



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA
Y URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE PAVIMENTOS
FLEXIBLES Y RÍGIDOS: UNA REVISIÓN LITERARIA**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER
EN INGENIERÍA CIVIL**

Autores

Chicoma Yajahuanca Lucerito Milagros
<https://orcid.org/0000-0001-8596-1297>

Sanchez Sipion Arturo Alexander
<https://orcid.org/0000-0002-9650-8188>

Asesora

PhD. Heredia Llatas Flor Delicia
<https://orcid.org/0000-0001-6260-9960>

Línea de Investigación

**Tecnología e Innovación en el Desarrollo de la Construcción y
la Industria en un Contexto de Sostenibilidad**

Sublínea de Investigación

**Innovación y Tecnificación en Ciencia de los Materiales,
Diseño e Infraestructura**

**Pimentel – Perú
2024**



Universidad
Señor de Sipán

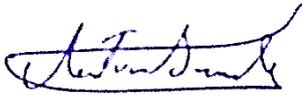
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quienes suscriben la DECLARACIÓN JURADA, somos del Programa de Estudios de **la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaramos bajo juramento que somos autores del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS: UNA REVISIÓN LITERARIA

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y auténtico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Chicoma Yajahuanca Lucerito Milagros	DNI: 73812180	
Sanchez Sipion Arturo Alexander	DNI: 48383069	

Pimentel, 06 de Septiembre del
2024

NOMBRE DEL TRABAJO

EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO
DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y
RÍGIDOS: UNA REVISIÓN
LITERARIA

RECuento DE PALABRAS

1407 Words

RECuento DE CARACTERES

8070 Characters

RECuento DE PÁGINAS

8 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

42.6KB

FECHA DE ENTREGA

Nov 19, 2024 10:41 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Nov 19, 2024 10:41 AM GMT-5

● **6% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 5% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Material citado

Dedicatoria

Agradecemos a nuestras familias por su amor y apoyo, a nuestros profesores por su guía, y a quienes han creído en nosotros, dedicando este esfuerzo con gratitud y esperanza.

Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento a los profesores por su guía, a nuestras familias por su apoyo incondicional, a compañeros y amigos por su colaboración, y a la Universidad Señor de Sipán por brindarnos las herramientas para crecer profesionalmente. Este logro también es de ustedes.

ÍNDICE

Dedicatoria	4
Agradecimientos	5
Resumen	7
Abstract	8
I. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1. Realidad problemática.	9
1.2. Formulación del problema.....	9
1.3. Hipótesis.....	11
1.4. Objetivos.....	11
1.5. Teorías relacionadas al tema	11
II. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	12
III. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	13
IV. CONCLUSIONES	14
REFERENCIAS	15

Resumen

En la última década se ha registrado considerables diferencias respecto a la utilización, rendimiento, comportamiento y propiedades entre los pavimentos rígidos y flexibles, los mismos que a nivel mundial tienen alta demanda respecto a su utilización en la ingeniería civil; sin embargo, con los avances y la tecnología actual se ha identificado que sus desempeños están orientados hacia los beneficios que pueden generar en el medio ambiente y el tiempo de vida útil que pueden tener. En este artículo se consideró la revisión de 27 investigaciones indexadas a las bases de datos SCIENTIFIC DIRECT y SCOPUS publicados entre los años 2016 y 2021 sobre el enfoque sostenible de los pavimentos para proyectos, la reutilización de materias primas alternas en las mezclas de concreto asfáltico y su comportamiento relacionado al impacto medioambiental. Frente a ello, el objetivo principal de este artículo es describir el desempeño que tienen los diferentes pavimentos al cambiar su composición y propiedades con bases teóricas sustentadas en los últimos años, siendo el alcance de este estudio la revisión sistemática e interpretación de estos. En conclusión, se evaluará los enfoques y opciones sostenibles de los dos tipos de pavimentos: rígidos y flexibles.

Palabras Clave: Pavimentos, comportamientos, vida útil, beneficio medioambiental.

Abstract

In the last decade, considerable differences have been recorded regarding the use, performance, behavior and properties between rigid and flexible pavements, the same that worldwide are in high demand regarding their use in civil engineering; however, with the advances and current technology, it has been identified that their performances are oriented towards the benefits they can generate in the environment and the useful life time they can have. This article considered the review of 27 researches indexed to SCIENCEDIRECT and SCOPUS databases published between 2016 and 2021 on the sustainable approach to project pavements, the reuse of alternative raw materials in asphalt concrete mixtures and their performance related to environmental impact. Faced with this, the main objective of this article is to describe the performance that different pavements have when changing their composition and properties with theoretical bases sustained in recent years, being the scope of this study the systematic review and interpretation of these. In conclusion, the sustainable approaches and options of the two types of pavements, rigid and flexible, will be evaluated.

Keywords: Pavements, behavior, service life, environmental benefit.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática.

En la última década, se han registrado considerables diferencias en cuanto a la utilización, rendimiento, comportamiento y propiedades entre los pavimentos rígidos y flexibles [1]. Estos pavimentos, que tienen una alta demanda a nivel mundial en la ingeniería civil, son fundamentales para el desarrollo de infraestructuras como carreteras y pistas [2, 3].

El crecimiento en la construcción de infraestructuras, especialmente con la creciente necesidad de nuevas vías debido al aumento del tráfico, ha puesto en evidencia la importancia de elegir adecuadamente el tipo de pavimento [4]. Los pavimentos son cruciales no solo para la conectividad y movilidad, sino también por su impacto en el medio ambiente y la economía [5].

Con los avances tecnológicos, se ha identificado que el desempeño de los pavimentos está cada vez más orientado hacia los beneficios ambientales y la prolongación de su vida útil [6]. Sin embargo, la elección entre pavimentos rígidos y flexibles sigue siendo un desafío, ya que ambos presentan ventajas y desventajas dependiendo de factores como el tráfico, las condiciones climáticas y los materiales utilizados [7]. Este contexto genera la necesidad de evaluar el desempeño de estos pavimentos para optimizar su uso en diferentes proyectos de infraestructura [8].

1.2. Formulación del problema

El problema central radica en la necesidad de evaluar y determinar cuál tipo de pavimento, entre rígido y flexible, ofrece el mejor desempeño en términos de durabilidad, costos de mantenimiento, y sostenibilidad medioambiental [9]. A medida que la demanda por infraestructuras eficientes y sostenibles aumenta, es crucial identificar las variables clave que afectan el comportamiento de estos pavimentos bajo diferentes condiciones [10].

El incremento en el tráfico y las exigencias de las infraestructuras modernas presentan un desafío considerable en la selección del tipo de pavimento más adecuado [11]. La formulación del problema se enfoca en cómo optimizar el uso de pavimentos rígidos y flexibles, considerando no solo su desempeño estructural, sino también su impacto a largo plazo en el medio ambiente y los costos asociados [12, 13].

1.3. Hipótesis

¿La incorporación de materiales reciclados o alternativos en la composición de los pavimentos mejora significativamente su desempeño en términos de durabilidad y sostenibilidad ambiental en comparación con los pavimentos convencionales?

1.4. Objetivos

Objetivo general

Evaluar el desempeño de pavimentos modificados en composición, considerando su impacto ambiental, costos y vida útil.

Objetivos específicos

Evaluar el impacto ambiental de pavimentos rígidos y flexibles considerando materiales reciclados y sostenibles.

Analizar la mejora en propiedades mecánicas y durabilidad con el uso de materiales reciclados.

Comparar costos de construcción y mantenimiento para identificar opciones más sostenibles.

Estudiar el desempeño estructural de pavimentos bajo diversas condiciones de carga y clima.

1.5. Teorías relacionadas al tema

Esta teoría se centra en el análisis de cómo las diferentes capas de un pavimento (ya sea rígido o flexible) responden a las cargas aplicadas. Se evalúan factores como la fatiga, el desgaste y la durabilidad, utilizando métodos como el Método de Integración Directa (DIM) y el Método de Simulación de Monte Carlo (MCSM) para prever el comportamiento ante fallas por fatiga [14, 15].

Aborda la incorporación de prácticas y materiales sostenibles en la construcción de pavimentos [16]. Esta teoría enfatiza el uso de materiales reciclados, como los residuos plásticos y los agregados de concreto reciclado (RCA), para mejorar el desempeño de los pavimentos, minimizar el impacto ambiental y extender la vida útil de las infraestructuras viales [17, 18].

Se refiere al Método de Diseño de Pavimentos Empíricos Mecánicos (MEPDG), que utiliza un enfoque basado en datos y análisis para diseñar pavimentos que sean más duraderos y rentables [19]. Este método considera factores locales como el tráfico, el clima y las propiedades de los materiales, permitiendo un diseño optimizado y adaptado a las condiciones específicas del proyecto [20, 21].

Estas teorías proporcionan el marco conceptual necesario para la evaluación y mejora del diseño y desempeño de pavimentos en la ingeniería civil [22, 23].

II. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

La revisión sistemática se llevó a cabo de acuerdo a los lineamientos establecidos por la revista *Infraestructura Vial de Costa Rica*, utilizando un método de análisis cualitativo con un enfoque descriptivo [24, 25]. Los pasos principales de esta metodología incluyen:

Planificación para la búsqueda de información: Se definieron criterios de búsqueda para seleccionar artículos relevantes de bases de datos como Scopus y ScienceDirect.

Selección de revistas y artículos: Se seleccionaron y revisaron artículos pertinentes al tema de estudio. Los artículos se clasificaron en una matriz de contenido, de donde se extrajeron datos clave como el título en español e inglés, el nombre de la revista, el año de publicación, la base de datos de origen, y enlaces a los artículos.

Lectura e interpretación de la información: Se procedió a la lectura detallada y análisis de la información recopilada para identificar los objetivos, resultados, discusión y conclusiones relevantes.

Organización de la información: Finalmente, se combinó y organizó la información necesaria para el desarrollo y discusión del tema de interés, que se presenta en las secciones siguientes del documento [26, 27].

Este método permitió realizar una comparación detallada entre las tecnologías y aplicaciones de pavimentos rígidos y flexibles, evaluando su desempeño bajo distintos enfoques, como el impacto ambiental y la durabilidad.

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

La incorporación de materiales reciclados en pavimentos, como agregados reciclados y fibras de poliéster, contribuyó significativamente a la reducción de la huella ambiental de ambos tipos de pavimentos. El uso de materiales reciclados disminuye el consumo de recursos naturales y reduce la generación de residuos, mostrando que los pavimentos reciclados son una alternativa más sostenible sin comprometer su funcionalidad a largo plazo.

El uso de aditivos como HDPE en pavimentos flexibles y la adición de puzolanas como la ceniza de paja de arroz en pavimentos rígidos mejoró notablemente la durabilidad y la resistencia a la fatiga y deformación. Estos materiales reciclados mejoraron las propiedades mecánicas de los pavimentos, resultando en una vida útil más larga y un rendimiento superior bajo cargas cíclicas, lo que los hace más adecuados para entornos con tráfico pesado.

Aunque los pavimentos rígidos presentan un costo inicial más alto, su menor necesidad de mantenimiento a lo largo de su vida útil los hace más rentables a largo plazo. Los pavimentos flexibles, por otro lado, son más baratos en construcción, pero requieren más mantenimiento. A pesar de que la inversión inicial en pavimentos rígidos es más elevada, la reducción en los costos de mantenimiento y su mayor durabilidad hacen que sean una opción más económica en proyectos a largo plazo, especialmente cuando se incorporan materiales reciclados.

Los pavimentos flexibles, especialmente los reforzados con geomallas y geotextiles, mostraron un mejor desempeño bajo condiciones de carga cíclica, mientras que los pavimentos rígidos, con una correcta distribución de vacíos y espesor de losas, demostraron mayor resistencia a fisuras bajo diversas condiciones climáticas. El diseño estructural es crucial para optimizar el desempeño de ambos tipos de pavimentos. Las simulaciones indicaron que el uso adecuado de tecnologías avanzadas y materiales reciclados puede mejorar el desempeño de pavimentos bajo condiciones severas de carga y clima.

IV. CONCLUSIONES

La incorporación de materiales reciclados en pavimentos reduce significativamente la huella ecológica. Materiales como el RCA y la RSA no solo contribuyen a la sostenibilidad, sino que también mejoran las propiedades mecánicas de los pavimentos, especialmente en proyectos de baja carga de tráfico. Esto demuestra que los pavimentos sostenibles son viables sin sacrificar su desempeño.

El uso de materiales reciclados mejora notablemente las propiedades mecánicas y la durabilidad de los pavimentos, tanto rígidos como flexibles. Aditivos como fibras de poliéster y geomallas en pavimentos flexibles, y la ceniza de paja de arroz en pavimentos rígidos, resultan en pavimentos con mayor resistencia a la fatiga y al deterioro por cargas cíclicas, aumentando su vida útil y rendimiento.

Aunque los pavimentos rígidos tienen un costo inicial mayor, su menor necesidad de mantenimiento a lo largo del tiempo los convierte en una opción más rentable y sostenible. Por su parte, los pavimentos flexibles son más económicos al principio, pero requieren más mantenimiento, lo que los hace menos rentables a largo plazo, especialmente si no se incorporan materiales reciclados.

Los pavimentos flexibles y rígidos muestran un buen desempeño cuando se optimizan en función de las condiciones de carga y clima. Los pavimentos flexibles con aditivos como geomallas y fibras de poliéster ofrecen mejor resistencia bajo cargas cíclicas, mientras que los pavimentos rígidos, diseñados adecuadamente con una correcta distribución de vacíos y espesor de losas, presentan una mayor durabilidad bajo condiciones extremas de clima y tráfico.

REFERENCIAS

- [1] A. Abu Abdo y S. Jung, «Evaluación del refuerzo de los pavimentos rígidos con fibras de residuos plásticos,» *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol. 14, pp. 2348-2355, 2019.
- [2] I. Adwan, M. Abdalrhman, M. Ahmed, W. Iswandar, Z. Ahmat, M. Aziz y Y. Izzi Md, «Modelos de predicción de temperatura del pavimento asfáltico: una revisión,» *Applied Sciences*, vol. 11, nº 9, 2021.
- [3] B. Al-Humeidawi, O. Chafat y E. Al-Zubaidi, «Evaluation for the effect of pavement type on the total life cost and environmental aspects of roads,» *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, vol. 9, pp. 266-276, 2021.
- [4] V. Audrius, G. Judita, Š. Ovidijus, K. Martynas y M. Rafal, «Estructuras de pavimento modulares de hormigón con espesor optimizado basado en las características de mezclas de hormigón de alto rendimiento con fibras y humo de sílice,» *Materials*, p. 3423, 2021.
- [5] G. I. Beltán Calvo y M. P. Romo Organista, «Pavement Evaluation and Maintenance Decisions Based on Fuzzy Inference Systems,» *Ingeniería Investigación y Tecnología*, vol. 15, nº 3, pp. 391-402, septiembre 2014.
- [6] S. Chun, K. Kim, B. Park y J. Greene, «Evaluación de los beneficios estructurales de la aplicación de capa principal para pavimentos flexibles utilizando Pruebas Aceleradas de Pavimento (APT)(Artículo),» *KSCE Revista de Ingeniería Civil*, vol. XXI, nº 1, pp. 141-149, 2017.

- [7] Gabriela, S. y Nataadmadja, A., «Rigid pavement optimization by using empirical mechanistic method and Kenpave software.,» *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, nº 794, 2021.
- [8] M. Hernández, «Evaluación comparativa del impacto ambiental de pavimentos flexibles frente a los pavimentos rígidos mediante el análisis de la variación de temperatura,» Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, 2016.
- [9] Y. Huanan, «Rutting Performance of Semi-Rigid Base Pavement in RIOHTrack and Laboratory Evaluation,» *Fontiers in Materials*, 05 January 2021.
- [10] A. Hung, L. Li y O. Swei, «Evaluation of permeable highway pavements via an integrated life-cycle model,» *Journal of Cleaner Production*, vol. 314, 10 septiembre 2021.
- [11] C. Jayalath, C. Gallage, K. Wimalasena, J. Lee y J. Ramanujam, «Performance of composite geogrid reinforced unpaved pavements under cyclic loading,» *Construction and Building Materials*, vol. 304, p. 15, 18 octubre 2021.
- [12] M. Jimenez y M. Oliveros, «Diseño comparativo entre pavimento flexible y rígido en el tramo de Pariahuanca - San Miguel de Aco, Ancash,» Universidad César Vallejo, Huaraz, 2018.
- [13] B. M. Khroustalev, U. A. Veranko, V. V. Zankavich, A. U. Busel, B. Shang, J. Shi y Y. Liu, «Prospects for estimating the pavements structural capacity based on rolling wheel deflection,» *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 832, nº 1, 8 junio 2020.
- [14] Y. Jia, Y. Yang, G. Liu, Y. Gao, T. Yang y D. Hu, «Reliability assessment of flexural fatigue failure of asphalt mixture: A new perspective,» *Construction and Building Materials*,

vol. 257, 10 octubre 2020.

- [15] Maram Saady, Tamer Breakah, Sherif El-Badawy, Safwan Khedr, «Development of a flexible pavement design catalogue based on mechanistic–empirical pavement design approach: Egyptian case study,» *Innovative Infrastructure Solutions*.
- [16] E. Mohamed, B. Mohamed y Y. Ahmed, «Mejora de la capacidad de carga de losas de pavimento de hormigón utilizando macrofibras sintéticas,» *Coatings*, p. 833, 2021.
- [17] Muhammad Imran Khan ,Muslich Hartadi Sutanto,Madzlan Bin Napiiah,Salah E.Zoorob , Abdulnaser M.Al-Sabaei , Waqas Rafiq , Mujahid Ali , Abdul Muhaimin Memon, «Investigating the mechanical properties and fuel spillage resistance of semi-flexible pavement surfacing containing irradiated waste PET based grouts,» *Construction and Building Materials*, vol. 304, 18 Octubre 2021.
- [18] G. Pradeep, G. Tarun, K. Hemantha y S. Shahabas, «Diseño de pavimento flexible reforzado con fibra de poliéster (Recron-3S)(Artículo),» *Revista Internacional de Ingeniería Civil y Tecnología*, vol. VIII, nº 4, pp. 1231-1237, 2017.
- [19] M. Sahis y P. Biswas, «Optimización del espesor del pavimento bituminoso utilizando un enfoque de diseño mecanicista-empírico basado en la deformación,» *Civil Engineering Journal*, vol. 7, nº 5, 2021.
- [20] P. Shani, S. Chau y O. Swei, «Todos los caminos llevan a la sostenibilidad: Oportunidades para reducir el coste del ciclo de vida y el impacto del calentamiento global de las carreteras estadounidenses,» *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 173, nº 105701, 2021.
- [21] A. Stepushin, I. Chistyakov, M. Goryachev, Y. Sadovnikova y A. Kyaing, «Refined

assessment of strength of concrete pavement,» *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 832, nº 1, 8 Junio 2020.

- [22] Wang, S. Ma, T. Zhang, W. y Gao, Y., «Experience and challenges of long-term performance research on asphalt pavement,» *Kexue Tongbao/Chinese Science Bulletin*, vol. 65, pp. 3228-3237, 15 Octubre 2020.
- [23] Wang, X. Huang, H. Shen, S. Jin, G. Mao, Q y Lu, H., «Characterization of in Situ Modulus of Asphalt Pavement and Its Relation to Cracking Performance Using SASW Method,» *Journal of Transportation Engineering Part B: Pavements*, vol. 146, nº 3, 2020.
- [24] M. Wenbo, Z. Zenggang, G. Shuaicheng, Z. Yanbing, W. Zhiren y Y. Caiqian, «Performance Evaluation of the Polyurethane-Based Composites Prepared with Recycled Polymer Concrete Aggregate,» *Materials*, vol. 13, nº 3, 1 febrero 2020.
- [25] K. Yang y R. Li, «Caracterización de la propiedad de unión en la capa intermedia de pavimento asfáltico: una revisión,» *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, pp. 374-387, 2021.
- [26] Zhang, J. Li, C. Ding, L. Zhao, H., «Performance Evaluation of Strengthening Recycled Coarse Aggregate in Cement Stabilized Mixture Base Layer of Pavement,» *Advances in Civil Engineering*, vol. 2020, 2020.
- [27] Zhang, L. Zhou, X. y Wang, X., «Research progress of long-life asphalt pavement behavior based on the RIOHTrack full-scale accelerated loading test,» *Kexue Tongbao/Chinese Science Bulletin*, pp. 3247-3258, 2020.

