

**ACERCAMIENTO A LA GESTIÓN DE CARRETERAS EN COLOMBIA:
RETOS PARA EL DESARROLLO**

SIGIFREDO GONZALEZ TORRES

Ensayo presentado como requerimiento para obtener
el título de Ingeniero Civil

Tutor
In. Civil GUILLERMO ANDRÉS CORTÉS C.
CATEDRÁTICO

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
Bogotá, Colombia
Año 2021

ACERCAMIENTO A LA GESTIÓN DE CARRETERAS EN COLOMBIA:

RETOS PARA EL DESARROLLO

Resumen: En este ensayo se realiza un análisis de los avances en materia de Sistemas de Gestión de Carreteras en Colombia a partir de un rastreo bibliográfico de fuentes como tesis de pregrado, posgrado, artículos de investigación, publicaciones de entes gubernamentales, entre otros, que permitan plantear el panorama actual de este tema en el país y las posibilidades de la implementación de nuevas tecnologías, teniendo presente ejemplos de su aplicación en países como España, Salvador y Estados Unidos, para proponer retos que permitan mejorar el desarrollo de esta actividad y su importancia en la competitividad y desarrollo económico del país. Se parte de la idea de que, en la era digital, son cada vez más los avances tecnológicos que propician el avance de nuevas tecnologías brindando solución a dificultades que se dan en las vías. Ante esta premisa se puede afirmar que, los Sistemas de Gestión de Carreteras contribuyen al desarrollo económico del país, teniendo en cuenta ejecución tecnológica para favorecer la construcción, la funcionalidad y el diagnóstico de la vía en condiciones diversas de tiempo y lugar.

Palabras Claves: Sistema, Carreteras, Pavimentos, tecnológicos, infraestructura, vial.

Abstract: In this essay an analysis of the advances in the field of Highway Management Systems in Colombia is carried out based on a bibliographic search of sources such as undergraduate and graduate theses, research articles, publications of government entities, among others, that allow to raise the current panorama of this issue in the country and the possibilities of the implementation of new technologies, bearing in mind examples of its application in countries such as Spain, Salvador and the United States, to propose challenges that allow improving the development of

this activity and its importance in the competitiveness and economic development of the country. It starts from the idea that, in the digital age, there are more and more technological advances that promote the advancement of new technologies, providing solutions to difficulties that occur on the roads. Given this premise, it can be affirmed that Highway Management Systems are not indifferent to this because it is likely to implement technologies that favor the construction, diagnosis and functionality of roads.

Keywords: Management, System, Pavements, Technological, infrastructure, administrators.

1. Introducción

La competitividad económica de un país está determinada por la infraestructura, el crecimiento productivo y el sistema logístico. Rozas y Sánchez (2004), en un documento para la CEPAL, plantean que “la adecuada disponibilidad de obras de infraestructura, así como la prestación eficiente de servicios conexos, contribuyen a que un país o región pueda desarrollar ventajas competitivas y alcanzar un mayor grado de especialización productiva” (p. 8), esto relacionado con la mejoría en las carreteras, pues pueden tener como consecuencia una disminución en los sobrecostos que conlleva el deterioro de la infraestructura, que puede oscilar entre el 1 y el 3% sobre el Producto Interno Bruto (Macea, Morales y Márquez, 2016).

En este ensayo se aborda el factor de la infraestructura, específicamente de carreteras, la cual debe tener una óptima estado de operatividad para incidir efectivamente en el progreso económico de un país (Flintsch, 2019). En Colombia, si bien ha habido avances considerables de mejoría en la infraestructura de las carreteras, que está a cargo de las entidades públicas, como INVIAS, y donde también se realizan asociaciones público-privadas con empresas privadas, existen dificultades, sobre todo de desarrollo a nivel de cobertura en el territorio y el

mantenimiento de las carreteras existentes. Las entidades gubernamentales tienen la obligación de contar con instrumentos necesarios para ofrecer a la población una malla vial estable, conveniente y asequible. Por lo tanto, cabe indagar sobre las metodologías que tiene el país, donde existan informes que nos sirvan para poder implementar las técnicas metodológicas, que sean de calidad, estén disponibles y sean pertinentes para los proyectos que los necesiten, como aplicación de carreteras, pavimentación y nuevos corredores viales entre otros.

Si se hace referencia al cuidado y mantenimiento de las carreteras, se debe retomar los sistemas de gestión de pavimentos, los cuales son cruciales para proporcionar suministro de información y evaluación para hacer más segura, eficiente, cómoda y duradera la superficie de conducción para vehículos, tanto de carga como de pasajeros. Las estrategias de mantenimiento del pavimento son cruciales para prolongar su existencia, teniendo en cuenta que las carreteras por su uso van perdiendo su resistencia debido a la circulación de los vehículos y a los cambios climáticos que afectan la naturaleza. “El objeto de la administración de pavimentos es la preservación de la inversión inicial mediante la aplicación oportuna de tratamientos adecuados de mantenimiento y rehabilitación para prolongar la vida del pavimento” (Ríos y Martínez, 2019, p. 2).

Este ensayo pretende realizar un análisis de los avances en materia de Sistemas de Gestión de Carreteras “SGC” en Colombia a partir de un rastreo bibliográfico de fuentes como tesis de pregrado, posgrado, artículos de investigación, publicaciones de entes gubernamentales, entre otros, que permitan plantear el panorama actual de este tema en el país. Partiendo de la idea de que, en la era digital, son cada vez más los avances tecnológicos que nos brindan conocimientos con el fin de establecer normas y poder tener a la mano un procedimiento con el cual se solucione efectivamente los contratiempos que se presenten en las vías.

Se realiza la revisión de fuentes secundarias, realizando una exploración del recurso disponible medio digital. La disposición de investigación para encontrar los temas relevantes se toma teniendo en cuenta las bases de datos en línea. Haciendo énfasis en fuentes como artículos de revistas de investigación, trabajos de grado, de pregrado y posgrado, publicaciones en páginas oficiales gubernamentales, universidades y organizaciones, documentos gubernamentales, y demás material que aporte a plantear la situación de los SGC en Colombia. Por otro lado, se tendrá en cuenta escritos sobre la experiencia de la implementación de nuevas tecnologías aplicadas a los sistemas de Gestión de Carreteras en algunos países como España, Salvador y Estados Unidos, de dónde son los documentos consultados, y que puedan ser ejemplo para el desarrollo de esta tecnología en el país.

De esta manera se plantea como objetivo general del escrito: *Analizar los avances de los Sistemas de Gestión de Carreteras en Colombia desde el año 2010 hasta la actualidad, en clave del desarrollo del país en la región.* Este se desarrolla realizando una revisión de ejemplos de los mas recientes conjuntos de técnicas que se puedan aplicar al SGC y explorando de forma breve los Sistemas de Gestión de Carreteras en Colombia desde el año 2010 hasta la actualidad, a partir de un rastreo bibliográfico.

2. La Gestión de Carreteras

La infraestructura vial cumple un papel importante en la dinámica del desarrollo económico de cualquier país, porque incide en el transporte de bienes y de personas, un alto grado de cobertura y calidad son elementos claves para promover un desarrollo sostenible (Flintsch, 2019) y creciente en el tiempo, y se convierte en un factor indispensable como mejor en la vida de los ciudadanos.

En consecuencia, “la infraestructura vial no es solo un importante motor de desarrollo, sino que, además es uno de los activos más valiosos del sector público”. (Flintsch, 2019, p. 3). En Colombia que es un País que ha venido progresando paulatinamente, se ha descuidado o no se le da la importancia que tiene este activo para el desarrollo del país. Un indicador de esto es que existe una brecha considerable entre las expectativas y las necesidades de las poblaciones, y la cantidad y estado de las carreteras para satisfacerlas.

La gestión de Carreteras es una actividad relevante que los países deben de tener en cuenta, en las diferentes divisiones, como son: el público y el privado, para suplir las necesidades poblacionales, ser eficientes y eficaces, en la inversión como en la sostenibilidad de las obras de infraestructura vial a largo plazo; luego, la gestión de carreteras hace referencia a lo expresado por Ríos y Martínez, (2019) las estrategias de mantenimiento y rehabilitación de las estructuras del pavimento, pues son de vital importancia a lo largo de su vida útil (p. 2).

El propósito de esta actividad es la preservación de la inversión del proyecto inicial de las carreteras, donde su ejecución oportuna, en cuanto al mantenimiento y rehabilitación, pueden prolongarse en el tiempo para garantizar su buen estado. Estas actividades pueden variar, según Ríos y Martínez, 2019, desde la corrección de defectos superficiales para mejorar la calidad de la circulación vehicular, hasta las operaciones de reconstrucciones, destinadas a recuperar totalmente la capacidad estructural de la calzada (p. 2).

Puede entenderse que la gestión de carreteras es un ciclo que comprende las etapas de planeación, programación, ejecución, control y evaluación de resultados. Adicionalmente, debe tener un análisis de factibilidad económico, técnico, ambiental y financiero, porque con esta información se estimará el tiempo y las acciones que se requieran para mejorar el pavimento.

3. Nuevas tecnologías aplicadas a los Sistemas de Gestión de Carreteras

Para entender la relación entre la gestión de las carreteras y su impacto en el desarrollo de los países y la calidad de vida, es importante hacer referencia al material con que se hacen las carreteras, es decir, el pavimento. Según Flores (2008) la estructura de un pavimento, está conformada por las siguientes capas: la subrasante, subbase, base, capa de rodamiento y sello. Sin embargo, en un pavimento no siempre se encuentran todas las capas mencionadas. En estos casos, la ausencia de una o varias de estas capas está sujeta a factores como: la capacidad de soporte del terreno de fundación, el tipo de pavimento, la clase de material a utilizarse, carga de diseño, intensidad de tránsito, etc. Esto quiere decir, que incluso la revisión del contexto donde se ejecuta el proyecto, más las definiciones alrededor de este, influencia la sostenibilidad del activo a lo largo del tiempo.

Para Flintsch (2019), una de las formas para reducir esta brecha es la adopción de modernas formas de gestión de las redes viales, que consideren todo el ciclo de vida de las carreteras, lo que permitiría optimizar las inversiones y encaminarlas con los objetivos de Desarrollo Sostenible, sin negar que la forma, además institucional, en que los países desarrollan el proceso de gestión de sus carreteras repercute en los resultados económicos, sin embargo, es un tema que poco se aborda.

Una mala gestión no solo resulta en el deterioro anticipado del patrimonio vial, sino, también, genera costos elevados de reconstrucción, incrementos en los costos de operación de vehículos y de siniestros viales, con el consiguiente aumento en el número de heridos y en la pérdida de vidas (Flintsch, 2019, p. 11).

Ejecutar una administración conveniente y aterrizada de las vías puede contribuir incluso a salvaguardar la vida de los ciudadanos, además de su aporte a la mejora de las finanzas de los estados, en relación con de redes de comunicación, de transporte de carga y de pasajeros; es obvia

la gestión de pavimentos que en resumen según López (2019) es: conocer, entender y predecir el comportamiento físico de la infraestructura, a fin de intervenir en ella oportunamente. (López, 2019).

Es importante mencionar que, desde hace pocos años la Gestión de Carreteras ha tomado mayor importancia porque permite: la asistencia al momento de tomar decisiones de la estrategia más rentable para minimizar costos; cuantificar la magnitud de los capitales que se requieren para cumplir con indicadores; ejecutar una ingeniería de valor, para la distribución del presupuesto de mantenimiento; definir donde, cuando y como intervenir; y mejorar la eficacia y la eficiencia de los procesos en cuanto a la conservación vial (López, 2019). Actualmente, gracias a los desarrollos tecnológicos, es más fácil contar con equipos y experiencia en el desarrollo de modelos de infraestructura vial, teniendo equipos como FWD, capturador de imágenes, perfilómetros entre otros como en la investigación de HDM 4, in-house DTIMS, horizons, Project Evaluator y otras herramientas.

En esta misma vía, se pueden señalar otras herramientas que se pueden considerar como avances tecnológicos en la Gestión de carreteras, que, según las algunas investigaciones, tienen sus pros y sus dificultades, por ejemplo: se pueden encontrar los sistemas de escaneo láser o laser scanner 3D, dentro de sus características esta su capacidad para conseguir información de profundidad, siendo menos vulnerables a la iluminación (Ul Haq, 2019). Esta tecnología se ha utilizado principalmente para el levantamiento automatizada de datos de pavimentos, se ha utilizado ampliamente para la detección del daño del pavimento, por ejemplo, baches, grietas, textura y surcos. Sin embargo, según Ul Haq (2019) aunque técnicamente son versátiles y precisos, pueden ser muy caros para la adquisición sobre todo de países en vía de desarrollo. Aunque, existe la necesidad de tecnologías alternativas de imágenes en 3D, en particular en estos países.

Sin embargo, no solo con escáneres laser, los defectos del pavimento se evalúan, Jinwoo Jang et. al. (2017) en un documento desarrolla un método para obtener información actualizada sobre fallas viales, con el uso de un kit de recolección móvil de datos que se encuentra montado en vehículos. En cada kit de recolección de datos móviles, un acelerómetro triaxial y un sensor del sistema de posicionamiento global de datos para la detección de estas fallas.

Por su parte, Gui et. al. (2018) plantea un modelo de descomposición de componentes del pavimento en 3D (3D-PCDM), este tiene como propósito descomponer los perfiles 3D del pavimento por componentes de vibración t , componentes de baja frecuencia f y componentes dispersos x , y . La descomposición de x puede aplicarse para describir la información de la ubicación y además de la profundidad de las señales dispersas y derivadas como: los surcos, las marcas de la carretera y las grietas. La descomposición de f puede aplicarse para determinar la deformación lenta del pavimento. Y en el caso de la t , este refleja la fluctuación del material del pavimento de las partículas del pavimento.

Para Roberts, Inzerillo y Di Mino (2020), el uso de modelos 3D permite explotar estrategias flexibles, para comprender el estado de los pavimentos y para llevar a cabo diagnósticos sobre el nivel de degradación. Las entidades gubernamentales pueden utilizar esta información para tomar decisiones de mantenimiento de carreteras más eficientes.

En algunos estudios se plantea que desarrollar algoritmos utilizados en el procesamiento de nubes de puntos que realiza el escaneo láser terrestre estacionario (STLS) en forma tridimensional, se ha utilizado con el fin de generar mapas de superficie de índices puntuales que describen características sobre la rugosidad del pavimento. Lo elemental de esto, es el análisis de una simulación de modelo de un cuarto de automóvil sobre una cuadrícula de malla espacial 3D que representa la superficie del pavimento. (Alhassan, White y De Brabanter, 2017).

Otro tipo de tecnología aplicado en la gestión de pavimentos es el sensor LiDAR, basado en un proceso de comprobación que se encarga de mejorar las fallas y otros procedimientos de estudio. Cabe señalar que hay dos tipos: intrínsecos y extrínsecos. Se aplican en diversos espacios, robótica móvil, métodos de transporte de alta inteligencia y vehículos equipados con alta tecnología (internet). LiDAR se ha convertido en un elemento esencial para ejercer seguimiento a los diferentes vehículos que transitan a grandes velocidades en vías de alta generación, este sensor también puede realizar mapeos, localización y límites de las diferentes vías, vehículos autónomos, reconocimiento y reconstrucción 3D (Zaiter, 2020). El sistema LiDAR móvil, esta ubicado en la parte superior de un vehículo, su función principal es la de capturar casi en su totalidad cualquier elemento en forma de nubes con puntos en 3D dando la ubicación real con sus coordenadas, suministrando el reporte geoespacial 3D exacto de las vías. Hasta el momento, la probabilidad de la tecnología LiDAR móvil para la inspección de carreteras ha sido probada por su efectividad, costo y confianza en los datos. (Guan, 2016).

Como se ha venido planteando hasta el momento, la gestión de carreteras permite definir las actividades de vialidad, evitar accidentes, dependiendo del país influye incluso en la vialidad invernal, permite plantear actividad de conservación, actividad de uso y defensa de la carretera. En el caso de España, cuentan con herramientas especializadas que asisten a la gestión y la conservación de los pavimentos como, se indica en la tabla número 1.

Tabla 1. Herramientas especializadas para la gestión y conservación.

| |
|--|
| INCA |
| Sistema de Información orientado a señalización vertical y horizontal, entre otros datos. Es muy específico y tiene componente alfanumérica y espacial. |
| TEREX |
| Sistema integral para la Conservación Ordinaria que integra inventario, reconocimiento de estado de elementos e índices de estado. Tiene una conexión a un SIG sencillo y sincronización con dispositivos móviles. |
| TERAVIAL |
| Herramienta para la Gestión Integral de Carreteras, con inventario, planificación, control de costes, informes, y módulo SIG integrado. |

Fuente (Martínez, 2012).

A partir de lo planteado hasta el momento se puede decir que actualmente no hay ninguna herramienta que satisfaga totalmente los requisitos que requiere la gestión de carreteras, como lo plantea González (2017), las herramientas actuales que están en el comercio no son suficientes para trabajar con gran cantidad de puntos de una vía, esto debido a que su visualización es muy reducida y se orienta hacia áreas pequeñas, que normalmente son adquiridos con sistemas de naturaleza bien distinta como las edificaciones. Teniendo en cuenta esta situación, se ve la necesidad de buscar bibliotecas de software donde se puedan mejorar los tiempos de carga y el perfeccionamiento de un dispositivo de nubes de puntos basados en PCL y VTK, donde se mejore el tiempo de carga y la CPU funcione efectivamente, y que esto nos permita aumentar el número de puntos como lo plantea González (2017),

4. Sistema de Gestión de Carreteras en Colombia

Teniendo presente lo expuesto hasta el momento, en este apartado se retomará el caso de los Sistemas de Gestión de Carreteras que se viene implementando en Colombia desde el 2010, a partir de un breve rastreo bibliográfico. En primer lugar, se rescata la tesis de pregrado de

Velásquez y Vera (2013) donde hacen un recuento información para verificar si a la fecha existía una herramienta para la administración de pavimentos; en este trabajo se encuentra que en 1996 el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), con ayuda de la Dirección de Carreteras de Dinamarca, buscaban diseñar un Sistema de Administración de Pavimentos (SAP), en el cual se permitiera amoldar de mejor forma a los modelos de inversión vial que se tenían en el país, este sistema derivado del sistema BELMAN Danés, que se le llamo por sus siglas SAPCOL, o también conocida como SAP de Colombia, en el se sostenía la base de datos que albergaba la información más importante de la red nacional de carreteras y la identificación de las mismas (Velásquez y Vera, 2013, p. 12).

Así que, la base de datos estaban siendo constantemente nutrida por los Administradores Viales que eran vinculados por INVIAS, sin embargo, gracias al retraso que tiene el país en lo que se refiere a las comunicaciones, el sistema de referencia adoptado y el retiro del personal capacitado, no se pudo ejecutar el proyecto; a pesar de este fracaso la gestión de pavimentos se realiza con base en la metodología del Invias y los administradores viales, los cuales tienen a cargo el control, la vigilancia y la auscultación de la infraestructura vial nacional y en compañía de la Misión Danesa se desarrolló lo que se llamaría el primer Manual de Auscultación para la Red Vial Nacional, desde la fecha hasta ahora se han realizado mejoras y se ha complementado (Velásquez y Vera, 2013).

Según un informe de INVIAS (2010), desde el 2004 se implementó un programa para asegurar un insuperable nivel de servicio, en relación de costo - beneficio y así poder salvaguardar el activo vial, con este el nivel de servicio de los corredores viales escogidos pasó del 11% al 65% del mejoramiento de su estado, aportando a la disminución de los costos de operación vehicular y

el desarrollo comercial del país. Para diciembre de 2009 por medio de este programa se han rehabilitado 284.48 km, así:

Tabla 2 Reporte del programa según INVIAS

| |
|--|
| Se repavimentaron |
| • 536.68 km |
| Se realizó mantenimiento periódico (parcheo, obras de arte, emergencias, drenaje y contención) |
| • 948.62 km |
| Mantenimiento rutinario |
| • 1.987,26 km |

Fuente: (INVIAS, 2010, p. 4).

Como se evidencia, en Colombia los programas y presupuestos se hacen de acuerdo con las bases consuetudinarias de las regiones, por lo que el cálculo de cada año está basado en el del año inmediatamente anterior, teniendo de tasa de inflación. Por esta razón se dificulta tener la información y la asignación presupuestal detallada, en tanto que se plantea el requerimiento de un enfoque basado en las prioridades con el uso del conocimiento estructural sobre el estado de los carretables en trámite.

(Velásquez y Vera, 2013, p. 68). Manifiestan que el instrumento de los sistemas de información geográfica (SIG) son una ayuda para que un gobierno tenga una buena administración vial, en Colombia apenas en el año 2013 se empezó a implementar este mecanismo, previendo que para finales del año 2014 se tenga una base de datos bien conformada referente a la infraestructura vial real.

En Colombia se han realizado importantes avances en materia de la gestión vial, según Marcea, Morales y Márquez (2016) entre el 2005-2009 el INVIAS y el Ministerio de transporte

crearon el programa de Corredores de Mantenimiento Integral, seleccionando 11 corredores, con una longitud de 1.987 km en total, esto requirió la elaboración de una hoja de ruta donde debería estar establecido un inventario donde se describen las averías del pavimento y medición de parámetros utilizables, estas intervenciones básicamente se hicieron bajo dos criterios: el visual, que hace referencia a la clasificación del estado de la vía, como: Excelente, regular o deficiente, esto se hace teniendo en cuenta el informe que rinde el administrador vial, y el técnico, que se realiza teniendo en cuenta el estricto cumplimiento de las normas emitidas en el manual del INVIAS.

Es innegable que los métodos convencionales de la administración informativa para la gestión de carreteras han dificultado el acceso óptimo a esta información, por parte de las instituciones o entidades que la solicitan para la ejecución de los proyectos de pavimentación. Según Silva, Daza y López (2018). En Colombia se ha buscado suplir estas falencias implementando un SIG para realizar el recuento y relación de la red vial denominado Hermes. Adicionalmente, con la Resolución (1067 de 2015) promulgada por Ministerio de Transporte, de tal manera que el principal objetivo era complementar el Sistema Nacional de Información de Carreteras, con la ayuda de los sistemas de gestión de pavimentos (SGP), todo el sistema de administradores de las vías, quienes realizan actividades principalmente como: el mantenimiento, monitoreo de la condición de un pavimento y la rehabilitación (Silva, Daza y López, 2018, p. 3).

Es de resaltar que los SGP se enfocan principalmente en indicadores o parámetros que afectan los pavimentos a saber: condición estructural, tránsito y estado del pavimento, de tal manera que se le pueda medir la condicionalidad para prevenir las injerencias a realizar de tal manera que se le pueda dar mayor durabilidad y sostenibilidad en aras de la eficacia.

Según Velásquez y Vera (2013), hasta la fecha el modelo de estándares de conservación y diseño de carreteras (Highway Design and Maintenance Standards Model, (HDM)), impulsado por el Banco Mundial, que está fundamentado en la etapa de gestión (Planificación, Programación, Preparación y Operaciones), es el que se ha utilizado desde hace más de 10 años, en el cual se combina la evaluación económica y técnica de proyectos, con el fin de incentivar programas de inversión y examinar estrategias de redes de carreteras. Este modelo presenta dificultades en su calibración teniendo en cuenta la topografía tan particular de un país, como es el caso de Colombia, es compleja, por lo que requiere la colaboración de personal idóneo en los diferentes módulos que componen el sistema.

5. Conclusiones

Teniendo presente que la infraestructura vial de un país incide en su desarrollo económico y competitividad en la región (Flintsch, 2019; Rozas y Sánchez, 2004; Macea, Morales y Márquez, 2016), porque está directamente relacionada con el transporte de mercancía y de pasajeros, con la comunicación entre las regiones y con las actividades de importación y exportación, es importante señalar que esta debe tener una óptima condición de funcionalidad, pues de lo contrario, será un factor que obstaculice el desarrollo y la conectividad, tanto entre las regiones como del país. En Colombia, si bien ha habido avances considerables de mejoría en la infraestructura vial (Macea, Morales y Márquez, 2016), principalmente en carreteras, existen dificultades, sobre todo de desarrollo a nivel de cobertura en el territorio y el mantenimiento de las vías existentes. Bajo esta premisa se indagó sobre la relevancia que tienen los Sistemas de Gestión de Carreteras, pues estos permiten realizar una gestión adecuada y aterrizada de los pavimentos, lo que puede contribuir

incluso a salvaguardar la vida de los ciudadanos, además de su aporte al progreso económico del país, con respecto a redes de comunicación, de transporte de carga y de pasajeros.

De acuerdo con Flintsch, (2019), las carreteras se convierten en un activo primordial de atención para los países. “La gestión de activos provee un proceso estratégico y sistemático de operar, mantener, mejorar y expandir activos físicos eficientemente a lo largo de todo su ciclo de vida” (p. 11). Una adecuada práctica, acompañada de la utilización de nuevas tecnologías, posibilitan tomar mejores decisiones tanto en la ejecución de proyectos posteriores, como en el mismo mantenimiento de las vías; decisiones basadas en información de calidad y objetivos definidos. La adopción de prácticas eficaces y eficientes de gestión de carreteras es útil, principalmente, en los momentos de ajustes del presupuesto.

Si bien se resalta que en Colombia ha habido avances en la Gestión de Carreteras, donde incluso se consideran algunas aplicaciones como los Sistemas de Datos Georreferenciados, aún hay diferentes tecnologías por incorporar como las mencionadas en el primer apartado. Como lo menciona Silva, Daza y López (2018) a nivel mundial, la utilización del (SIG) ha alcanzado la aprobación porque permite fácilmente la ubicación e introducción de datos o información útil al momento de tomar alguna determinación sobre los proyectos.

Finalmente, cabe decir que el desarrollo y la competitividad de un país se mide también en el buen servicio de las carreteras, la cual debe proporcionar a la población comodidad, seguridad y economía, en términos de transporte de carga, de pasajeros, como de forma particular, además de la incidencia en los índices de accidentalidad y el desgaste de los mismos vehículos que transitan por estas (Varela, 2017). Las estrategias, los modelos, las diferentes metodologías de mantenimiento y rehabilitación, así como los nuevos proyectos de infraestructura vial, son

importantes para prolongar la vida útil de los pavimentos, porque estos se van dañando con el pasar del tiempo y con el incremento del tránsito que y la explosión demográfica.

Básicamente, el objetivo de los Sistemas de Gestión de Carreteras es la preservación, manejo adecuado y rehabilitación de los pavimentos, teniendo presente la inversión inicial, pues mediante la aplicación óptima y oportuna pueden prolongar la existencia de las vías. De esta manera, se convierte en una herramienta que se utiliza para establecer estrategias que se terminan usando en las políticas de rehabilitación de los pavimentos. El reto para el país es la adquisición de mejores sistemas que se complementen con herramientas tecnológicas, lo que pasa también por voluntad política, mejores estudios, proyección y mejores inversiones.

Referencias

- Alhassan, A., White, D. y De Brabanter, K. (2017). Spatial pavement roughness from stationary laser scanning. *International Journal of Pavement Engineering*, 18 (1), pp. 83-96. DOI: 10.1080/10298436.2015.1065403.
- Blasiis, M., Di Benedetto, A. y Fiani, M. (2020). Mobile Laser Scanning Data for the Evaluation of Pavement Surface Distress. *Remote Sensing*, 12 (6). DOI: 10.3390/rs12060942.
- Flintsch, G. (2019). *Estado de la gestión de activos viales en América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Flores, R. (2008). *DESARROLLO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE PAVIMENTOS PARA EL MUNICIPIO DE SANTA TECLA* [tesis de pregrado]. Universidad del Salvador, El Salvador.
- Guan, H. et. al. (2016). Use of mobile LiDAR in road information inventory: a review. *International Journal of Image & Data Fusion*, 7 (3), pp. 219-242. Recuperado de

<https://ezproxy.umng.edu.co/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edb&AN=116237749&lang=es&site=eds-live>.

Gui, et. al (2018). A Component Decomposition Model for 3D Laser Scanning Pavement Data Based on High-Pass Filtering and Sparse Analysis, *Sensors*, 18 (7). DOI: 10.3390/s18072294

INVIAS (2010). *INFORME DE GESTION VIGENCIA 2009*. Colombia.

Jang, J. et. al. (2017). Framework of Data Acquisition and Integration for the Detection of Pavement Distress via Multiple Vehicles. *Comput. Civ. Eng.*, 31 (2), pp. 1-15.

Recuperado de

<https://ezproxy.umng.edu.co/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edb&AN=121314765&lang=es&site=eds-live>.

López, h. (2019). *Gestión de Pavimentos* [Conferencia]. Instituto Latinoamericano de Investigación y Estudios Viales.

Macea, M., Morales, L. y Márquez, L. (2016). Un sistema de gestión de pavimentos basado en nuevas tecnologías para países en vía de desarrollo. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 17 (2), 223-235. doi:10.1016/j.riit.2016.06.007

Martínez, G. (2012). *Análisis de soluciones para la gestión de carreteras desde el ecosistema gvSIG*. 8 conferencia internacional de gvSIG. Valencia, España.

Ríos, J. y Martínez, I. (2019). *SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PAVIMENTOS SOBRE LA CIUDAD DE BOGOTÁ*. Grupo ROMA. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C., Colombia.

Roberts, R., Inzerillo, L. y Di Mino, G. (2020). Using UAV Based 3D Modelling to Provide Smart Monitoring of Road Pavement Conditions. *Information*, 11 (12). Recuperado de

<https://ezproxy.umng.edu.co/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edb&AN=147738798&lang=es&site=eds-live>.

Rozas, P. y Sánchez, R. (2004). *Desarrollo de infraestructura y crecimiento económico: revisión conceptual*. En Serie 75 CEPAL. Santiago de Chile, Chile. Recuperado de

https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6441/1/S048642_es.pdf

Silva, A, Daza, O. y López, L. (2018). Gestión de pavimentos basado en sistemas de información geográfica (sig): una revisión. *Revista Ingeniería Solidaria*, 14 (26). doi: <https://doi.org/10.16925/in.v14i26.2417>.

Ul Haq et al. (2019). Stereo-Based 3D Reconstruction of Potholes by a Hybrid, Dense Matching Scheme. *IEEE Sensors Journal*, 19 (10). 3807-3817. Disponible en:

<https://ezproxy.umng.edu.co/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edb&AN=135965144&lang=es&site=eds-live>.

Varela, M. R. (2017). *Desarrollo de un sistema SIG de gestión de carreteras basado en datos georreferenciados 3D de alta densidad* [tesis de posgrado]. Universidad de Vigo, España.

Recuperado de <http://hdl.handle.net/11093/803>

Velásquez, J. y Vera, E. (2013). *SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE PAVIMENTOS COLOMBIANO SAPCOL* [tesis de posgrado]. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.

Zaiter, M. et. al. (2020). Extrinsic LiDAR/Ground Calibration Method Using 3D Geometrical Plane-Based Estimation, *Sensors*, 20 (10). DOI: 10.3390/s20102841.