



Universidad
Señor de Sipán

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**Desempeño del concreto permeable en pavimentos
urbanos para la evacuación de aguas pluviales**

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

Autores

Alcalde Cajo Tatiana del Milagro

<https://orcid.org/0000-0001-9179-3162>

Fernandez Cardozo Victor Manuel Yunior

<https://orcid.org/0000-0002-3112-6437>

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 estudiante (s) 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:

Desempeño del concreto permeable en pavimentos urbanos para la evacuación de aguas pluviales

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 con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Alcalde Cajo Tatiana del Milagro	DNI: 71206403	
Fernandez Cardozo Victor Manuel Yunior	DNI: 70547603	

Pimentel, 22 de agosto de 2024.

PAPER NAME

Desempeño del concreto permeable en pavimentos urbanos para la evacuación de aguas pluviales

AUTHOR

**-ALCALDE CAJO TATIANA DEL MILAGRO
-FERNANDEZ CARDOZO VICTOR MANUEL YUNIOR**

WORD COUNT

2709 Words

CHARACTER COUNT

14567 Characters

PAGE COUNT

13 Pages

FILE SIZE

17.2KB

SUBMISSION DATE

Sep 17, 2024 9:37 AM GMT-5

REPORT DATE

Sep 17, 2024 9:38 AM GMT-5

● **11% Overall Similarity**

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

- 8% Internet database
- 8% Submitted Works database
- 0% Publications database

Dedicatoria

A Dios por la fuerza y sabiduría durante mi trayecto académico, a mis padres Genaro Alcalde e Isabel Cajo por la motivación, a mis hermanas Vidiksa y Alejandra, quienes han sido mi apoyo incondicional para superar cada desafío.

Alcalde Cajo Tatiana del Milagro

Dedico a Dios, quien me ha dado fuerza y sabiduría para llegar hasta aquí. A mis padres Víctor y Rosa, a mis hermanos por su comprensión y apoyo incondicional por estar siempre a mi lado en cada paso de este arduo camino.

Fernandez Cardozo Victor Manuel Yunior

Agradecimientos

A la Universidad Señor de Sipán por la plana docente que nos brindó una formación académica de calidad y que forman parte de nuestra formación profesional.

Alcalde Cajo Tatiana del Milagro

A la Universidad Señor de Sipán, así como a los docentes y compañeros que contribuyeron a mi formación académica y personal.

Fernandez Cardozo Victor Manuel Yunior

Índice

Dedicatoria	4
Agradecimientos	5
Resumen	7
Abstract	8
I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Realidad problemática.	9
1.2. Formulación del problema.....	12
1.3. Hipótesis.....	12
1.4. Objetivos.....	12
1.5. Teorías relacionadas al tema.....	12
II. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	14
III. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	15
IV. CONCLUSIONES	17
REFERENCIAS	18

Índice de tablas

Tabla I Total de artículos empleados para la investigación	14
---	----

Resumen

Hoy en día el uso del concreto permeable es muy utilizado a nivel mundial, ya que facilita la evacuación de la escorrentía y los excesos de agua del pavimento, a su estructura porosa. La investigación se realizó con la finalidad de determinar el desempeño del concreto permeable en los pavimentos urbanos para evacuar las aguas pluviales. Se empleó una metodología que consistió en la revisión de cuarenta y uno artículos indexados en las bases de datos como Scopus y ScienceDirect más cinco tesis alojadas en la base de datos RENATI. Se concluyó que el concreto permeable es la mejor alternativa para la evacuación de aguas pluviales, evitando el anegamiento o inundaciones en tiempo de lluvia, así mismo ayuda a disminuir los ruidos o sonidos producidos por los neumáticos, por lo lado ayuda a disminuir el calor (efecto isla) y fomenta el incremento de agua subterránea.

Palabras Clave: Infiltración, pavimento, permeable, concreto.

Abstract

Nowadays, the use of pervious concrete is widely used worldwide, since it facilitates the evacuation of runoff and excess water from the pavement, due to its porous structure. The research was carried out with the purpose of determining the performance of pervious concrete in urban pavements to evacuate rainwater. A methodology that consisted of the review of forty-one articles indexed in databases such as Scopus and ScienceDirect plus five theses housed in the RENATI database was used. It was concluded that pervious concrete is the best alternative for the evacuation of rainwater, avoiding waterlogging or flooding in rainy weather, as well as helping to reduce noise or sounds produced by tires, thus helping to reduce heat (island effect) and promoting the increase of groundwater.

Keywords: Infiltration, pavement, permeable, concrete.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática.

Hoy en día el uso del concreto permeable es muy utilizado a nivel mundial, ya que facilita la evacuación de la escorrentía y los excesos de agua del pavimento, a su estructura porosa. La investigación se realizó con la finalidad de determinar el desempeño del concreto permeable en los pavimentos urbanos para evacuar las aguas pluviales. En Taiwán, una solución para resolver las escorrentías de agua generada por la lluvia, disminuir los efectos de isla de calor que se da en las ciudades grandes y evitar daño al ecosistema se eligió como una solución al concreto permeable [1].

Así mismo, en Reino Unido, las ciudades cada vez más crecen, por lo que, están más propensas a sufrir inundaciones o estén vulnerables frente a las lluvias; ya que las superficies impermeables no son capaces de evacuar agua a través de sus poros, lo que generaría un impacto en la sociedad y daños materiales ocasionando pérdidas de miles de millones de libras al año; por lo cual se ha impulsado una solución de drenaje eficaz [2].

Por otro lado en Malasia, a pesar de contar con sistemas de drenaje en las calles estos son ineficientes al momento de eliminar el agua de lluvia, por lo que, el agua generalmente termina acumulada y esparcida por las calles, ocasionado problemas en el tráfico y usuarios [3], así mismo, con el crecimiento urbanístico las zonas de vegetación fueron reemplazados por materiales impermeables, como por ejemplo el pavimento de las calles, lo que ha generado inundaciones y estancamiento del agua, es por ello, que se ha propuesto el uso del concreto permeables como una eficiente método para la eliminación del agua.

En Malasia, la industria de la construcción genera toneladas de residuos de concreto durante todo el proceso constructivo y todos son llevados a vertederos generando contaminación al medio ambiente [4]. Por otro lado, sucede en la región de Piura, el mal manejo de residuos sólidos proveniente de demoliciones y de la construcción generan efectos negativos en el medio ambiente, así mismo, existe una norma técnica donde menciona una

técnica para su respectivo control, por lo cual, se busca utilizar estos materiales para la elaboración de concreto permeable [5].

En Suiza [6], “Meta-Analysis of the Performance of Pervious Concrete with Cement and Aggregate Replacements”. Su objetivo principal de la presente investigación es lograr optimizar el rendimiento de PGC para un rendimiento superior mientras se hacen experimentos menores. La metodología empleada en la presente investigación es la aplicación de los métodos Taguchi y TOPSIS, para de esa manera hallar las relaciones señal – ruido y mejorar las proporciones de la mezcla para conseguir un extraordinario rendimiento. De tal manera se concluye que este estudio permitió evaluar el efecto de varios parámetros de diseño de mezcla en la dureza o resistencia a la compresión, la permeabilidad y resistencia a la abrasión del concreto, todo esto se realizó a través de los métodos (Taguchi y TOPSIS).

En México [7], en su investigación “Diseño de concreto permeable para absorción de metales pesados en carreteras sustentables”. Su objetivo principal fue presentar principalmente la aplicación de rocas basálticas naturales como aditivo para mezclas de concretos permeables. La metodología a emplear es la absorción por lotes, el cual se realizó para fijar la efectividad del material propuesto. Se puede concluir que el método por absorción, fue especialmente diseñado para establecer si el concreto permeable puede ser capaz de eliminar los metales pesados y medir el nivel que posiblemente tenga el concreto, a distintas concentraciones iniciales de As, Cd y Zn.

En China [8], en su trabajo “Research on the Mechanical and Physical Properties of Basalt Fiber-Reinforced Pervious Concrete”. Su objetivo principal es proteger el medio ambiente, con base en la investigación previa, de acuerdo a los parámetros que principalmente influyen en las propiedades podemos encontrar el contenido de cemento y la proporción del cemento al agregado, ya que el agregado reciclado, se está introduciendo poco a poco como reemplazo de manera parcial del agregado natural, grueso. En este caso la metodología a emplear es la contribución de la fibra de basalto a la resistencia y a la flexión de la matriz de concreto. Por lo cual podemos concluir que principalmente la incorporación

de fibra de basalto a la compresión axial y cúbica, y la dureza o resistencia a la compresión incrementa o disminuye con el crecimiento de la correspondiente fibra de basalto.

En Grecia [9], en su investigación “Sustainable Use of By-Products and Wastes from Greece to Produce Innovative Eco-Friendly Pervious Concrete”. Su objetivo principal fue encargar o confiar a otros investigadores la amplia utilización de subproductos, desechos de construcción y, desechos electrónicos como agregados de concreto para elaborar ecológicas construcciones. La metodología empleada fue principalmente su diseño con el suelo de una cantidad mínima de pasta de cemento, para conseguir el recubrimiento de áridos gruesos que facilita la formación de esta red de poros interconectados en el material. Por lo cual se concluye que la pérdida de masa dependía directamente de las propiedades totales del agregado y del concreto, por lo cual establece un factor crítico para la evaluación de la capacidad de cada materia prima.

En Lima, el crecimiento de urbanizaciones genera más superficies impermeables, generando mayor escorrentía, produciendo sobrecargas en las redes de descarga pluvial, lo cual en oportunidades ocasiona inundaciones y colapsos; así mismo, entre más grande son las zonas impermeabilizadas menor será la infiltración [10]. Por otro lado, en la región de Puno las fuertes lluvias que va en un promedio de 600 a 700 mm anuales han generado que se construya cunetas de dimensiones grandes, las cuales generan problemas para el tránsito vehicular, ocasionando en algunas oportunidades accidentes vehiculares [11].

En Lambayeque, en época de fenómeno del niño costero, a causa de la intensidad de las lluvias los pavimentos son dañados, así mismo, un gran número de viviendas se ven afectadas por deficiencia y colapso del sistema de drenaje que se presenta en la mencionada región. Por otro lado, la acumulación de aguas en los pavimentos el flujo peatonal y vehicular se ve afectado [12]. Chiclayo, ciudad que presenta una deficiencia en su infraestructura vial, que en presencia del fenómeno del niño o por pequeñas precipitaciones que se generan en los meses de diciembre- abril, la ciudad se ve afectada por inundaciones y colapso del sistema de drenaje, por motivo, que existe un deficiente sistema de drenaje pluvial, incapaz

de evacuar las aguas generadas por las lluvias [13].

Por lo cual, las inundaciones en áreas urbanas hoy en día acarrearán muchos problemas a la población, principalmente en épocas de invierno o fenómeno del niño, trayendo consigo enfermedades, posibles pérdidas de vidas humanas, deterioro a las estructuras y bienes materiales; lo cual genera daño en la economía, tanto de las personas como del país. La finalidad de esta investigación radica en identificar el desempeño del concreto permeable en vías tanto vehiculares como peatonales, para la evacuación de escorrentías provenientes de lluvia con el propósito de evitar inundaciones en áreas urbanas.

1.2. Formulación del problema

¿El concreto permeable es una solución eficiente para la evacuación de aguas pluviales en pavimentos urbanos?

1.3. Hipótesis

El concreto permeable posibilita la evacuación de escorrentías y aguas pluviales en pavimentos urbanos evitando inundaciones en áreas urbanas.

1.4. Objetivos

Objetivo general

- Diferenciar el concreto permeable del concreto convencional.

Objetivos específicos

- Identificar el desempeño del concreto permeable en vías tanto vehiculares como peatonales.
- Identificar la tasa de infiltración del concreto permeable en pavimentos.

1.5. Teorías relacionadas al tema

Los pavimentos de concreto permeable muestran una alternativa efectiva para mitigar las inundaciones en áreas urbanas por lo que reduce la escorrentía en gran manera [14]. Ya que actúa como un sistema de drenaje en las regiones que presenta fuertes lluvias, permitiendo que el agua atraviese al suelo.

La falta de permeabilidad de los pavimentos de concreto ha generado grandes efectos negativos en el entorno urbanístico, desde anegamientos en las calles y congestión vehicular [15]. Por lo cual el concreto permeable presenta grandes ventajas principalmente para resolver inundaciones urbanas, aliviar el efecto isla de calor urbano, promover el equilibrio ecológico, gracias a su estructura porosa. Por otro lado, el pavimento de concreto permeable es la mejor alternativa para recarga de agua subterránea, así mismo para un sistema de drenaje de escorrentía de agua pluviales en las carreteras es el más adecuado [16].

El concreto poroso se utiliza para absorber la mayor cantidad de agua de escorrentía, esto ayuda a reducir costos de infraestructura de aguas pluviales. Así mismo este concreto permite absorber aguas cercanas al subsuelo e incrementar las aguas subterráneas lo que permitirá proporcionar humedad a las raíces de plantas más cercanas [17].

El concreto permeable en pavimentos presenta varias ventajas sobre el concreto convencional, como mejor tasa de infiltración, menor costo en la construcción y mantenimiento, es energéticamente eficiente, reduce el efecto isla y ambientalmente racional con aspectos no contaminantes [18]. Así mismo es una alternativa para mitigar los sonidos o ruidos producto de los vehículos, por lo que facilita una menor propagación de ruido y mejor absorción de sonido. Por otro lado, cuenta con poca cantidad de agregado fino, por lo que la pasta de cemento cubre al agregado grueso y el agua pasa libremente por medio de los poros [19, 1].

Los elementos por el cual está conformado el concreto poroso son similares a los que se utiliza en el concreto convencional. La principal diferencia es el porcentaje de vacíos ya que el concreto poroso presenta más poros que suelen oscilar entre 15% a 35% [20]. El concreto poroso presenta alto número de vacíos con una mejor calidad de poros, con poca o ninguna presencia de finos, este material depende en gran manera de la distribución y tamaño de partículas del cual este hecho [21].

II. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Para la realización de este artículo de revisión se recopiló información de carácter científico, referentes al tema planteado: Desempeño del concreto permeable en pavimentos para la evacuación de aguas pluviales en áreas urbanas. Se realizó la revisión de treinta artículos científicos los cuales están alojados en revistas y estas indexadas a las bases de datos como Scopus, ScienceDirect, además de cuatro tesis alojadas en la base de datos, RENATI. Considerando que estas investigaciones han sido seleccionadas cuidadosamente bajo ciertos criterios como el año de publicación; es decir, desde el 2020 hasta 2023. Así mismo, el idioma sugerido para realizar la búsqueda de artículos científicos es el español e inglés, ya que la mayor parte de información científica disponible, está en estos idiomas. Seguido de esto, se eligieron las palabras clave en base al título y la pregunta de investigación, estas palabras son las variables de indagación y con ellas se procedió a la búsqueda de información. En la tabla I, se visualiza el número de artículos seleccionados, según las bases de datos que fueron anteriormente mencionadas.

En base a los criterios antes mencionados se procederá a realizar el respectivo análisis de cada uno de los artículos; lo cual permitirá lograr el objetivo y el propósito de este artículo de revisión. Se muestra la tabla I.

Tabla I
Total de artículos empleados para la investigación

Base de datos	Año de publicación				Total
	2020	2021	2022	2023	
Scopus ScienceDirect RENATI	8	14	11	1	34

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

El concreto permeable es un material que sirve como alternativa para mitigar las inundaciones en las áreas urbanas, pueblos y ciudades, a la vez es propenso a obstruirse [2] por mantener un alto índice de tasas de infiltración superficial. Es por ello, que para determinar el nivel de obstrucción de los poros en los concretos permeables se realiza la prueba de un solo anillo o de doble anillo o prueba de permeabilidad [22]. El fenómeno de obstrucción causa debilitamiento de la permeabilidad del concreto y a la vez genera que la resistencia a las heladas disminuye por motivo de la retención de agua con partículas finas, por lo que a mayor porosidad mejor resistencia a la obstrucción [23]. Las dos características fundamentales en un sustrato permeable son la permeabilidad al agua y la capacidad de almacenamiento. La permeabilidad y la infiltración aumentan si se incrementa la relación de vacíos, por lo que los pavimentos elaborados con agregados de mayor tamaño muestran una tasa de infiltración mayor [19]. A través de los vacíos del concreto poroso puede pasar un caudal aproximado de 0.34 cm/s o 200 l/m²/min, aunque sus cifras pueden ser superiores [20]. Los pavimentos de concreto permeables se singularizan por su estructura, la cual está construida por un alto nivel de poros que están interconectados y capilares, con un contenido de vacíos que oscila de 15 a 35%, dichos vacíos cuentan con tamaños de 2 a 8 mm y con permeabilidad que oscila entre 2 a 10 mm/s [6, 24], y la resistencia a la compresión varía entre 2.8 MPa y 28 MPa [25].

El uso de pavimento asfáltico reciclado como agregado en la elaboración de pavimentos permeables permitió alcanzar a los 28 días 11 MPa respecto al ensayo de compresión y 2.1 MPa sometido a flexión y de infiltración de agua de 2.9×10^3 m/s; para alcanzar esta mezcla se suministró 20% de material reciclado y es adecuado para soportar tráfico ligero [26]. El uso de concreto reciclado como agregado para la elaboración de concreto permeable generó que la resistencia a la compresión disminuye un 58%, la flexión hasta un 64%, la densidad disminuyó, pero a la vez aumentó el contenido de vacíos y la permeabilidad hasta un 15% [27]. El uso de concreto reciclado como agregado para concreto permeable se han encontrado inconvenientes debido a su menor densidad y por mayor contenido de vacíos, reduciendo las propiedades del concreto como resistencia y durabilidad

del concreto [28].

El aumento de la conductividad térmica del concreto permeable hace que la temperatura en los pavimentos disminuya durante el día, pero en la noche aumenta [29]. Entre más alta sea la tasa de evaporación, menos calor habrá en la superficie del pavimento permeable [30]. El concreto permeable se utiliza más en caminos de tránsito bajo y estacionamientos con la finalidad de reducir la escorrentía de aguas pluviales, así mismo tiene otros beneficios como reducir la contaminación y la eliminación de aguas retenidas [31].

Para el concreto permeable la compacidad de los agregados sueltos puede jugar un papel importante y decisivo en la resistencia del material [32]. Así mismo, mientras más grandes sean los agregados se dará como resultados vacíos más grandes produciendo así una mejor permeabilidad y una menor resistencia [33]. La durabilidad de los materiales de un concreto permeable puede deteriorarse debido a los periodos de congelación y descongelación, por lo cual aumentan los costos de mantenimiento y puede generar accidentes en el transcurso de su deterioro [34].

IV. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que el concreto permeable es débil a esfuerzos de compresión y flexión a comparación del concreto convencional, por otro lado si se agrega material reciclado también proporciona las mismas características pero con menos resistencia a comparación de los trabajos previos realizados, donde mencionan que el concreto permeable tiene menos resistencia que el concreto convencional, pero si se le suministra algún tipo de fibra la resistencia se incrementa relativamente.

El concreto permeable es la mejor alternativa para la evacuación de aguas pluviales, evitando el anegamiento o inundaciones en tiempo de lluvia, así mismo ayuda a disminuir los ruidos o sonidos producidos por los neumáticos, por lo lado ayuda a disminuir el calor (efecto isla) y fomenta el incremento de agua subterránea.

El concreto permeable es un eficiente material para la eliminación de agua ya que consta de una tasa de infiltración que oscila entre 2 a 10 mm/s o un caudal aproximado de 0.34 cm/s o 200 l/m²/min aproximadamente.

REFERENCIAS

- [1] M. Gin, W. Chien, Y. Chih, Y. Cheng y Y. Chih, «Mechanical Properties of High-Strength Pervious Concrete with Steel Fiber or Glass Fiber,» *Buildings*, vol. 12, nº 5, p. 620, 2022.
- [2] A. Kia, H. Wong y C. Cheeseman, «High-strength clogging resistant permeable pavement,» *International Journal of Pavement Engineering*, p. 13, 2021.
- [3] L. Yueh-Tan, H. Min-Che, C. Yi-Shain and H. Li-Ling, "Assessing the Performance of Permeable Pavement in Mitigating Flooding in Urban Areas," *Water*, vol. 15, no. 20, p. 3551, 2023.
- [4] U. Usman, S. Nasir and A. Farah, "A case study on the effective implementation of the reuse and recycling of construction & demolition waste management practices in Malaysia," *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 12, no. 1, pp. 283-291, 2021.
- [5] J. Guerrero, «Diseño de mezcla de un Concreto Permeable utilizando Residuos de Construcción y Demolición en el Sector la Sullanera de la carretera Canchaque - Huancabamba,» Piura, 2020.
- [6] F. Habib, H. El-Hassan, M. Hamouda, G. Hinge and K. Hung Mo, "Meta-Analysis of the Performance of Pervious Concrete with Cement and Aggregate Replacements," *Buildings*, vol. 12, no. 4, p. 461, 2022.
- [7] J. Silva, O. Chavez, R. Gaxiola y J. Millan, «Diseño de concreto permeable para absorción de metales pesados en carreteras sustentables,» *Tecnología y Ciencias del Agua*, vol. 12, nº 4, pp. 293-334, 2021.
- [8] J. Wu and el al., "Research on the Mechanical and Physical Properties of Basalt Fiber-Reinforced Pervious Concrete," *Materiales*, vol. 15, no. 19, p. 6527, 2022.
- [9] P. Petrounias, P. Giannakopoulou, A. Rogkala, M. Kalpogiannaki, N. Laskaris, P.

- Lampropoulou, P. Mouzakis, D. Panagiotaras and N. Koukouzas, "Sustainable Use of By-Products and Wastes from Greece to Produce Innovative Eco-Friendly Pervious Concrete," *Applied Sciences*, vol. 12, no. 12, p. 5861, 2022.
- [10] C. Luis and C. Pierfranco, "Flood Risk in Urban Areas: Modelling, Management and Adaptation to Climate Change. A Review," *Hydrology*, vol. 9, no. 3, p. 50, 2022.
- [11] J. Mamani y H. Huayna, «Concreto permeable como alternativa de drenaje de las aguas pluviales en pavimentos rígidos en la ciudad universitaria de la UNA,» Puno, 2021.
- [12] W. Gonzáles, «Desempeño del concreto permeable como propuesta para mitigar las inundaciones de aguas pluviales en la ciudad de Chiclayo – Lambayeque,» Pimentel, 2020.
- [13] A. Delgado, «Análisis del comportamiento del concreto permeable preparado con agregados de la cantera Tres Tomas para pavimentos rígidos en el departamento de Lambayeque 2019,» Lambayeque, 2021.
- [14] D. Ciriminna, G. Battista, L. Noto and C. Celauro, "Numerical Comparison of the Hydrological Response of Different Permeable Pavements in Urban Area," *Sustainability*, vol. 14, no. 9, p. 5704, 2022.
- [15] F. Anwar, H. El-Hassan, M. Hamouda, A. El-Mir, S. Mohammed y K. Hung Mo, «Optimization of Pervious Geopolymer Concrete Using TOPSIS-Based Taguchi Method,» *Sostenibilidad*, vol. 14, nº 14, p. 8767, 2022.
- [16] J. Tejas and D. Urmil, "Construction of pervious concrete pavement stretch, Ahmedabad, India – Case study," *Case Studies in Construction Materials*, vol. 16, p. e00622, 2021.
- [17] A. Nadiatul and et al., "The Influence of Steel Slag as Alternative Aggregate in Permeable Concrete Pavement," *Materials Science and Engineering*, p. 9, 2020.

- [18] P. Gireesh y et al., «Theoretical Investigation on Pervious Concrete Pavement (PCP) as Sustainable Pavement Technology (SPT),» *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, p. 9, 2020.
- [19] A. Hassan y et al., «Engineering properties of porous concrete made of sustainable aggregate,» *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, vol. 09, nº 01, p. 9, 2021.
- [20] S. Arafa and et al., "Development of Nomograph Chart for Pervious Concrete Containing Coated Biomass Aggregate," *Civil Engineering and Architecture*, vol. 9, no. 5A, pp. 47-51, 2021.
- [21] K. Tuan y et al., «Influence of AAC grains on some properties of permeable pavement utilizing of CDW and industrial by-product,» *Materials Science and Engineering*, p. 11, 2020.
- [22] Z. Zhongze, J. Xue, J. Zhang, M. Yang, B. Meng, Y. Tan y S. Ren, «A deep learning automatic classification method for clogging pervious pavement,» *Construction and Building Materials*, vol. 309, p. 125195, 2021.
- [23] J. Cai, J.-g. Chen, J. Shi, Q. Tian, G. Xu and Y. Du, "A novel approach to evaluate the clogging resistance of pervious concrete," *Case Studies in Construction Materials*, vol. 16, p. e00864, 2021.
- [24] C. Wu, W. Jiang, C. Zhang, J. Li, S. Wu, X. Wang, Y. Xu, W. Wang and M. Feng, "Preparation of solid-waste-based pervious concrete for pavement: A two-stage utilization approach of coal gangue," *Construction and Building Materials*, vol. 319, p. 125962, 2021.
- [25] K. Elango and V. Revathi, "Geopolymer binder for pervious concrete," *Građevinar*, vol. 73, no. 3, pp. 209-218, 2021.
- [26] S. Bittencourt, M. d. S. Magalhães and M. E. Tavares, "Mechanical behavior and

water infiltration of pervious concrete incorporating recycled asphalt pavement aggregate," *Case Studies in Construction Materials*, vol. 14, p. e00473, 2020.

- [27] B. Furkan, Ş. Sakallı and Y. Şahin, "The effects of aggregate and fiber characteristics on the properties of The effects of aggregate and fiber characteristics on the properties of," *Construction and Building Materials*, vol. 356, p. 129294, 2022.
- [28] P. Mehrabi, M. Shariati, K. Kabirifar, M. Jarrah, H. Rasekh, N. Thoi, A. Shariati and S. Jahandari, "Effect of pumice powder and nano-clay on the strength and permeability of fiber-reinforced pervious concrete incorporating recycled concrete aggregate," *aggregate*, vol. 287, p. 122652, 2021.
- [29] K. Seifeddine y et al., «Thermal behavior of pervious concrete in dry conditions,» *Construction and Building Materials*, p. 15, 2022.
- [30] J. Wang y et al., «Evaporative cooling performance estimation of pervious pavement based on evaporation resistance,» *on evaporation resistance*, p. 14, 2022.
- [31] R. Lederle y et al., «Comparison of methods for measuring infiltration rate of pervious concrete,» *Construction and Building Materials*, p. 9, 2020.
- [32] Q. Zeng y et al., «Total recycling of low-quality urban-fringe construction and demolition waste towards the development of sustainable cement-free pervious concrete: The proof of concept,» *Journal of Cleaner Production*, p. 17, 2022.
- [33] S. Sahdeo y et al., «Effect of mix proportion on the structural and functional properties of pervious concrete paving mixtures,» *Construction and Building Materials*, p. 15, 2020.
- [34] Y. Shin y et al., «Effect of polymer binder on the mechanical and microstructural properties Effect of polymer binder on the mechanical and microstructural properties,» *Construction and Building Materials*, p. 11, 2021.