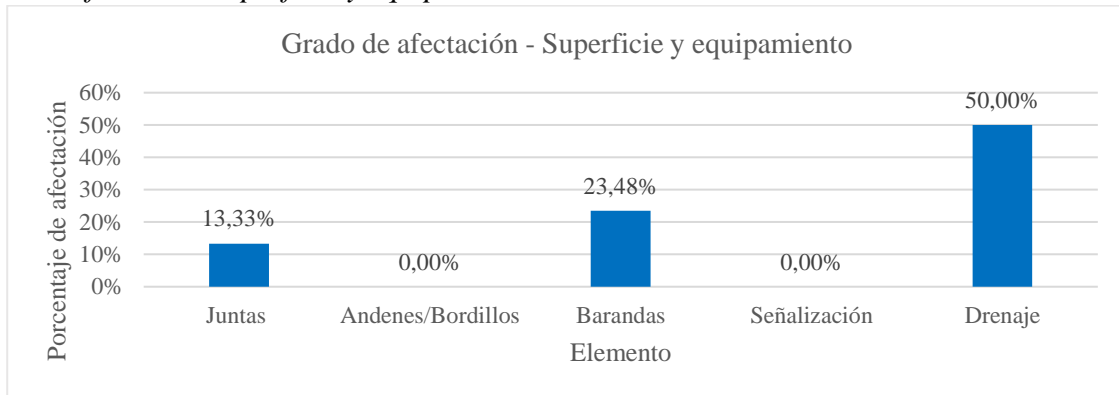
Superestructura metálica: Toda la estructura es en concreto.

Acceso peatonal: Algunos peldaños de las escaleras presentan exposición del acero, en la entrada a la rampa del costado izquierdo y en la entrada del costado derecho se presenta fisura por retracción, además, presenta corrosión baja en sus barandas.

El puente no cuenta con drenaje por lo que presenta una inclinación de diseño y por ende el agua escurre por gravedad, pero hay ausencia de este, presenta deterioro en barandas tanto de acceso como en la parte superior del puente. De la Herramienta de Cuantificación de Puentes y Pontones de los autores Martínez, & Sánchez (2021), se obtiene:

Figura 18

Grado de afectación superficie y equipamiento



Luego de la cuantificación de daños se determina que la afectación total del puente corresponde a un 21%, ubicando este en una condición de deterioro bajo según lo planteado en la tabla 5 de metodología, esto es debido a que las barandas presentan desgaste por deterioro, muy pronto presentara por oxidación debido a los agentes erosivos y a la falta de mantenimiento, el drenaje de este se da por gravedad, pero en la entrada del costado izquierdo presenta charcos de agua por falta de drenaje. Esto no afecta que el puente cumpla su función, sigue siendo seguro para los peatones que hagan uso de él, por lo anterior expuesto se tiene que para los elementos como barandas y sistema de drenaje se recomienda un mantenimiento a largo plazo.

3.3.3. Puente peatonal sector el Jardín: El tercer puente se encuentra en la abscisa K6+530, correspondiente al tramo 66 con coordenadas geográficas N4°48'28.62" O 75°42'37.81" y elevación de 1383 m.s.n.m., se encuentra ubicado en frente del conjunto la gran reserva (Figura 19), se categoriza como un puente con sección transversal de losa sobre viga en concreto tipo 01, compuesto por pilas de concreto que ayudan a soportar este. Se compone por una luz de 23.05m (sin luz de rampas), un ancho de 1.5m y un galibo de 4.5 metros.

Figura 19

Puente peatonal sector el Jardín



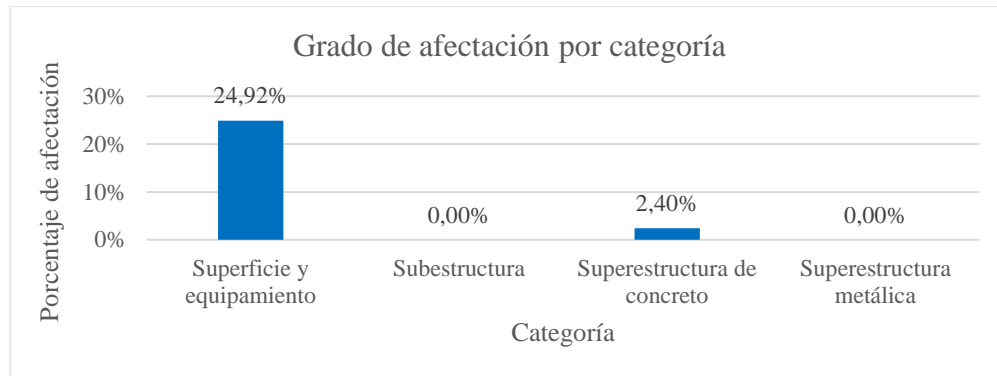
Superficie y equipamientos: El acceso y la superficie del puente está compuesta por concreto, las barandas son metálicas, presentan oxidación baja en ambos costados. Cuenta con drenaje en los costados, pero estos se encuentran obstruidos por vegetación y basura.

Subestructura: Las pilas de concreto no presentan ninguna patología, las vigas presentan exposición de acero en un costado.

Superestructura metálica: Toda la estructura es en concreto.

Acceso peatonal: Algunos peldaños de las escaleras presentan exposición del acero, además, presenta corrosión en sus barandas.

Figura 20
Grado de afectación por categoría



Luego de la cuantificación de daños se determina que la afectación total del puente corresponde a un 8,8% respecto al total, ubicando este en una condición sin deterioro, requiriendo mantenimiento a largo plazo según lo planteado en la tabla 5 de metodología. Solo presenta obstrucción en el drenaje y poca corrosión leve en las barandas de la parte superior. El acero expuesto en la superestructura de concreto es mínimo, no representa riesgo de uso para el transeúnte. Por lo anterior expuesto se tiene que para la categoría de superficie y equipamiento se recomienda mantenimiento a largo plazo.

3.3.4. Puente peatonal Deogracias Cardona: El cuarto puente se encuentra en la abscisa K7+485, correspondiente al tramo 75 con coordenadas geográficas N4°48'22.58" O75°42'11.74" y elevación de 1365 m.s.n.m., se encuentra ubicado al lado del colegio Deogracias Cardona (Figura 21), se categoriza como un puente de losa sobre vigas, apoyado en una estructuración longitudinal de pórtico tipo Howe, su estructura principal está compuesta por pilas de concreto que ayudan a soportarlo. Se compone por una luz de 75.3m (sin luz de rampas), un ancho de 1.2m y un galibo de 4.5 metros.

Figura 21
Puente peatonal Deogracias Cardona



Superficie y equipamientos: El acceso y la superficie del puente está compuesta por concreto, las barandas son metálicas, presentan deterioro leve en ambos costados. Cuenta con drenaje en los costados.

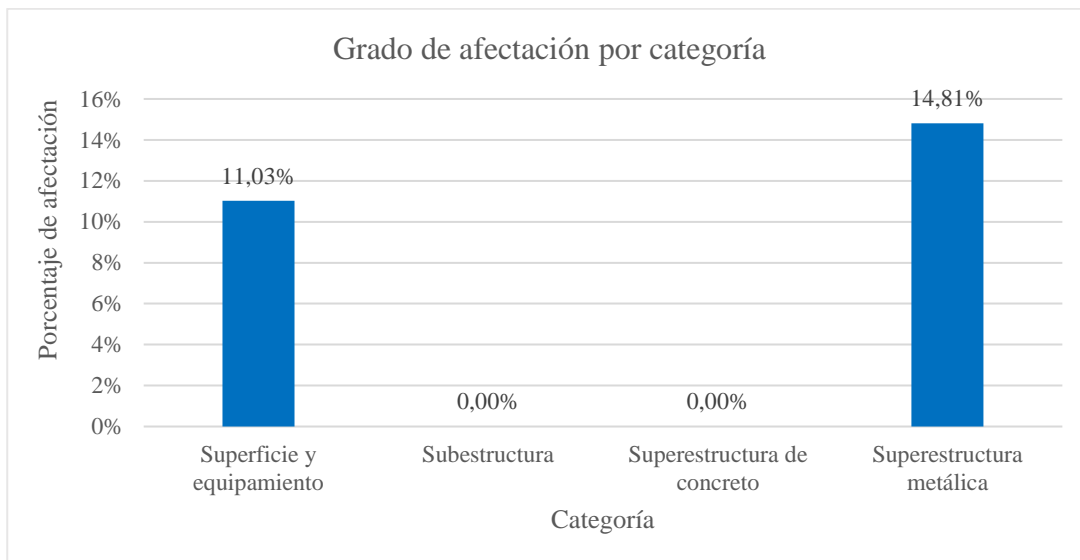
Subestructura: Las pilas, estribos y vigas de concreto no presentan ninguna patología.

Superestructura metálica: La armadura de soporte inferior es tipo Howe, en sus cordones inferiores presenta corrosión leve. Los arcos superiores presentan pintura deteriorada en algunas zonas.

Acceso peatonal: Algunos peldaños de las escaleras presentan exposición del acero, también presenta corrosión y deterioro en sus barandas de acceso.

Figura 22

Grado de afectación por categoría



A pesar de ser el puente más largo de los encontrados en el trayecto, este se encuentra en óptimas condiciones, luego de cuantificar los daños por medio de la herramienta cuantificadora se determina que el porcentaje de afectación total corresponde a un 13,7%, ubicando este en una condición de deterioro bajo, requiriendo mantenimiento a largo plazo según lo planteado en la tabla 5 de metodología. Las patologías principales son deterioro en barandas superiores, cordones en la superestructura metálica y corrosión en barandas de acceso, dado que son patologías comunes, estas no presentan riesgo al usuario, por lo anterior expuesto se determina que este puente es seguro y cumple su funcionalidad.

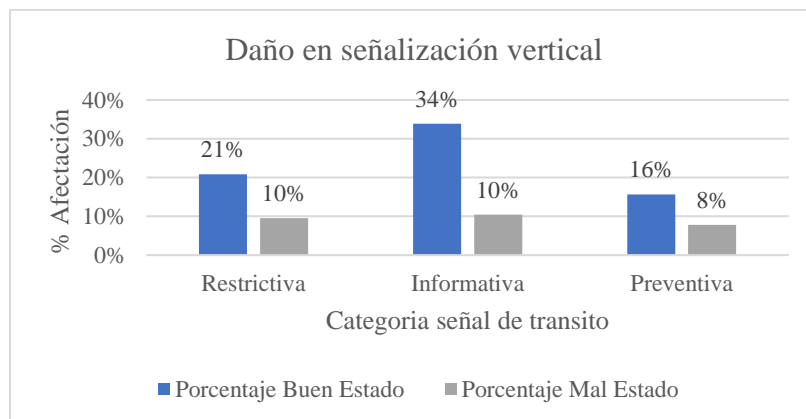
Tabla 6*Resumen de deterioro total de cada puente peatonal*

Nombre del puente	Puente peatonal Universidad Católica (Puente 1)	Puente peatonal sector la Castellana (Puente 2)	Puente peatonal sector el Jardín (Puente 3)	Puente peatonal Deogracias Cardona (Puente 4)
Grado de deterioro total	24%	21%	8,8%	13,7%
Categoría con mayor deterioro	Superficie y equipamiento	Superficie y equipamiento	Superficie y equipamiento	Superestructura metálica
Condición	Deterioro bajo	Deterioro bajo	Sin deterioro	Deterioro bajo
Recomendación	Programar Mantenimiento a largo plazo	Programar Mantenimiento a largo plazo	Mantenimiento a largo plazo	Programar Mantenimiento a largo plazo

3.4. Señales de tránsito

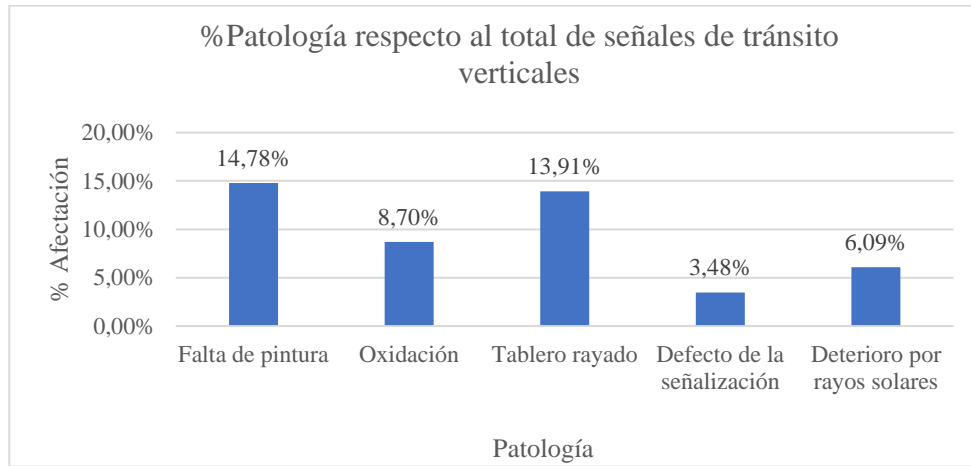
La cuantificación de los daños en las señales de tránsito verticales y horizontales se realizó con el objetivo de detectar daños presentes en el tramo investigado, ya que estas pueden generar confusión en los usuarios que hagan uso de este corredor vial, perjudicando así la movilidad, seguridad y comodidad.

3.4.1. Señal de tránsito vertical: El procesamiento de datos se muestra en la figura 23, el cual se divide en las tres categorías de señales encontradas a lo largo del trayecto, esta grafica muestra la afectación en porcentaje de cada tipo de señal, respecto al total de las señales verticales.

Figura 23*Afectación en señales de tránsito*

Las patologías que aparece con más recurrencia a lo largo del trayecto corresponden a falta de pintura siendo esta un 14,8% del total de señales, esto provoca que los usuarios presenten confusión al momento de interpretar una señal, agentes externos como el vandalismo también son muy recurrentes que se presentan en las señales, haciendo que los mensajes que transmiten las señales verticales no se lean de la mejor manera, para mejor interpretación de datos recolectados en campo se muestra la Figura 24.

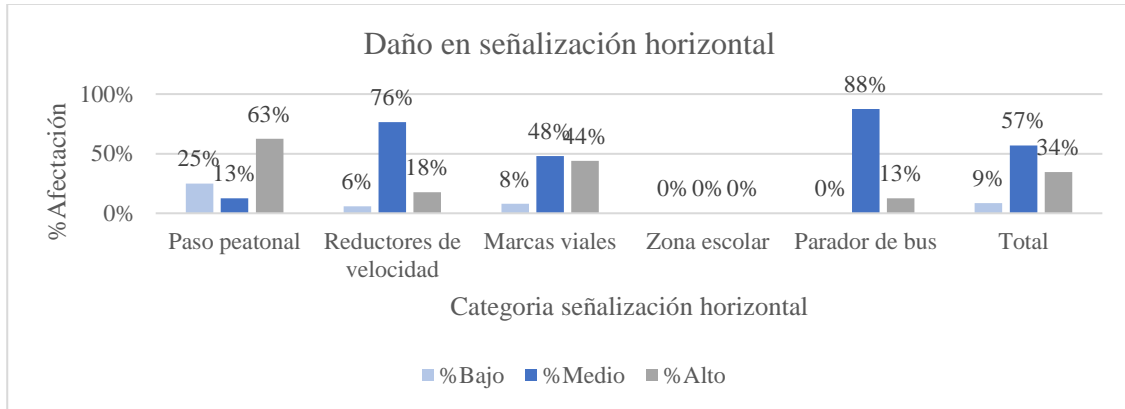
Figura 24
Patologías presentadas en señales de tránsito vertical



Luego de realizar la clasificación de las señales de tránsito según su categoría se puede determinar que la señal informativa es la que se encuentra más perjudicada, esta señal es de vital importancia para los usuarios de este corredor vial, aunque como se observa, el porcentaje de afectación es muy bajo con respecto a los porcentajes en buen estado. Teniendo entonces que la gran mayoría de señales verticales se encuentran en un buen estado y esto da como resultado una vía con buena señalización, proporcionando al usuario, seguridad y comodidad en la información mostrada a lo largo de la carretera.

3.4.2. Señal de tránsito horizontal: Las señales de tránsito horizontal para esta zona se dividen en las siguientes categorías, peatonales, marcas viales, paradores de bus y reductores de velocidad, la cuantificación se hace de la misma manera que para las señales verticales, tomando como base el Manual de Señalización Vial del Ministerio de Transporte, mediante la figura 25 se analizan los datos recolectados en campo:

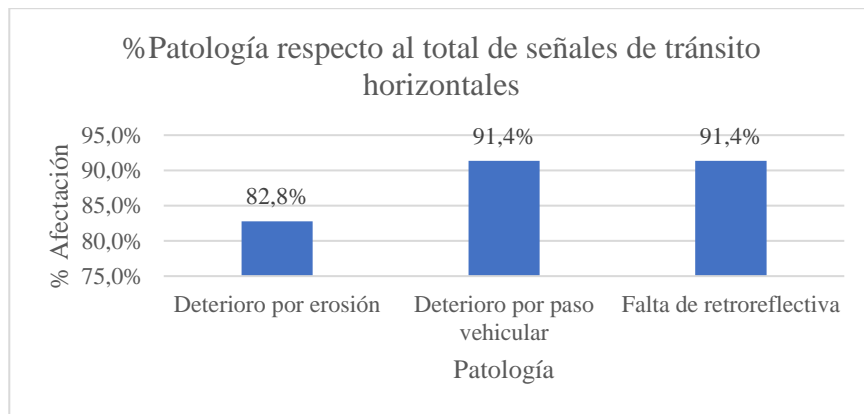
Figura 25
Daño en señalización horizontal



De lo anterior se tiene que el paso peatonal presenta la mayor afectación en severidad alta, de igual manera la señalización horizontal de los paraderos de bus se encuentra afectada en su totalidad siendo la severidad media la más predominante.

La señal más crítica sin duda alguna es la correspondiente a zona escolar, esto debido a que no se encontraron señales horizontales de zona escolar en la parte correspondiente al colegio Deogracias Cardona, representado esto un riesgo a los peatones que ingresen o salgan allí.

Figura 26
Patologías presentes en señalización horizontal



Después de realizar la cuantificación y clasificación de las señales de tránsito horizontales, mediante la figura 25 y figura 26, se obtiene que esta señalización no se encuentra en buen estado, dado que son señales que están expuestas a agentes erosivos diariamente, además del flujo vehicular que transita sobre estas, solo un 9% presenta afectación baja, el otro 91% se encuentra perjudicado en los rangos medio-alto, esto muestra la magnitud de daño en estas señales. La señal que se encuentra más comprometida corresponde a los pasos peatonales y reductores de velocidad, esto afecta en gran parte a los peatones, ya que los vehículos transitaran a altas velocidades en zonas de paso peatonal, generando riesgos.

4. Conclusiones

Luego de realizar la cuantificación y el procesamiento de datos al pavimento, puentes y señalizaciones correspondientes al tramo estudiado, de acuerdo a lo establecido por las metodologías que contemplan los manuales de inspección visual del Instituto Nacional de Vías, se puede determinar que de los 58800 m² correspondientes al área total investigado se tiene un área de afectación del pavimento rígido de 5726 m², mientras que el área de afectación del pavimento flexible es de 492,16 m², para finalmente tener un área total comprometida de 6218,16 m² correspondiente al 10,6% de área total del trayecto, la mayoría de deterioros se presenta en el carril derecho, presentando un 71% de las patologías encontradas en esta, debido a que la mayor parte del tráfico pesado suele transitar por este carril; a partir de análisis grafico presentado en el resultados y discusión se determinó que el tramo con mayor afectación de losas es el tramo 83 (Km8+200-Km8+300), el cual representa el 1,05% de daño respecto al total de tramos, sin embargo el tramo más perjudicado respecto a su área es el tramo 74 (Km7+300 al Km7+400), presentando un daño del 5,2%. La patología más frecuente en pavimento flexible es fisuración en bloque (FB), mientras que la más frecuente en pavimento rígido es grieta longitudinal (GL), esto se debe a lo planteado anteriormente dado que la mayoría de grietas van en el carril derecho, el cual suele concentrar la mayor parte del tráfico pesado, además, de acuerdo con el Manual de Inspección Visual de Pavimento Rígido de INVIAS, esta patología se presenta a menudo debido a que los vehículos provocan que las placas se flexionen por el peso que estos ejercen con los neumáticos, haciendo que la mayoría de grietas longitudinales se generen en el centro de la placa.

En cuanto a la inspección correspondiente a los cuatro puentes peatonales encontrados a lo largo del tramo investigado, se concluye por medio de la Herramienta de Cuantificación de Puentes y Pontones de los autores Martínez, & Sánchez (2021), que la afectación más recurrente se presenta en la superficie y equipamiento de estos, siendo la corrosión y el deterioro la patología que más daño genera. Las barandas de acceso peatonal, las barandas de paso superior y en el caso del puente peatonal Deogracias Cardona, se componen de estructuras metálicas que han perdido su capa de recubrimiento, el cual las protege ante agentes climáticos, provocando dichas patologías, además, ninguno de los cuatro puentes supera un grado de deterioro bajo, es decir no superan el rango de grado de afectación del 40%, siendo el puente peatonal de la Universidad Católica el que presenta mayor rango, arrojando un 24% de deterioro y solo en su equipamiento, mostrando que todas las superestructuras se mantienen en buen estado, de igual manera se recomienda para todos los puentes programar un mantenimiento a largo plazo.

El puente peatonal Deogracias Cardona es el único que se compone de una estructura diferente, este se conforma por losas sobre vigas apoyado sobre una armadura tipo Howe y sus cordones presentan corrosión leve debido a lo explicado anteriormente, pero en general el puente no presenta afectaciones graves en su superestructura. Los otros puentes se conforman por losa sobre vigas en concreto, tampoco presentan patologías en su superestructura, por ende, se concluye que su uso es seguro y no afecta al peatón ni a los vehículos que transitan por debajo de estos.

Según los resultados obtenidos con la cuantificación de deterioro referente a las señales de tránsito verticales, se pudo determinar que del total de señales, la señal restrictiva presenta un 21% en buen estado y un 10% en mal estado, la señal informativa presenta un 34% en buen estado y un

10% en mal estado, la señal preventiva presenta un 16% en buen estado y un 8% en mal estado, siendo esta última la que mayor daño presenta, de igual manera no es un porcentaje representativo, puesto que en total se obtiene que el 29% de las señales presentan afectación y el 71% de estas se encuentran en buen estado, esto da a entender que las señales verticales están cumpliendo su función proporcionando información y seguridad a los usuarios que transitan por este trayecto.

Por parte de las señales de tránsito horizontales se obtiene un resultado desfavorable, debido a que estas presentan un alto porcentaje de afectación en comparación a las señales verticales expuestas previamente. Se concluye que esto se da porque se encuentran sobre los carriles y por ende están expuestas a agentes erosivos, además de la abrasión vehicular. Este factor no ayuda a que se mantengan en buen estado, la única manera para tener dichas señalizaciones en buen estado es que se les realice un mantenimiento periódico a corto plazo, lo cual es recomendado para que así perduren por mucho más tiempo, la categoría de señales que se ve más comprometida corresponde a las de paso peatonal, ubicadas cerca a zonas escolares, cadena de supermercados y cruces residenciales, esto genera que los vehículos que transitan por esta zona, no tengan en buena visión en horas de la noche, ya que no son muy visibles y además la pintura no cumple con su función de reflectividad dado al desgaste, esto en consecuencia hace que los peatones se vean en un riesgo al momento de cruzar esta importante carretera.

Cabe aclarar que no se encontró señalización horizontal en la zona escolar del Deogracias Cardona, provocando esto un alto riesgo a los peatones en la zona del colegio.

Se considera que el tramo se encuentra en buenas condiciones, es un corredor vial de gran importancia para la ciudad, además en todo su trayecto solo presenta dos semáforos, convirtiéndola en una vía principal de alto flujo vehicular, por lo anterior planteado es acertado que este se encuentre en buenas condiciones, presentando una buena señalización de tránsito y pocas patologías de gran afectación o que pongan en riesgo el tránsito, además, es seguro y adecuado para el uso de peatones, cumpliendo así con su finalidad.

Referencias

- Agudelo, P., Cruz, S., & Gomez, V. (2015). Inspección de la infraestructura vial de la calle 21 desde la carrera 3ª hasta la carrera 21bis de la ciudad de Pereira. Pereira: Universidad libre seccional Pereira, facultad de ingeniería.
- Alarcon, A., & Restrepo, L. M. (2019). Inspección visual de tramos de vía en el límite de villa del Prado con el barrio el Dorado, hasta la intersección de la avenida del poblado 1 con la avenida sur, de la ciudad de Pereira, Risaralda. Pereira: Universidad libre seccional Pereira facultad de ingeniería.
- Alvarez, F., & Franco, M. (2018). Pasantía internacional universidad nacional autónoma de México-2017 diagnóstico patológico del puente peatonal del barrio las Vegas de la ciudad de Dosquebradas. Pereira: Universidad libre seccional Pereira facultad de ingeniería.
- Andrade, D., Hernandez, K., & Salomon, M. (2020). Revisión de las metodologías de evaluación y tipos de rehabilitación de las patologías presentes en pavimentos flexibles. Bogotá D.C.: Facultad de Ingenierías, Universidad Cooperativa de Colombia.
- Arango, J., Berrio, J., Miranda, L., Valbuena, J., Garcia, S., & Cañola, H. (2020). Metodología para el diagnóstico de patologías en pavimentos rígidos. Caso de estudio: tramo entre estación Hospital - San Pedro, Metroplús de Medellín. Cuaderno Activa, 12, 13-29.
- Arias Diaz, G., & Ramirez Cuello, J. (2018). Patología del pavimento de la calle 35 / av. Catama hasta el

- punto de intersección de la carrera 32 con calle 38 del municipio de Villavicencio – Meta. Villavicencio: Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomás.
- Bacca, H. (2015). Seguimiento a la aplicabilidad del diseño de placa huella sugerido por el INVIAS para vías terciarias. Bogotá D.C.: Universidad Militar Nueva Granada.
- Caro, S., & Caicedo, B. (2017). Tecnologías para Vías Terciarias: Perspectivas y Experiencias desde la Academia. *Revista de ingeniería*, 45, 12-21.
- Caro, S., Coral, L., & Caicedo, B. (2003). Modelación del ahuellamiento en mezclas asfálticas de pavimentos. Bogotá D.C.: Universidad de los Andes.
- Carrion Rincon, A., & Ramirez Cardona, E. (2019). Diagnóstico para el mejoramiento de la vía terciaria, que comunica la vereda puente piedra y el municipio de Madrid, Cundinamarca. Bogotá D.C.: Universidad Católica De Colombia Facultad De Ingeniería.
- Castro, C., & Crespo, D. (2017). Análisis de los métodos de reciclaje en caliente y frío aplicados a concreto asfáltico, para la utilización en carpeta de rodadura en vías terciarias entre los años 2011-2017 en Colombia. Santa Marta: Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Cooperativa de Colombia.
- Chuang, T.-Y., Perng, N.-H., & Han, J.-Y. (12 de Junio de 2019). Pavement performance monitoring and anomaly recognition based on. *Automation in Construction*, 106-117. doi:10.1016/j.autcon.2019.102882
- Daza, D., Rios, J. J., & Zapata, J. S. (2016). Diagnostico visual del estado actual de los pavimentos comprendidos entre las carreras 3 a 6 y calles 30 a 40 de la ciudad de Pereira. Pereira: Universidad Libre Seccional Pereira Facultad De Ingenierías.
- Fernandes, K., & Ciobanu, L. (2017). Pavement pathologies classification using graph-based features. Porto: ICIP.
- Gallego, J. D., & Marin, K. (2019). Inspección Visual De Tramos De Via En El Sector De Belmonte, Ubicados Entre Las Calles Noventa Y Siete, Noventa Y Ocho ,Y Noventa Y Nueve, Con Carreras Quince, Dieciseis Y Dieciocho, De La Ciudad De Pereira, Risaralda. Pereira: Universidad Libre Seccional Pereira Facultad de Ingeniería.
- Garcia Giraldo, J., Ospina Giraldo, J., & Graciano Gomez, E. (2014). La infraestructura de puentes en las vías secundarias del Departamento de Antioquia. *EIA*, 11(22), 119-131. doi:10.14508/reia.2014.11.22.119-131
- Garcia, R., & Silva, A. (2018). Análisis comparativo de metodologías de evaluación vizir y pci (parte b), aplicado a la estructura de pavimento de una vía urbana, en el barrio Chicó Norte (localidad Chapinero). Bogotá D.C.: Universidad Militar Nueva Granada Facultad de Ingeniería.
- Gonzales, Y., & Restrepo, S. (2017). Inspección visual del tramo de via ubicado en la carrera 9 desde la calle 13 hasta la calle 38 de la ciudad de Pereira, Risaralda. Pereira: Universidad Libre Seccional Pereira Facultad de Ingenierías.
- Grazulyte, J., Vaitkus, A., Andrejevas, V., & Gribulis, G. (2017). Methods and criteria for evaluation of asphalt mixture resistance to low temperature cracking. *The Baltic Journal Of Road And Bridge Engineering*, 12(2), 135-144.
- Higuera Sandoval, O., & Pachecho Merchan, F. (2010). Patología de pavimentos articulados. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 9, 75-94.
- INVIAS. (1 de Octubre de 2006). Manual para la inspección visual de puentes y pontones. Obtenido de invias.gov.co: www.invias.gov.co
- INVIAS. (1 de Octubre de 2006b). Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos . Obtenido de [invias.gov](http://invias.gov.co): <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/manuales-de-inspeccion-de-obras/664-manual-para-la-inspeccion-visual-de-pavimentos-rigidos>
- INVIAS. (2013, Enero 7). Instituto Nacional de Vias. Retrieved from *Glosario de Manual de diseño geométrico de carreteras*: <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/42-servicios-de-informacion-al-ciudadano/glosario#:~:text=Ello%20se%20consigue%20interceptando%20los,materiales%20apropiados%20y%20adecuadamente%20compactados>.
- INVIAS. (1 de Octubre de 2015). Manual de señalización vial dispositivos uniformes para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorutas de Colombia. Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia.
- INVIAS. (1 de Octubre de 2006a). Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles. Obtenido de Instituto Nacional de Vias: http://www.invias.gov.co/index.php/historico-cartelera-virtual/doc_download/974-manual-para-la-inspeccion-visual-de-pavimentos-flexibles
- Lubo Gomez, A., & Martinez Giraldo, A. (2019). Asfaltos modificados con cauchos en vías primarias en las ciudades Santa Marta, Barranquilla y Bogotá como alternativa de mejoramiento de la capa de rodadura de los pavimentos flexibles entre los años 2012-2019. Santa Marta: Facultad De

- Ingeniería Civil. Universidad Cooperativa De Colombia.
- Macea-Mercado, L., Morales, L., & Marquez-Diaz, L. (2016). Un sistema de gestión de pavimentos basado en nuevas tecnologías. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 16, 223-235.
- Madrigal Mejia, A., Torres, S., Guzman Luna, J., & Torres, I. (2020). Mantenimiento y reparación de vías usando un sistema. *Revista Politecnica*(32), 87-95.
- Martinez Aguirre, J. J., & Sanchez Betancur, J. I. (2021). Herramienta de cuantificación de puentes y pontones. Pereira: Universidad Libre.
- Medina, R., Zalama, E., & Gómez García Bermejo, J. (2010). Automated visual inspection of road surface. *ISARC*, 10-20.
- Miyamoto, A. (31 de Julio de 2013). Development of a Remote Collaborative Visual Inspection System. *Key Engineering Materials*, 569-570, 135-142. doi:10.4028/www.scientific.net/KEM.569-570.135
- Oliveiro Martinez, E. (2017). Esquema de mantenimiento y mejoramiento en vías terciarias: Colombia responde. *Revista de Ingeniería*(45), 55-57.
- Orrego, A., & Buitrago, B. (2018). Patología y diagnóstico en puente de concreto que comunica los barrios Pedregales y Parque Industrial de la ciudad de Pereira. Pereira: Universidad Libre de Pereira Facultad de Ingeniería.
- Ospina Ovalle, G. (2016). El papel de las vías secundarias y los caminos vecinales en el desarrollo de Colombia. *Revista de ingeniería*, 44, 20-27.
- Ospino Carbonell, R., Tinoco Bueno, C., & Crespo Tovar, D. (2017). Análisis de daño por causa del envejecimiento y auscultación en estructuras de pavimentos flexibles en las ciudades de Santa marta y Barranquilla entre los años 2012-2017. Santa marta: Facultad de Ingeniería, Universidad Cooperativa de Colombia.
- Pacheco Márquez, M., & Crespo Tovar, D. (2018). Análisis comparativo de los efectos patológicos generados por la variabilidad del tráfico y clima en pavimento flexible de las ciudades de Santa Marta D.T.C.H y Bogotá D.C entre los años 2010-2018. Santa Marta: Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Cooperativa de Colombia.
- Pineda Jaimes, J., Murillo Feo, C., & Colmenares, J. (2015). Caracterización de patologías asociadas a la acción de especies vegetales en una vía del occidente de la sabana de Bogotá. *Epsilon*(25), 39-68.
- Ramirez Trujillo, M. (2019). Aproximación a un modelo de programación no lineal para la asignación de tráfico en la ciudad de Pereira. Pereira: Universidad Libre Facultad de Ingeniería Civil.
- Salcedo, M. C., Grisales, J. D., & Perez, J. C. (2016). Inspección visual de la carrera 5 desde la calle 27 hasta la calle 14 en la ciudad de Pereira en el año 2016. Pereira: Universidad Libre Seccional Pereira Facultad de Ingenierías.
- Takahashi, T., & Sekine, D. E. (Agosto de 2011). Evaluation of Factors Contributing to Deterioration of Track-slab in Cold Areas. *QR of RTRI*, 52, 149-156.
- Tarrago-Garay, N., Royo-Abancens, F. J., & Torreira-de-la-Hera, I. (2020). Vulnerabilidad de las infraestructuras frente a eventos climáticos. Inundación de carreteras. *Tecnología de la construcción*, 95, 661-667.
- Tello-Cifuentes, L., Aguirre-Sánchez, M., Díaz-Paz, J., & Hernández, F. (2021). Evaluación de daños en pavimento flexible usando fotogrametría terrestre y redes. *Tecnologías*, 24, 50-65.
- Thanh Nhat, T., & Takahashi, O. (2017). Investigation on indices of workability and rutting resistance for wearing course mixtures. *The Baltic Journal Of Road And Bridge Engineering*, 12(1), 30-37. doi:10.3846/bjrbe.2017.04
- Varum, H., Fernandes, C., Nunes, C., & Santos, J. (2007). Common pathologies in RC bridge structures: A statical analysis. Aveiro: *Electronic Journal of Structural Engineering*.
- Yelena Hernandez, A. (2015). Caracterización patológica de los pavimentos en las rutas de buses y vías principales de Ibagué. Ibagué: Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia. doi:10.16925/greylit.1145
- Zofka, A., Maliszewski, M., Zofka, E., Paliukaite, M., & Zalimiene, L. (2017). Geo grid reinforcement of asphalt pavements. *The Baltic Journal Of Road And Bridge Engineering*, 12(3), 181-186. doi:10.3846/bjrbe.2017.22