

**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

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

**MEJORA DE PAVIMENTOS PERMEABLES CON
FIBRAS DE POLIPROPILENO Y
ADITIVOS FOTOCATALÍTICOS: UNA
REVISIÓN**

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

Autor

Sanchez Olaya Abraham Segundo
<https://orcid.org/0000-0002-9217-9962>

Asesor

Mg. Villegas Granado Luis Mariano
<https://orcid.org/0000-0001-5401-2566>

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




DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la DECLARACIÓN JURADA, soy egresado del Programa de Estudios de INGENIERIA CIVIL de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

Mejora de pavimentos permeables con fibras de polipropileno y aditivos fotocatalíticos: Una Revisión

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, firma:

Sanchez Olaya Abraham Segundo	DNI: 74042554	
-------------------------------	---------------	---

Pimentel, 03 de diciembre de 2024




11% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 9%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo de investigación de manera especial a mi madre, quien, con su amor incondicional, su fuerza y dedicación ha sido mi mayor inspiración a lo largo de mi vida. Su ejemplo a despertado en mí, esas ganas de alcanzar mis metas.

De igual manera, a mi abuela, que con amor ha estado al pendiente de mí en cada momento de este proceso. Sus consejos sabios y su constante aliento me han fortalecido y motivado a esforzarme día a día.

A mi hermano, quien es mi mayor fuente de motivación en mi vida. Por él, me esfuerzo continuamente, con el anhelo de ser un digno ejemplo y con la esperanza de que alcance, e incluso supere, todo lo que yo logre.

Estoy agradecido a mi familia, quienes han acompañado durante todo este proceso de formación. Además, expresar mi gratitud a mis mentores, quienes han sido la guía y enriquecimiento de conocimiento a lo largo de este camino, y mis compañeros por todas las experiencias vividas.

Agradecimientos

Expreso mi más sincero agradecimiento a mi madre y abuela por apoyarme en este trayecto de formación académica. Sin ellas no hubiera logrado nada de esto. A mi hermano por ser mi fuente de inspiración. Del mismo modo, deseo expresar mi gratitud profunda hacia mi mentor y asesor, Luis Mariano Villegas Granado, por compartir sus conocimientos y valores cuyos me han ayudado a realizar el presente trabajo de investigación, impulsándome como un futuro profesional con habilidades destacables. Sin dejar de reconocer la influencia de mi familia, quienes me han alentado en todo este proceso, brindándome lecciones en los momentos de desafíos. Su compañía ha sido fundamental en mi camino hacia el logro académico y profesional.

Índice

Dedicatoria

Agradecimientos

Resumen

Abstract

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática.

1.2. Formulación del problema

1.3. Hipótesis

1.4. Objetivos

1.5. Teorías relacionadas al tema

II. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

III. RESULTADOS

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

V. ANEXOS

VI. REFERENCIAS

Resumen

El pavimento permeable es una solución sostenible para mitigar los empozamientos urbanos, protegiendo no solo las vías, sino también infraestructuras como viviendas, colegios y otras edificaciones. La incorporación de fibras de polipropileno mejora propiedades mecánicas clave, como la resistencia a la compresión, tracción y flexión, además de incrementar la resistencia al desgaste superficial, lo que asegura una mayor durabilidad. Aunque este tipo de pavimento puede presentar desafíos, como una menor resistencia en comparación con los pavimentos tradicionales, estudios han demostrado que ajustes en las mezclas y agregados permiten optimizar su desempeño. Este enfoque es fundamental para el desarrollo de ciudades sostenibles, como las denominadas “**ciudades esponja**”

Palabras Clave: Pavimento Permeable, Concreto Permeable, Fibra de Polipropileno, Material Fotocatalítico

Abstract

Permeable pavement is a sustainable solution to mitigate urban flooding, protecting not only roads, but also infrastructure such as homes, schools and other buildings. The incorporation of polypropylene fibers improves key mechanical properties, such as compressive, tensile and flexural strength, as well as increasing resistance to surface wear, ensuring greater durability. Although this type of pavement can present challenges, such as lower strength compared to traditional pavements, studies have shown that adjustments in mixes and aggregates can optimize its performance. This approach is fundamental for the development of sustainable cities, such as the so-called “sponge cities”.

Keywords: Permeable Pavement, Permeable Concrete, Polypropylene Fiber, Photocatalytic Material

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática.

La problemática radica en la falta de soluciones efectivas frente a los empozamientos de agua en las pistas, esto genera desgaste a nivel estructural [1], es por ello que debemos buscar una solución que permita la rapidez de evacuar estas aguas [2], sin inconveniente alguno. [3] Una de estas alternativas es el pavimento permeable [4], este tipo de estructuras permite el flujo del agua a través de ella misma [5]. Esto no solo va a permitir conservar las estructuras, sino también poder facilitar el paso vehicular, es especial los vehículos de menor tamaño. [6]

A partir de ello se realizaron estudios evaluando su rendimiento, el cual demostró tiene un 50% a comparación de un pavimento convencional, no obstante, se aclaró que, con algún tipo de material como agregado, puede ayudar a mejorar ese rendimiento. [7]

Tianzhen Li et al. [8] Utilizaron pavimento permeable con fibra de polipropileno, el cual demostró su ayuda a realizar la llamada “Ciudad Esponja”, la cual con ayuda de receptores los cuales reciben el agua que se filtra por medio de sus orificios, los cuales con ayuda de piedra de corte de travertino el cual genera lo antes dicho.

Mingjing Fang et al. [9] Realizó un estudio a los tan llamados Pavimentos Permeables (Eco PPM); el cual generaliza los tipos de pavimentos permeables, con ayuda de fibra de polipropileno, genera una mayor resistencia del 20%, el cual genera una duda; es menos resistente, pero más eficaz y ayuda al ecosistema. [10]. Esto ayudara a los problemas urbanos. Por otra parte, el uso de materiales fotocatalíticos, al ser expuestos al sol, genera una reacción que ayuda a la purificación del aire. [11]

Haitang Zhu et al. [12] Se considera el pavimento permeable, como poros, por el mismo hecho que tiene espacios en el cual los líquidos pasan, pero pese a ello nos damos cuenta que la desventaja es la disminución de resistencia a la compresión, por ello nos aconseja a realizarlo con ayuda de materiales como la fibra de polipropileno (PPTF), el cual les da cierto mejoramiento a las propiedades físicas del pavimento, dando resultados considerables.

Chengyao Wei et al. [13] Las vías urbanas generadas con pavimentos permeables, dan a luz a las tan conocidas ciudades esponjas, combinando sus funciones, drenaje y tráfico, dando como resultado una mejora al eliminar contaminantes de escorrentía.

Rebeca de M et al. [14] Realizó un estudio de pavimento permeable con fibra de polipropileno, el cual se dio con diferente porcentaje de material el cual dio un resultado no esperado, ya que un ensayo dio de manera positiva dan como resultado mayor resistencia a la tracción por flexión siendo el foco principal de su investigación.

A nivel nacional Pedro et a [15] este articulo tiene como propósito dar una solución sostenible para el drenaje urbano. Este estudio fue realizado en Juliaca, donde se evaluó el desempeño en el drenaje pluvial, considerándose parámetros mecánicos e hidráulicos. Se diseñaron 04 tramos de prueba utilizando 0.05% de tiras de polipropileno. La mezcla optima alcanzó, a los 28 días, dando una resistencia a la compresión de 196.95Kg/cm², módulo de rotura de 31.74 kg/cm² y una permeabilidad de 0.463 cm/s. Se concluyo que este tipo de pavimentos es eficiente ante el manejo de agua pluviales y adecuado para áreas de bajo tránsito.

Flores et a [16] En su tesis de pregrado analizo el efecto de tiras de polipropileno en concreto permeable diseñado para pavimentos con una resistencia de 175Kg/cm² en Puno. Se realizaron ensayos como resistencia a la compresión, contenido de vacíos y permeabilidad. Dos de estos diseños fueron considerados dado a su diferencia en el tamaño de agregado grueso: estándar N°57 y N°8. El diseño con granulometría normalizada y tiras de polipropileno (0.05%, 0.10% y 0.15%) mostró mejoras en resistencia a la compresión, dando como favorable 0.05% y 0.10%, con incrementos de 16.7% y 4.2% respectivamente. Y dando como desfavorable el 0.15%. Los valores de vacíos y permeabilidad se encontraron dentro de los rangos establecidos.

Este trabajo aborda problemáticas ambientales y urbanas críticas, como el manejo de aguas pluviales, sostenibilidad de infraestructuras, entre otros. Este tipo de pavimento apoya al control de inundaciones, reduciendo el empozamiento de aguas y el riesgo de inundaciones; durabilidad y sostenibilidad al agregar fibras de polipropileno el cual da una mejora a sus propiedades mecánicas, incremento de resistencia y su vida útil.

Aunque el pavimento permeable por sí mismo tiene inicialmente un costo más alto, los beneficios son mayores, ya que al poder reducir los múltiples problemas que genera un pavimento convencional, nos ahorramos menores problemas tanto económicos a largo plazo, como problemas del tránsito vehicular y peatonal.

Todo esto justifica a su uso ya que ayudara a los problemas urbanos recurrentes, la viabilidad en zonas urbanas y a su vez, innovación tecnológica.

La implementación de pavimentos permeables mejorados con fibra de polipropileno y material fotocatalítico resulta crucial para abordar problemáticas urbanas, como el manejo ineficiente de las aguas pluviales, generando empozamientos y desgaste a la estructura. Su capacidad de filtrar el agua y permitir un drenaje eficiente, contribuye a la reducción de riesgos, tales como las inundaciones en las pistas y mejorar la operatividad de las vías urbanas.

El uso de fibras de polipropileno y material fotocatalítico, mejora sus propiedades mecánicas como pavimento y contribuye a la idea de realizar una ciudad esponja.

1.2. **Formulación del problema**

¿Cuál es el impacto al realizar un pavimento permeable con fibra de polipropileno y material fotocatalítico?

1.3. **Hipótesis**

El uso de pavimento permeable con fibra de polipropileno y material fotocatalítico, ayudara a reducir la escorrentía superficial y mejorando sus propiedades, así mismo, ayudando a disminuir los residuos causados por el empozamiento.

1.4. **Objetivos**

Objetivo general:

- Evaluar la mejora de las propiedades mecánicas y funcionales de pavimentos permeables mediante la incorporación de fibras de polipropileno y aditivos fotocatalíticos

Objetivos específicos:

- Identificar los efectos del uso de fibras de polipropileno en las propiedades mecánicas de pavimentos permeables, con base en resultados de ensayos de compresión, tracción y flexión.
- Analizar la influencia de aditivos fotocatalíticos en la mejora de la permeabilidad y durabilidad de pavimentos permeables.
- Sintetizar los métodos de ensayo y parámetros evaluados en estudios experimentales que aborden pavimentos permeables mejorados con estos materiales.

- Evaluar las ventajas y limitaciones del uso de fibras de polipropileno y aditivos fotocatalíticos en la optimización de pavimentos permeables, con miras a su implementación en infraestructura sostenible.

1.5. Teorías relacionadas al tema:

De acuerdo a diversos trabajos previos se consideran los siguientes, se considera el pavimento permeable, como poros, por el mismo hecho que tiene espacios en el cual los líquidos pasan, pero pese a ello nos damos cuenta que la desventaja es la disminución de resistencia a la compresión, por ello nos aconseja a realizarlo con ayuda de materiales como la fibra de polipropileno (PPTF), el cual le da cierto mejoramiento a las propiedades físicas del pavimentos, dando resultados considerables [17]

Las vías urbanas generadas con pavimentos permeables, dan a luz a las tan conocidas ciudades esponjas, combinando sus funciones, drenaje y tráfico, dando como resultado una mejora al eliminar contaminantes de escorrentía. [13]

Así mismo, para mitigar los impactos de áreas impermeables en ciudades es el uso de concreto permeable. Esta investigación evaluó como las fibras de polipropileno afectan sus propiedades mecánicas, como la resistencia a la compresión, flexión y tracción. Se trabajó inicialmente con tres mezclas base (1:3, 1:4, 1:5), dando como más favorable (1:4); añadiéndose fibras de polipropileno en tres dosificaciones (0.6;1.8 y 3.0 Kg/m³) repitiéndose dichos ensayos. Los resultados indicaron que la mezcla 1:4 con 1.8Kg/m³ de fibras ofreció una mejor resistencia a los ensayos de flexión y tracción, cumpliendo así con el objetivo de dicho estudio. [14]

El uso de pavimentos permeables con fibra de polipropileno y material fotocatalítico da lugar a mejorar propiedades tales como: Resistencia a la compresión, el cual refiere a la capacidad de un material a soportar fuerzas aplicadas tienden a reducir su tamaño. [18] La resistencia a la tracción, el cual nos permite a medir su capacidad al tratar de estirarlo. [19]

II. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

En este artículo se desarrolló el método de investigación cualitativa documental, en el que recopilé información relacionado al análisis de la incorporación de fibra de polipropileno y material fotocatalítico.

El procedimiento consistió en la búsqueda de datos, selección y lectura de los mismos. Los datos provienen de algunas bases de datos como: Scopus, Scielo, Google Académico. Obteniendo documentos validos y citados con su respectivo DOI para la verificación de

la existencia y legalidad del documento. Se interpretó y analizo críticamente la información clasificándola en una bitácora, extrayendo los puntos más relevantes. Por último, se ha redactado el artículo de manera argumentativa y comparando los resultados de dichas investigaciones. El estudio descriptivo antes mencionado y la metodología utilizada también es un diseño de investigación, por lo que se utilizó un enfoque correlacional para considerar el vínculo entre la variable dependiente y sus variables independientes.

III. RESULTADOS

a Resistencia a la compresión axial

A continuación, en la Fig. 01 se puede observar un ensayo realizado en la ciudad de Chiclayo donde muestra los resultados obtenidos.

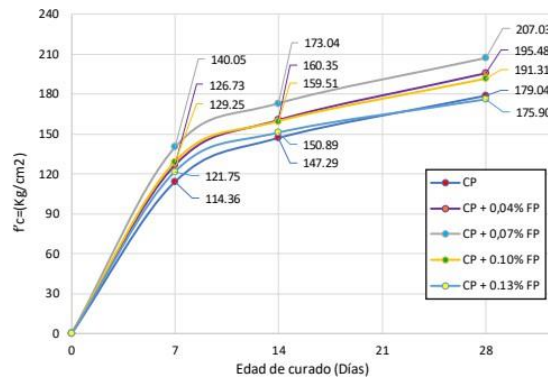


Fig.01 Resistencia a la compresión axial

Nota. En la **Fig. 01** se muestran los valores obtenidos de un ensayo de compresión en el cual se compara resultados obtenidos a los 7,14 y 28 días, con diferentes porcentajes de fibra de polipropileno, dando como resultado el porcentaje +0.07% como la mas eficiente, ya que da mayor resistencia a la compresión. Obtenido [20]

b Resistencia a la tracción

En la Fig. 02 se puede observar un ensayo realizado en la ciudad de Chiclayo donde muestra los resultados obtenidos.

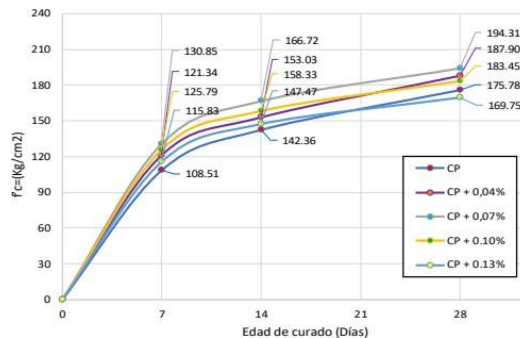


Fig.02 Resistencia a la tracción

Nota. En la Fig. 01 se muestran los valores obtenidos de un ensayo de tracción en el cual se compara resultados obtenidos a los 7,14 y 28 días, con diferentes porcentajes de fibra de polipropileno, dando como resultado el porcentaje +0.07% como la más eficiente, ya que da mayor resistencia a la tracción. Obtenido [20]

c Resistencia a la flexión

En la Fig. 03 se puede observar un ensayo realizado en la ciudad de Chiclayo donde muestra los resultados obtenidos.

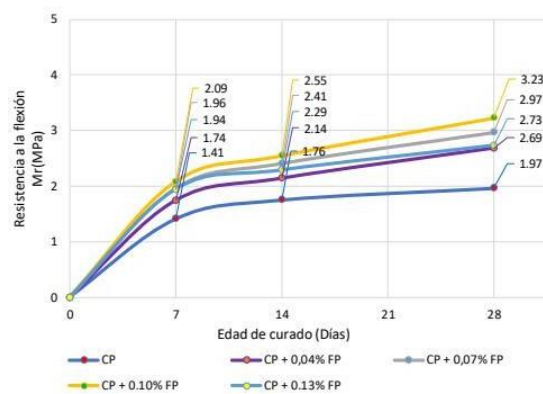


Fig.03 Resistencia a la flexión

Nota. En la Fig. 03 se muestran los valores obtenidos de un ensayo de flexión en el cual se compara resultados obtenidos a los 7,14 y 28 días, con diferentes porcentajes de fibra de polipropileno, dando también como resultado el porcentaje +0.07% como la más eficiente, ya que da mayor resistencia a la tracción. Obtenido [20]

d Permeabilidad

En la Fig. 04 se puede observar un ensayo realizado en la ciudad de Chiclayo donde muestra los resultados obtenidos.

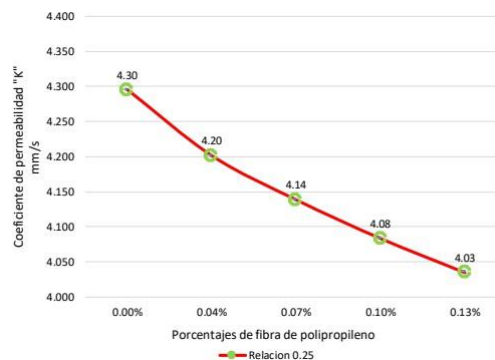


Fig.04 Permeabilidad

Nota. En la Fig. 04 se muestran los valores obtenidos de un ensayo permeabilidad en el cual se puede observar la comparación del promedio de los porcentajes obtenidos por los ensayos hechos a las distintas mezclas realizadas (0, 0.04%, 0.07%, 0.10% y 0.13%) dando como resultado el más permeable con el 0.07%. Obtenido [20]

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

- El empozamiento de agua en las pistas genera desgaste estructural, problemas de tráfico y riesgos de inundación. Es necesario implementar soluciones sostenibles que faciliten el drenaje de manera rápida y eficiente.
- El concreto permeable, mejorado con fibras de polipropileno y materiales fotocatalíticos, resulta una alternativa eficaz para mitigar problemas urbanos.
- El efecto de la fibra de polipropileno es esencial a la ayuda del mejoramiento de propiedades físicas del concreto como su durabilidad, además no afecta en el flujo del agua a través de sus poros.

V. Anexos

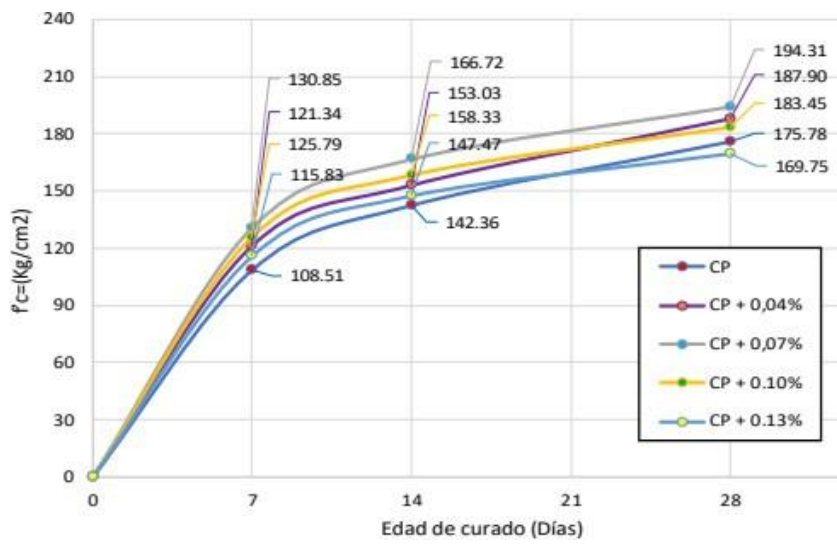
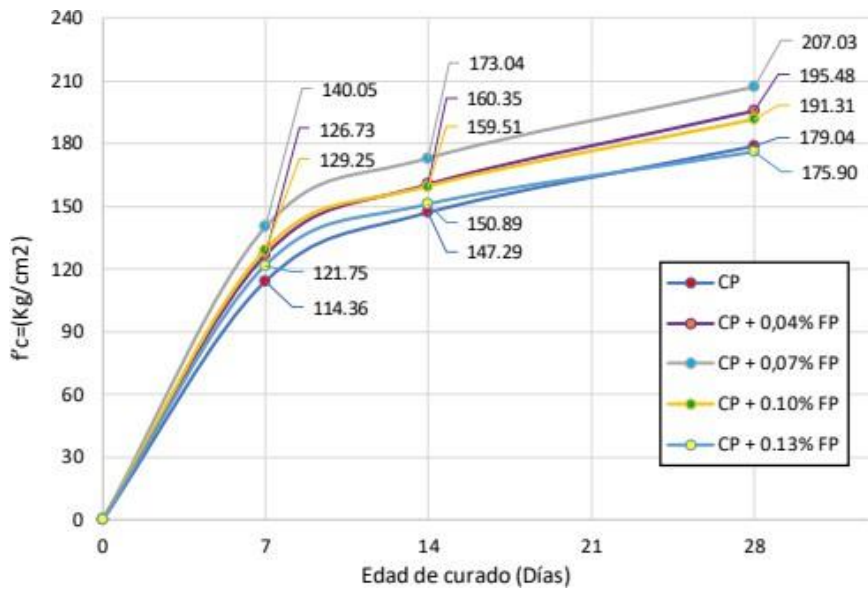
Objetivo Específico	Variable	Indicador	Fuente	Matriz de Operacionalización
Evaluar la mejora de las propiedades mecánicas y funcionales de pavimentos permeables mediante la incorporación de fibras de polipropileno y aditivos fotocatalíticos	Uso de fibras de polipropileno y material fotocatalítico	Porcentaje de fibra en mezcla, eficiencia fotocatalítica	de Tianzhen Li et al. [8], Rebeca de M et al. [14], Pedro et al. [15]	Dosificación de fibras de polipropileno: 0, 0.03, 0.07, 0.10, 0.13 % en mezcla; Eficiencia fotocatalítica medida por reducción de contaminantes

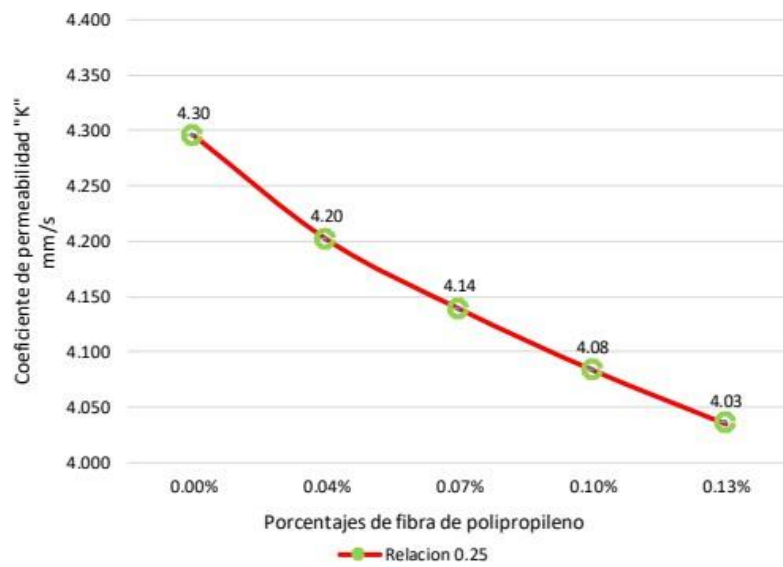
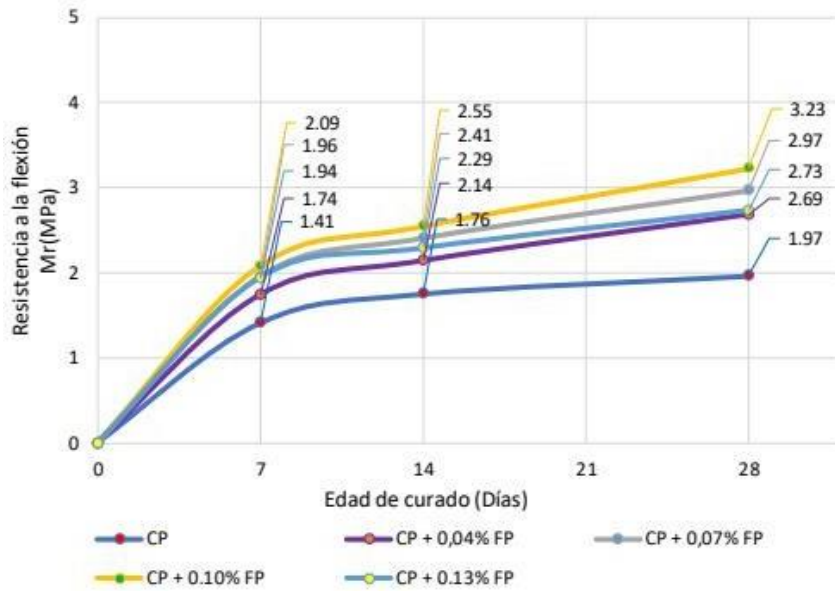
Objetivo Específico	Variable	Indicador	Fuente	Matriz de Operacionalización
Identificar los efectos del uso de fibras de polipropileno y las propiedades mecánicas de pavimentos permeables	de Resistencia a la compresión, flexión y tracción	Resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y tracción, resistencia a la flexión	Pedro et al. [15], Rebeca de M et al. [14], Haitang Zhu et al. [12]	Ensayos de compresión, tracción y flexión en diferentes porcentajes de fibra
Analizar la influencia de aditivos fotocatalíticos en la mejora de la permeabilidad y durabilidad de pavimentos permeables	de Permeabilidad y durabilidad del pavimento	Caudal de filtración, tiempo de vida útil	Mingjing Fang et al. [9], Chengyao Wei et al. [13]	Ensayo de permeabilidad, pruebas de durabilidad a largo plazo
Sintetizar los métodos de ensayo y parámetros evaluados en estudios experimentales que aborden pavimentos permeables mejorados con estos materiales	Métodos de ensayo para pavimentos permeables	Resultados de ensayos de compresión, tracción y flexión	Resultados de experimentales, ensayos previos y de pavimentos permeables	Ensayo de laboratorio, análisis de resultados obtenidos de pruebas experimentales previas
Evaluar las ventajas y limitaciones del uso de fibras	Ventajas y limitaciones del material	Mejoras en la resistencia	Haitang Zhu et al. [12], Chengyao Wei et al. [13]	Análisis comparativo de pavimentos con y

Objetivo Específico	Variable	Indicador	Fuente	Matriz de Operacionalización
polipropileno y aditivos fotocatalíticos en la optimización de pavimentos permeables	y	mecánica y permeabilidad		sin fibras y fotocatalíticos

Matriz de Operacionalización de Variables

Variable	Dimensión	Indicador	Unidad de medida	Técnica	Herramienta
Independiente: Uso de fibras y material fotocatalítico	Fibras de polipropileno	Dosificación	%	Diseño experimental	Ensayos de laboratorio
	Material fotocatalítico	Eficiencia fotocatalítica	mg contaminante eliminado	Pruebas en laboratorio	Fotocatálisis
Dependiente: Propiedades mecánicas y funcionales	Resistencia a la compresión	Fuerza soportada	MPa (Megapascales)	Ensayo de compresión	Prensa hidráulica
	Resistencia a la flexión	Resistencia a la flexión	MPa	Ensayo de flexión	Prensa hidráulica
	Permeabilidad	Caudal de filtración	cm/s	Prueba de permeabilidad	Permeámetro de carga constante





Referencias

- [1] X. F. X. C. K. L. Qiuyue Zhang, «Mix design for recycled aggregate pervious concrete based on response surface methodology,» *Construction and Building Materials*, vol. 259, p. 119776, 2020.
- [2] K. P. A. L. Piotr Gryzpanowicz, «Analysis of the potential for increasing water retention in road pavements on public roads in cities: a case study based on the Old Town of Płock,» *Budownictwo i Architektura*, vol. 23, n° 2, 2024.
- [3] D. C. D. K. H. Martina Zeleňáková, «Urban Water Retention Measures,» *Procedia Engineering*, vol. 190, pp. 419-426, 2017.
- [4] M. G. A. G. A. E. I. A.-D. Eneko Madrazo-Uribeetxebarria, «Analysis of the hydraulic performance of permeable pavements on a layer-by-layer basis,» *Construction and Building Materials*, vol. 387, p. 131587, 2023.
- [5] J. J. G. I. M.-L. Carlos Sánchez-Mendieta, «Physical and Hydraulic Properties of Porous Concrete,» *Sustainability*, vol. 13, n° 19, p. 10562, 2021.
- [6] J. L. C. C. Qingchi Cai, «Evaluate the Potential of Permeable Pavement for Urban Runoff Reduction,» *Water Conservation Science and Engineering*, vol. 9, n° 71, 2024.
- [7] C. H. Y. Jian-Shiuh Chen, «Porous asphalt concrete: A review of design, construction, performance and maintenance,» *International Journal of Pavement Research and Technology*, vol. 13, n° 6, p. 6, 2020.
- [8] X. T. J. X. G. G. Y. X. M. L. Tianzhen Li, «Investigation of mechanical strength, permeability, durability and environmental effects of pervious

concrete from travertine waste material,» *Construction and Building Materials*, vol. 426, p. 136175, 2024.

- [9] G. M. S. I. Goutom Barua, «Low tortuous permeable concrete pavement material: A new approach to improve physical properties,» *Cleaner Engineering and Technology*, vol. 20, p. 100750, 2024.
- [10] X. W. J. L. Z. X. Y. C. Mingjing Fang, «Design, application and performance improvement of Eco-Permeable pavement materials (Eco-PPMs): A review,» *Construction and Building Materials*, vol. 360, p. 129558, 2022.
- [11] K. H. Hyeok-jung Kim, «Evaluation of Nitrogen Oxide Reduction Performance in Permeable Concrete Surfaces Treated with a TiO₂ Photocatalyst,» *Materials*, vol. 16, nº 16, p. 5512, 2023.
- [12] C. W. Z. W. L. L. Haitang Zhu, «Study on the Permeability of Recycled Aggregate Pervious Concrete with Fibers,» *Materials*, vol. 13, nº 2, p. 321, 2020.
- [13] J. W. P. L. B. W. H. L. Y. J. T. H. Chengyao Wei, «A New Strategy for Sponge City Construction of Urban Roads: Combining the Traditional Functions with Landscape and Drainage,» *Water*, vol. 13, nº 23, p. 3469, 2021.
- [14] R. d. M. Kich, V. A. Kich y K. Seibt, «Practical Analysis of Permeable Concrete Properties with,» *IBRACON*, vol. 62, p. 16, 2020.
- [15] C. G. R. Pedro Guerra C, «Diseño de un pavimento rígido permeable como sistema urbano de drenaje sostenible.,» *FIDES ET RATIO*, vol. 20, nº 20, pp. 121-140, 2024.
- [16] C. E. P. C. I. A. Flores Quispe, «Diseño de mezcla de concreto permeable con adición de tiras de plástico para pavimentos F'c 175 kg/cm²

en la Ciudad de Puno,» (Tesis de pregrado) Universidad Nacional Del Altiplano, Puno, 2015.

- [17] C. W. Z. W. L. L. Haitang Zhu, «Study on the Permeability of Recycled Aggregate Pervious Concrete with Fibers,» *Materials*, vol. 13, n^o 2, p. 321, 2020.
- [18] A. L. U. R. R. N. Bazán Velarde, «Evaluation of the physical and mechanical properties of concrete reinforced with 0,5% bamboo fiber, using the sclerometer and the compression resistance test,» *LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology*, p. 8, 2024.
- [19] T. G. Inga Julca, «Influencia de la adición de mucílago de nopal (Opuntia ficus-índica) en las propiedades mecánicas del concreto permeable,» Universidad Peruana Unión, Lima, 2019.
- [20] C. D. C. Aimar, «Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del concreto permeable para pavimentos especiales,» Informe para optar el título profesional de ingeniería: Universidad Señor de Sipan, Chiclayo, 2023.
- [21] F. W. L. Y. S. W. C. Y. L. Z. D. M. B. Xiaoqing Li, «A review on photocatalytic asphalt pavement designed for degradation of vehicle exhausts,» *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 115, p. 103605, 2023.
- [22] M. M. Z. L. S. L. X. W. Linsong Wu, «Study on Photocatalytic and Mechanical Properties of TiO₂ Modified Pervious Concrete,» *Case Studies in Construction Materials*, p. 301606, 2022.
- [23] P. O. F. R. V. A. P. M. F. C. S. E. PILS, «Pervious concrete: study of dosage and polypropylene fibers addiction,» *Revista IBRACON de*

Estruturas e Materiais, vol. 12, nº 1, pp. 101-121, 2019.

- [24] Ş. S. Y. Ş. Behlul Furkan Ozel, «The effects of aggregate and fiber characteristics on the properties of pervious concrete,» *Construction and Building Materials*, vol. 356, p. 129294, 2020.
- [25] Universidad Señor de Sipán S.A.C., «CÓDIGO DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN S.A.C.,» RESOLUCIÓN DE DIRECTORIO N° 053-2023/PD-USS, 2023.
- [26] Universidad La Gran Colombia, «DENSIDAD BULK (PESO UNITARIO) Y PORCENTAJE DE VACÍOS DE LOS,» UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA, Bogotá, 2016.
- [27] R. D. M. Hilario, «Influencia de fibra de polipropileno en las,» Universidad Continental, Huancayo, 2022.
- [28] C. D. O. D. E. NACIONAL, «LLUVIAS INTENSAS EN EL DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE (DEE),» INDECI-COEN, LAMBAYEQUE, 2023.
- [29] C.-K. C. L.-W. E. Chao-Wei Tang, «Mix Design and Engineering Properties of Fiber-Reinforced Pervious Concrete Using Lightweight Aggregates,» *Applied Sciences*, vol. 12, nº 1, p. 524, 2022.