

Ciclo de vida del pavimento orientado a su agrietamiento y mantenimiento

Pavement life cycle oriented to its cracking and maintenance

Anais Klelia Yadira Huamán Contreras 


Universidad Continental, Perú

akypyar@gmail.com

Christian Edinson Murga Tirado 


Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú

christianmurga@unat.edu.pe

Luis Alberto Massa Palacios 

Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Perú

lmasa@unica.edu.pe

Andrés Olivera Chura 

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú

andresolivera@unat.edu.pe

RESUMEN

Se muestran los logros obtenidos después de la revisión sistemática realizada, en la cual se identificará las características de los estudios de las fases de vida de los pavimentos enfocados al agrietamiento y el cuidado, y el consenso alcanzado. Para lograrlo se revisó el banco de datos Redalyc, Web of Science, Scopus y Scielo, lo que dio como resultado 10 artículos que cubrieron los criterios de la materia. Teóricamente, la mayoría de los trabajos utilizan la teoría basada en normas. Para conocer a fondo y abordar los problemas de grietas en techos y ciclo de vida orientados al mantenimiento, se recomienda desarrollar estudios utilizando diversas muestras y una base de datos, donde se realice un procedimiento de revisión para verificar la información básica según el tema. Y en cuanto a la valoración, se da de acuerdo con fuentes de investigación nacionales e internacionales donde se comparan sobre ciertas variables y factores a considerar. Las aceras juegan un papel clave en la infraestructura vial porque proporcionan una superficie para caminar para vehículos y peatones. Sin embargo, con el tiempo, el pavimento está expuesto a diversas condiciones climáticas, cargas de tráfico y otros factores que pueden causar grietas y daños. Por lo tanto, es vital la comprensión del tiempo de vida del pavimento e implementar estrategias de mantenimiento efectivas para extender su vida útil y garantizar su funcionalidad. Este artículo examina al pavimento y su vida útil, centrándose en el agrietamiento y el mantenimiento adecuado.

Palabras clave: Pavimento, ciclo de vida, agrietamiento, mantenimiento.

ABSTRACT

The achievements obtained after the systematic review carried out are shown, in which the characteristics of the studies of the life phases of pavements focused on cracking and care will be identified, and the consensus reached. To achieve this, the Redalyc, Web of Science, Scopus and Scielo databases were reviewed, which resulted in 10 articles that covered the criteria of the subject. Theoretically, most of the works use the rule-based theory. In order to fully understand and address the problems of roof cracks and maintenance-oriented life cycle, it is recommended to develop studies using various samples and a database, where a review procedure is carried out to verify the basic information according to the subject. And as for the assessment, it is given according to national and international

pág. 33

Artículo de revisión

Volumen 4, Número 1, Enero - Junio, 2023

Recibido: 18-04-2023, Aceptado: 21-06-2023



<https://doi.org/10.47797/llamkasun.v4i1.117>



research sources where they are compared on certain variables and factors to be considered. Sidewalks play a key role in road infrastructure because they provide a walking surface for vehicles and pedestrians. However, over time, pavement is exposed to various weather conditions, traffic loads, and other factors that can cause cracking and damage. Therefore, it is vital to understand the lifetime of the pavement and implement effective maintenance strategies to extend its useful life and guarantee its functionality. This article examines pavement and its useful life, focusing on cracking and proper maintenance.

Keywords: Pavement, life cycle, cracking, maintenance.

INTRODUCCIÓN

El pavimento de las carreteras es una infraestructura crucial para garantizar la conectividad y la movilidad eficiente de las personas y mercancías. Sin embargo, con el paso del tiempo y el constante tráfico vehicular, los pavimentos se ven sometidos a un desgaste gradual que puede llevar al agrietamiento y la degradación de su superficie. Por lo tanto, entender las etapas de vida del pavimento y su relación con el agrietamiento y el mantenimiento es fundamental para garantizar su funcionamiento adecuado y prolongar su vida útil.

En el presente artículo, se analizará a detalle el transcurso de vida del pavimento, centrándose específicamente en el agrietamiento y el mantenimiento. El tiempo de vida del pavimento se divide en varios periodos distintos, que incluyen el diseño, la construcción, el uso, el envejecimiento y la rehabilitación.

La etapa de diseño es crucial, ya que implica la selección de materiales y espesores adecuados para el pavimento, teniendo en cuenta factores como el tráfico esperado, las condiciones climáticas y el tipo de suelo subyacente. Un diseño deficiente puede aumentar la probabilidad de agrietamiento prematuro y acelerar el deterioro del pavimento.

Una vez construido, el pavimento comienza su etapa de uso, donde se somete a cargas repetitivas debido al tráfico vehicular. Estas cargas, combinadas con los efectos del clima y la exposición a sustancias químicas, pueden provocar la formación de fisuras en la cara del pavimento. El agrietamiento puede ser causado por diversos factores, como el envejecimiento de los componentes, fatiga del pavimento debido al tráfico repetitivo y las condiciones climáticas extremas.

Según Castellanos, W. M., y Chaves, S. B. (2020) a través del tiempo, las mezclas asfálticas que componen el pavimento sufren cambios en su estructura física y química debido a múltiples factores.

El mantenimiento puede incluir actividades preventivas, como el sellado de grietas y la aplicación de capas de protección, así como reparaciones más extensas, como el fresado y recubrimiento del pavimento o incluso la reconstrucción parcial o total de la carretera. La elección de la estrategia de mantenimiento adecuada dependerá del tipo y grado de agrietamiento, así como de la disponibilidad de recursos y la repercusión del tráfico.

Comprender el ciclo de vida del pavimento y su relación con el agrietamiento y el mantenimiento es esencial para desarrollar políticas y prácticas efectivas de gestión de infraestructuras viales. La implementación de un mantenimiento adecuado y oportuno puede prolongar el tiempo de vida productiva del pavimento, bajar el precio a largo plazo y mejorar la seguridad vial.

Según Hugo et al. (2007) menciona que la respuesta del pavimento a las cargas repetitivas del tráfico se representa y evalúa con mayor precisión en el laboratorio mediante el uso de pruebas repetitivas. Sin embargo, es muy común el uso de ensayos monotónicos para evaluar el comportamiento de mezclas bituminosas y controlar su calidad cuando se aplican en pavimentos.

En resumen, este artículo se enfoca en el pavimento y su tiempo de vida con énfasis en el agrietamiento y el mantenimiento. Proporciona una visión general de las etapas clave del tiempo de vida del pavimento y destaca la importancia de un diseño adecuado, así como de un mantenimiento efectivo para garantizar la durabilidad y funcionalidad de las carreteras.

Literatura sobre el tema

El pavimento y sus etapas de vida útil es un proceso continuo que abarca desde la construcción inicial del pavimento hasta su deterioro y eventual rehabilitación o reemplazo. Su deterioro influye en la reducción de su tiempo de vida útil por ello nos menciona que cuando González et al. (2019) los pavimentos alcancen tal estado de degradación, que se torna necesario, a corto

plazo, la aplicación de acciones de conservación adecuadas. El agrietamiento es un fenómeno común en los pavimentos y puede ocurrir debido a diversas causas, como la carga del tráfico, cambios de temperatura, asentamientos del suelo, humedad, entre otros factores.

La historia del ciclo de vida del pavimento y su enfoque en el agrietamiento y mantenimiento ha evolucionado a lo largo del tiempo. Aquí se presenta un resumen de los principales hitos históricos:

Inicios de la pavimentación: Los primeros pavimentos se construían con materiales como adoquines, madera o piedra. Estos pavimentos eran duraderos pero requerían un mantenimiento constante para reemplazar las piezas dañadas.

Pavimentos asfálticos: A principios del siglo XX, se introdujo el pavimento asfáltico, que consistía en una capa de mezcla asfáltica compactada sobre una base sólida. Este tipo de pavimento ofrecía una mayor flexibilidad y resistencia al agrietamiento en comparación con los materiales anteriores.

Investigación y desarrollo: A medida que aumentaba la demanda de infraestructura vial, se intensificaron las investigaciones sobre las causas que alteran la vida útil del pavimento y su agrietamiento. Se realizaron estudios para asimilar mejor la conducta de los elementos utilizados en la construcción de pavimentos y cómo se ven afectados por diferentes condiciones.

Métodos de diseño y construcción: Se desarrollaron métodos de diseño de pavimentos más sofisticados que tenían en cuenta los factores de carga del tráfico, el clima y las características del suelo. Esto ayudó a mejorar la resistencia al agrietamiento y a prolongar la vida útil de los pavimentos.

Tecnologías de mantenimiento: A medida que los pavimentos envejecen y se deterioran, se requiere un mantenimiento regular para prevenir el agrietamiento y prolongar su vida útil. Se desarrollaron tecnologías y técnicas de mantenimiento, como el sellado de grietas, el fresado y reciclaje del pavimento, la superposición asfáltica, entre otros, para reparar y mejorar los pavimentos existentes.

Enfoque en la durabilidad: En las últimas décadas, ha habido un cambio hacia el enfoque en la durabilidad de los pavimentos. En lugar de simplemente construir pavimentos que duren un número específico de años, se busca desarrollar pavimentos que sean más

resistentes al agrietamiento y que requieran menos mantenimiento a lo largo de su vida útil.

A lo largo de la historia, se ha realizado una investigación y desarrollo continuo para comprender y abordar los problemas de agrietamiento en los pavimentos. Los avances en los métodos de diseño, construcción y mantenimiento han permitido la creación de pavimentos más duraderos y resistentes al agrietamiento, lo que ayuda a prolongar su vida útil y reducir los costos de mantenimiento a largo plazo. El tráfico, las condiciones ambientales, las características de los materiales y las consideraciones de diseño son determinantes para el comportamiento de los pavimentos en el tiempo (Díaz et al., 2012).

Recursos de investigación e información

Para la revisión sistemática se utilizaron diversas bases de datos como Scielo, Scencedirect, Redalyc y Scopus. Se enfatiza que estas bases de datos son infalibles en términos de rendimiento de investigación académica y científica y citas.

Búsqueda de información

La búsqueda inicial para este estudio consideró estrategias interpretadas por los siguientes términos: "ciclo de vida de la marcha", "mantenimiento del pavimento" y "grietas o fisuras del pavimento". De los cuales varios artículos provienen de Redalyc, Science direct, Scielo y Scopus.

Además, se utilizaron operadores lógicos, que permitieron la combinación lógica de ambos términos para obtener mejores resultados.

Se encontraron artículos para el período y la búsqueda se hizo generalmente para 2007 y 2023; También se tuvo en cuenta el contenido temático.

Se consideran ["ciclo de vida del pavimento", "mantenimiento del pavimento", "grietas o fisuras del pavimento"] para la ruta de búsqueda de diferentes fuentes.

- El limitante: texto completo y resumen
- Tipo de herramienta: Trabajos de investigación
- Tiempo: 2007-2023.
- Idiomas: español, inglés y portugués.

Método de inclusión y exclusión Criterios de inclusión.

Artículo de revisión

Volumen 4, Número 1, Enero - Junio, 2023
Recibido: 18-04-2023, Aceptado: 21-06-2023

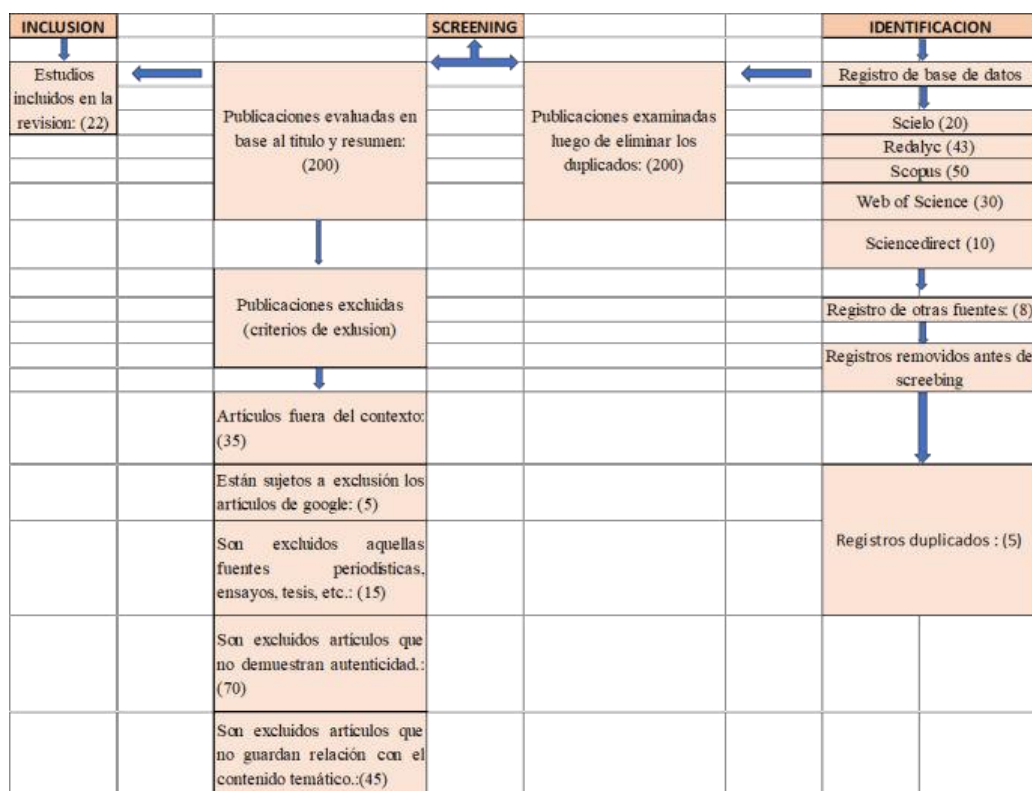


<https://doi.org/10.47797/llamkasun.v4i1.117>



Figura 1

Diagrama: recolección de publicaciones



Criterios de inclusión considerados; De acuerdo con los años de publicación, entre 2007 y 2023, también se consideraron los idiomas español, inglés y portugués y los documentos que contienen la naturaleza y el contenido temático del artículo científico.

Criterios de exclusión

- Los artículos de Google están excluidos.
- Artículos fuera de contexto.
- Estas fuentes de revistas, ensayos, tesis, etc. no pertenecen aquí.
- Se excluirán los artículos que no acrediten la autenticidad.

Tabla 1

Artículos seleccionados por descarte

Base de datos	Número de artículos	Número de artículos descartados	Número de artículos seleccionados
Scielo	34	29	5
Redalyc	53	38	15
Scopus	51	48	3
Web of Science	35	30	5
Sciencedirect	27	25	2

- Se excluirán los artículos que no estén relacionados con el contenido temático.

Procesos de selección

La búsqueda encontró varios artículos con referencias de 2007 a 2023, los cuales se dividen en orden en referencias bibliográficas.

Luego de una búsqueda general en bases de datos, se encontraron diversos resultados, de los cuales se filtraron 30 artículos según el año de publicación y 10 según la importancia del contenido temático.

Analizando los datos de la tabla y considerando los descartes, fue posible compartir 30 artículos, material que resultó importante para nuestro tema de investigación, que trata sobre el agrietamiento y mantenimiento del ciclo de vida del pavimento. Porque el ciclo de vida del pavimento es muy importante y la información obtenida debe ser utilizada para entender la vida del pavimento y sus etapas.

El pavimento y sus etapas de vida útil

El tiempo de vida del pavimento se puede dividir en varias etapas principales:

Diseño y construcción del pavimento

El ciclo de vida del pavimento comienza con su diseño y construcción. Durante esta etapa, se deben considerar varios elementos, como el tráfico esperado, el ambiente, el estudio de suelos, los materiales utilizados. Un diseño adecuado y una construcción de calidad son fundamentales para prevenir futuros problemas de agrietamiento.

Diseño: Se selecciona el tipo de pavimento adecuado y se determinan las especificaciones de construcción.

Construcción: En esta etapa, se lleva a cabo la construcción del pavimento de acuerdo con el diseño establecido. Esto puede incluir la preparación del terreno, la colocación de capas de base y subbase, y finalmente la colocación de la capa de rodadura.

Pero además existen otras situaciones que están por fuera del dominio de la técnica de diseño y que también presentan variabilidad como son: el proceso constructivo, la condición climática de la zona del proyecto y la aplicación de carga sobre la estructura. Todas ellas afectando el adecuado desempeño del pavimento a lo largo del ciclo de vida (Rodríguez et al., 2016).

Agrietamiento inicial

Con el tiempo, el pavimento puede experimentar agrietamiento debido a diversos factores, como el envejecimiento, la fatiga por carga, la contracción y la expansión térmica, la humedad, entre otros. El agrietamiento por fatiga y la formación de surcos son los principales tipos de deterioro en los pavimentos flexibles en países con temperaturas cálidas (Hugo et al., 2007).

Estas grietas iniciales suelen ser pequeñas y apenas visibles, pero si no se les presta atención, pueden propagarse y dar lugar a problemas más graves en etapas posteriores.

Deterioro

Con el tiempo, el pavimento comienza a mostrar signos de deterioro debido al desgaste y al envejecimiento. Existen maneras de medir de cierta forma el deterioro del pavimento, Rodríguez et al. (2013) menciona que los modelos de comportamiento permiten predecir la condición de deterioro de un pavimento y el desarrollo de programas de mantenimiento. Los factores como el tráfico excesivo, las condiciones climáticas adversas, las filtraciones de agua y los errores en la construcción pueden acelerar este proceso. El agrietamiento es un dilema muy común que se obtiene durante esta etapa.

Reparación y rehabilitación

A medida que el pavimento envejece, es probable que requiera reparaciones y rehabilitaciones periódicas. Las grietas más grandes y los baches deben ser reparados de manera adecuada para mantener la integridad estructural del pavimento. Esto puede implicar técnicas de parcheo, fresado y recubrimientos asfálticos. La rehabilitación a gran escala puede incluir la reconstrucción parcial o completa del pavimento.

Según Kiyinha, J., y Fernandes, J. L. (2005) los modelos de desempeño son herramientas utilizadas para predecir la condición futura de una sección de pavimento a lo largo del tiempo, vitales para planificar actividades de mantenimiento y rehabilitación, para estimar los recursos necesarios para preservar el pavimento, para analizar las consecuencias para la condición de pavimento bajo diferentes escenarios presupuestarios y para el análisis económico de los costos que se dan durante las etapas de vida del pavimento.

Mantenimiento rutinario

El mantenimiento rutinario es esencial para extender el tiempo de vida del pavimento. En la gestión de pavimentos es importante evaluar el desempeño de las estrategias de mantenimiento (Vera et al., 2010).

Esto implica actividades regulares, como limpieza, sellado de grietas, parcheo de baches, la renovación de la capa de rodadura y reemplazo de señalización vial. Además, se deben llevar a cabo inspecciones

periódicas para detectar y abordar problemas potenciales de agrietamiento y deterioro de manera oportuna.

Operación y mantenimiento: Durante esta etapa, el pavimento está en uso y se somete a la capacidad del tráfico, los efectos del ambiente y otros factores ambientales.

Fin de vida útil

A pesar de los esfuerzos de mantenimiento, llegará un punto en el que el pavimento llegue al final de su tiempo de vida útil y deba ser reemplazado por completo. Esto puede implicar la remoción y reemplazo del pavimento existente, seguido de una nueva construcción.

Por otro lado la temperatura también tiene su aporte como menciona Pais et al. (2008) que es posible incluir los efectos de las variaciones de temperatura en un proceso de diseño de superposiciones de pavimento.

CONCLUSIONES

La gestión adecuada del agrietamiento del pavimento implica identificar las causas de las grietas, evaluar su gravedad y aplicar las medidas de mantenimiento y rehabilitación adecuadas cuando se requiera. Lo mencionado puede incluir técnicas como el sellado de grietas, el fresado y reciclaje de la capa de rodadura, el uso de elementos y métodos de construcción de alta calidad para reducir el agrietamiento futuro.

El ciclo de vida del pavimento está estrechamente relacionado con su agrietamiento y mantenimiento. Un diseño y construcción adecuada del pavimento puede prolongar su vida útil y minimizar los problemas de agrietamiento. Sin embargo, con el paso del tiempo y la exposición a factores como el tráfico, las condiciones climáticas y el deterioro natural, es inevitable que los pavimentos desarrollen grietas y se requiera mantenimiento.

El agrietamiento del pavimento puede ocurrir debido a varias razones, como la fatiga causada por la carga repetida de vehículos, la contracción y expansión térmica, la humedad, la falta de soporte subyacente adecuado y la calidad deficiente de los materiales utilizados. Estas grietas pueden empezar siendo pequeñas y no representar un problema significativo, pero con el tiempo pueden extenderse y convertirse en

fisuras más grandes que afectan negativamente la integridad estructural del pavimento.

Es esencial realizar un mantenimiento regular del pavimento para prevenir y controlar el agrietamiento. Esto incluye actividades como sellado de grietas, parcheo de áreas dañadas, recubrimientos superficiales y, en casos más graves, la reconstrucción parcial o total del pavimento. El mantenimiento oportuno y adecuado ayuda a prevenir el empeoramiento de las grietas existentes, protege el pavimento de daños adicionales y extiende su vida útil.

Además del mantenimiento, un diseño y construcción adecuados del pavimento son fundamentales para su ciclo de vida. Esto implica considerar factores como el tráfico esperado, el clima local, el estudio de suelos y la condición de los materiales utilizados. Un diseño bien planificado y una construcción adecuada garantizan que el pavimento tenga una base sólida y una superficie resistente, lo que reduce la probabilidad de agrietamiento prematuro.

En resumen, el ciclo de vida del pavimento está compuesto por las fases de diseño, construcción, intervención y conservación, deterioro y rehabilitación. El agrietamiento del pavimento es un problema común durante este ciclo y debe ser gestionado adecuadamente para garantizar la durabilidad y el rendimiento a largo plazo de las superficies pavimentadas. Un diseño y construcción adecuados, junto con un mantenimiento regular, son clave para prolongar la vida del pavimento y minimizar los problemas de agrietamiento. El cuidado oportuno y adecuado del pavimento garantiza una superficie segura y duradera para el tráfico vehicular, lo que a su vez contribuye a la eficiencia y comodidad del transporte en general.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Barreda, M. F., Naber, M. J., Quispe Sallo, I., & Sota, J. D. (2013). Fisuras de contracción en pavimentos de hormigón y el aserrado de juntas. *Revista ALCONPAT*, 3(2), 111–121. <https://doi.org/10.21041/ra.v3i2.47>
- [2] Castellanos Guerrero, W. M., & Chaves Pabón, S. B. (2020). Efecto del envejecimiento de mezclas asfálticas en el ciclo de vida del pavimento desde el aspecto técnico y ambiental. *Revisión del estado de conocimiento. Vinculos*, 17(1), 7–23. <https://doi.org/10.14483/2322939x.16227>

pág. 38

Artículo de revisión

Volumen 4, Número 1, Enero - Junio, 2023
Recibido: 18-04-2023, Aceptado: 21-06-2023



<https://doi.org/10.47797/llamkasun.v4i1.117>



- [3] Díaz, R., Echaveguren, T., & Vargas-Tejeda, S. (2012). Camiones de alto tonelaje y su impacto en ciclo de vida de pavimentos asfálticos. *Revista de La Construcción*, 11(1), 101–118. <https://doi.org/10.4067/s0718-915x2012000100010>
- [4] Diniz, M. I., & Almeida de Melo, R. (2023). Análise da correlação entre a condição de pavimentos urbanos e elementos do sistema de drenagem. *Revista ALCONPAT*, 13(2), 220–234. <https://doi.org/10.21041/ra.v13i2.604>
- [5] Ferreira, L. P. C., & Santos Neta, F. A. M. dos. (2022). PATOLOGIAS DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS E SUAS RECUPERAÇÕES – ESTUDO DA AVENIDA RANUFO PAES DE BARROS. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 8(5), 318–328. <https://doi.org/10.51891/rease.v8i5.5209>
- [6] Ferrero, I. Z., Rivera, J., & Botasso, G. (2021). Análisis del ciclo de vida en pavimentos: actualidad y perspectiva. *Ingenio Tecnológico*, 3. <http://portal.amelica.org/ameli/journal/266/2662024009/>
- [7] Gaertner, M., Staub de Melo, J., & Villena, J. (2019). Los efectos de la forma de la onda de carga en la estimación de la vida a la fatiga de la capa asfáltica en la estructura del pavimento. *Revista de Ingeniería de Construcción*, 34(2), 136–145. <https://doi.org/10.4067/s071850732019000200136>
- [8] González-Fernandez, H., Ruiz-Caballero, P., & Guerrero-Valverde, D. (2019). Propuesta de metodología para la evaluación de pavimentos mediante el Índice de Condición del Pavimento (PCI). *Ciencia en su PC*, 1(1), 58–72. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181358738015>
- [9] Hora, K. M. da, Pineda, F. J. C., Rêgo, J. H. da S., Pereira, C. H. de A. F., & Figueiredo, E. P. (2021). Avaliação do ciclo de vida do pavimento rígido de ciclovía: estudo de caso em Brasília. *CONCRETO & Construções*, XLIX(104), 49–56. <https://doi.org/10.4322/1809-7197.2021.104.0003>
- [10] Hugo, M. R. D., Silva, J. C., & Pais, P. (2007). Correlation Between Monotonic and Repetitive Test Results in Bituminous Mixtures.
- [11] Kiyuha Yshiba, J., & Fernandes Junior, J. L. (2005). Modelos estatísticos para previsão de desempenho de pavimentos. *Acta Scientiarum Technology*, 27(2), 175–181. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303226514002>
- [12] Pais, J., Pereira, P., & Minhoto, M. (2008). Reflective cracking behavior for traffic and temperature effects. En *Pavement Cracking*. CRC Press.
- [13] Rodríguez, M., Thenoux, G., & González, Á. (2016). Determinación probabilística del tiempo de servicio de Estructuras de Pavimentos. *Revista de Ingeniería de Construcción*, 31(2), 83–90. <https://doi.org/10.4067/s0718-50732016000200002>
- [14] Rodríguez Moreno, M., Theboux Zeballos, G., & González Vaccarezza, A. (2013). Evaluación probabilística del agrietamiento de pavimentos asfálticos en carreteras de Chile. *Revista de La Construcción*, 12(2), 152–165. <https://doi.org/10.4067/s0718-915x2013000200012>
- [15] Vera, I., Thenoux, G., Solminihac, H. D., & Echaveguren, T. (2010). Modelo de evaluación técnica del desempeño del mantenimiento de pavimentos flexibles. *Revista de la construcción*, 9(2), 76–88. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=127619215008>