



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Concreto poroso con incorporación de fibras de polipropileno para la
mejora de las propiedades físico-mecánicas en pavimentos rígidos

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTORES

Ñahui Cerron, David Ricardo

ORCID: 0009-0004-7242-8679

Oscanoa Alva, Elvis Hugo

ORCID: 0009-0009-8107-0409

ASESOR

Chavarría Reyes, Liliana Janet

ORCID: 0000-0002-1759-2132

Lima, Perú

2023

METADATOS COMPLEMENTARIOS

Datos de autores

Ñahui Cerron, David Ricardo

DNI: 72355785

Oscanoa Alva, Elvis Hugo

DNI: 46389148

Datos de asesor

Chavarría Reyes, Liliana Janet

DNI: 25481792

Datos del jurado

JURADO 1

Pereyra Salardi, Enriqueta

DNI: 06743824

ORCID: 0000-0003-2527-3665

JURADO 2

Chavarry Vallejos, Carlos Magno

DNI: 07410234

ORCID: 0000-0003-0512-8954

JURADO 3

Torres Chung, Cesar Roberto

DNI: 41182279

ORCID: 0000-0002-3212-2817

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE: 2.01.01

Código del Programa: 732016

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, ÑAHUI CERRON DAVID RICARDO, con código de estudiante N° 201312417, con DNI N° 72355785, con domicilio en MZ. L LT.3 Asoc.Monte Carmelo, distrito Chorrillos, provincia y departamento de Lima, y OSCANOVA ALVA ELVIS HUGO, con código de estudiante N° 200821096, con DNI N°46389148, con domicilio en seis Mz. E Lt.17 Dpto. 502 - URB. Los Párrales de Surco, distrito Santiago de Surco, provincia y departamento de Lima.

En nuestra condición de bachilleres en ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, declaramos bajo juramento que:

La presente tesis titulada: “Concreto poroso con incorporación de fibras de polipropileno para la mejora de las propiedades físico-mecánicas en pavimentos rígidos” es de nuestra única autoría, bajo el asesoramiento de la docente CHAVARRÍA REYES LILIANA JANET, y no existe plagio y/o copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación presentado por cualquier persona natural o jurídica ante cualquier institución académica o de investigación, universidad, etc; la cual ha sido sometido al antiplagio Turnitin y tiene el 25% de similitud final.

Dejamos constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en la tesis, el contenido de estas corresponde a las opiniones de ellos, y por las cuales no asumimos responsabilidad, ya sean de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o de internet.

Asimismo, ratificamos plenamente que el contenido íntegro de la tesis es de nuestro conocimiento y autoría. Por tal motivo, asumimos toda la responsabilidad de cualquier error u omisión en la tesis y somos conscientes de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de falsa declaración, nos sometemos a lo dispuesto en las normas de la Universidad Ricardo Palma y a los dispositivos legales nacionales vigentes.

Surco, 23 de Octubre del 2023

DAVID RICARDO ÑAHUI CERRON

DNI: 72355785

ELVIS HUGO OSCANOVA ALVA

DNI:46389148

INFORME DE ORIGINALIDAD - TURNITIN

Concreto poroso con incorporación de fibras de polipropileno para la mejora de las propiedades físico-mecánicas en pavimentos rígidos

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	7%
2	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	6%
3	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	5%
4	core.ac.uk Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
8	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1%


Dr. Vargas Chang Esther Jara

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios porque sin él nada se podría haber realizado, en segundo lugar, a mi madre Rosa Luz Cerrón Salazar que siempre me apoya e impulsa a seguir adelante, ya que desde que tengo conciencia la he visto trabajar arduo para darme lo mejor; también a mi familia que me alienta cuando quiero bajar los brazos y a mis amistades que hicieron fácil y sencillo el pasar por esta etapa y que sin su apoyo hubiera sido muy difícil el seguir avanzando. A todos ellos les dedico esta investigación que me abrirá una nueva etapa en la vida.

David Ricardo Ñahui Cerron

Primeramente, a Dios por fortalecerme diariamente y superar las dificultades que se me presentan para cumplir las metas que me propongo. A mis padres, Claudia Mercedes Alva y Hugo Elvis Oscanoa Rubin por su amor, su apoyo incondicional a través de estos años, gracias a ustedes he logrado cumplir mis aspiraciones y metas hasta este punto en mi vida. Tengo el orgullo de ser su hijo y este logro no hubiera sido posible sin ustedes.

Elvis Hugo Oscanoa Alva

AGRADECIMIENTO

En agradecimiento a mi madre, profesores y a la U.R.P por darme la enseñanza necesaria para poder culminar nuestra etapa universitaria y dar este gran paso en la vida.

David Ricardo Ñahui Cerrón

Agradezco ante todo a mi amada universidad que me guio todos estos años, presentándome oportunidades y experiencias incomparables, alimentando mi sueño de cumplir mi meta profesional.

Agradezco a todos mis maestros que me han brindado los conocimientos que he adquirido en cada una de sus enseñanzas.

Elvis Hugo Oscanoa Alva

ÍNDICE GENERAL

METADATOS COMPLEMENTARIOS	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD	iii
INFORME DE ORIGINALIDAD - TURNITIN.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1 Descripción y formulación del problema.....	3
1.2 Problema e importancia	3
1.3 Árbol del problema	4
1.4 Formulación del Problema.....	5
1.4.1 Problema general	5
1.4.2 Problemas específicos.....	5
1.5 Objetivo de la investigación	5
1.5.1 Objetivo general.....	5
1.5.2 Objetivos específicos	5
1.6 Delimitación de la Investigación	5
1.6.1 Geográfica.....	5
1.6.2 Temporal.....	5
1.6.3 Temática.....	5
1.6.4 Área académica.....	5
1.6.5 Muestral	6
1.7 Justificación del estudio.....	6
1.7.1 Conveniencia	6
1.7.2 Relevancia social	6
1.7.3 Aplicaciones prácticas	6

1.7.4 Utilidad metodológica.....	6
1.7.5 Valor teórico	6
1.8 Importancia del estudio.....	6
1.8.1 Nuevos conocimientos.....	6
1.8.2 Aporte	7
1.9 Limitaciones del estudio	7
1.9.1 Carencia de estudios previos de la investigación.....	7
1.9.2 Metodológicos o prácticos	7
1.9.3 Medidas para la recolección de datos	7
1.9.4 Obstáculos en la investigación.....	7
1.10 Alcance	7
1.11 Viabilidad del estudio	7
1.12 Justificación e importancia de la investigación	8
1.13 Limitaciones del estudio	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	9
2.1 Marco histórico	9
2.1.1 Investigaciones relacionadas con el tema	10
2.1.2 Investigaciones nacionales.....	10
2.1.3 Investigaciones internacionales	11
2.1.4 Artículos relacionados con el tema.....	12
2.2 Bases teóricas.....	14
2.2.1 Concreto Poroso.....	14
2.2.2 Pavimentos.....	14
2.2.3 Factores que influyen en el rendimiento de los pavimentos	15
2.2.4 Componentes estructurales del pavimento rígido	16
2.2.5 Materiales del pavimento rígido a base del concreto poroso.....	17
2.2.6 Ensayos asociados al concreto permeable o poroso	23
2.3 Definición de términos básicos.....	24
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS	25
3.1 Hipótesis	25
3.1.1 Hipótesis general.....	25
3.1.2 Hipótesis específicas.....	25
3.2 Variables	25
3.2.1 Variables independientes:	25

3.2.2 Variables dependientes:	25
3.2.3 Operacionalización de las variables.....	25
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	27
4.1 Tipo, método, nivel y diseño de la investigación	27
4.1.1 Tipo de investigación.....	27
4.1.2 Método de la investigación	28
4.1.3 Nivel de investigación	28
4.1.4 Diseño de la investigación	28
4.1.5 Población de estudio	28
4.1.6 Diseño muestral	28
4.1.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	28
4.1.8 Procedimientos para la recolección de datos	28
4.1.9 Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	29
CAPITULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA	
INVESTIGACIÓN	30
4.2 Resultados de la investigación.....	30
4.3 Análisis e interpretación de los resultados.....	62
CAPÍTULO VI: CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	67
5.1 Contrastación de la primera hipótesis.....	67
5.2 Contrastación de la segunda hipótesis	68
5.3 Contrastación de la tercera hipótesis	71
CAPÍTULO VII: DISCUSIÓN.....	73
6.1 Discusión	73
CONCLUSIONES	75
RECOMENDACIONES.....	77
REFERENCIAS.....	78
ANEXOS	83
Anexo A: Matriz de consistencia.....	83
Anexo B: Cuadro de Referencias.....	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Árbol del problema.....	4
Figura 2	Perfil de un pavimento rígido.....	15
Figura 3	Partes del Pavimento rígido.....	17
Figura 4	Tipos de fibra de polipropileno según su funcionalidad.....	21
Figura 5	Tipos de fibra de polipropileno según su elaboración.....	22
Figura 6	Resistencia a la Flexión según Magalhães.....	31
Figura 7	Resistencia a la Flexión de las muestras evaluadas según Haitang et al.....	33
Figura 8	Resultados de la prueba de Resistencia a la flexión según Pils et al.....	35
Figura 9	Resistencia a la flexión a los 28 días obtenidas por Baskar et al.....	37
Figura 10	Resistencia a la compresión 7,14 y 28 días según Anshul et al.....	40
Figura 11	Resistencia a la compresión a los 28 días obtenidas por Haitang Zhu et al.....	43
Figura 12	Ensayo de resistencia a compresión a los 28 días obtenidos por De la O.....	45
Figura 13	Resistencia a la compresión sin y con fibras obtenido por Juradin et al.....	48
Figura 14	Resistencia a la compresión con y sin fibras según Baskar et al.....	49
Figura 15	Coefficiente medio de permeabilidad obtenidos por Anshul et al.....	52
Figura 16	Permeabilidad de las muestras obtenidas por Bright et al.....	56
Figura 17	Permeabilidad de las muestras evaluadas por Pils et al.....	59
Figura 18	Gráfico de barras de la permeabilidad del concreto poroso según De la O....	60
Figura 19	Resistencia a la flexión a los 28 días según los autores	68
Figura 20	Resultados de la Resistencia a la compresión evaluados por los autores.....	70
Figura 21	Comparación de los Resultados permeabilidad por los autores	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Granulometría del agregado grueso.....	18
Tabla 2	Características de macrofibras y microfibras.....	20
Tabla 3	Operacionalización de variables.....	26
Tabla 4	Resistencia a la Flexión	30
Tabla 5	Diseño de mezcla para los ensayos según Haitang et al.....	32
Tabla 6	Resumen de resultados obtenidos según el investigador Haitang et al..	32
Tabla 7	Especificaciones técnicas del cemento Cauê.....	34
Tabla 8	Características del aditivo superplastificante.....	34
Tabla 9	Resumen de las mezclas según el investigador Pils et al.....	34
Tabla 10	Resistencia a la flexión a los 28 días según Pils et al.....	35
Tabla 11	Resultados de las pruebas obtenidos por Baskar et al.....	37
Tabla 12	Cuadro de Referencias para el inciso de Resistencia a la Flexión.....	38
Tabla 13	Resistencia a la Compresión obtenidas por Anshul et al.....	39
Tabla 14	Características de componentes evaluados.....	41
Tabla 15	Características del agregado reciclado	41
Tabla 16	Características de la Fibra de polipropileno	41
Tabla 17	Características de las mezclas realizadas por Haitang Zhu et al	42
Tabla 18	Cuadro de las pruebas realizadas por Haitang Zhu et al.....	42
Tabla 19	Resistencia a compresión a los 28 días obtenidos por De la O.....	44
Tabla 20	Composición de mezcla para 1 m ³ de concreto permeable.....	46
Tabla 21	Resultados de las pruebas evaluadas por Juradin et al.....	47
Tabla 22	Resultados de las pruebas de Resistencia.....	49
Tabla 23	Cuadro de autores para el inciso de Resistencia a la Compresión.....	50
Tabla 24	Resumen de Coeficiente de Permeabilidad según Anshul et al	51
Tabla 25	Características de la Fibra de Polipropileno.....	53
Tabla 26	Descripción de las mezclas y su dosificación evaluadas.....	54
Tabla 27	Coeficiente de Permeabilidad de las muestras.....	55
Tabla 28	Especificaciones técnicas del cemento Cauê.....	57
Tabla 29	Características del aditivo superplastificante	58
Tabla 30	Resumen de las mezclas dadas por Pils et al.....	58
Tabla 31	Permeabilidad del concreto con fibra según Pils et al	59
Tabla 32	Cuadro del coeficiente de permeabilidad del concreto poroso.....	60
Tabla 33	Cuadro de referencias para el inciso de permeabilidad	61

RESUMEN

La investigación fija como objetivo general el determinar la cantidad de fibras de polipropileno a agregar al concreto poroso para mejorar las propiedades físico-mecánicas del pavimento rígido. Para lo cual se ha usado el método deductivo, orientación aplicada y retro lectiva, enfoque cuantitativo, tipo descriptivo, explicativo y correlacional, diseño no experimental y nivel. Según los datos recopilados, se ha observado que para un concreto poroso con una proporción agua/cemento de 0.3 y una adición de fibras de polipropileno de 0.94 kg/m^3 se ha logrado un incremento de 37% en su resistencia a la flexión, para una relación agua/cemento entre 0.3 y un 0.2% de fibras divididas en 75% de mono fibras y 25% de fibrilado un incremento de 52.7% en la resistencia a la compresión, con una relación a/c ente 0.3 y con una proporción 0.4% de fibra de polipropileno se genera una disminución del 4.66% en el coeficiente de permeabilidad. El concreto poroso es una opción viable para solucionar problemas relacionados con la acumulación de agua de las vías transitables, debido a que ayuda a la filtración del agua a los sistemas de drenaje; aunque debido a que sus propiedades pueden verse comprometidas por la disminución o carencia de agregado fino, la incorporación de fibras de polipropileno aporta una mejora en la resistencia a la flexión en un 37% con una proporción de 0.94 kg/m^3 ; con respecto a la resistencia a la compresión existe una mejora notable al agregar proporciones desde un 0.64 kg/m^3 hasta un 1.64 kg/m^3 de fibras de polipropileno; sin embargo debido a que está relacionado con la permeabilidad, se debe encontrar un balance óptimo que satisfaga ambos parámetros dentro de los rangos que son aceptables por el manual del ACI 522R-10.

Palabras clave: Concreto poroso, Fibras de polipropileno, pavimentos rígidos, Resistencia a la flexión, Resistencia a la compresión, Permeabilidad.

ABSTRACT

The general objective of the research is to determine the amount of polypropylene fibers to be added to porous concrete to improve the physical-mechanical properties of the rigid pavement. For which the deductive method, applied and retrolective orientation, quantitative approach, descriptive, explanatory and correlational type, non-experimental design and level have been used. According to the data collected, it has been observed that for a porous concrete with a water/cement ratio of 0.3 and an addition of polypropylene fibers of 0.91 kg/m³, an increase of 37% in its flexural resistance has been achieved, for a water/cement ratio between 0.3 and 0.2% of fibers divided into 75% monofibers and 25% fibrillated, an increase of 52.7% in compression resistance, with a w/c ratio between 0.3 and a proportion of 0.4% of polypropylene fiber a decrease of 4.66% in the permeability coefficient is generated. Porous concrete is a viable option to solve problems related to the accumulation of water on passable roads, because it helps water infiltrate drainage systems; although because its properties may be compromised by the decrease or lack of fine aggregate, the incorporation of polypropylene fibers provides an improvement in flexural resistance by 37% with a proportion of 0.94 kg/m³; With respect to compression resistance, there is a notable improvement when adding proportions from 0.64 kg/m³ to 1.64 kg/m³ of polypropylene fibers; However, because it is related to permeability, an optimal balance must be found that satisfies both parameters within the ranges that are acceptable by the ACI 522R-10 manual.

Keywords: Porous concrete, Polypropylene fibers, Rigid pavements, Flexural strength, Compressive strength, Permeability.

INTRODUCCIÓN

El atractivo por el desarrollo de concretos menos contaminantes, sin sacrificar su resistencia para su uso en pavimentos rígidos, surge por la búsqueda de reducir el impacto ambiental debido a la elaboración necesaria del volumen de concreto necesario. La utilización del concreto poroso o permeable es una elección factible para este propósito y la incorporación de fibras de polipropileno para proporcionar apoyo a sus propiedades, llama la atención de los ingenieros para reducir la huella de carbono de los pavimentos rígidos. Con ese preámbulo, se busca establecer los aportes sobre la adición de fibras de polipropileno sobre las propiedades físico-mecánicas del concreto poroso.

La expansión de las ciudades genera una ampliación de la infraestructura urbana provocando la desaparición de áreas naturales logrando así perturbar el ciclo natural del agua y añadiendo a esto el uso excesivo de cubiertas impermeables ha dejado a las ciudades un desafío de gestionar el aumento de volúmenes de escorrentía, erosión del terreno inundable y la degradación de la calidad del agua. En la actualidad, estos problemas generan un riesgo considerable para el desarrollo sostenible de las ciudades; varios estudios han demostrado que el pavimento poroso o permeable es una alternativa viable dado que imita las características hidrológicas originales de los suelos naturales.

Por lo antes mencionado, para mejorar la infraestructura vial de nuestro país se debe aumentar sus resistencias de diseño ya que de esta manera se podrá afrontar las nuevas necesidades ambientales que se van presentando y se dará solución a los daños que se están generando los cuales son una necesidad para la cual se requiere una solución inmediata

El objetivo de la investigación, es determinar la cantidad optima de fibra de polipropileno que debe añadirse al concreto poroso para mejorar sus propiedades físico-mecánicas para su implementación en pavimentos rígidos, teniendo en consideración los parámetros o rangos aceptables establecidos por las normas de construcción; tanto para la resistencia a la compresión y permeabilidad que son los que se abordarán.

La tesis está constituida por seis capítulos: El primero detalla el planteamiento del problema del estudio explicando la importancia de este y como afecta a nuestro entorno; el segundo es el marco teórico brindándonos la información necesaria para poder afrontar la problemática; en el tercero se detallan las hipótesis y las variables a trabajar; el cuarto se presenta la metodología seguida para la búsqueda de la información y su

procesamiento; el quinto se muestran los resultados de la revisión y análisis; finalmente, el sexto capítulo se presenta la discusión, conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción y formulación del problema

En Lima, durante el invierno las superficies pavimentadas reciben un volumen de agua de lluvias considerable, la normativa del Perú pide que se construya una vía de desfogue de agua que desemboque al alcantarillado sin embargo existen vías pavimentadas que se construyen sin esta consideración.

Esto se vuelve un motivo perjudicial, ya que si no existe una obra de drenaje podría causar problemas de estancamiento de agua, sumándole el tránsito de vehículos que no están previstos en el diseño puede ocasionar que los pavimentos fallen, presenten fisuras y grietas. Lo cual conlleva costos de mantenimiento en las estructuras afectadas y la pérdida de cohesión entre las llantas y el pavimento.

Los pavimentos rígidos son un tipo de vía muy duradera (con un diseño de 20 años como mínimo) , debido a que el concreto trabaja muy bien ante la compresión y si bien tiene baja resistencia a la tracción , ésta se suele solucionar al realizar un enmallado de acero; sin embargo al soportar cargas mayores a la de diseño y no contar con obras de arte adecuadas se generan grietas en él; al tratarse de un pavimento rígido el agua que se infiltra por medio de estas fisuras generan un gran problema a la estructura, logrando así la aparición de más fallas.

Mediante diversos estudios realizados se viene planteando diversas soluciones a estos problemas, algunas de ellas involucran el agregado de acero en forma de fibras como lo menciona el MC-05-14 y también se viene realizando estudios que involucran fibras de polipropileno, para aportar una ayuda a la flexibilidad del pavimento rígido, lo cual los haría más resistentes a los problemas que el pavimento rígido convencional viene afrontando.

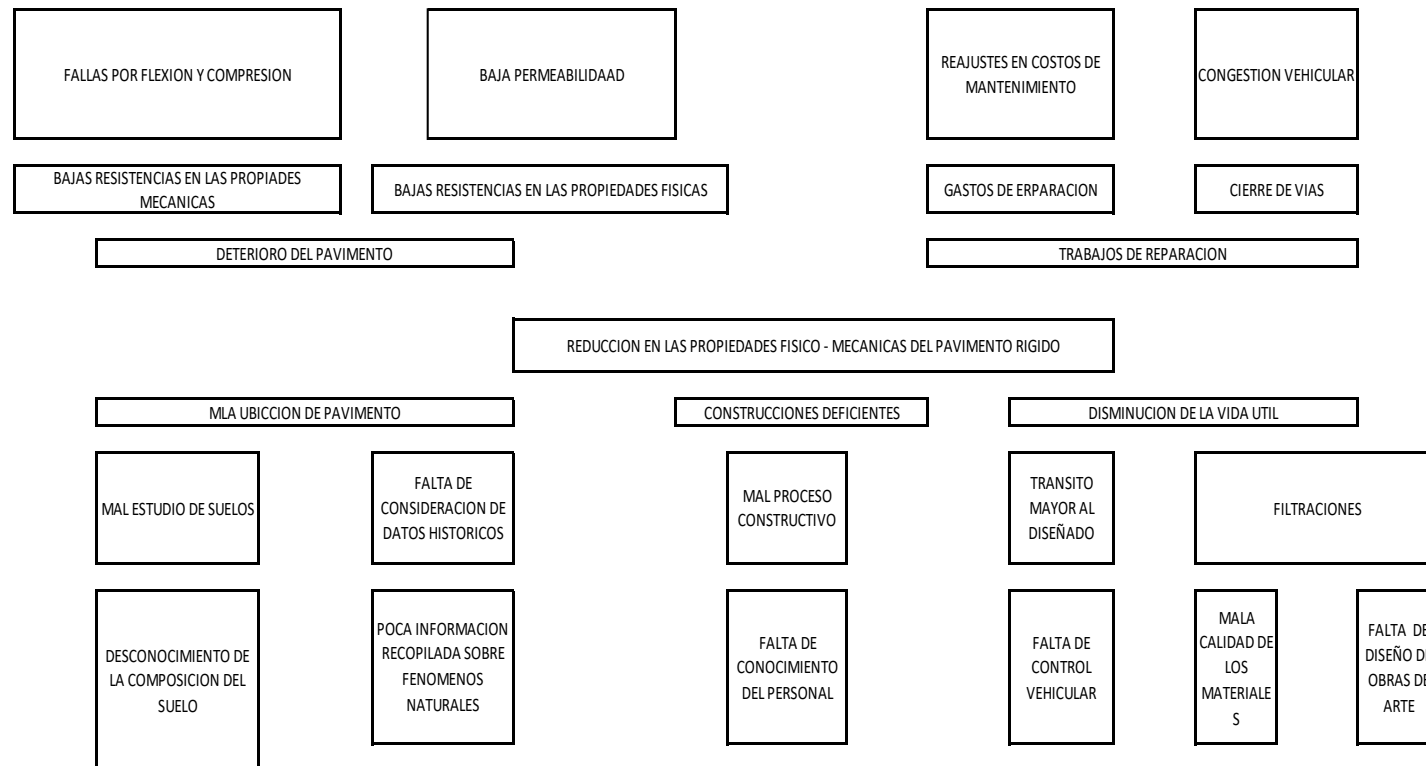
1.2 Problema e importancia

La disminución de las propiedades mecánicas del pavimento rígido se deben a las consideraciones mencionadas párrafos arriba generan un costo mayor de mantenimiento y reparación, al igual que condiciones desfavorables para el medio ambiente debido al aumento del uso de cemento, por lo tanto es de suma importancia tanto económica como ambiental, y el implementar las fibras de polipropileno en el diseño de estos ya que podrían ser una buena opción tanto económica como amigable para el medio ambiente.

1.3 Árbol del problema

El árbol del problema considera los siguientes aspectos perjudiciales para el pavimento rígido. (ver la Figura 1).

Figura 1
Árbol del problema



Nota. Elaboración propia

1.4 Formulación del Problema

1.4.1 Problema general

¿Cómo la adición de fibras de polipropileno en el concreto poroso influyen en las propiedades físico-mecánicas del pavimento rígido?

1.4.2 Problemas específicos

- a) ¿Cómo la adición de fibras de polipropileno en el concreto poroso influye en la resistencia a la flexión del pavimento rígido?
- b) ¿Cómo la adición de fibras de polipropileno en el concreto poroso influye en la resistencia a la compresión del pavimento rígido?
- c) ¿Cómo la adición de fibras de polipropileno en el concreto poroso influye en la permeabilidad del pavimento rígido?

1.5 Objetivo de la investigación

1.5.1 Objetivo general

Determinar la cantidad de fibras de polipropileno en el concreto poroso para mejorar las propiedades físico-mecánicas del pavimento rígido.

1.5.2 Objetivos específicos

- a) Determinar la cantidad de fibras de polipropileno en el concreto poroso para mejorar la resistencia a la flexión del pavimento rígido.
- b) Determinar la cantidad de fibras de polipropileno en el concreto poroso para mejorar la resistencia a la compresión del pavimento rígido.
- c) Determinar la cantidad de fibras de polipropileno en el concreto poroso para mejorar la permeabilidad del pavimento rígido.

1.6 Delimitación de la Investigación

1.6.1 Geográfica

Pavimentos rígidos en zonas urbanas.

1.6.2 Temporal

Se ejecuta un periodo desde mayo a noviembre del 2023.

1.6.3 Temática

Aplicación de la cantidad óptima de fibras de polipropileno al concreto poroso para mejorar su resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y permeabilidad para su implementación en pavimentos rígidos.

1.6.4 Área académica

Área académica: Tecnología del concreto

Línea de investigación: Tecnología del concreto.

Sub-línea de investigación: Diseño.

1.6.5 Muestral

Esta dada por: Normativas ASTM, Manual ACI 522R-10 y normas internacionales.

1.7 Justificación del estudio

1.7.1 Conveniencia

Este estudio presenta un método alternativo para la elaboración de Pavimentos Rígidos presentando como base el concreto poroso y utiliza fibras de polipropileno para incrementar sus propiedades físico-mecánicas.

1.7.2 Relevancia social

Este estudio aportará al campo de la construcción un argumento positivo para el uso del concreto poroso con fibras de polipropileno, puesto que mejorará las propiedades físico-mecánicas del pavimento rígido, logrará una disminución del consumo de componentes del concreto y un mejor tratamiento del agua que cae sobre él, lo cual generará una ayuda al medio ambiente.

1.7.3 Aplicaciones prácticas

En la ciudad, el principal problema en el tema de pavimentos es el uso indebido por los usuarios, el continuo desgaste debido al tránsito mayor al estimado, la falta de mantenimiento y las precipitaciones no bien encausadas; lo cual genera que los pavimentos se encuentren en mal estado, los gastos de reparación aumenten y que la vida útil disminuya significativamente. Esta investigación busca dar un argumento positivo para la implementación del concreto poroso con fibras de polipropileno como solución a esta situación.

1.7.4 Utilidad metodológica

Este estudio proporcionara herramientas necesarias para nuevas investigaciones en enfocadas en el concreto poroso.

1.7.5 Valor teórico

Lo que se busca es la mejora físico-mecánicas del pavimento rígido, con la adición de fibras de polipropileno en el concreto poroso, buscando ser ejemplo para replicar en distintas zonas urbanas.

1.8 Importancia del estudio

1.8.1 Nuevos conocimientos

Implementación de las fibras de polipropileno, que se añade al concreto poroso que se use en la elaboración del pavimento rígido, buscando aportar de manera beneficiosa en sus propiedades físico-mecánicas.

1.8.2 Aporte

Implementación de pavimento rígido con mejoras en sus propiedades físico-mecánicas, adicionándole fibras de polipropileno como nuevo agregado al concreto poroso que tiene como base.

1.9 Limitaciones del estudio

1.9.1 Carencia de estudios previos de la investigación

Como el uso de fibras de polipropileno es poco convencional en el entorno, se ha recolectado información de diversos países, los que brindan una guía para la elaboración del concreto poroso con fibras de polipropileno.

1.9.2 Metodológicos o prácticos

Esta investigación podría abrir camino a la estandarización de nuevas normas que consideren aplicaciones de fibras de polipropileno en el concreto poroso para el diseño de pavimentos rígidos.

1.9.3 Medidas para la recolección de datos

La información revisada varía con diferentes porcentajes de incorporación de fibras de polipropileno para lograr un incremento de las propiedades del concreto poroso utilizado para el pavimento rígido.

1.9.4 Obstáculos en la investigación

Debido a que no se va a realizar de forma experimental se considera que los resultados recolectados podrían estar supeditados a contextos geográficos, métodos de ensayo, normas utilizadas y por lo tanto puede presentar entre ellos ligeras contradicciones.

1.10 Alcance

Implementación en zonas urbanas.

1.11 Viabilidad del estudio

- a) Cronológico: El estudio se ejecutará en un lapso de 6 meses iniciando en mayo del 2023.
- b) Espacio: Se implementará en zonas urbanas.
- c) Factores económicos: Sustentable al ser un estudio de manera descriptiva y no experimental.
- d) Origen de información: Aportes de diversos especialistas en el tema cuya información se encuentra recolectada en sus investigaciones.
- e) Acopio de datos: Se buscará recolectar información de manera descriptiva no experimental.

1.12 Justificación e importancia de la investigación

Este estudio permitirá cuantificar la mejora conseguida en resistencias a la flexión, la compresión y la permeabilidad debido a la dosificación óptima de fibras de polipropileno al concreto poroso. Estudiantes e ingenieros podrán utilizar los resultados de esta investigación como referencia en la construcción de pavimentos rígidos utilizando como base el concreto poroso.

1.13 Limitaciones del estudio

No se realizará ninguna prueba experimental. En su lugar, la investigación se basa en aportes realizados a nivel global.

La data obtenida de ensayos de resistencia a la flexión, compresión y permeabilidad del concreto poroso con adición de fibras de polipropileno se han recopilado a partir de investigaciones realizadas previamente en el mundo, con el fin de obtener datos concisos se recopilarán y analizarán para poder realizar una comparación entre ellas y poder corroborar las conclusiones presentadas por cada uno de los investigadores.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco histórico

El avance tecnológico ha producido una mejora en diversos campos de la ciencia, conforme se realizan nuevos descubrimientos estos ocasionan mejoras en diversos procesos tecnológicos e industriales. Estas mejoras no son ajenas al campo de la construcción, la aplicación de estas mejoras ha sido más evidente en el concreto con la aparición de diversos aditivos, los cuales mejoran diversas propiedades del concreto tanto para su trabajabilidad en su diseño como para mejoras en su funcionamiento a largo plazo. La aplicación de estas mejoras en el concreto son aplicables tanto para las edificaciones como para el campo vial en el pavimento rígido, a lo largo de los años se ha buscado una mejora en nuestra infraestructura vial, esto debido a los grandes gastos que conllevan las reparaciones y mantenimiento de nuestras vías así como el efecto que tiene esto sobre el medio ambiente, por lo cual se busca realizar mejoras que nos ofrezcan un pavimento rígido más duradero, amigable con el medioambiente y con propiedades físicas y mecánicas más elevadas.

El concreto poroso según el ACI 522R-10 se denomina a un concreto que tiene asentamiento cero, su composición es cemento portland principalmente, agregado grueso, poco o nada de agregado fino, aditivos y agua, dentro de las características es un volumen de vacíos entre 18 a 35%.

El concreto poroso o permeable aplicado a la construcción según ACI (2010), “tiene como primer registro (concreto sin finos o arena) data del año 1852 (ACI 522R-10,2010) usado para la realización de dos casas en el Reino Unido”.

Pasando la Segunda Guerra Mundial, los países europeos tuvieron una alta necesidad de viviendas, lo que incentivo a la investigación e implementación de formas no convencionales de construcción para este fin. Uno de ellos el concreto permeable, debido a que abarataba los costos de materiales debido a que usaba menos cemento que el concreto convencional.

Según el ACI (2010): Antes de la Segunda Guerra Mundial, la utilización del concreto permeable estaba limitada a casas de dos pisos. Sin embargo, después de 1946, el concreto permeable se usó para una gama mucho más amplia de aplicaciones.

Diversas investigaciones buscan mejorar estos problemas, por lo cual desde los años 50 se viene realizando experimentos con el agregado de diversos tipos de fibras al concreto como vidrio, fierro, polipropileno, entre otros. Estos han logrado demostrar que la

incorporación de ciertas fibras logra una elevación de las propiedades físicas y mecánicas del pavimento rígido, de igual manera no tan solo se busca mejorar la parte estructural sino también la parte ambiental, ya que estas mejoras estructurales buscan aumentar el tiempo de vida útil del pavimento rígido lo cual conlleva a disminuir el uso del cemento , ya que se lograría en primer lugar lograr una resistencia requerida con menos cantidad de cemento y segundo reparaciones o mantenimientos menos constantes, lo cual reduce la contaminación debido a que se generaría menos residuos provenientes del proceso de fabricación del cemento.

2.1.1 Investigaciones relacionadas con el tema

Se presentará estudios relacionados con el tema de esta tesis, las cuales darán una base a nuestra investigación.

2.1.2 Investigaciones nacionales

Pérez (2019) concluye que:

Las propiedades físicas como la permeabilidad del concreto ecológico mejoran tras agregarle fibras de polipropileno (Sika Fiber Force PP 48), de igual manera debido a que las fibras de polipropileno sirven de gancho entre los agregados y el cemento, esto genera un alza en su resistencia a la flexión, al igual que le agrega un alza en las propiedades como son la tenacidad y ductilidad ya que puede resistir altas cargas antes de alcanzar la rotura.

Según De López Cruz (2015, como se citó en Machuca, 2021) detalla que:

Al existir más espacios libres se logra que los agregados se acoplen de mejor manera, lo cual genera una mejora en la resistencia a la compresión y esto se obtiene debido al agregado de un 60% de fibras de polipropileno o nylon.

Según Jaime & Jalito (2021) infieren que:

El agregado de microfibras de fibras de polipropileno en un 2% logra una mejora en la resistencia a la flexión y resistencia a la flexión, siendo estas de un 16% y un 1% respectivamente, concluyendo así que el porcentaje más adecuado a usar es de 7.43 kg x m³ para una resistencia de 280 kg/cm².

Según Leiva (2020) concluye que:

Tras usar diferentes tipos de fibras de polipropileno , llega a concluir que en el caso de fibras a SikaFiber Force PP48 , SikaFiber PE y Z Aditivos estas logran generar una alta resistencia inicial a la compresión siendo estas 7.3% , 21.1% y 15.2% a los 7 días con una proporción de 3 kg/m³ , 0.7 kg/m³ y 0.7 kg/m³ respectivamente , mientras que a

los 28 días alcanzan una resistencia de 3.1% ,8% y 8.1% respectivamente; con respecto a la resistencia a la flexión , estas alcanzan una mejora a los 28 días , siendo estas 17% para una proporción de 4kg/m³ de SikaFiber Force PP48 , 26% para una proporción de 0.7kg/m³ de SikaFiber PE y 20% para una proporción de 0.7 kg/m de Z Aditivos.

Según Vargas & Yataco (2018) explican que:

Con una dosificación de 5 kg/m³ de macrofibras de polipropileno se logra alcanzar un incremento del 18% en la resistencia a la flexión del concreto y con una de 0.45 kg/m³ de microfibras de polipropileno se logra alcanzar un incremento del 12 %.

2.1.3 Investigaciones internacionales

Según Chaparro (2021) determina que:

El reforzamiento del concreto con fibras sintéticas como el polipropileno generan un mejor desempeño de este, aumentando notablemente la resistencia a la compresión, mientras que la resistencia a la flexión, este aumento no es tan significativo, también logra demostrar que el uso de estas fibras no genera ningún perjuicio en el proceso de infiltración, todas estas mejoras se logran tras agregar un 7% de fibras sintéticas en proporción al volumen total de la mezcla.

Según Espinoza & López (2018) explican en sus conclusiones que:

Luego de realizar diversos diseños con diferentes proporciones de agregados y fibras de polipropileno, menciona que las tiras de polipropileno de 4 mm x 20 mm en un 0.1% logra una mejora a los 28 días del 8.3 % en su resistencia a la compresión y en su resistencia a la flexión en un 27.8%, siempre y cuando se mantenga una relación a/c= 0.38 y con un 18% de vacío, también aclara que la incorporación de fibras de polipropileno no genera un cambio sustancial en la permeabilidad.

Flores et al (2021) afirman:

La adición de fibras al concreto permeable eleva la resistencia a la flexión , en un 19% respecto la resistencia de diseño con los valores de 28 kg/cm² resistencia de diseño a 34.74 kg/cm² con 18% de vacíos y 1.19% en resistencia de diseño en base a 26 kg/cm² resistencia de diseño a 26.31 kg/cm² con 18% de vacíos, se aprecia que la mayor energía de compactación de las muestras para el diseño con 18% de vacíos; el punto de equilibrio respecto a la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y la tasa de infiltración, se dan en el contenido de vacíos del 20% con la incorporación del 25% de fibras.

Vega (2019) infiere que:

Tras realizar comparaciones entre concreto poroso con incorporación de fibras sintética y un concreto poroso sin fibras, llega a la conclusión que las fibras no aportan

una mejora en la resistencia a la compresión del concreto poroso y esta inversamente relacionado con la permeabilidad; sugiriendo que debe encontrarse un equilibrio óptimo entre ambos.

2.1.4 Artículos relacionados con el tema

En el artículo de Haitang et al (2020) observan que:

Busca mejorar la resistencia a la compresión de un hormigón permeable con el uso de fibras de polímero, entre ellas las fibras de polipropileno. En su investigación usa una relación a/c de 0.3, con dosis de fibras de polipropileno de 0.36, 0.64, 0.91 kg/m³, logrando de esta manera un alza en la resistencia a la compresión de un 17%, en la flexión de un 37% y en la permeabilidad un aumento del 8%. Demostrando así que las fibras de polipropileno tienen una influencia positiva en las propiedades físico-mecánicas del pavimento rígido.

Según la investigación de Magalhães (2019) concluye que:

Al realizar mezclas con dosificaciones de 1500 y 3000 kg/m³, toma en cuenta que la permeabilidad se mantuvo en el margen óptimo de 15- 25 % de relación de vacíos, con respecto a la resistencia a la flexión disminuyó en 32.6% y 25.8% con respecto a la muestra patrón; sin embargo, los valores obtenidos de los ensayos cumplen con el mínimo exigido por la norma brasileña.

En la investigación realizada por De la O (2019) detalla que:

Se busca identificar como las fibras de polipropileno afecta la resistencia a la compresión y la permeabilidad del concreto poroso y como están relacionados entre sí; con una adición de fibras de polipropileno de longitud de 20 mm, en proporciones de 0.05%, 0.10% y 0.15 % obteniendo resultados favorables; logra una mejora máxima de 43% con respecto al valor patrón, de los valores del concreto poroso a los 28 días y para la permeabilidad disminuye en 11% para una dosis de 0.25% de fibra de polipropileno; lo cual indica que los valores de la resistencia del concreto y la permeabilidad están en relación inversa.

En el artículo de Baskar et al (2019) se enfocan en:

Las propiedades físico-mecánicas del concreto permeable con la adición de fibras de polipropileno entre monofilamentos (20 – 40 mm), microfilamentos (12 – 20 mm) y fibrilado (19 – 40 mm), obteniendo mejoras en la resistencia a la compresión y en la flexión para una adición mixta de fibras siendo 75% de monofilamento y 25% fibrilado con unos porcentajes de mejora de 52.7% y 17.2% respectivamente; concluyendo que si

generan incrementos favorables para el diseño del concreto poroso, teniendo en consideración los valores aceptables en el manual ACI 522R-10.

En la investigación de Anshul et al (2022) buscan:

Mejorar la resistencia a la compresión del concreto poroso con la adición de fibras de polipropileno con longitud entre 25 y 50 mm y un diámetro de fibras naturales de 0.1 y 0.75 mm con relaciones A/C de 0.35 y adiciones de fibras de polipropileno de 0.15 , 0.20 y 0.25% , obteniendo resultados a la compresión de 17.2 Mpa con 0.25% de fibras de polipropileno con el método de ensayo según IS 516 -1959; concluyendo que las fibras de polipropileno genera un incremento en sus resistencia , partiendo de un porcentaje de 0.15% para encontrar mejoras significativas.

En el artículo de Juradin et al (2020) concluyen que:

Se compara los valores de dos especímenes experimentales con la misma cantidad de fibra, siendo un valor de 1.64 kg/m³; el aporte de la investigación es que se utiliza dos métodos de compactación (madera y martillo – vibración), dando como resultado valores que indican que el método de compactación con madera y martillo genera mejores resultados en el concreto con añadido de fibra , lo cual nos demuestra que las fibras de polipropileno generan mejoras más favorables cuando se aporta un método distinto de compactado.

En la investigación de Pils et al (2019) observan que:

A pesar que una de las mezclas con adición de fibras disminuye su resistencia a la flexión, las otras muestras con adiciones de fibra mayores muestran una mejora con respecto a la muestra patrón; siendo el porcentaje mayor de mejora de 17.2%. Con respecto a la resistencia a la compresión se genera una disminución máxima del 43.4% con una adición de 4 kg/m³ para ambos casos; el investigador considera que se debe encontrar un valor de adición de fibras de polipropileno en el cual se encuentre un equilibrio aceptable entre ambos valores de resistencias.

En la investigación de Bright et al (2021) muestran que:

La adición de fibras genera un impacto en las resistencias a la compresión y flexión de las muestras, que fueron dos grupos cuya diferencia radicaba en el tamaño del agregado grueso, siendo estos 12.5 mm y 20 mm. La adición de fibras de polipropileno genera una mejora en los valores de las resistencias mencionadas; siendo la permeabilidad un factor importante para determinar el porcentaje óptimo de fibra, el cual fue 0.3%; dado que pasando ese porcentaje el valor de la permeabilidad empieza a disminuir.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Concreto Poroso

Según ACI (2010) se afirma que:

El término "concreto permeable o poroso" se refiere a un tipo de concreto que tiene un asentamiento cero y usualmente está hecho a base de cemento Portland, agregado grueso, y poco o nada de agregado fino, aditivos y agua. El conjunto de estos componentes dará a luz un material que se ha endurecido con poros unidos que varían en tamaño de 0,08 a 0,32 pulgadas (2 a 8 mm), que son lo suficientemente grandes como para permitir que el agua pase fácilmente a través de ellos. Dentro de sus características la resistencia a la compresión puede variar alrededor 2,8 y 28 Mpa (400 y 4.000 psi); y el contenido de vacíos puede ir del 15 al 35%. La tasa de drenaje del pavimento de concreto poroso va a diferir dependiendo del tamaño y la densidad de la mezcla de agregados, pero generalmente caerá en el rango de 2 a 18 gal/min / ft² (81 a 730 L / min / m²).

2.2.2 Pavimentos

Según Montejo (2002, como se citó en Vargas & Yataco, 2020) define que:

El pavimento es una serie de capas superpuestas que tienen como punto de apoyo el suelo de cimentación.

Tipos de pavimentos:

a) Pavimentos flexibles

Según Montejo (2002, como se citó en Vargas & Yataco, 2020) afirma que esta clase de pavimento están compuestos por 2 capas de materiales no rígidos llamados base y sub-base con una capa de asfalto bituminoso (asfalto) encima. Aunque dependiendo de las necesidades del proyecto pueden prescindir de alguna de las capas no rígidas que se encuentran debajo de la capa asfáltica. La carpeta asfáltica tiene menos rigidez, se altera más y traslada tensiones superiores a la sub-rasante.; toma la función de transmisor, distribuyendo la carga hasta obtener un nivel aceptable para la sub-rasante.

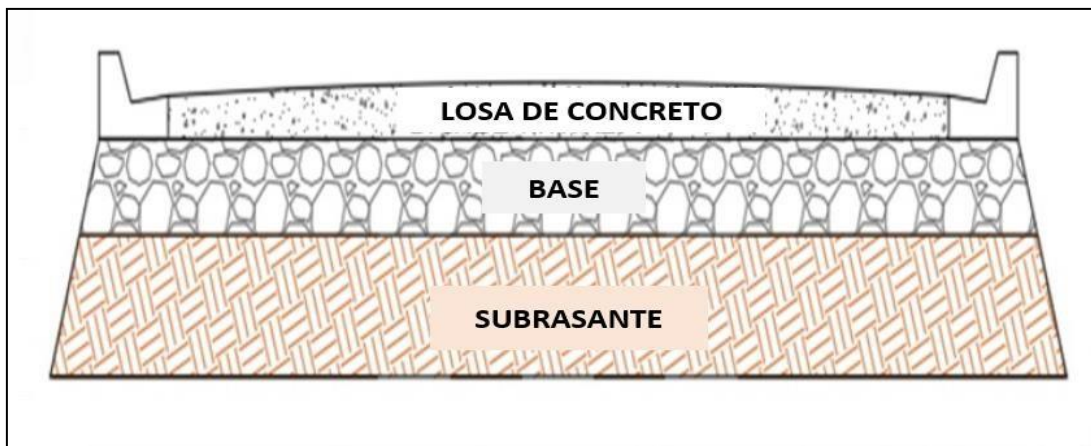
b) Pavimentos semirrígidos

Según Montejo (2002, como se citó en Vargas & Yataco, 2020) define que el pavimento semirrígido está conformado por una base o sub-base que se ha rigidizado artificialmente.

c) Pavimentos rígidos

Según Montejó (2002, como se citó en Vargas & Yataco, 2020) afirma que el pavimento rígido está conformado por una capa de concreto, que descansa en la base, podría tener en algunas ocasiones una capa de sub-base de material seleccionado (ver en la Figura 2). Debido a que la losa de concreto posee una alta rigidez y un módulo de elasticidad alto, la losa absorbe una parte sustancial de los esfuerzos, distribuyendo la carga por toda la superficie.

Figura 2
Perfil de un pavimento rígido



Nota. Magalhães (2019)

2.2.3 Factores que influyen en el rendimiento de los pavimentos

Vargas & Yataco (2020) comentan que:

Los factores que influyen en el rendimiento de los pavimentos, son:

- a) Tráfico: Las causas son la carga bruta y presión de llanta, las propiedades mecánicas del suelo correspondiente a la base, los materiales del pavimento y la frecuencia de paso o la cantidad de vehículos estimada.
- b) Clima: Las causas son la lluvia, los cambios bruscos de temperatura causados por congelamiento, así como la contracción y expansión por temperatura, así mismo como el cambio de clima.
- c) Geometría del proyecto (Diseño Vial): Los factores distintivos del suelo, las consideraciones de secciones de corte y relleno; así como el conocimiento de niveles de agua subterránea.

2.2.4 Componentes estructurales del pavimento rígido

Para Vargas & Yataco (2020), “el pavimento está formado por un grupo de elementos (ver la Figura 3) que permiten la transferencia de las cargas de la superficie a las capas inferiores”. Siendo sus elementos los siguiente:

a) Losa de concreto

Vargas & Yataco (2020), afirman que la losa de concreto es la capa superior del pavimento rígido, donde los esfuerzos se distribuyen de acuerdo a la rigidez de la losa, haciendo que se transmita solo una pequeña parte de los esfuerzos a las capas inferiores, base o sub-base y a la sub-rasante.

b) Base o Sub-base

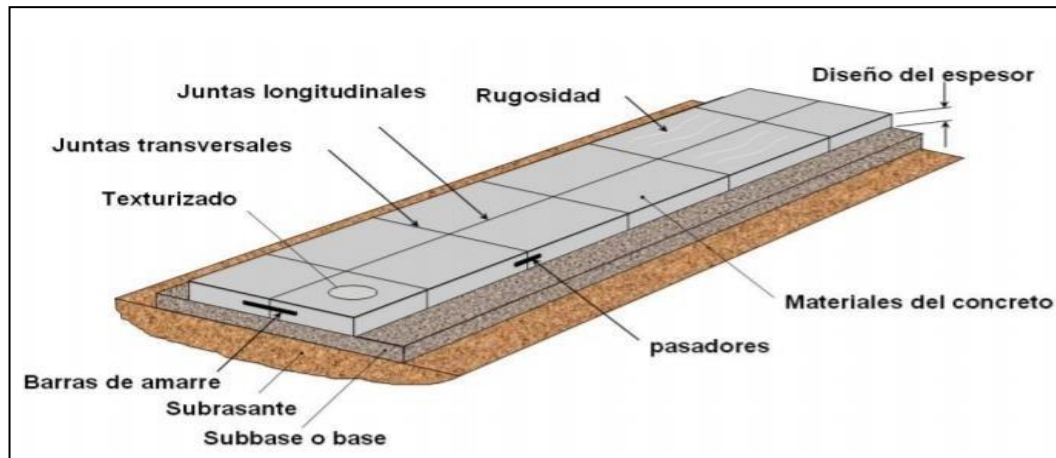
Vargas & Yataco (2020), afirman que la base o sub-base de un pavimento rígido soporta solo una pequeña parte de los esfuerzos producidos por las cargas vehiculares. Por otro lado, estas capas pueden funcionar también como drenaje para proteger la estructura superior, controlando el ascenso del agua.

c) Sub-rasante

Vargas & Yataco (2020) afirman que la sub-rasante es la capa de suelo natural donde se apoya el pavimento. Su objetivo es dar la estabilidad requerida al pavimento; además el diseño del pavimento inicia por la sub-rasante ya que es el suelo de soporte de toda la estructura del pavimento.

Figura 3

Partes del Pavimento Rígido



Nota. Silva (2016)

2.2.5 Materiales del pavimento rígido a base del concreto poroso

Concreto Poroso o Permeable

Según ACI 522R-10 (2010), afirma:

El concreto poroso es una mezcla elaborada por proporciones adecuadas de cemento, agua, agregado grueso, con poco o nada de agregado fino y como opción aditivos, éstos últimos cuya finalidad es mejorar la trabajabilidad del concreto, con propiedades aislantes, resistentes a esfuerzos y permeables siendo una opción viable para pavimentos expuestos a climas lluviosos. (s. n)

Proporción de mezcla

En términos generales, según ACI 522R (2010), la proporción agua-cemento está entre 0.26 y 0.45 para concreto permeable y agregados finos que van desde 0% a 15%.

Componentes del concreto permeable:

a) Cemento

Según ACI 522R-10 (2010), afirma:

El aglutinante que se utiliza es el cemento Portland que satisface los requisitos de ASTM C150/C150M, C595/C595M, o C1157/C1157M. Además del cemento portland, también se pueden utilizar materiales cementantes suplementarios como cenizas volantes, escoria granulada de altos hornos y humo de sílice; sin embargo, se requiere que cumplan con las especificaciones de ASTM C618, C989 y C1240, respectivamente. Estas especificaciones rigen el uso de estos materiales. Es

altamente recomendado que los insumos de procesamiento por lotes sean probados para asegurar que la compatibilidad con el cemento mezclado no sea un tropiezo, y que las características deseadas de tiempo de fraguado, velocidad de desarrollo de resistencia, porosidad, y permeabilidad puedan ser alcanzadas para proveer las peticiones requeridas. (s. n)

b) Agregados

Según se detalla que:

El árido que se utiliza en el hormigón permeable es de una sola medida de árido grueso o de una granulometría comprendida entre 3/4 y 3/8 pulgadas (19 y 9,5 mm), como se muestra en la Tabla 1. Para la producción de concreto poroso, se han considerado áridos redondeados y triturados, además de variedades regulares y ligeras. El contenido de áridos finos en las mezclas de hormigón permeable debe limitarse porque tiene tendencia a dañar la conexión entre el sistema de poros y el hormigón. El árido utilizado debe cumplir las normas ASTM D448 y C33/C33M. La inclusión de áridos finos puede mejorar la resistencia a la compresión y la densidad del hormigón, pero también ralentiza la velocidad a la que el agua puede moverse a través del hormigón permeable. (s. n)

Tabla 1
Granulometría del agregado grueso

TMN (mm)	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS												
	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37.5 mm	25 mm	19 mm	12.5 mm	9.5 mm	4.75 mm (No. 4)	2.36 mm (No. 8)	1.18 mm (No. 16)	300 μm (No. 50)
90 a 37.5	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5						
63 a 37.5		100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5						
50 a 25			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
50 a 4.75			100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5			
37.5 a 19				100	90 a 100	20 a 55	0 a 5		0 a 5				
37.5 a 4.75				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5			
25 a 12.5					100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5				
25 a 9.5						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5		
25 a 4.75							100	95 a 100	25 a 60	0 a 10	0 a 5		
19 a 9.5								100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	
19 a 4.75									100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5
12.5 a 4.75										100	90 a 100	40 a 70	0 a 15
9.5 a 2.36											100	85 a 100	10 a 30
12.5 a 9.5												100	90 a 100
4.75 a 1.18													100

Nota. Vidaud, Frómeta, & Vidaud (2015)

c) Agua

Para Sánchez (2001) el agua en la mezcla, hidrata las partículas de cemento y crea una matriz que aglutina a los agregados que se encuentran alrededor”.

d) Aditivos

Para Sánchez (2001) desde mediados del siglo XX, se viene utilizando aditivos para mejorar algunas propiedades del concreto, en el caso del concreto permeable se le incorpora para mejorar su trabajabilidad”.

e) Tipos de fibras

Para Sika Perú (2011) las fibras usadas en el concreto se clasifican en general según el tipo de material y la funcionalidad de la fibra.

Por material:

a) Fibras metálicas

Según Sika Perú (2011) explica que: Son secciones discretas metálicas elaboradas a base de acero, mayormente tienen con un bajo contenido de carbono; las cuales tienen una esbeltez, relación entre la longitud y el diámetro, desde 20 hasta 100”.

b) Fibras sintéticas:

Según Sika Perú (2011) afirma que: Las fibras sintéticas son fabricadas por el hombre, se elaboran en base a acrílico, aramida, carbón, nylon, polipropileno, poliéster y polietileno.

c) Fibras de vidrio:

Según Sika Perú (2011) afirma que: Las fibras de vidrio son secciones discretas, resistentes a los álcalis del cemento portland.

d) Fibras naturales

Según Sika Perú (2011) detalla que: Las fibras naturales son secciones discretas hechas a base de yute, coco, caña de azúcar, madera, yute, bambú, entre otros; sus diámetros se encuentran entre 0.5 y 0.2 mm.

Por funcionalidad:

Se agrupan en dos grupos: (Ver Tabla 2)

a) Microfibras

Según Sika Perú (2011) explica que: "Las microfibras controlan el fenómeno de fisuración del concreto en estado fresco, las cuales tienen dosificaciones que varían entre 0.03% a 0.15% del volumen de concreto".

b) Macrofibras

Según Sika Perú (2011) afirma que: "Las macrofibras controlan la fisuración en estado endurecido y de generarse la fisura se encargan de reducir su ancho, logrando un mejor comportamiento de la estructura fisurada".

Tabla 2
Características de macrofibras y microfibras

Tipo	Material	Dosificación	Diámetro	Función
Macrofibra	Fibras metálicas, sintéticas, o naturales (coco, madera, caña de azúcar, yute, bambú, etc).	Entre 0.2% a 0.8% del volumen del concreto	Entre 0.05 mm y 2.00 mm. Relación de aspecto (Longitud / Diámetro) de entre 20 y 100.	* Evitar la fisuración del concreto en estado endurecido. * Reducir la abertura de la fisura. * Garantizar el adecuado desempeño del elemento fisurado.
Microfibra	Las más frecuentes son las fibras de polipropileno; aunque también las hay de aramida, acrílicas, nylon, carbón.	Entre 0.03% a 0.15% del volumen del concreto	Entre 0.023 mm y 0.05 mm, pueden ser monofilamento o fibriladas. Las macrofibras al tener diámetros tan pequeños se califican con el parámetro de Denier (*).	* Evitar la fisuración del concreto en estado fresco (ej. Contracción plástica)

(*) Denier es la unidad de medida del sistema anglosajón utilizada para medir la masa lineal de una fibra; se define como el peso en gramos de 9000 metros de una sola fibra. En general, se considera como microfibra, si tiene 1 Denier o menos.

Nota. Vidaud, Frómeta, & Vidaud (2015)

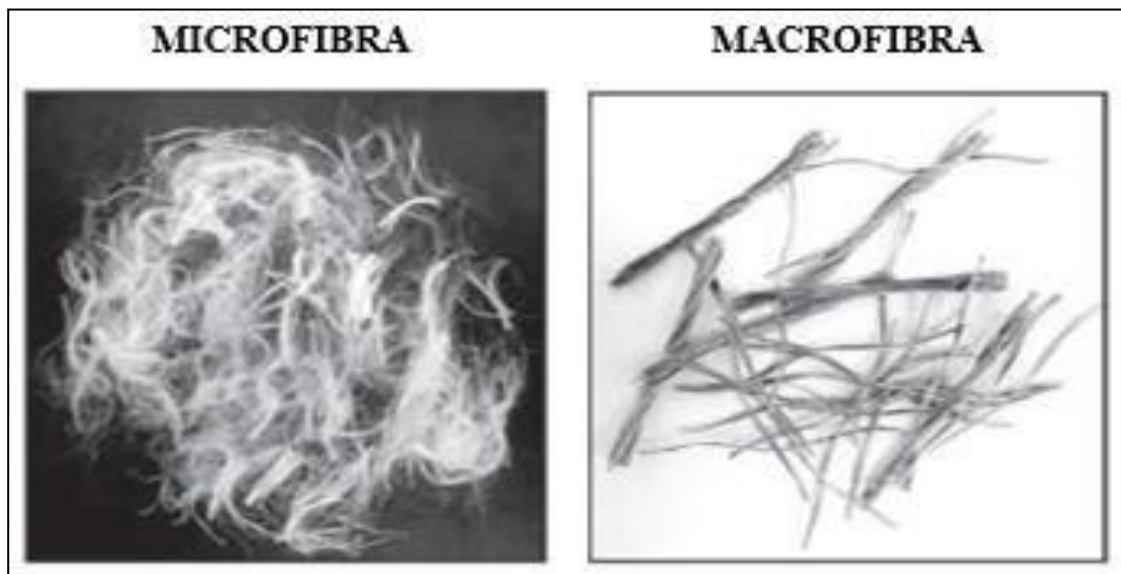
c) Fibras de polipropileno

Valero (2015) afirma que las fibras de polipropileno son fibras sintéticas que se utiliza con frecuencia como refuerzo del hormigón. Estas fibras se derivan de polímeros orgánicos y pueden formularse de distintas maneras. Son hidrófobas, lo que significa que no absorben agua, no corroen, tienen alta resistencia a los álcalis del cemento y presentan un bajo grado de conductividad térmica.

Según Vargas & Yataco (2020) definen que las microfibras y las macrofibras son dos clasificaciones que pueden darse a las fibras de polipropileno en función de su diámetro. El diámetro de una microfibra es inferior a 0,30 milímetros, mientras que el diámetro de una macrofibra es superior o igual a 0,30 milímetros. La longitud de una macrofibra puede oscilar entre 20 y 60 milímetros, y también puede colaborar estructuralmente con otras fibras del hormigón (ver Figura 4).

Figura 4

Tipos de fibra de polipropileno según su funcionalidad



Nota. Maccaferri (2017)

Las fibras de polipropileno según su proceso de fabricación se clasifican en (ver Figura 5):

i. Monofilamentos extruidos:

Según ACI Committee 544 (2002), “las fibras de polipropileno en forma de monofilamento son resultado de un proceso de extrusión, que consiste en estirar el material en caliente y es cortado mediante un disco de sección circular, generando una serie de filamentos separados continuos”.

ii. Laminas fibriladas:

Vargas & Yataco (2020) explican que durante el proceso de mezcla, los haces que contienen un gran número de fibras de polipropileno relativamente pequeñas se descomponen en haces más pequeños o en fibras individuales. Un método de extrusión en el que las fibras de polipropileno unidas se trenzan longitudinalmente en cintas de

idéntica anchura produce fibras de polipropileno fibriladas. Estas fibras pueden utilizarse en el proceso de fibrilación.

iii. Multifilamentos:

Vargas & Yataco (2020) explican que estas se incluyen ahora en la categorización. Las fibras multifilamento se desarrollaron como sustituto de las numerosas variantes de fibras monofilamento, y actualmente gozan de un gran éxito gracias a que estas fibras optimizan la adhesión fibra-matriz. (ver Figura 5).

Figura 5

Tipos de fibra de polipropileno según su elaboración



Nota. Mármol, (2010)

Cañette & García (2017) afirman la relación entre el tamaño máximo del agregado o árido grueso (TMA) y la longitud de la fibra es un factor importante a tener en cuenta cuando se intenta aumentar la eficacia de la fibra. Los estudios han demostrado que los resultados óptimos se obtienen cuando la longitud de la fibra equivale aproximadamente al doble del tamaño máximo del árido. Además, se sugiere que el mayor tamaño del árido grueso que se emplee no sea superior a veinte milímetros

Cañette & García (2017) afirman que, si las fibras son demasiado largas, habrá complicaciones para manipularlas y aparecerán poros en el hormigón; al igual que, si las fibras son demasiado cortas, no generará un buen anclaje entre la fibra y el hormigón, que es un factor importante a tener en cuenta cuando se trata de transmitir tensiones.

d) Módulo de elasticidad o módulo de Young de la fibra

Badell (2016) afirma que, este tiene un efecto sobre la capacidad de refuerzo de la fibra en el hormigón y es el responsable del control de la formación de grietas; en consecuencia, sólo se obtiene un mejor control de la longitud y apertura de grietas cuando el módulo de elasticidad de la fibra es al menos tres veces superior al módulo de elasticidad del hormigón.

2.2.6 Ensayos asociados al concreto permeable o poroso

Se han llevado a cabo en un laboratorio, y sólo se ha recogido una pequeña cantidad de datos de instalaciones reales sobre el terreno. Los métodos ASTM se puede utilizar para probar el concreto poroso. Las cuales son resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, porosidad y la permeabilidad son algunas de las técnicas de ensayo que son consideradas indispensables para el manual del ACI 522R-10.

a. Resistencia a la Compresión

Según Chaparro (2021) explica que la resistencia a la compresión se conocer como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto. Expresada en kilogramos por centímetros cuadrados (kg/cm^2) o mega pascales (Mpa)”.

b. Resistencia a la Flexión

Según el artículo de Bright et al (2020) determinan que basándose en probetas de vigas realizadas según las especificaciones de IS516 (1959) sobre prismas de concreto de tamaño 100 mm x 100 mm x 500 mm con una luz de tres veces su espesor a los cuales se les aplica cargas utilizando la máquina para el ensayo.

c. Permeabilidad

Según García & Córdova (2021) afirman que es una propiedad que facilita la filtración de un fluido, por medio de sus espacios. Un material será permeable cuando contenga espacios vacíos interconectados (porosidad), permitiendo la circulación de agua a través de una masa. Permitiendo el paso de agua por medio de los poros interconectados que posea y de esta manera eliminar la escorrentía y evita los problemas de saturación de agua.

Normas referentes al concreto poroso con fibras

- ACI Committee - Report 522R-10 (2010).
- ACI Committee - Report 544.2R (1989): Measurement of Properties of Fiber Reinforced Concrete.
- ACI Committee – Report 544.3R (2008): Guide for Specifying, Proportioning, and Production of Fiber-Reinforced Concrete.

- ACI Committee - Report 544.4R (2018): Guide to Design with Fiber- Reinforced concrete.

2.3 Definición de términos básicos

a) Concreto Permeable o Poroso

"Concreto permeable" se caracteriza a menudo por tener un asentamiento cercano a cero y una gradación abierta, y se compone de cemento portland, árido grueso y poco o ningún árido fino, además de aditivos y agua.

b) Dosificación de fibras:

Cantidad de fibras que se incluyen en un determinado volumen de matriz de hormigón.

c) Fibras de polipropileno:

Las más utilizadas son las de polipropileno porque son químicamente inertes, repelen el agua y son muy ligeras.

d) Pavimento rígido:

Según Montejo (2002, como se citó en Vargas & Yataco, 2020), es una construcción que se compone de una losa de hormigón hidráulico, y se apoya sobre la subrasante o sobre una capa de material especificado, que se denomina sub-base del pavimento rígido.

e) Resistencia a la compresión:

Según el ACI 522R (2010), El esfuerzo a la compresión más elevado que puede alcanzarse en un ensayo de resistencia a la compresión utilizando una probeta de concreto poroso reforzado con fibras es 400 a 4000 psi (2.8 a 28 Mpa).

f) Permeabilidad:

Según el ACI 522R (2010), el término "permeabilidad" en referencia al concreto se refiere a la velocidad a la que el agua puede moverse por medio de la porosidad de un cuerpo en un tiempo determinado, dando como rangos aceptables para este coeficiente entre 0.14 cm/s a 1.22 cm/s.

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis general

Al determinar la cantidad de fibras de polipropileno en el concreto poroso mejorará las propiedades físico-mecánicas del pavimento rígido.

3.1.2 Hipótesis específicas

- a) Al determinar la cantidad de fibras de polipropileno en el concreto poroso mejorará la resistencia a la flexión del pavimento rígido.
- b) Al determinar la cantidad de fibras de polipropileno en el concreto poroso mejorará la resistencia a la compresión del pavimento rígido.
- c) Al determinar la cantidad de fibras de polipropileno en el concreto poroso mejorará la permeabilidad del pavimento rígido.

3.2 Variables

Definición conceptual de las variables.

3.2.1 Variables independientes:

Según Valero (2015), “Fibras de polipropileno: Secciones producidas por polímero de hidrocarburo sintético, generadas mediante procesos de extrusión por medio de estiramiento en caliente del material a través de un troquel”.

3.2.2 Variables dependientes:

Según García & Córdova (2021), la resistencia a la flexión del concreto: Medida de la resistencia a la tracción del concreto, es la medida de la resistencia a la falla por momento de la losa de concreto no reforzada”.

Según García & Córdova (2021) la resistencia a compresión del concreto: Medida de la resistencia a la compresión del concreto, es la medida de la resistencia a la falla por momento de la losa de concreto no reforzada”.

Según García & Córdova (2021) la permeabilidad del concreto: Medida de la infiltración del concreto, es la medida de la cantidad de vacíos presente en el concreto no reforzado.

3.2.3 Operacionalización de las variables

La tesis representa la operacionalización de las variables en la Tabla 3:

Tabla 3*Operacionalización de variables*

VARIABLES INDEPENDIENTE				
Variable	Descripción de la variable	Indicadores	Unidad de Medida	Instrumento
Fibras de polipropileno	Secciones a base de polímeros de hidrocarburo sintético, obtenidos por procesos de extrusión debido a trabajos de estiramiento en caliente (Valero, 2015)	Dosificación de fibras de polipropileno	kg/m ³	Investigaciones nacionales e internacionales
VARIABLES DEPENDIENTES				
Variables	Descripción de la variable	Indicadores	Unidad de Medida	Instrumento
Resistencia a la flexión	Medición de la resistencia a la flexión del concreto, es la medida de la resistencia a la falla producida por el momento del pavimento Rígido	Resistencia a la Flexión	Mpa	Norma ASTM-78
Resistencia a la compresión	Es la resistencia a la ruptura a partir del sometimiento de una superficie a una carga dividida entre el área de la sección que soporta dicha carga	Resistencia a la Compresión	Mpa	Norma ASTM-39
Permeabilidad	Capacidad que tiene un cuerpo de permitir el flujo de un fluido a través de él sin alterar las propiedades del cuerpo.	Coefficiente de Permeabilidad		Ensayo de Permeabilidad

Nota. Elaboración propia

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Tipo, método, nivel y diseño de la investigación

La presente investigación es un estudio documental, bibliográfico y descriptiva. Es documental/bibliográfica porque se apoya en un marco teórico a partir de artículos científicos, investigaciones que involucran las variables pertinentes del estudio, especificaciones técnicas, entre otros; basados en distintas normas utilizadas por los especialistas e investigadores acerca del comportamiento del concreto poroso con aditivos y/o adiciones en el estado fresco y/o endurecido de fibras de polipropileno, obteniendo información relevante y fidedigna. En el estudio efectuado por Haitang et al (2020) reforzaron un concreto poroso mediante la incorporación de fibras de polipropileno para mejorar la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión y su influencia en la permeabilidad. El método empleado fue una investigación de tipo descriptiva con orientación aplicada, enfoque cuantitativo y como instrumento de recolección de datos retrolectivo, de tipo de investigación descriptivo, correlacional y explicativo. Utilizaron un estudio de diseño de cohorte, que según el propósito del estudio es un diseño experimental, según rotura de probetas y prismas que según el propósito del estudio es longitudinal y prospectivo. Es una investigación causal (causa – efecto) dado que estudia la relación entre la variable independiente incorporación de fibras de polipropileno (causa) y la variable dependiente sus propiedades físico-mecánicas (resistencia a la compresión, flexión y permeabilidad). Su objetivo es conocer el efecto positivo o negativo que puede producir la adición de fibras de polipropileno a la mezcla de concreto poroso para su implementación a pavimentos rígidos.

4.1.1 Tipo de investigación

De tipo descriptiva, debido a que su motivo primordial era aumentar los conocimientos más que producir hallazgos o innovaciones que fueran de utilidad para la sociedad en un futuro no muy lejano; explicativo, en vista que se analiza los datos recopilados de investigaciones previas; y correlacional, a causa de que se comparan los resultados obtenidos por los investigadores previos.

El enfoque del estudio es aplicada y retro lectiva; se busca recopilar información para mejorar el conocimiento sobre el uso de fibras mediante la indagación del aporte de las fibras de polipropileno con el fin de su aplicación de manera óptima en el pavimento rígido. El estudio tiene como es de enfoque cuantitativo debido a que se fundamentó sobre resultados de diversas investigaciones sobre el tema, así también.

4.1.2 Método de la investigación

Se adoptó un punto de vista deductivo debido a que los resultados de la resistencia a la flexión, resistencia a la compresión y permeabilidad del concreto poroso con adición de fibras de polipropileno se recopilaron a partir de estudios previos realizados tanto en el Perú como a escala internacional. A continuación, estos resultados se sometieron a un análisis estadístico para poner a prueba la hipótesis que se ha planteado.

4.1.3 Nivel de investigación

Descriptiva, debido a que trata de definir el comportamiento de los esfuerzos a la flexión, la compresión y la permeabilidad del concreto poroso reforzado con fibras de polipropileno para su aplicación en pavimentos rígidos.

4.1.4 Diseño de la investigación

Se ha realizado una recopilación de datos, ya que el diseño es no experimental debido a que no se ha realizado ningún tipo de experimento de laboratorio, debido a esto se ha enfocado en un análisis comparativo descriptivo de diversos estudios o ensayos enfocados en el tema.

4.1.5 Población de estudio

Se basó en la recopilación de investigaciones nacionales e internacionales, así mismo también en diversos artículos científicos.

4.1.6 Diseño muestral

Para que los resultados del análisis estadístico fueran lo más precisos posible, se incorporaron los estudios de diversas investigaciones recopiladas a escala nacional e internacional. Por lo tanto, no fue necesario realizar un muestreo probabilístico.

4.1.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Es no experimental y se cimienta en la recopilación de información, la técnica de análisis usada es documentario. Respecto al instrumento de recolección de datos se han usado hojas de cálculo para realizar comparaciones al igual que los gráficos que sean necesarios para identificar las variaciones de las propiedades a estudiar.

4.1.8 Procedimientos para la recolección de datos

Se ha realizado una búsqueda exhaustiva en repositorios de distintas universidades, webs académicas, revistas científicas web, el uso de softwares como el scopus, proquest, etc. Una vez obtenido los datos necesarios se ha procedido a analizarlos y formar tablas en el programa Excel para poder realizar gráficos para las comparaciones.

4.1.9 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se han analizado los datos encontrados en diversas investigaciones entre tesis y artículos con el uso de distintos buscadores como el Google Académico y Scopus, con los cuales se ha procedido a elaborar tablas simples y de doble entrada junto con gráficos de barras verticales para poder comparar resultados y determinar las proporciones adecuadas de fibra de polipropileno que se necesitan en el concreto poroso para mejorar sus propiedades físico-mecánicas y lograr un desempeño óptimo del pavimento rígido.

CAPITULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.2 Resultados de la investigación

Determinación de la cantidad de fibras de polipropileno para mejorar la resistencia a la flexión del concreto poroso.

Tesis 1. Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón permeable con la incorporación de fibras de polipropileno. (Magalhães, 2019).

Tipo de fibra: La fibra de polipropileno de longitud de 12 mm.

Contenido de la mezcla: Se produjeron tres mezclas de concreto con la misma relación cemento/árido y proporción agua/cemento de 0.34. Una de las mezclas se produjo sin adición de fibras, mientras que las otras dos se realizaron con contenidos de fibra de 1500 y 3000 g/m³, cuyas características se detallan en la Tabla 4.

Método de ensayo: La resistencia a la tracción por flexión en NBR 12142 (ABNT, 2010). Siendo Y0-F0 la muestra base o patrón, las muestra II-1500 muestra a la que se le aumento 1500 g/m³ y la muestra III-3000 muestra a la que se le aumento 3000 g/m³. Los resultados se expresan en la Figura 6.

Resultados:

Tabla 4

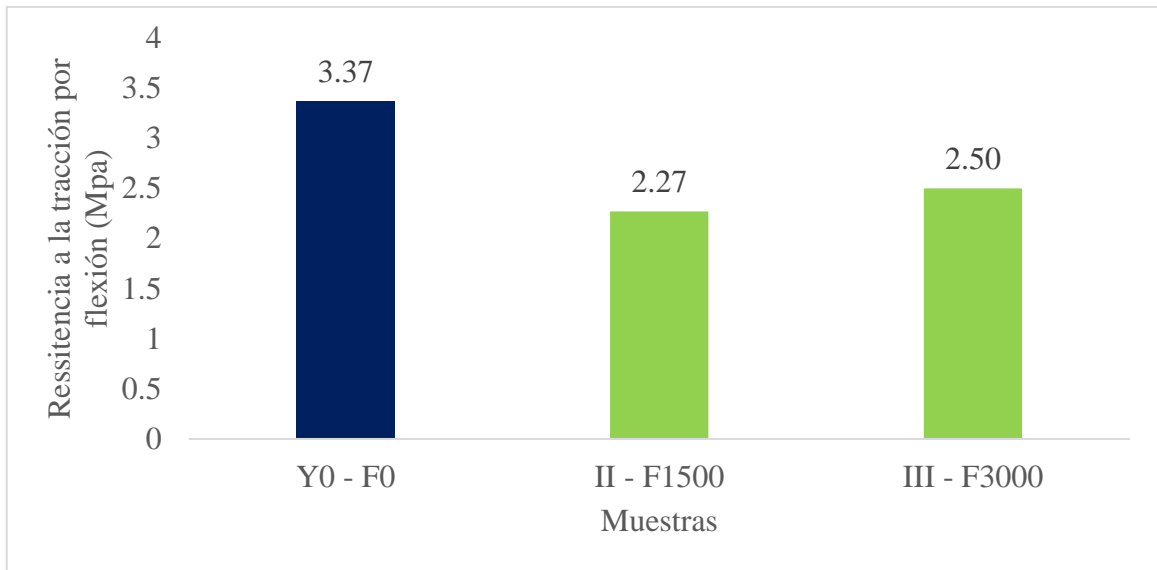
Resistencia a la Flexión

Característica	Cuerpos de prueba			Promedio (Mpa)	Desvío Estándar (Mpa)	Coeficiente de variación (%)
	CP1	CP2	CP3			
Y0 - F0	2.90	3.80	3.40	3.37	0.45	13.40
II - F1500	1.90	2.80	2.10	2.27	0.47	20.80
III - F3000	2.60	2.20	2.70	2.50	0.26	10.60

Nota. Adaptado de Magalhães (2019)

Figura 6

Resistencia a la Flexión según Magalhães



Nota. Adaptado de Magalhães (2019)

Artículo 2. Estudio de la Permeabilidad del Concreto Permeable de Áridos Reciclados con Fibras (Haitang et al, 2022).

Tipo de fibra: fibras de polipropileno que son polímeros con resistencia al ataque químico, con una longitud de fibras entre 12 mm y diámetro para fibras naturales sin procesar de 0,033 mm.

Contenido de la mezcla: La mezcla de concreto poroso considerando los criterios del ACI 522R-10 con una proporción agua/cemento de 0.26 a 0.45, una dosis de agregado fino de 0 a 15%; una dosis sugerida por el fabricante de superplastificante (SP) con un agregado de fibras de polipropileno que fueron de 0.36, 0.64 y 0.91 kg/m³. (ver Tabla 5)

Método de ensayo: La prueba de resistencia a la compresión (IS 516 - 1959) fueron llevado a cabo para evaluar las propiedades del concreto según los procedimientos normados de la India. (ver Tabla 6). Siendo la muestra patrón denominado 13, las muestras experimentales 10, 11 y 12. (ver Figura 7).

Resultados:

Tabla 5*Diseño de mezcla para los ensayos según Haitang et al*

Nº Mezcla	Relación A/C	Fibra	Contenido de fibra (kg/m ³)	Tasa Arena	Cemento (kg/m ³)	SP (kg/m ³)
10	0.3	FPP	0.36	10%	283.24	14.49
11	0.3	FPP	0.64	10%	282.79	14.47
12	0.3	FPP	0.91	10%	282.34	14.45
13	0.3	/	/	10%	283.85	14.51

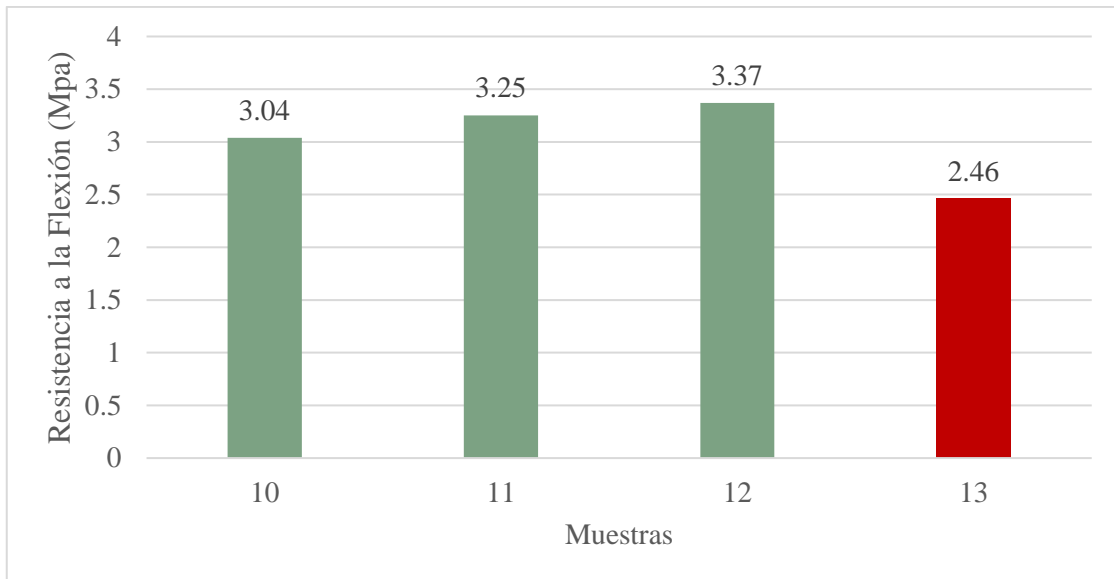
Nota. Haitang et al (2022)**Tabla 6***Resumen de resultados obtenidos según el investigador Haitang et al*

Nº Mezcla	Coefficiente de Permeabilidad (mm/s)	Resistencia a la Compresión (Mpa)	Resistencia a la flexión (Mpa)
10	6.01	19.54	3.04
11	4.38	21.84	3.25
12	4.38	21.15	3.37
13	5.58	18.09	2.46

Nota. Adaptado de Haitang et al (2022)

Figura 7

Resistencia a la Flexión de las muestras evaluadas según Haitang et al



Nota. Adaptado de Haitang et al (2022)

Artículo 3. Hormigón permeable: estudio de dosificación y adicción de fibras de polipropileno. (Pils et al, 2019).

Tipo de fibra: La fibra utilizada es una macro fibra con una longitud de 50 mm.

Contenido de la mezcla: Los ensayos de concreto permeable se realizaron con cinco mezclas distintas, todas preparadas con base a las sugerencias de investigadores previos; el concreto permeable debe tener relación de agregado - cemento 4 y 4.5 a 1, donde el cemento tiene las características que se muestran en la Tabla 7; así mismo se detalla las características del superplastificante en la Tabla 8. Las muestras tienen una relación arena a cemento entre 0 a 1, y una relación a/c entre 0.27 a 0.40. (ver Tabla 9).

Método de ensayo: Usa de referencia las sugerencias de ACI 522R-2010; la resistencia a la flexión del concreto se determina por medio de ensayos con vigas de sección cuadrada elaboradas, tomando como referencia la norma ASTM C-192 y C-31. (Ver Tabla 10).

Los resultados se grafican en la Figura 8.

Resultados:

Tabla 7*Especificaciones técnicas del cemento Cauê*

Finura		Concreto	Tiempo del cemento		Fuerza a la Compresión (MPa)			
#200 (75 mm)	#300 (45 mm)		Inicio (min)	Fin (min)	1 día	3 días	7 días	28 días
2.7	10.7	3.06	190	290	14.4	28.6	32.8	41.0

Nota. Pils et al (2019)**Tabla 8***Características del aditivo superplastificante*

Parámetros	Unidades	Especificaciones	Resultados	Método
Aspecto	–	Líquido	Aprobado	Visual
Color	–	Marrón claro	Aprobado	Visual
pH – 25°C	–	3.00 a 5.00	4.17	NBR 10908:2008
Masa específica – 25°C	g/cm ³	1.062 a 1.102	1.082	NBR 10908:2008
Sólidos	%	38.25 a 42.75	39.92	NBR 10908:2008

Nota. Pils et al (2019)**Tabla 9***Resumen de las mezclas según el investigador Pils et al*

Material	Mezcla				
	A	B	C	D	E
Cemento	1	1	1	1	1
Grava 1	4	4	4	3	3
Grava 0	–	–	1	1.3	1.3
Arena mediana	–	0.5	0.5	0.5	1

Aditivo	1% peso de cemento	1% peso de cemento	1% peso de cemento	1% peso de cemento	1% peso de cemento
Relación a/c	0.25	0.25	0.25	0.30	0.35

Nota. Pils et al (2019)

Tabla 10

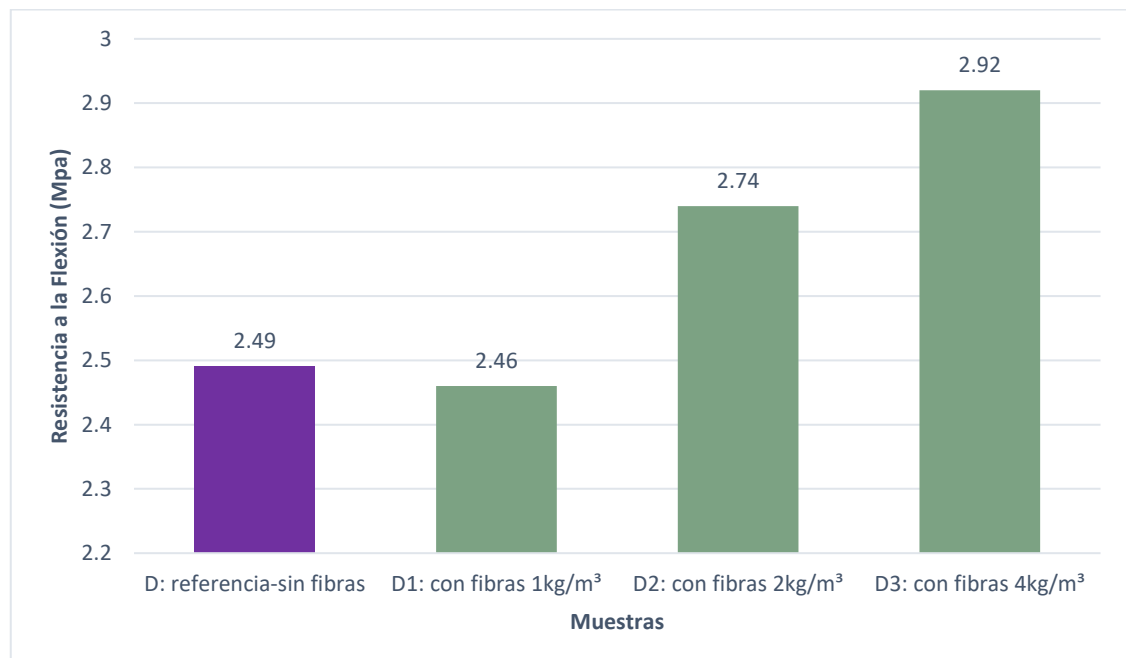
Resistencia a la flexión a los 28 días según Pils et al

Mezcla	Resistencia a la flexión (Mpa)
D: referencia-sin fibras	2.49
D1: con fibras 1kg/m ³	2.56
D2: con fibras 2kg/m ³	2.74
D3: con fibras 4kg/m ³	2.92

Nota. Adaptado de Pils et al (2019)

Figura 8

Resultados de la prueba de Resistencia a la flexión según Pils et al



Nota. Adaptado de Pils et al (2019)

Artículo 4. Estudio experimental de propiedades mecánicas de la fibra de polipropileno concreto permeable armado (Baskar et al, 2019).

Tipo de fibra: Monofilamento (30-40 mm), microfilamento (12-20 mm) y fibrilado (19-40 mm)

Contenido de la mezcla: Toma de base lo sugerido según ACI 522R-2010, la relación agua-cemento está entre 0.30 para concreto permeable y con un 0.2% de fibras de polipropileno, siendo el término PC M0 las siglas para Concreto poroso base o patrón y las muestras experimentales PCM1, PCM2 y MPC 75.25 (ver Tabla 11).

Método de ensayo: Usa de referencia las sugerencias de ACI 522R-2010; la resistencia a la flexión del concreto se mide por medio de ensayos con vigas de sección cuadrada elaboradas, tomando como referencia la norma ASTM C-192 y C-31 (ver Figura 9).

Resultados:

Tabla 11

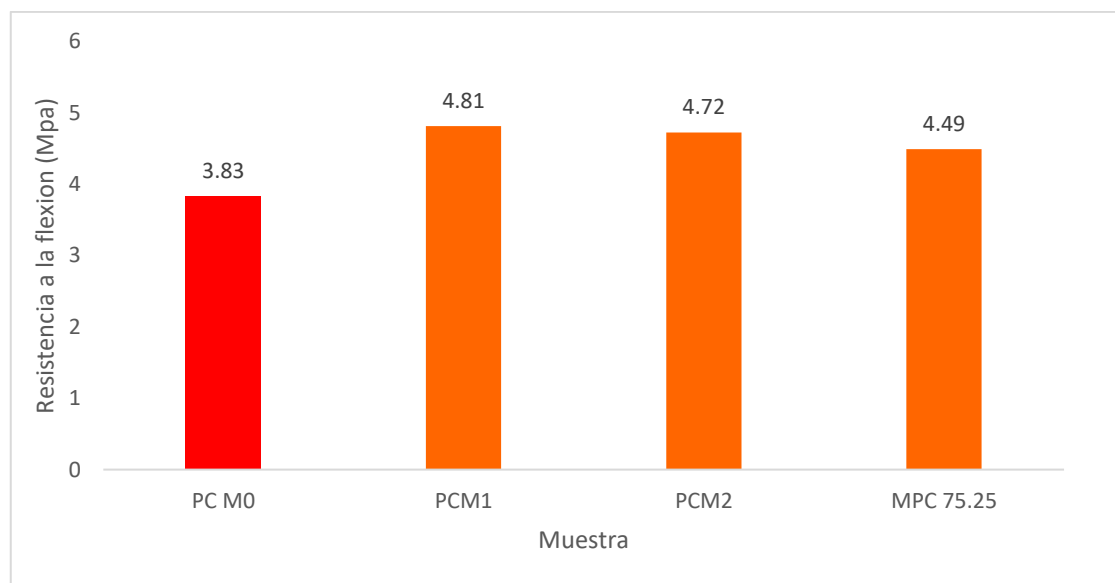
Resultados de las pruebas obtenidos por Baskar et al

Muestra	% de mono fibra	% fibrilado	Resistencia a la Compresión (Mpa)	Resistencia a la Flexión (Mpa)
PC M0	0	0	11.97	3.83
PCM1	25	75	12	4.81
PCM2	50	50	14.9	4.72
MPC 75.25	75	25	18.28	4.49

Nota. Adaptado de Baskar et al (2019)

Figura 9

Resistencia a la flexión a los 28 días obtenidas por Baskar et al



Nota. Adaptado de Baskar et al (2019)

En la Tabla 12 se indica los autores y sus respectivas investigaciones recopiladas.

Tabla 12

Cuadro de Referencias para el inciso de Resistencia a la Flexión

N°	Origen	Autor	Año	Titulo
1	Brasil	Magalhães.	2019	Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón permeable con la incorporación de fibras de polipropileno
2	China	Haitang et al.	2020	Estudio de la Permeabilidad del Concreto Permeable de Áridos Reciclados con Fibras
3	Brasil	Pils, et al.	2019	Concreto permeable: estudio de dosificación y adicción de fibras de polipropileno.
4	India	Baskar et al.	2019	Estudio experimental de propiedades mecánicas de la fibra de polipropileno hormigón permeable armado

Nota. Elaboración propia

Determinación de la cantidad de fibras de polipropileno para mejorar la resistencia a la compresión del concreto poroso.

Artículo 5. Mejora de la resistencia a la compresión del hormigón permeable mediante fibra de polímero. (Anshul et al, 2022).

Tipo de fibra: Fibras de polipropileno que son polímeros con resistencia al ataque químico, con una longitud de fibras de entre 25 y 50 mm y una sección de fibras naturales sin procesar de 0,10 a 0,75 mm se utilizaron como refuerzo en el concreto.

Contenido de la mezcla: La mezcla de concreto poroso cuenta con una proporción agua/cemento de 0.35, una relación cemento/agregado de 1:2 a 1:3; con una adición de fibras de polipropileno que fueron de 0.15, 0.20 y 0.25 %. (ver Tabla 13).

Método de ensayo: La prueba de resistencia a la compresión (IS 516 - 1959) se llevaron a cabo para evaluar las propiedades del concreto según los procedimientos de prueba normados de la India. (ver Figura 10).

Resultados:

Tabla 13

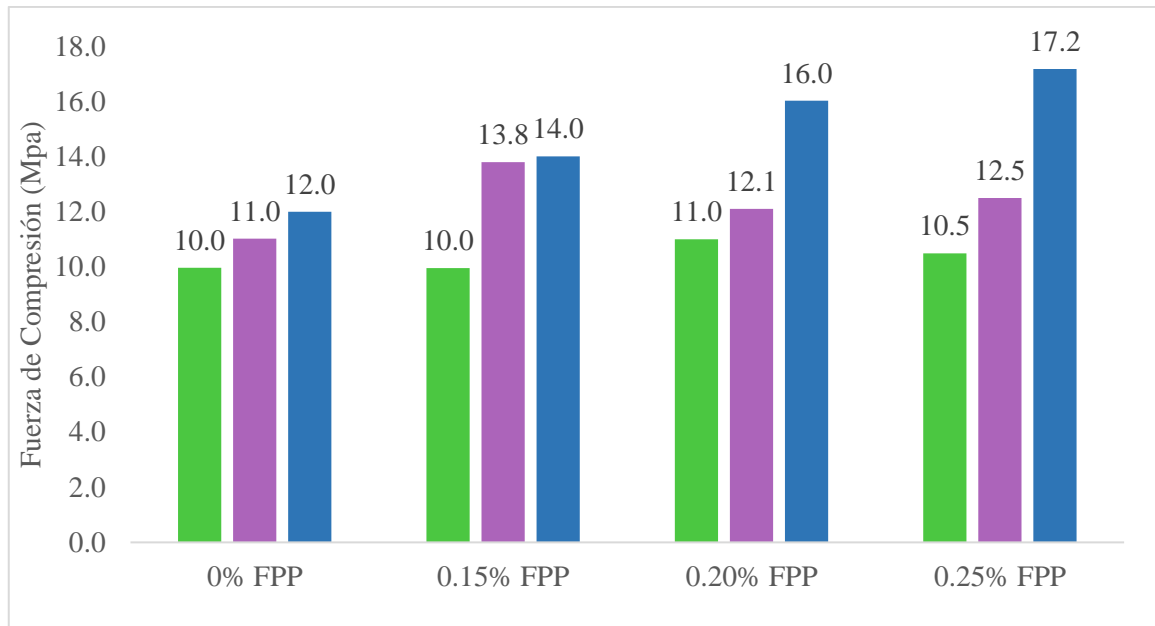
Resistencia a la Compresión obtenidas por Anshul et al

Días	Resistencia a la Compresión	Resistencia a la Compresión con 0.15% PP	Resistencia a la Compresión con 0.2% PP	Resistencia a la Compresión con 0.25% PP
	0% FPP	0.15% FPP	0.20% FPP	0.25% FPP
7	10.0	10.0	11.0	10.5
14	11.0	13.8	12.1	12.5
28	12.0	14.0	16.0	17.2

Nota. Adaptado de Anshul et al (2022)

Figura 10

Resistencia a la compresión 7,14 y 28 días según Anshul et al



Nota. Adaptado de Anshul et al (2022)

Artículo 6. Estudio de la Permeabilidad del Concreto Permeable de Áridos Reciclados con Fibras. (Haitang et al, 2022).

Tipo de fibra: fibras de polipropileno que son polímeros con resistencia al ataque químico, con una longitud de fibras entre 12 mm y diámetro para fibras naturales sin procesar de 0,033 mm.. Las características del cemento y superplastificante se detallan en la Tabla 14. Las características del agregado grueso se especifican en la Tabla 15 y las propiedades de la fibra de polipropileno en la Tabla 16.

Contenido de la mezcla: Para la mezcla de concreto poroso se tiene en cuenta la normativa del ACI 522R-10 con una proporción a/c de 0.26 a 0.45, una dosis de agregado fino de 0 a 15%; una dosis sugerida por el fabricante de superplastificante (SP) con una adición de fibras de polipropileno que fueron de 0.36, 0.64 y 0.91 kg/m³. (ver Tabla 17).

Método de ensayo: la prueba de resistencia a la compresión (IS 516 - 1959) fueron llevado a cabo para evaluar las propiedades del hormigón según los procedimientos de prueba normados de la India. Siendo la muestra patrón denominado 13, las muestras experimentales 10, 11 y 12. En la Tabla 18 se detallan los resultados de las pruebas y en la Figura 11 se grafica los resultados obtenidos.

Resultados:

Tabla 14*Características de componentes evaluados*

Material	Propiedades físicas	
	Área de superficie de densidad (gr/cm ³)	(m ² /kg)
Cemento	3.1	346
SP	2.6	1200

Nota. Haitang et al (2022)**Tabla 15***Características del agregado reciclado*

Densidad Aparente (g/cm)	Densidad Embalaje suelto (g/cm ³)	Densidad varilla seca (g/cm ³)	Relación de vacíos (%)	Índice de aplastamiento (%)	Tasa de absorción de agua (%)
2.412	1.264	1.429	44.17	89.5	3.896

Nota. Haitang et al (2022)**Tabla 16***Características de la Fibra de polipropileno*

Fibras de Polipropileno	
Longitud media (mm)	12
Diámetro media (mm)	0.033
Densidad (g/cm ³)	0.91
Características principales	Resistencia a la fractura \geq 300 Mpa

Nota. Haitang et al (2022)

Tabla 17*Características de las mezclas realizadas por Haitang Zhu et al*

N° Mezcla	Relación A/C	Fibra	Contenido de fibra (kg/m ³)	Tasa Arena	Cemento (kg/m ³)	SP (kg/m ³)
10	0.3	FPP	0.36	10%	283.24	14.49
11	0.3	FPP	0.64	10%	282.79	14.47
12	0.3	FPP	0.91	10%	282.34	14.45
13	0.3	/	/	10%	283.85	14.51

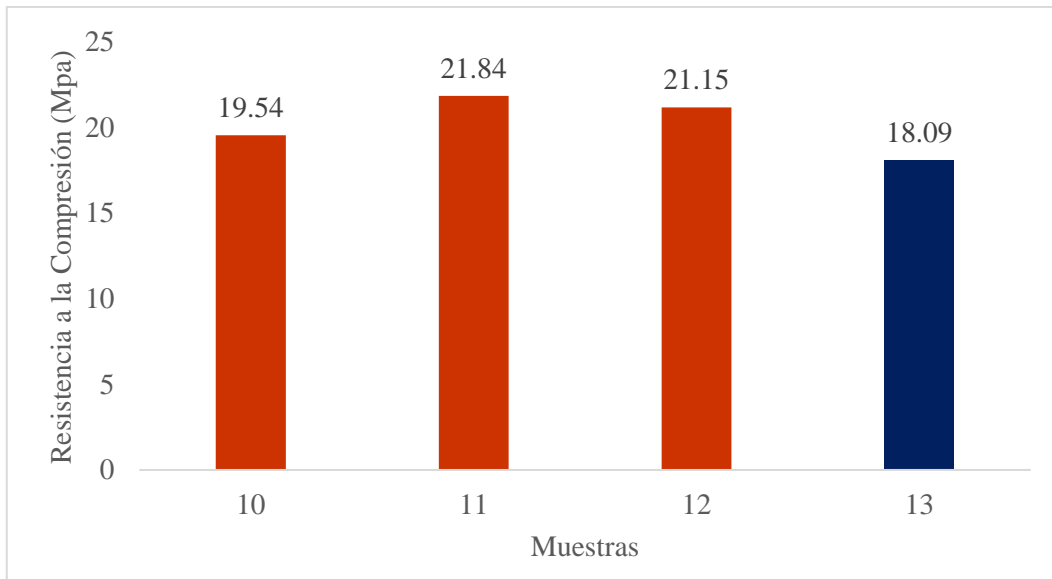
Nota. Adaptado de Haitang et al (2022)**Tabla 18***Cuadro de llas pruebas realizadas por Haitang Zhu et al*

N°	Coefficiente de Permeabilidad (mm/s)	Resistencia a la Compresión (Mpa)	Resistencia a la flexión (Mpa)
10	6.01	19.54	3.04
11	4.38	21.84	3.25
12	4.38	21.15	3.37
13	5.58	18.09	2.46

Nota. Adaptado de Haitang et al (2022)

Figura 11

Resistencia a la compresión a los 28 días obtenidas por Haitang Zhu et al



Nota. Adaptado de Haitang et al (2022)

Tesis 7. “Análisis de la resistencia a compresión y permeabilidad del concreto poroso usando agregados de la cantera Huáscar-Ambo-Huánuco, adicionando fibras sintéticas Sikacem-1 Fiber 20mm”. (De la O, 2019).

Tipo de fibra: Fibra sintética SikaCem-1 Fiber cuya longitud es de 20 mm.

Contenido de la mezcla: Toma de base lo sugerido según ACI 522R-2010, la relación agua-cemento está entre 0.25 -0.40 según investigaciones existentes, se usan porcentajes de 0.05%, 0.10% y 0.15% de fibra de polipropileno.

Método de ensayo: Las probetas cilíndricas se someten a ensayo de acuerdo con la ASTM C39, siendo Concreto poroso patrón (CP) y concreto poroso experimental (CPE), los resultados se detallan en la Tabla 19 y cuya representación gráfica es la Figura 12.

Resultados:

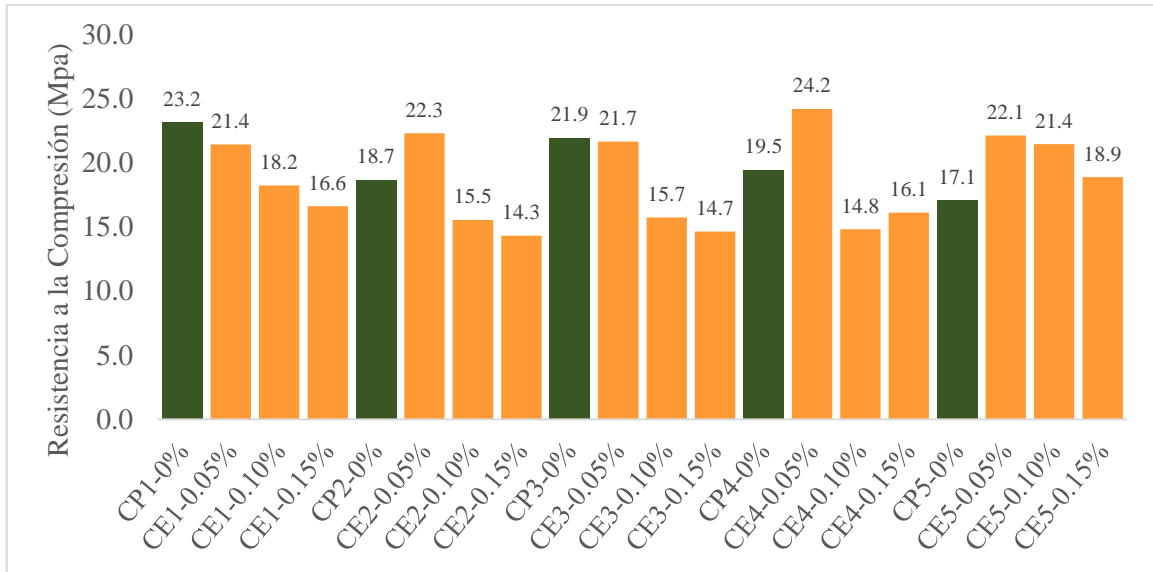
Tabla 19*Resistencia a compresión a los 28 días obtenidos por De la O*

Muestra	Diseño			f'c (Mpa)
	D(cm)	L(m)	P(kg)	
CP1-0%	15.1	31.1	41724	23.2
CE1-0.05%	15	31.1	38635	21.4
CE1-0.10%	15.2	31.2	32870	18.2
CE1-0.15%	15.1	31	29953	16.6
CP2-0%	15.1	31	33653	18.7
CE2-0.05%	15.1	31	40179	22.3
CE2-0.10%	15.15	31	27997	15.5
CE2-0.15%	15.2	31.2	25783	14.3
CP3-0%	15.15	31.1	39536	21.9
CE3-0.05%	15	31.1	39023	21.7
CE3-0.10%	15.1	31.3	28351	15.7
CE3-0.15%	15.1	31	34034	14.7
CP4-0%	15.1	31.15	35079	19.5
CE4-0.05%	15	31.15	43618	24.2
CE4-0.10%	15.1	31	26843	14.8
CE4-0.15%	15.2	31	26415	16.1
CP5-0%	15.1	31.1	30785	17.1
CE5-0.05%	15	31.1	39889	22.1
CE5-0.10%	15.1	31	38659	21.4
CE5-0.15%	15.2	31	26415	18.9

Nota. Adaptado de De la O (2019)

Figura 12

Ensayo de resistencia a compresión a los 28 días obtenidos por De la O.



Nota. Adaptado de De la O (2019)

Artículo 8. Impacto de la incorporación de fibras y el método de compactación en las propiedades del hormigón permeable (Juradin et al, 2020).

Tipo de Fibra: Fibras de polipropileno que son polímeros con resistencia al ataque químico, con una longitud de fibras cortas de entre 12 mm y un diámetro de fibras de entre 19.8 a 31 mm.

Contenido de la mezcla: Toma de base lo sugerido según ACI 522R-2010, la proporción agua-cemento está entre 0.35 para concreto permeable y agregados finos a 0%. Las fibras de polipropileno son fibras cortas. Se seleccionó CEM 1 42.5R. En cuanto a la composición de las mezclas, hubo cinco mezclas de concreto permeable diferentes (ver Tabla 20), cada una compactada con dos métodos diferentes: compactación con listón de madera y martillo; y vibración en mesa vibratoria durante 5 segundos. Siendo para el primer método: E (muestra patrón) y PP (muestra experimental con fibras de polipropileno) y para el segundo método: EV (muestra patrón) y PPV (muestra experimental con fibras de polipropileno). En la Tabla 21 se detalla los resultados de las pruebas y la Figura 13 corresponde a los valores de las pruebas correspondientes a las mezclas con fibras de polipropileno.

Resultados:

Tabla 20

Composición de mezcla para 1 m³ de concreto permeable

Mezcla	cemento		Agregado		Fibra					
	kg	w/c	8-16 mm	kg	tipo	densidad g/cm ³	diámetro mm	longitud mm	Resistencia a la tracción MPa	kg
E, EV	350	0.35	1481.5	-	-	-	-	-	-	-
G, VG	350	0.35	1481.5	vidrio	2.5	15	6	1050-3850	4.5	
C, CV	350	0.35	1481.5	carbono	1.9	5-10	6	1800-2600	3.42	
pp, ppv	350	0.35	1481.5	polipropileno	0.9	19.8-31	12	560-770	1.64	
H, HV	350	0.35	1481.5	cáñamo	1.5	500-620	10	400-938	2.7	

Nota. Juradin et al (2020)

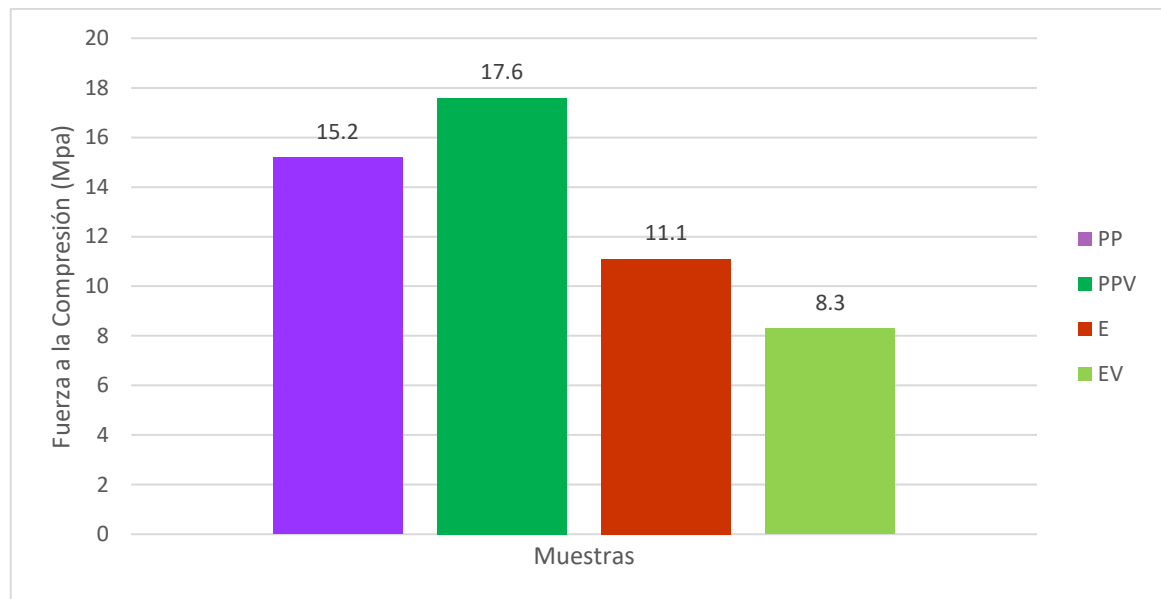
Tabla 21*Resultados de las pruebas evaluadas por Juradin et al*

Propiedades	E	EV	G	GV	C	CV	PP	PPV	H	HV
Porosidad (%)	33.6	35	31.1	32.7	32.6	29.8	35.1	31.6	35.8	35.5
Densidad	1850	1755	1900	1890	1950	1850	1898	1900	1780	1820
Permeabilidad por método de caída de cabeza (FH) (mm/s)	22.77	31.28	19.04	21.59	16.67	19.06	20.7	16.34	20.12	16.87
Permeabilidad por método de caída constante (CH) (mm/s)	18.77	25.27	16.19	18.5	14.04	15.91	18.58	13.99	15.42	14.24
Fuerza a la Compresión (Mpa)	11.1	8.3	15.6	16.8	11.9	18.6	15.2	17.6	9.8	11.3

Nota. Juradin et al (2020)

Figura 13

Resistencia a la compresión sin y con fibras obtenido por Juradin et al



Nota. Adaptado de Juradin et al (2020)

Artículo 9. Estudio experimental de propiedades mecánicas de la fibra de polipropileno. (Baskar et al,2019)

Tipo de fibra: Monofilamento (30-40 m), microfilamento (12-20 mm) y fibrilado (19-40 mm)

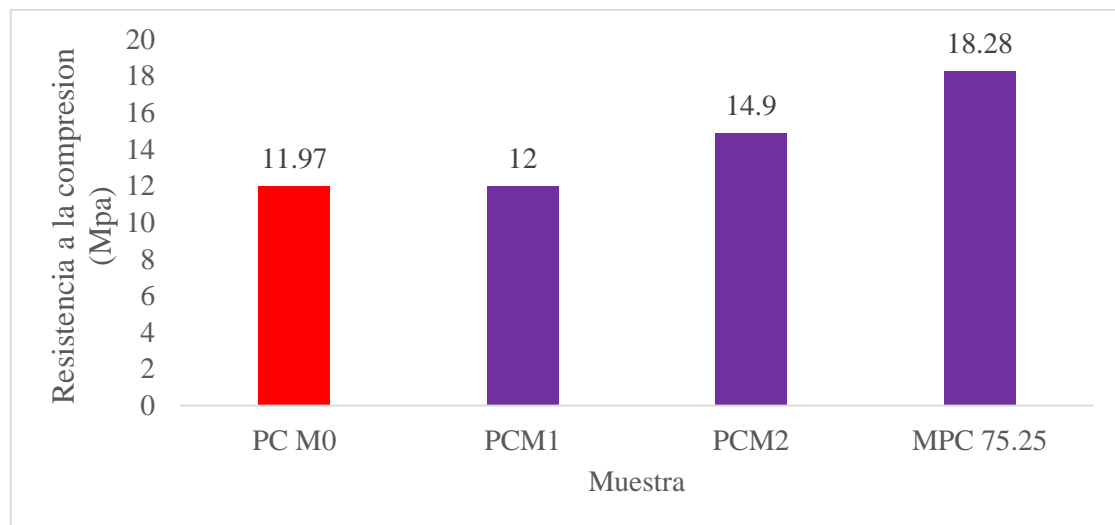
Contenido de la mezcla: Toma de base lo sugerido según ACI 522R-2010, la relación agua-cemento está entre 0.30 para concreto permeable y con un 0.2% de fibras de polipropileno, siendo el término PC M0 las siglas para Concreto poroso base o patrón y las muestras experimentales PCM1, PCM2 y MPC 75.25.

Método de ensayo: Usa de referencia las sugerencias de ACI 522R-2010; la resistencia a la flexión del concreto se determina por medio de ensayos con vigas de sección cuadrada elaboradas, tomando como referencia la norma ASTM C-192 y C-31. La Tabla 22 resume los resultados de las pruebas y la Figura 14 es la representación gráfica de los datos obtenidos.

Resultados:

Tabla 22*Resultados de las pruebas*

Muestra	% de mono fibra	% fibrilado	Resistencia a la compresión (Mpa)	Resistencia a la flexión (Mpa)
PC M0	0	0	11.97	3.83
PCM1	25	75	12	4.81
PCM2	50	50	14.9	4.72
MPC 75.25	75	25	18.28	4.49

Nota. Baskar et al (2019)**Figura 14***Resistencia a la compresión con y sin fibras según Baskar et al**Nota.* Adaptado de Baskar et al (2019)

En la Tabla 23 se encuentra la relación de autores recopilados.

Tabla 23

Cuadro de autores para el inciso de Resistencia a la Compresión

N°	Origen	Autor	Año	Titulo
5	India	Anshul et al.	2022	Mejora de la resistencia a la compresión del hormigón permeable mediante fibra de polímero
6	China	Haitang et al.	2020	Estudio de la Permeabilidad del Concreto Permeable de Áridos Reciclados con Fibras
7	Perú	De la O	2019	Análisis de la resistencia a compresión y permeabilidad del concreto poroso usando agregados de la cantera Huácar-ambo-Huánuco, adicionando fibras sintéticas sikacem-1 fiber 20mm
8	Croacia	Juradin et al.	2020	Impacto de la incorporación de fibras y el método de compactación en las propiedades del hormigón permeable
9	India	Baskar et al.	2019	Estudio experimental de propiedades mecánicas de la fibra de polipropileno concreto permeable armado

Nota. Elaboración propia

Determinación de la cantidad de fibras de polipropileno para la mejora de la permeabilidad del concreto poroso.

Artículo 10. Mejora de la resistencia a la compresión del concreto permeable mediante fibra de polímero. (Anshul et al, 2020).

Tipo de fibra: Fibras de polipropileno con una longitud de fibras entre 25-500 mm y diámetro para fibras naturales sin procesar de 0,10-0,75 mm se utilizaron como refuerzo del concreto.

Contenido de la mezcla: La mezcla de concreto poroso cuenta con una proporción agua/cemento de 0.35, una relación cemento/agregado de 1:2 a 1:3; con una adición de fibras de polipropileno que fueron de 0.15, 0.20 y 0.25 %.

Método de ensayo: La prueba de resistencia a la compresión (IS 516 - 1959) fueron llevado a cabo para evaluar las propiedades del hormigón según los procedimientos de normados de la India. La Tabla 24 muestra los coeficientes de permeabilidad obtenidos en el ensayo, en la Figura 15 se muestra la representación gráfica de los coeficientes de permeabilidad obtenidos.

Tabla 24

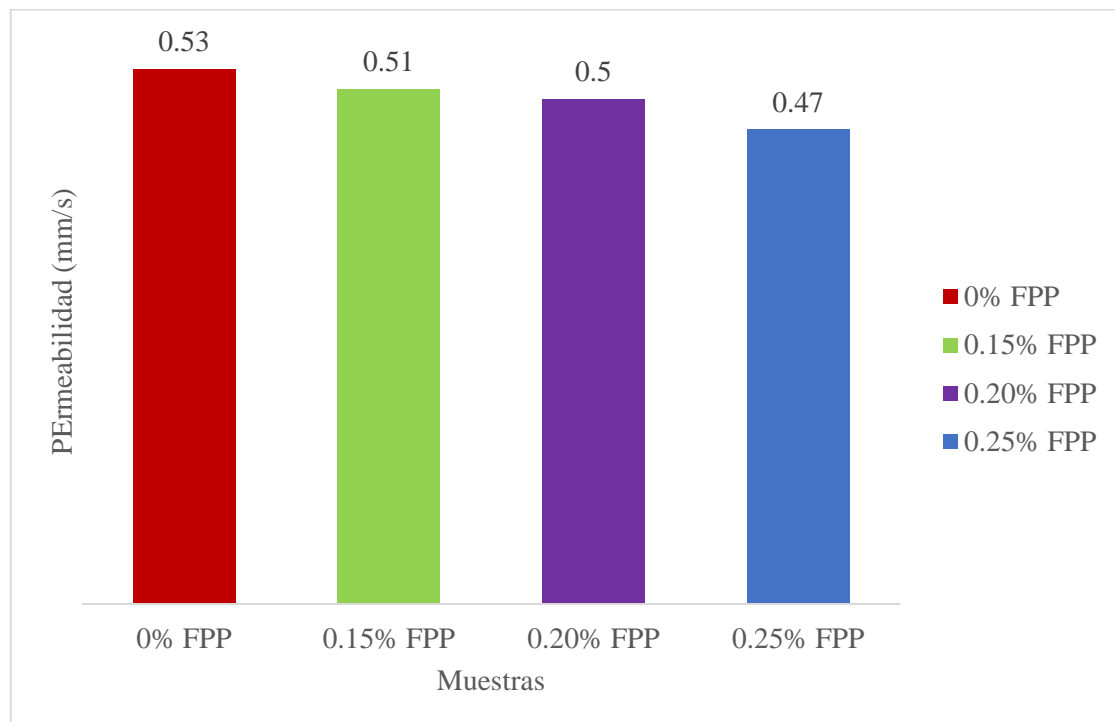
Resumen de Coeficiente de Permeabilidad según Anshul et al

Muestra	Coeficiente Medio de Permeabilidad
0% FPP	0.53
0.15% FPP	0.51
0.20% FPP	0.5
0.25% FPP	0.47

Nota. Adaptado de Anshul et al (2022)

Figura 15

Coefficiente medio de permeabilidad obtenidos por Anshul et al



Nota. Adaptado de Anshul et al (2022)

Artículo 11. Efecto del tamaño de los áridos sobre las propiedades del concreto permeable reforzado con fibra de vidrio y polipropileno. (Bright et al, 2020).

Tipo de fibra: La fibra utilizada tiene una longitud de 12 mm.

Contenido de la mezcla: Los ensayos de concreto poroso se realizaron con ocho mezclas distintas, todas preparadas con base a la relación de agregado – cemento y la relación agua – ligante se mantuvieron constante en 3.54 y 0.3, mientras que le tipo y la proporción de fibras, así como el tamaño de los agregados (12.5 y 20 mm), siguen siendo las variables; aunque la longitud de ambas fibras se mantuvo igual a 12 mm y superplastificante a base de polímeros de naftaleno sulfonados sin contenido de cloruro. Con una dosificación de la fibra de polipropileno en proporción de 0.1, 0.2, 0.3 y 0.4 % en la mezcla; siendo concreto poroso (CP) y concreto poroso con fibras de polipropileno (PFRPC).

Método de ensayo: El coeficiente de permeabilidad al agua se midió utilizando un aparato de cabeza descendente simple. Los lados de la muestra cubica de un tamaño de 150 mm x 150 mm x 150 mm, excepto la parte superior e inferior, se confinaron con una membrana

de cera antes de colocarlos en un molde de hierro fundido debajo de la columna de vidrio graduada transparente y se colocó una goma de sellado flexible a lo largo del perímetro superior e inferior de la muestra para evitar fugas de agua a través de los lados de la muestra. Se aseguró la estanqueidad del montaje y la columna de vidrio se llenó con agua por encima de los 450 mm desde la línea de referencia. Con la ayuda de un cronometro, se registró el tiempo (t en segundos) para la caída de la cabeza de agua (H) de 450 a 150 mm por encima de la línea de referencia. La Tabla 25 muestra las características de las fibras de polipropileno utilizadas en este ensayo, la Tabla 26 se puede observar el detalle de cada tipo de muestra evaluada, en la Tabla 27 se muestra los coeficientes de permeabilidad obtenidos en el ensayo, en la Figura 16 se puede observar la representación gráfica de los resultados de permeabilidad obtenidos.

Resultados:

Tabla 25

Características de la Fibra de Polipropileno

Tipo	Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Resistencia a la tracción (Mpa)	Módulo de elasticidad (Gpa)
Fibras de polipropileno	12	0.324	560	5.4

Nota. Bright et al (2020)

Tabla 26*Descripción de las mezclas y su dosificación evaluadas*

ID de mezcla	ACR	WC	Cemento kg/m ³	Agregado fino kg/m ³	Agregado		Agua kg/m ³	SP g/m ³	Fibra %
					grueso kg/m ³	mm			
					12.5	20			
					mm	mm			
12.5 PC	3.54	0.35	430	--	1521	--	150	4.3	--
20 PC			430	--	--	1521	150	4.3	--
12.5 PFRPC0.1			430	--	1521	--	150	4.3	0.1
12.5 PFRPC0.2			430	--	1521	--	150	4.3	0.2
12.5 PFRPC0.3			430	--	1521	--	150	4.3	0.3
12.5 PFRPC0.4			430	--	1521	--	150	4.3	0.4
20 PFRPC0.1			430	--	--	1521	150	4.3	0.1
20 PFRPC0.2			430	--	--	1521	150	4.3	0.2
20 PFRPC0.3			430	--	--	1521	150	4.3	0.3
20 PFRPC0.4			430	--	--	1521	150	4.3	0.4

Nota. Adaptado de Bright et al (2020)

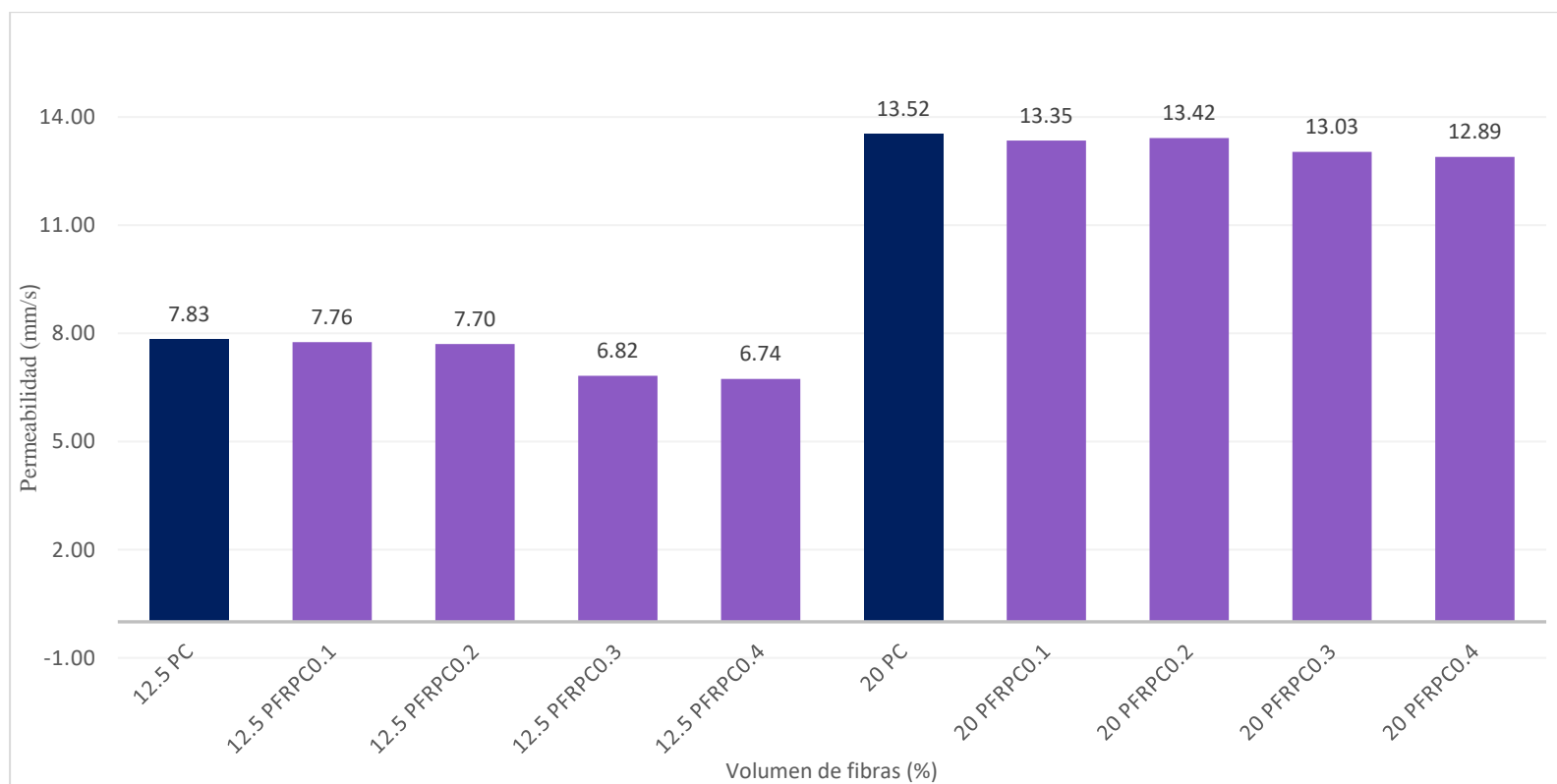
Tabla 27*Coefficiente de Permeabilidad de las muestras*

ID de mezcla	Tamaño de los agregados (mm)	Permeabilidad (k)	Resistencia a la compresión	Resistencia a la flexion
12.5 PC	12.5	7.83	29.76	3.85
12.5 PFRPC0.1		7.76	30.17	4.00
12.5 PFRPC0.2		7.70	30.32	4.17
12.5 PFRPC0.3		6.82	30.59	4.42
12.5 PFRPC0.4		6.74	30.21	4.21
20 PC	20	13.52	27.02	3.68
20 PFRPC0.1		13.35	27.23	3.86
20 PFRPC0.2		13.42	27.39	4.01
20 PFRPC0.3		13.03	27.73	4.29
20 PFRPC0.4		12.89	27.67	4.04

Nota. Adaptado de Bright et al (2020)

Figura 16

Permeabilidad de las muestras obtenidas por Bright et al



Nota. Adaptado de Bright et al (2020)

Artículo 12. Hormigón permeable: estudio de dosificación y adición de fibras de polipropileno. (Pils et al, 2019).

Tipo de fibra: La fibra utilizada es una macro fibra con una longitud de 50 mm.

Contenido de la mezcla: Los ensayos de concreto permeable se realizaron con cinco mezclas distintas, todas preparadas con base a las sugerencias de investigadores previos; el concreto permeable debe tener relación de agregado - cemento 4 y 4.5 a 1, una relación arena a cemento entre 0 a 1, y una relación a/c entre 0.27 a 0.40.

Método de ensayo: Usa de referencia las sugerencias de ACI 522R-2010; la resistencia a la flexión del concreto se obtiene por medio de ensayos con vigas de sección cuadrada elaboradas, tomando como referencia la norma ASTM C-192 y C-31. La Tabla 28 muestra las especificaciones técnicas del cemento utilizado en este ensayo, la Tabla 29 muestra las características del aditivo utilizado, la Tabla 30 muestra una descripción de las mezclas utilizadas, en la Tabla 31 se puede observar los valores de permeabilidad de las mezclas utilizadas, en la Figura 17 se observa la representación gráfica de los valores de permeabilidad obtenidos.

Resultados:

Tabla 28

Especificaciones técnicas del cemento Cauê

Finura	Concreto	Tiempo del cemento		Fuerza a la Compresión (MPa)			
		Inicio (min)	Fin (min)	1 día	3 días	7 días	28 días
#200 (75 mm)	#300 (45 mm)	3.06					
2.7	10.7	190	290	14.4	28.6	32.8	41.0

Nota. Pils et al (2019)

Tabla 29*Características del aditivo superplastificante*

Parámetros	Unidades	Especificaciones	Resultados	Metodo
Aspecto	–	Líquido	Aprobado	Visual
Color	–	Marrón claro	Aprobado	Visual
pH – 25°C	–	3.00 a 5.00	4.17	NBR 10908:2008
Masa específica – 25°C	g/cm ³	1.062 a 1.102	1.082	NBR 10908:2008
Sólidos	%	38.25 a 42.75	39.92	NBR 10908:2008

Nota. Pils et al (2019)**Tabla 30***Resumen de las mezclas dadas por Pils et al*

Material	Mezcla				
	A	B	C	D	E
Cemento	1	1	1	1	1
Grava 1	4	4	4	3	3
Grava 0	–	–	1	1.3	1.3
Arena mediana	–	0.5	0.5	0.5	1
Aditivo	1% peso de cemento	1% peso de cemento	1% peso de cemento	1% peso de cemento	1% peso de cemento
Relación a/c	0.25	0.25	0.25	0.30	0.35

Nota. Pils et al (2019)

Tabla 31

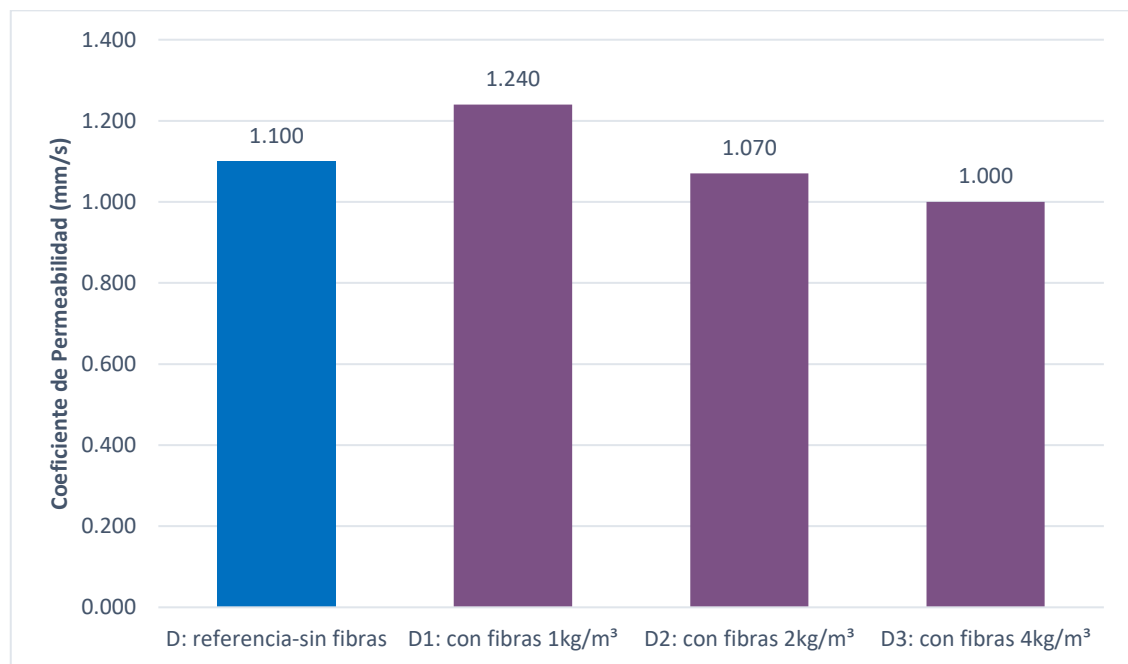
Permeabilidad del concreto con fibra según Pils et al

Mezcla	k (cm/s)
D: referencia-sin fibras	0.110
D1: con fibras 1kg/m ³	0.124
D2: con fibras 2kg/m ³	0.107
D3: con fibras 4kg/m ³	0.100

Nota. Pils et al (2019)

Figura 17

Permeabilidad de las muestras evaluadas por Pils et al



Nota. Adaptado de Pils et al (2019)

Tesis 13. “Análisis de la resistencia a compresión y permeabilidad del concreto poroso usando agregados de la cantera Huácar-Ambo-Huánuco, adicionando fibras sintéticas Sikacem-1 Fiber 20mm”. (De la O, 2019).

Tipo de fibra: Fibra Sintética SikaCem-1 Fiber cuya longitud es de 20mm.

Contenido de la mezcla: Se desarrolló de acuerdo a las normas ACI 522R -10 y el ACI 211.3R-02 donde se utilizó porcentajes de 0.05%, 0.10% y 0.15% de fibras sintéticas respecto al peso de los materiales, relación agua-cemento de 0.35 y un porcentaje de vacíos de 16%; siendo CP las siglas para concreto poroso y CPE las sigas para concreto poroso experimental. En la Tabla 32 se observa el coeficiente de permeabilidad de cada mezcla realizada, en la figura 18 se observa la representación gráfica de los resultados. Método de ensayo: Para la permeabilidad se usó 20 probetas se realizó el ensayo con el permeámetro.

Resultados:

Tabla 32

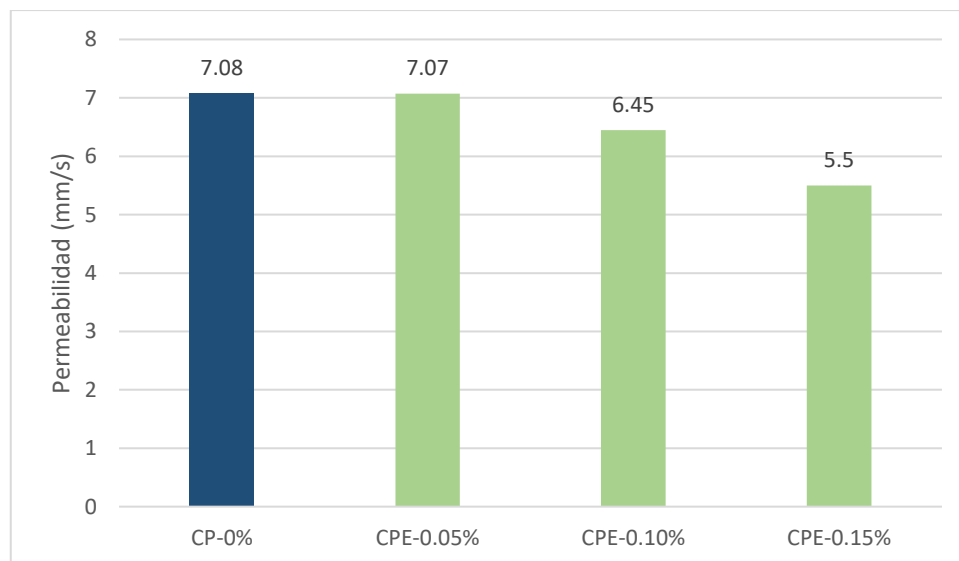
Cuadro del coeficiente de permeabilidad del concreto poroso

Descripción	Coeficiente de permeabilidad (k)	Coeficiente de permeabilidad (mm/s)
CP-0%	0.708 cm/s	7.08
CPE-0.05%	0.707 cm/s	7.07
CPE-0.10%	0.645 cm/s	6.45
CPE-0.15%	0.550 cm/s	5.5

Nota. De la O (2019)

Figura 18

Gráfico de barras de la permeabilidad del concreto poroso según De la O



Nota. Adaptado de De la O (2019)

En la Tabla 33 se encuentra la relación de autores recopilados.

Tabla 33

Cuadro de referencias para el inciso de permeabilidad

N°	Origen	Autor	Año	Titulo
10	India	Anshul et al.	2022	Mejora de la resistencia a la compresión del hormigón permeable mediante fibra de polímero
11	India	Bright et al	2020	Efecto del tamaño de los áridos sobre las propiedades del hormigón permeable reforzado con fibra de vidrio y polipropileno
12	Brasil	Pils, et al.	2019	Concreto permeable: estudio de dosificación y adicción de fibras de polipropileno.
13	Perú	De la O	2019	Análisis de la resistencia a compresión y permeabilidad del concreto poroso usando agregados de la cantera Huácar-Ambo-Huánuco, adicionando fibras sintéticas sikacem-1 Fiber 20mm

4.3 Análisis e interpretación de los resultados

Determinación de la cantidad de fibras de polipropileno para mejorar la resistencia a la flexión del concreto poroso.

Tesis 1. Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón permeable con la incorporación de fibras de polipropileno. (Magalhães., 2019)

En la figura 6, se observa que la incorporación de fibras de polipropileno causa una disminución en la resistencia a la flexión de 1.1 Mpa con respecto a la muestra base, la segunda adición de fibras genera un valor de 2.50; se empieza a apreciar una mejora de 0.23 Mpa, se puede concluir que empieza una tendencia a aumentar la resistencia. Sin embargo, como no se realizaron mayores adiciones no es posible afirmar que la tendencia será a aumentar.

Artículo 2. Estudio de la Permeabilidad del Concreto Permeable de Áridos Reciclados con Fibras (Haitang et al, 2022).

En la figura 7, se observa que la incorporación de fibras de polipropileno ha causado una mejora en la resistencia a la flexión con respecto a la muestra patrón, se aprecia una tendencia en la mejora con respecto al valor de referencia llegando a un valor de 3.37 Mpa con la adición de 0.91 kg/m^3 ; siendo un 23.5% mejor al valor patrón.

Artículo 3. Hormigón permeable: estudio de dosificación y adicción de fibras de polipropileno. (Pils et al, 2019).

En la figura 8, se aprecia que a pesar que una de las mezclas con adición de fibras disminuye su resistencia a la flexión, las otras muestra con adiciones de fibra mayores muestran una mejora con respecto a la muestra patrón; siendo 2.92 Mpa el valor máximo alcanzado con una adición de 4 kg/m^3 ; el investigador considera que una de las causas de la caída de uno de los valores en las muestras puede deberse al método usado para el mezclado de materiales; sin embargo se considera que la utilización de fibras de polipropileno, en este caso, macrofibras en el concreto poroso es una opción viable, debido a que hay que comparar adicionalmente los valores de resistencia a la compresión y permeabilidad se hallan dentro de los valores aceptados en la norma que emplea e investigador.

Artículo 4. Estudio experimental de propiedades mecánicas de la fibra de polipropileno concreto permeable armado (Baskar et al, 2019).

En la figura 9, la incorporación de fibras de polipropileno ha causado un incremento en la resistencia a la flexión de manera progresiva hasta un valor máximo de 4.81 Mpa, obteniendo una mejora de 25.6% con respecto a la muestra base, identificando que para una adición de 2% de fibra, donde se encuentra con un 25% de monofibra; así mismo, se aprecia una tendencia en disminuir después de ese punto.

Determinación de la cantidad de fibras de polipropileno para mejorar la resistencia a la compresión del concreto poroso.

Artículo 5. Mejora de la resistencia a la compresión del hormigón permeable mediante fibra de polímero. (Anshul et al, 2022).

En la figura 10, se puede notar que la incorporación de fibras de polipropileno aumenta de manera progresiva la resistencia a la compresión, para una adición de 0.25% de fibra llega a un máximo de 17.2 Mpa, lo que es una mejora de 1.2 Mpa con respecto a la muestra con 0.20% de fibra: cabe mencionar que el aumento en la resistencia seguía un valor de 2 Mpa con respecto al ensayo anterior, entonces se puede deducir que si la adición de fibras aumentará el valor de incremento en la resistencia a la compresión bajaría hasta un punto de equilibrio.

Artículo 6. Estudio de la Permeabilidad del Concreto Permeable de Áridos Reciclados con Fibras. (Haitang et al, 2022).

En la figura 11, se demuestra que la adición de fibras de polipropileno al concreto poroso, mejora la resistencia a la compresión hasta poco más de 20% con respecto al valor patrón o muestra sin fibras, considerando para esta investigación que el valor óptimo de adición de fibra es 0.64 kg/m³; siendo este el valor pico, al adicionarle más fibra de polipropileno la resistencia a la compresión empieza a disminuir.

Tesis 7. “Análisis de la resistencia a compresión y permeabilidad del concreto poroso usando agregados de la cantera Huáscar-Ambo-Huánuco, adicionando fibras sintéticas Sikacem-1 Fiber 20mm”. (De la O, 2019).

En la figura 12, se puede notar que la resistencia del concreto poroso aumenta con la adición de fibras de polipropileno, de longitud de 20 mm, siendo para la adición de 0.05% de fibra el valor máximo con una mejora en la resistencia a la compresión de 11%; desde este punto al adicionar más fibra a la mezcla, el valor de la resistencia cae de manera notable; se puede afirmar que el valor óptimo de adición de fibras es 0.05%.

Artículo 8. Impacto de la incorporación de fibras y el método de compactación en las propiedades del hormigón permeable (Juradin et al, 2020).

En la figura 13, se compara los valores promedio de dos especímenes experimentales con la misma cantidad de fibra, siendo un valor de 1.64 kg/m^3 ; el aporte de la investigación es que se utiliza dos métodos de compactación (madera y martillo – vibración), de esta manera se aprecia que el método de compactado afecta la resistencia a la compresión, al comparar los valores sin fibras se observa un mayor valor para la compactación con madera y martillo siendo de 11.1 Mpa y para la muestra compactada con vibración teniendo un valor de 8.3 Mpa; uno de los motivos para esta diferencia se debe a que al compactarlo mediante vibración los componentes se distribuyen de manera uniforme; en contraste el espécimen compactado con vibración y con fibra de polipropileno consigue un valor mayor de resistencia a la compresión, siendo 15% mayor que el valor obtenido por el espécimen compactado con el otro método.

Artículo 9. Estudio experimental de propiedades mecánicas de la fibra de polipropileno. (Baskar et al,2019)

En la figura 14, la investigación utilizó una mezcla de fibras de polipropileno para sus muestras, utilizando para ello monofibra y fibrilado, obteniendo que para el valor óptimo de 75% de mono fibra y 25% de fibrilado, la resistencia a la compresión tiene su valor máximo de 18.3 Mpa, teniendo una mejora de 52.5% con respecto al valor patrón. Concluyendo que, debido a la mezcla de fibras, se entrelazan ayudando a sus propiedades físico-mecánicas, sin embargo, debe compararse con los valores de permeabilidad correspondientes a cada espécimen, que debe cumplir los valores aceptables por el manual ACI 522R-10.

Determinación de la cantidad de fibras de polipropileno para mejorar la permeabilidad del concreto poroso.

Artículo 10. Mejora de la resistencia a la compresión del concreto permeable mediante fibra de polímero. (Anshul, 2020).

En la figura 15, adición de fibras genera una disminución progresiva en el valor de la permeabilidad, esta disminución es debido al agregar fibras de polipropileno se empiezan a cubrir los poros de la mezcla de concreto poroso; así mismo los valores que se obtienen en las muestras analizadas en esta investigación no cumplen con el valor mínimo para usarse en pavimentos rígidos según el manual ACI 522R-10.

Artículo 11. Efecto del tamaño de los áridos sobre las propiedades del concreto permeable reforzado con fibra de vidrio y polipropileno. (Bright et al, 2020).

En la figura 16, la adición de fibras genera una disminución progresiva en el valor de la permeabilidad para los dos tipos de muestras realizadas, con diferente tamaño de agregado, con respecto al primer grupo esta disminución es debido al agregar fibras de polipropileno se empiezan a interconectarse, dejando menor volumen de vacíos; los valores para la permeabilidad de las 5 muestras están dentro del rango aceptable según el manual del ACI 522R-10; para determinar el valor optimo se tiene que comparar conjuntamente con el valor correspondiente de resistencia a la compresión, cuyo valor debe estar dentro del rango de 400 a 4000 psi (2.8 a 28 Mpa); se debe encontrar un equilibrio entre ambos valores obtenidos para determinar el valor óptimo de adición de fibras de polipropileno. Con respecto, al segundo grupo de muestras se utilizó agregado grueso de 20 mm de tamaño, lo cual según el manual ACI 522R-10, no podrían tomarse en cuenta para el análisis debido a que el tamaño máximo aceptable es de 19 mm; esto sería uno de los motivos del valor de permeabilidad alto, se nota una tendencia a disminuir; sin embargo, los valores son superiores a lo que se puede aceptar según la norma.

Artículo 12. Hormigón permeable: estudio de dosificación y adicción de fibras de polipropileno. (Pils et al, 2019).

En la figura 17 se puede apreciar como la adición de fibra de polipropileno genera una disminución progresiva en el valor de la permeabilidad para los dos tipos de muestras realizadas cada vez que se aumenta una dosis superior a 1 kg/m^3 , lo cual revela que la

cantidad optima debe ser valores iguales o menores a 1 kg/m^3 de fibra de polipropileno, obteniendo para este un incremento del 12.7%, lo cual comienza a disminuir hasta un 10% al agregarle 4kg/m^3 .

Tesis 13. “Análisis de la resistencia a compresión y permeabilidad del concreto poroso usando agregados de la cantera Huácar-Ambo-Huánuco, adicionando fibras sintéticas Sikacem-1 Fiber 20mm”. (De la O, 2019).

En la figura 18, la adición de fibras de polipropileno para este ensayo se realizó con 3 medidas distintas, 0.05%, 0.10 % y 0.15% con una relación a/c de 0.35 y un porcentaje de vacíos de un 16%, obteniendo los resultados mostrados en la figura N°18 en lo cual se aprecia que hasta una proporción superior al 0.05% de fibra de polipropileno la permeabilidad no variaría, pero una superior a ella generaría una disminución de la permeabilidad en el concreto poroso hasta en un 22.3% al agregarle 0.15% de F.P.P. Lo cual nos da un límite en el cual se nos permite trabajar con la seguridad que nuestro concreto no se verá afectado en su permeabilidad, pero si gana otras resistencias de diseño.

CAPÍTULO VI: CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

5.1 Contrastación de la primera hipótesis

HIPÓTESIS 1: Al determinar la cantidad de fibras de polipropileno en el concreto poroso mejora la resistencia a la flexión del pavimento rígido.

Hipótesis auxiliar:

H₀: Al determinar la cantidad de fibras de polipropileno en el concreto poroso no mejora la resistencia a la flexión del pavimento rígido.

H₁: Al determinar la cantidad de fibras de polipropileno en el concreto poroso si mejora la resistencia a la flexión del pavimento rígido.

Para la Figura 19 muestra la recopilación y comparación de los valores obtenidos para la resistencia a la flexión según Magalhaes la adición de fibras de polipropileno genera una disminución en la resistencia a la flexión debido a que son microfibras. Para Pils et al (2019), en el caso de la resistencia a la flexión, el mejor resultado a los 28 días lo obtuvo la mezcla D3 (2,92 MPa), se puede concluir que la mayor resistencia ocurrió en conjunto con la mayor adición de fibras, la mezcla D3, que tiene la mayor cantidad de fibras (4 kg/m³), tuvo la máxima resistencia a la flexión; a excepción de la mezcla D1, las mezclas cumplen con el mínimo especificado por la norma ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) siendo lo mínimo es 2 Mpa.

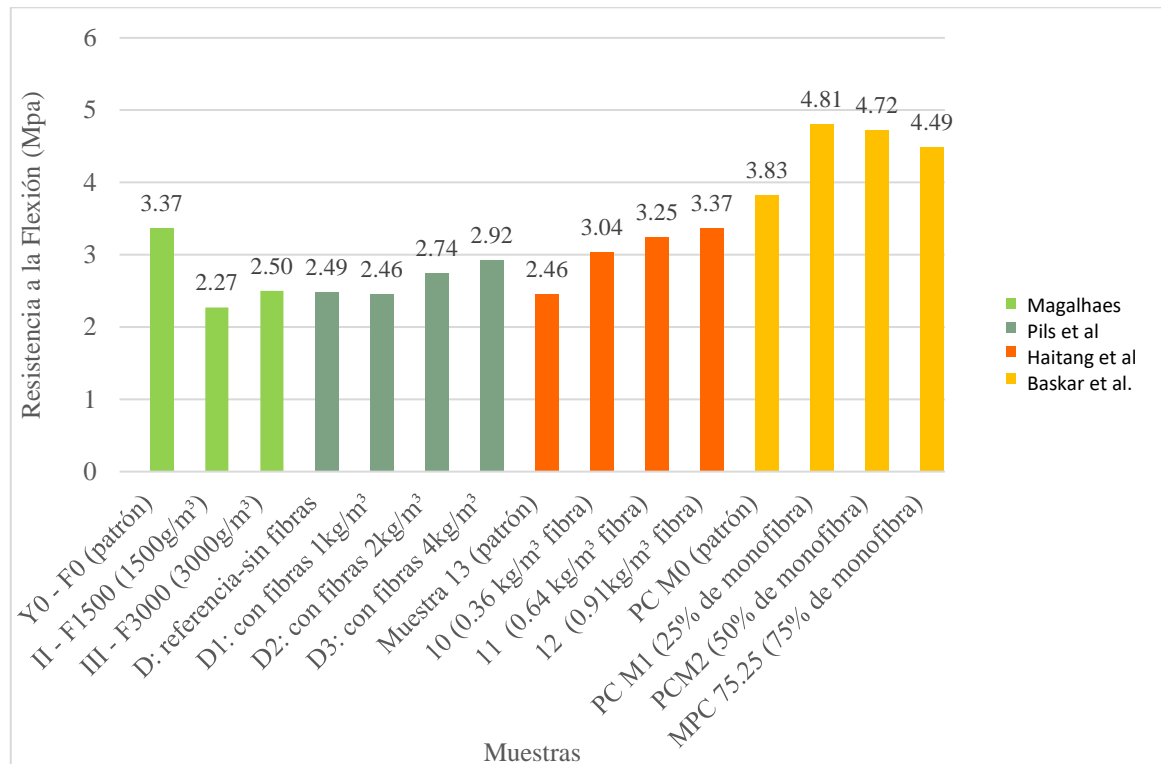
Según Haitang et al (2020), teniendo un espécimen patrón (muestra 13 patrón) de 2.49 Mpa de resistencia a la flexión como base, se aprecia una mejora en la resistencia a la flexión al agregarle fibras de polipropileno, según la Figura 18 se aprecia que si aumenta la concentración de fibras aumenta la resistencia a la flexión. De igual manera según Baskar et al, respecto a la muestra patrón de 3.83 Mpa, se genera un incremento en su resistencia a la flexión al agregarle una proporción de fibras de polipropileno en una proporción de 25% de monofibra y 75% de fibrilado, alcanzando una resistencia de 4.81 Mpa.

Los valores que señalan al concreto base (sin la adición de fibras), permite descartar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, haciendo una revisión de la documentación obtenida se aprecia una mejora. Por lo tanto, se puede afirmar que adicionar fibras de polipropileno siendo macrofibras y en proporciones específicas mejora la resistencia a la flexión del concreto permeable endurecido.

Se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1) ya que como se demuestra las fibras de polipropileno mejoran la resistencia a la flexión del concreto en estado endurecido.

Figura 19

Resistencia a la flexión a los 28 días según los autores



Nota. Elaboración propia

5.2 Contrastación de la segunda hipótesis

HIPÓTESIS 2: Al determinar la cantidad de fibras de polipropileno en el concreto poroso mejora la resistencia a la Compresión del pavimento rígido.

Hipótesis auxiliar:

H_0 : Al determinar la cantidad de fibras de polipropileno en el concreto poroso no mejora la resistencia a la compresión del pavimento rígido.

H_1 : Al determinar la cantidad de fibras de polipropileno en el concreto poroso si mejora la resistencia a la compresión del pavimento rígido.

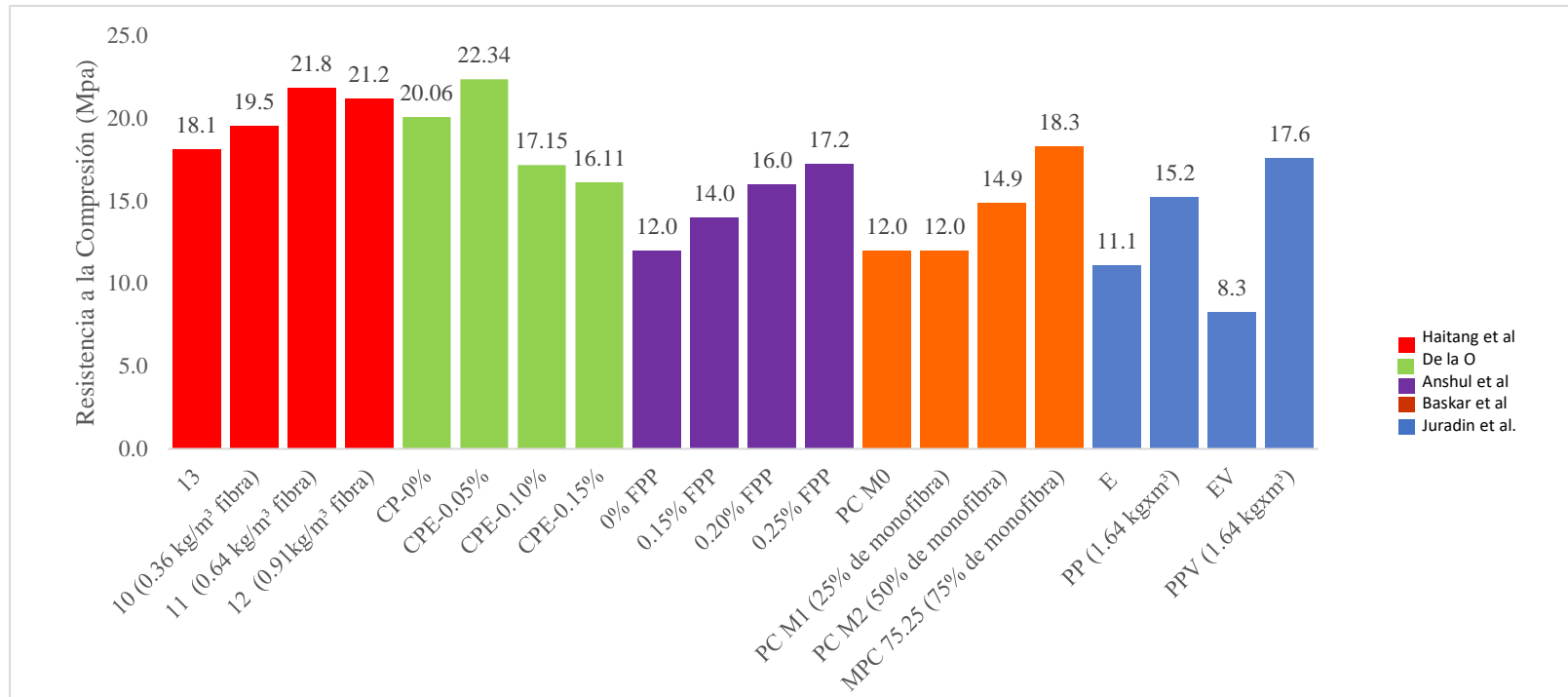
La Figura 20 muestra el comportamiento de la resistencia a la compresión con la concentración de fibra de polipropileno a los 28 días. Los valores obtenidos según Haitang et al. Se aprecia una mejora en la resistencia a la compresión de 3.7 Mpa con respecto a la muestra 13 que es la referencia; para los resultados obtenidos de la tesis de De la O se aprecia una mejora la resistencia a la compresión en sus pruebas que la mejora se da al añadir 0.05% de fibras de polipropileno a su mezcla de concreto con un 22.34 Mpa teniendo un aumento de 2.28 con respecto a la muestra patrón; para Anshel et al, tiene un aumento progresivo al aumentar el porcentaje de fibra de polipropileno obteniendo un valor máximo de 17.2 Mpa que es 5.2 más alto que el valor obtenido por la muestra base.

El estudio realizado por Baskar et al obtiene una tendencia similar al trabajo previamente mencionado correspondiente a un incremento en su resistencia a la compresión al incorporarle monofibra de polipropileno, apreciándose una mejora máxima de 18.3 Mpa siendo su muestra base 12 Mpa por lo que el valor de la resistencia se incrementó en 6.3; y por último el estudio de Juradin et al, tiene valores mayores en la resistencia en sus respectivas muestras que fueron creadas de diferentes métodos de mezclado. Por lo tanto, se puede afirmar que adicionar fibras de polipropileno, del tipo de microfibras mejora la resistencia a la compresión del concreto permeable endurecido.

Se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1) ya que como se demuestra las fibras de polipropileno mejoran la resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido.

Figura 20

Resultados de la Resistencia a la compresión evaluados por los autores



Nota. Elaboración propia

5.3 Contrastación de la tercera hipótesis

HIPÓTESIS 3: Al determinar la cantidad de fibras de polipropileno en el concreto poroso mejora la permeabilidad del pavimento rígido.

Hipótesis auxiliar:

H_0 : Al determinar la cantidad de fibras de polipropileno en el concreto poroso no mejora la permeabilidad del pavimento rígido.

H_1 : Al determinar la cantidad de fibras de polipropileno en el concreto poroso si mejora la permeabilidad del pavimento rígido.

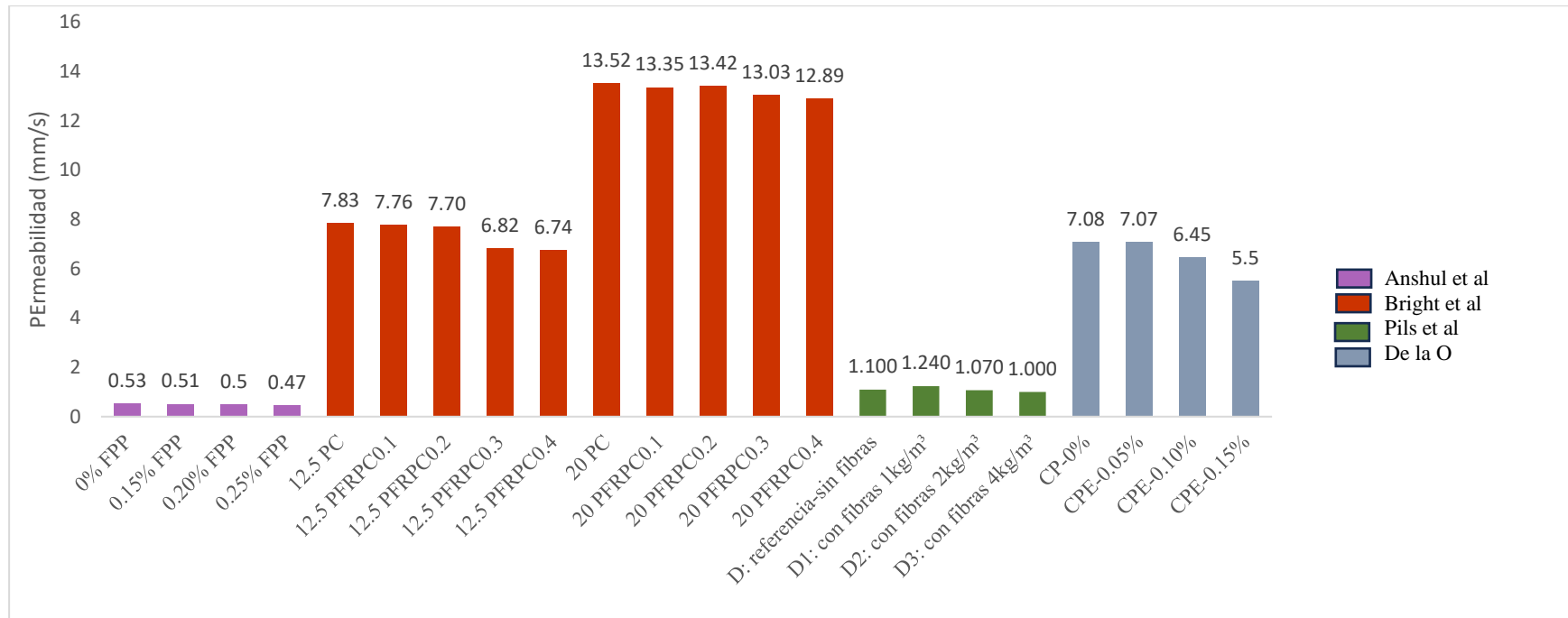
La Figura 21 muestra cómo se comporta la permeabilidad con la adición de fibra de polipropileno. Los valores obtenidos según Anshul et al (2019) se puede observar que los coeficientes de permeabilidad en las muestras que contienen fibras de polipropileno se aprecia una disminución.

Bright et al (2020) se aprecia que para los valores de los agregados el valor de la permeabilidad disminuye al adicionarle las fibras de polipropileno, se observa disminuyen del valor base de 7.83 has un 6.74 que fue la adición máxima de 0.4%.; según, Pils et al (2019), a partir de la adición de 2kg/m^3 , el valor de la permeabilidad tiende a disminuir pasando de 1.100 mm/s de la muestra base a 1.00 para la muestra D3. Para De la O (2019), de sus pruebas realizadas se puede apreciar que el valor de la permeabilidad disminuye al adicionarle fibras de polipropileno. Por lo tanto, se puede afirmar que adicionar fibras de polipropileno, no mejora la permeabilidad del concreto poroso.

Se acepta la hipótesis nula (H_0) ya que como se demuestra las fibras de polipropileno no mejora la permeabilidad del concreto poroso.

Figura 21

Comparación de los Resultados permeabilidad por los autores



Nota. Elaboración propia

CAPÍTULO VII: DISCUSIÓN

En esta sección se procede a discutir los descubrimientos más relevantes de los artículos y tesis analizados. De forma global, uno de los puntos a destacar es la función que desempeñan las fibras de polipropileno, debido a que pueden usarse para mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto ecológico o poroso. En la literatura consultada, para mejorar la compatibilidad de la fibra de polipropileno con la mezcla de concreto, se agregan diferentes sustancias, tales como superplastificantes (Bright et al., 2020; Martínez et al., 2020); otros trabajos, se prepara una mezcla solo con un aporte mínimo de agregado fino (Elavarasan et al., 2022), estas consideraciones son importantes, debido a que la mezcla debe ser lo suficientemente manejable para que al adicionar la fibra de polipropileno se pueda fusionar con la mezcla de concreto lo más homogénea posible. Como se discutirá en los siguientes apartados, la fibra de polipropileno afecta las propiedades físico-mecánicas como la resistencia a la flexión, resistencia a la compresión y permeabilidad.

6.1 Discusión

Cuando se tiene en cuenta el efecto de la suma de fibra de polipropileno en la mezcla de concreto poroso, se tiene que incrementan la resistencia a la flexión del concreto endurecido (ver Figura N° 19), que en términos generales de las investigaciones citadas cuyos autores son Magalhaes, Pils et al y Haitang et al, se logra contrastar la hipótesis 1, teniendo en cuenta ciertas indicaciones.

Cuando se tiene en cuenta el efecto de la adición de fibra de polipropileno en la mezcla de concreto poroso o permeable, se tiene que incrementan la resistencia a la compresión del concreto endurecido (ver Figura N° 20), podemos inferir que al evaluar los resultados de las investigaciones recopiladas y citadas se logró contrastar la hipótesis 2, para Haitang et al se aprecia que la dosis óptima de fibra de polipropileno es de 0.64 kg/m^2 , mientras que para las fibras de polipropileno utilizadas por De la O una dosificación óptima es un 0.05%; por otro lado, en la investigación de Anshul et al en su máxima dosificación aun presenta un incremento correspondiente al aumento de incorporación de fibras, lo mismo se presenta para el trabajo de Baskar et al y para Juradin et al, en sus muestras que se realizaron con dos tipos diferentes de mezclado de agregados en su incorporación de

fibras por 1.64 kg/m^3 se produce un aumento significativo en el valor de resistencia a la compresión.

Cuando se tiene en cuenta el efecto de la adición de fibra de polipropileno en la mezcla de concreto poroso, se tiene que disminuyen la permeabilidad del concreto (ver Figura N° 21), para los autores mencionados Anshul et al, Bright et al y De la O se puede apreciar la disminución progresiva al adicionarle fibras de polipropileno; cabe mencionar que para Pils et al, existe un resultado de una muestra que mejora en 0.140 con respecto a la base pero al seguir adicionando fibras de polipropileno este valor tiende a disminuir.

CONCLUSIONES

1. La adición de fibra de polipropileno en los diversos estudios que se han logrado realizar demuestra que a partir de una proporción de fibra de polipropileno de 0.36 kg/m^3 (figura 19) se genera un aumento significativo en la resistencia a la flexión de un 23.5% el cual se mantiene en ascenso hasta llegar a una proporción de 0.94 kg/m^3 con el cual se genera un incremento de un 37%. De igual manera al agregar fibras de polipropileno en la forma de mono fibra y fibrilado en una proporción de 25% y 75% respectivamente dentro de una dosis de 0.2% de fibra en la mezcla, se genera un incremento en su resistencia a la flexión de un 25.6%.

2. La adición de fibra de polipropileno en los diversos estudios que se han logrado realizar demuestran que se genera un incremento en la resistencia a la compresión a partir de un 20.4% con una adición de fibras de polipropileno de 0.64 kg/m^3 (figura 20). De igual manera al agregar 0.2% del peso de la mezcla de fibras de polipropileno en la forma de mono fibra y fibrilado en una proporción de 75% y 25% respectivamente, se generará un incremento del 52.5% en la resistencia a la compresión. También cabe mencionar que se generara un aumento del 112% con una adición de 1.64 kg/m^3 de concreto cuando el método de vibración sea realizado en una mesa vibratoria durante 5 segundos.

3. La adición de fibras de polipropileno en las investigaciones recopiladas ha demostrado una disminución en la permeabilidad, este decrecimiento va desde una variación mínima de 13.52mm/s a 12.89 mm/s (figura 21) que corresponde a una variación del 4.66% al agregarle una proporción de 0.4% de fibras de polipropileno hasta una variación de 7.08 mm/s a 5.5mm/s que corresponde a una variación del 21.9% al agregarle un 0.15% de fibras respecto al peso de los materiales ; por lo cual se aprecia que cuando se procede a la adición de fibras de polipropileno esta afecta de manera negativa a la permeabilidad debido a que las fibras afectan la porosidad, interconectando los poros del concreto poroso.

4. La adición de fibras de polipropileno en el concreto poroso es una opción viable para mejorar las propiedades físico-mecánicas del pavimento rígido; aunque debido a que sus propiedades pueden verse comprometidas por la disminución o carencia de agregado fino, la incorporación de fibras de polipropileno aporta una mejora en la resistencia a la flexión en un 37% con una proporción de 0.94 kg/m³; con respecto a la resistencia a la compresión existe una mejora notable al agregar proporciones desde un 0.64 kg/m³ de fibras de polipropileno; sin embargo debido ya que está relacionado con la permeabilidad, se debe encontrar un balance óptimo que satisfaga ambos parámetros dentro de los rangos que son aceptables por el manual del ACI 522R-10.

RECOMENDACIONES

1. Tanto para los esfuerzos a flexión se recomienda el uso de fibras que no sean microfibras, ya que estas si bien generan un aumento en la resistencia a la flexión solo lo hacen en un porcentaje pequeño y si se añade más proporciones de esta fibra, las resistencias tienden a disminuir. En los esfuerzos a flexión se recomienda usar fibras de polipropileno en diferentes formas, como en monofilamentos y fibrilado, en proporciones de 25% y 75% respectivamente ya que estas son las mejores proporciones para generar incrementos en los esfuerzos hasta en un 25% aproximadamente.
2. Para los esfuerzos de compresión si bien según los resultados , se alcanza una mayor resistencia al usar la dosificación propuesto por De la O con un cpe-0.05% , alcanzando una resistencia de 22.34 Mpa, se recomienda una comparación con la dosificación de fibras según Bakar et al , ya que sus resultados arrojan un incremento proporcionalmente mayor , teniendo como muestra patrón una resistencia de 12 Mpa y llegando a una de 18.3 Mpa aproximadamente ,siendo este incremento de un 52.5% mientras que el de Hidalgo de un 11.36%
3. Para el coeficiente de permeabilidad se recomienda saber cuáles son los valores aceptables para un pavimento rígido según la norma a la que el investigador este basándose; como para Hidalgo, que toma de referencia el ACI 522R-10 cuyo rango aceptable de coeficiente de permeabilidad se encuentra entre 1.4 – 12.2 para agregados de has 19 mm.
4. El uso de fibra de polipropileno en el concreto poroso tiene muchas ventajas prácticas para su empleo en pavimentos rígidos, dentro de lo tratado en la investigación mejora sus propiedades físico-mecánicas; siendo la investigación no experimental, se dejaron sin profundizar aspectos como su aporte a la disminución de contaminantes por el menor o ningún uso de agregado fino; así como el posible uso de agregado reciclado o su apoyo al tratamiento del agua, la ayuda a drenar los volúmenes de escorrentía, se recomienda enfocarse sobre los aspectos mencionados anteriormente para generar una adición mayor a esta alternativa de la construcción.

REFERENCIAS

- Alsabbagh, A., Wtaife, S., Shaban, A., Suksawang, N., & Alshammari, E. (2019). Enhancement of rigid pavement capacity using synthetic discrete fibers. IOP conference series. Materials science and engineering, 584(1), 012033. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/584/1/012033>
- Badell, R. (2016). Bekaert: Pavimentos Armados con Fibras Metálicas. <https://docplayer.es/106012020-Pavimentos-armados-con-fibrasmetalicas.html>
- Baskar, I., Thiruvannamalai, M., & Theenathayalan, R. (s/f). Experimental study on mechanical properties of polypropylene fiber reinforced pervious concrete. https://iaeme.com/MasterAdmin/Journal_uploads/IJCIET/VOLUME_10_ISSUE_2/IJCIET_10_02_095.pdf
- Bright Singh, S., & Murugan, M. (2020). Effect of aggregate size on properties of polypropylene and glass fibre-reinforced pervious concrete. International Journal of Pavement Engineering, 23(6), 2034–2048. <https://doi.org/10.1080/10298436.2020.1836562>
- Campos, M., & Alfredo, Y. (2021). Efecto de la Incorporación de Fibra de Polipropileno en las Propiedades Físico – Mecánicas de un Concreto 210 Kg/Cm². Universidad Peruana Los Andes.
- Cañette, Eguren, & García (2017). Diseño y control del Hormigón Reforzado con Fibras en Uruguay. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/24268>
- Chaparro, A. (2021). Comportamiento a la compresión y flexión de un pavimento en concreto poroso con adición de fibras sintéticas. <https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/8817>
- De la O, L. (2019). Análisis de la resistencia a compresión y permeabilidad del concreto poroso usando agregados de la cantera Huacar - Ambo - Huánuco, adicionando fibras sintéticas Sikacem - 1 Fiber 20mm. Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
- Elizondo-Martínez, E.-J., Andrés-Valeri, V.-C., Rodríguez-Hernández, J., & Sangiorgi, C. (2020). Selection of additives and fibers for improving the mechanical and safety properties of porous concrete pavements through multi-criteria decision-making analysis. Sustainability, 12(6), 2392. <https://doi.org/10.3390/su12062392>
- Espinoza, O., & López, E. (2018). Diseño de mezcla de concreto permeable con agregados del banco de préstamo Veracruz, cemento portland tipo GU (ASTM-

- c1157) y fibras de polipropileno para pavimentos rígidos. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/250146124.pdf>
- Fajardo, C., & Lizeth, A. (2021). Comportamiento a la compresión y flexión de un pavimento en concreto poroso con adición de fibras sintéticas. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- Flores, K., Vásquez, G., & Zaldaña, W. (2021). “Aplicación del concreto permeable utilizando geos sintéticos en la construcción de estacionamientos para diferentes tipos de suelos”.
<https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/24051/1/Aplicacion%20del%20Concreto%20Permeable%20Utilizando%20Geosinteticos%20en%20la%20Construccion%20de%20Estacionamientos%20para%20Diferentes%20Tipos%20de%20Suelos.pdf>
- García Ochoa, C. D., & Córdova Vásquez, K. J. (2021). Evaluación del concreto permeable con incorporación de fibra de polipropileno para pavimento de tránsito ligero - Ucayali. Universidad Nacional de Ucayali.
- Garg, A. (2022). Compressive strength enhancement of pervious concrete using polymer fiber. *Journal of physics. Conference series*, 2267(1), 012094.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/2267/1/012094>
- Hedjazi, S., & Castillo, D. (2022). Utilizing polypropylene fiber in sustainable structural concrete mixtures. *CivilEng*, 3(3), 562–572.
<https://doi.org/10.3390/civileng3030033>
- Ichimaru, S. (2020). Meso-mechanical modeling of pervious concrete. Ph.D. Thesis.
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2020PhDT.....1I/abstract?>
- Jalito, M., & Jaimez, D. (2021). Diseño de Pavimento Rígido Empleando Macro-Fibra de Polipropileno en la Superficie de Rodadura, Avenida las Lomas, San Juan de Lurigancho-2021. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/90302>
- Juradin, S. ., Netinger-Grubeša, I. ., Mrakovčić, S. ., & Jozić, D. . (2021). Impact of fibre incorporation and compaction method on properties of pervious concrete. *Materiales De Construcción*, 71(342), e245.
<https://doi.org/10.3989/mc.2021.08020>
- Leiva, J. (2020). Aplicación de la fibra de polipropileno macro sintética estructural para mejorar las propiedades del concreto en el pavimento rígido de la Av. Gerardo Unger, Los Olivos, Lima 2019.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/browse?type=author&value=Leiva%20Sotomayor,%20Jose%20Hayrol&locale-attribute=es>

- Machuca, Y. (2021). Efecto de la incorporación de fibra de polipropileno en las propiedades físico – mecánicas de un concreto 210 kg/cm².
https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/3015/T037_74092980_T.pdf?sequence=1
- Magalhães, K. (2019). Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón permeable con la incorporación de fibras de polipropileno.
<https://querobolsa.com.br/cursos-e-faculdades/bahia--luis-eduardo-magalhaes/engenharia-civil/todos>
- Maccaferri. (2017). Fibras como Elemento Estructural para el Refuerzo del Hormigón: Manual Técnico. <https://www.yumpu.com/es/document/read/33788897/fibras-como-elementoestructural-para-el-refuerzo-del-hormigan>
- Mármol, P. (2010). Hormigones con Fibras de Acero Características Mecánicas.
http://oa.upm.es/4510/1/TESIS_MASTER_PATRICIA_CRISTINA_MARMOL_SALAZAR.pdf
- Martínez, S., & Corpas, F. (2015). Study of the mechanical properties of concrete with sisal and polypropylene fibers.
https://www.researchgate.net/publication/283187916_Study_of_the_Mechanical_Properties_of_Concrete_with_Sisal_and_Polypropylene_Fibers
- Mesa, V., & Marcela, L. (2019). Aporte de las fibras sintéticas y metálicas en el módulo de rotura del concreto. Facultad de Estudios a Distancia.
- Mukesh, T. S., Sampathkumar, K., Muthuselvi, C., Ranjith, M., & Nithesh Kumar, S. (2021). Experimental investigation on enhancing the strength of porous concrete by adding polypropylene fiber.
<https://doi.org/10.1088/1757-899x/1055/1/012013>
- Navarro Cárdenas, H. A., & Rayme Quiroz, J. C. (2021). Elaboración del concreto poroso con fibra de polipropileno como alternativa para reducir la contaminación sonora causada por la interacción del neumático y la calzada aplicado en la avenida San Luis, distrito de San Borja. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).
- Patel, P., Jayesh, P., & Damodariya, S. (2016). Sustainable Development of Rigid Pavement by Using Polypropylene Fiber.
<https://www.semanticscholar.org/paper/Sustainable-Development-of-Rigid-Pavement-by-Using-Patel-Juremalani/4ad5a2f686840f76a012ef826ecea5e52cc76e90>

- Peréz, A. (2019). Optimización de la permeabilidad del concreto ecológico con adición de nanosílice y fibra de polipropileno para pavimentos rígidos, utilizando agregados de concreto reciclado.
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2993>
- Pils, S. E., Oliveira, P., Regoso, F., Paulon, V. A., & Costella, M. F. (2019). Pervious concrete: study of dosage and polypropylene fibers addiction. <https://doi.org/10.1590/s1983-41952019000100009>
- Rui, Y. (2014). The research of Green and Eco-friendly concrete's mixing and application.
https://www.researchgate.net/publication/272602313_The_Research_of_Green_and_Eco-Friendly_Concrete's_Mixing_and_Application
- Sánchez, D. (2001). Tecnología del concreto y del Mortero (5ta ed.). Santafé de Bogotá, D.C., Colombia: Bhandar Editores
https://books.google.com.pe/books?id=EWqQPJhsRAC&pg=PA15&hl=es&source=gsbs_toc_r&cad=4#v=onepage&q&f=fal
- Silva, K. M. da. (2020). Avaliação das propriedades físicas e mecânicas Do concreto permeável com a incorporação de Fibras de polipropileno.
<http://famamportal.com.br:8082/jspui/handle/123456789/1869>
- Silva Vallejos, N. (2016). Patologías del pavimento rígido existente en la calle Tahuantinsuyo, entre las cuadras N° 1 y N° 11 del Sector Pueblo Libre de la ciudad de Jaén año 2016 [Universidad César Vallejo].
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/16995>
- Sotomayor, L., & Hayrol, J. (2020). Aplicación de la fibra de polipropileno macro sintética estructural para mejorar las propiedades del concreto en el pavimento rígido de la Av. Gerardo Unger, Los Olivos, Lima 2019. Universidad César Vallejo.
- Tirado, P., & Johan, A. (2019). Optimización de la permeabilidad del concreto ecológico con adición de nanosílice y fibra de polipropileno para pavimentos rígidos, utilizando agregados de concreto reciclado. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Valero, J. (2015). Influencia de las Fibras de Polipropileno en la Fisuración Asociadas a la Retracción Plástica en Pavimentos de Concreto, Huancayo 2014.
http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/399/TCIV_09.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Vidaud, I., Frómeta, Z., & Vidaud, E. (2015). Una aproximación a los concretos reforzados con fibras (Parte I). *Revista técnica de Construcción y Tecnología (IMCYC)*. <https://docplayer.es/45319714-Una-aproximacion-a-los-concretos-reforzadoscon-fibras.html>
- Vidaud, I., Frómeta, Z., & Vidaud, E. (2015). Una aproximación a los concretos reforzados con fibras (Parte II). *Revista técnica de Construcción y Tecnología (IMCYC)*, 34-37. <http://www.revistacyt.com.mx/pdf/agosto2015/tecnologia.pdf>
- Vargas, G., & Yataco, A. (2020). Efecto de las fibras de acero y polipropileno en la resistencia a la flexión del concreto para pavimentos rígidos. https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/3678/CIV-T030_72636801_T%20%20%20YATACO%20BARREDA%20ALVARO%20GUSTAVO.pdf?sequence=1
- Vega, L. (2019). Aporte de las fibras sintéticas y metálicas en el módulo de rotura del concreto. https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/32630/VegaMesaLeidyMarcela2019_Trabajodegrado.pdf
- Wang, W., Cheng, X., Zhu, J., Jiang, D., Sun, H., & Liu, S. (2022). Experimental study on the performance of basalt fiber modified pervious concrete based on entropy method. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2022, 1–18. <https://doi.org/10.1155/2022/6705354>
- Zhu, H., Wen, C., Wang, Z., & Li, L. (2020). Study on the permeability of recycled aggregate pervious concrete with fibers. *Materials*, 13(2), 321. <https://doi.org/10.3390/ma13020321>

ANEXOS

Anexo A: Matriz de consistencia

Problema general	Objetivo general	Hipotesis general	Variables	Indicadores	Instrumentos
¿Cómo la adición de fibras de polipropileno en el concreto poroso influyen en las propiedades físico-mecánicas del pavimento rígido?	Determinar la cantidad de fibras de polipropileno en el concreto poroso para mejorar las propiedades físico-mecánicas del pavimento rígido	Al determinar la cantidad de fibras de polipropileno en el concreto poroso mejorará las propiedades físico-mecánicas del pavimento rígido.	VI:Fibras de Polipropileno	Cantidad de fibras de polipropileno	Revision de fuentes bibliograficas, articulos y tesis

Problemas específicos	Objetivos Específicos	Hipotesis específicas	Variables
a. ¿Cómo la adición de fibras de polipropileno en el concreto poroso influye en la resistencia a la flexión del pavimento rígido?	a. Determinar la cantidad de fibras de polipropileno en el concreto poroso para mejorar la resistencia a la flexión del pavimento rígido.	a. Al determinar la cantidad de fibras de polipropileno en el concreto poroso mejorará la resistencia a la flexión del pavimento rígido.	Ensayo a la flexión NTP 339.034 NTP 339.078 ACI 522R_210
b. ¿Cómo la adición de fibras de polipropileno en el concreto ecológico influye en la resistencia a la compresión del pavimento rígido?	b. Determinar la cantidad de fibras de polipropileno en el concreto poroso para mejorar la resistencia a la compresión del pavimento rígido	b. Al determinar la cantidad de fibras de polipropileno en el concreto poroso mejorará la resistencia a la compresión del pavimento rígido.	V.D:Propiedades Físico-Mecánicas Ensayo de compresión ASTM C 78 Manual de Diseño de Mezclas, método del ACI
c. ¿Cómo la adición de fibras de polipropileno en el concreto poroso influye en la permeabilidad del pavimento rígido?	c. Determinar la cantidad de fibras de polipropileno en el concreto poroso para mejorar la permeabilidad del pavimento rígido.	c. Al determinar la cantidad de fibras de polipropileno en el concreto poroso mejorará la permeabilidad del pavimento rígido.	Ensayos de Permeabilidad

Nota. Elaboración propia

Anexo B: Cuadro de Referencias

Tipo	Origen	Autor	Año	Título original	Título en español
Tesis	Colombia	Chaparro Fajardo Angie Lizeth	2021	Comportamiento a la compresión y flexión de un pavimento en concreto poroso con adición de fibras sintéticas.	-----
Tesis	Colombia	Vega Mesa, Leidy Marcela	2019	Aporte de las fibras sintéticas y metálicas en el módulo de rotura del concreto	-----
Tesis	El Salvador	Flores, K., Vásquez, G., & Zaldaña, W.	2021	“Aplicación del concreto permeable utilizando geo sintéticos en la construcción de estacionamientos para diferentes tipos de suelos”.	-----

Tesis	Nicaragua	Espinoza, O., & López, E.	2018	Diseño de mezcla de concreto permeable con agregados del banco de préstamo Veracruz, cemento portland tipo GU (ASTM-c1157) y fibras de polipropileno para pavimentos rígidos	-----
Tesis	Perú	Jalito, M., & Jaimez, D.	2021	Diseño de Pavimento Rígido Empleando Macro-Fibra de Polipropileno en la Superficie de Rodadura, Avenida las Lomas, San Juan de Lurigancho-2021	-----
Tesis	Brasil	Keuder Magalhães Da Silva	2019	Avaliação das propriedades físicas e mecânicas Do concreto permeável com a incorporação de Fibras de polipropileno	Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón permeable con la incorporación de fibras de polipropileno

Tesis	Perú	Vargas, G., & Yataco, A.	2020	Efecto de las fibras de acero y polipropileno en la resistencia a la flexión del concreto para pavimentos rígidos	-----
Tesis	Perú	Leiva Sotomayor, Jose Hayrol	2020	Aplicación de la fibra de polipropileno macro sintética estructural para mejorar las propiedades del concreto en el pavimento rígido de la Av. Gerardo Unger, Los Olivos, Lima 2019	-----
Tesis	Perú	Pérez Tirado, Angel Johan	2019	Optimización de la permeabilidad del concreto ecológico con adición de nano sílice y fibra de polipropileno para pavimentos rígidos, utilizando agregados de concreto reciclado.	-----
Tesis	Perú	Machuca Campos, Yeferson Alfredo	2021	Efecto de la incorporación de fibra de polipropileno en las propiedades físico – mecánicas de un concreto 210 kg/cm ²	-----

Artículos	España	Sergio Martínez-Martínez, Francisco A. Corpas- Iglesias	2015	Study of the mechanical properties of concrete with sisal and polypropylene fibers	Estudio de las propiedades mecánicas del hormigón con sisal y fibras de polipropileno
Artículos	China	Rui Yang	2014	The research of Green and Eco- friendly concrete's mixing and application.	La investigación de la mezcla y aplicación de hormigón verde y ecológico
Artículos	India	Patel, P., Jayesh, P., & Damodariya, S.	2016	Sustainable Development of Rigid Pavement by Using Polypropylene Fiber.	Desarrollo Sustentable de Pavimento Rígido mediante el Uso de Fibra de Polipropileno

Tesis	Perú	Navarro Cárdenas, Harold Alexis; Rayme Quiroz, Jhon Charly	2021	Elaboración del concreto poroso con fibra de polipropileno como alternativa para reducir la contaminación sonora causada por la interacción del neumático y la calzada aplicado en la avenida San Luis, distrito de San Borja	-----
Tesis	Perú	Carlos David Garcia Ochoa Kevin Jorden Córdova Vásquez	2021	Evaluación del concreto permeable con incorporación de fibra de polipropileno para pavimento de tránsito ligero – Ucayali	-----
Tesis	Perú	Aquino Cusquisibán, Roberto	2015	Diseño y aplicación de concreto ecológico con fibras de polipropileno para pavimentos rígidos	-----
Artículos	China	Guo Lei, Liu Siyuán, Chen Shokai, Wang Lunian, Xue Zhilong	2019	纤维改性再生骨料透水混凝土力学性能透水性和耐磨性研究	Estudio de Propiedades Mecánicas, Permeabilidad al Agua y Resistencia a la Abrasión del Concreto Permeable con Agregados

					Reciclados Modificados con Fibras
Artículos	India	Anshul Garg	2022	Compressive Strength Enhancement of Pervious Concrete Using Polymer Fiber	Mejora de la resistencia a la compresión del hormigón permeable mediante fibra de polímero
Artículos	China	Haitang Zhu ,Chengcheng Wen ,Zhanqiao Wang y Lan Li	2020	Study on the Permeability of Recycled Aggregate Pervious Concrete with Fibers	Estudio de la Permeabilidad del Concreto Permeable de Áridos Reciclados con Fibras
Artículos	India	S. Bright Singh y M. Murugan	2020	Effect of aggregate size on properties of polypropylene and glass fibre- reinforced pervious concrete	Efecto del tamaño de los áridos sobre las propiedades del hormigón permeable reforzado con fibra de vidrio y polipropileno

Tesis	Perú	Ivan Quispe Soncco, Elmer Isaí Ticona Cutipa	2017	Influencia de la incorporación de fibras de polipropileno en concreto permeable $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	-----
Artículos	España	Eduardo Javier Elizondo Martínez, Valerio Carlos Andrés Valeri, Jorge Rodríguez Hernández and Cesare Sangiorgi	2020	Selection of Additives and Fibers for Improving the Mechanical and Safety Properties of Porous Concrete Pavements through Multi-Criteria Decision-Making Analysis	Selección de Aditivos y Fibras para la Mejora de las Propiedades Mecánicas y de Seguridad de Pavimentos de Hormigón Poroso mediante Análisis Multicriterio para la Toma de Decisiones
Artículos	India	Rohit Patidar, Sonam Yadav	2017	Experimental Study Of Pervious Concrete With Polypropylene Fiber	Estudio experimental de hormigón permeable con fibra de polipropileno
Artículos	India	S. Elavarasan, AK Priya, S Bharath, R Satheeshkanna, D Arunraj	2022	Experimental studies on pervious concrete reinforced with polypropylene fiber	Estudios experimentales sobre hormigón permeable reforzado con fibra de

Artículos	Brasil	Pils, et al	2019	Pervious concrete: study of dosage and polypropylene fibers addiction	polipropileno. Materiales hoy: Procedimientos, 68 , 2280-2283. Hormigón permeable: estudio de dosificación y adicción de fibras de polipropileno.
Artículos	India	Kharbikar, FV y Pathak, S	2017	Enhancing the strength of pervious concrete using polypropylene fibre	Mejorando la fuerza de uso de hormigón pervivo fibra de polipropileno
Artículos	Brasil	Almeida et al	2017	Performance of pervious concrete reinforced with polypropylene fibers	Prestaciones del hormigón permeable armado con fibras de polipropileno
Artículos	India	Rohit Patidar, Mrs. Sonam Yadav	2017	Experimental study of pervious concrete with polypropylene fiber	Estudio experimental del hormigón permeable con fibra de polipropileno

Tesis	Perú	De la O, Lilian	2019	-----	Análisis de la resistencia a compresión y permeabilidad del concreto poroso usando agregados de la cantera huacar-ambohuánuco, adicionando fibras sintéticas sikacem-1 fiber 20mm
Tesis	Estados Unidos	Sonoko Ichimaru	2020	Meso-Mechanical Modeling of Pervious Concrete	Modelado Meso-Mecánico del Concreto Permeable
Artículos	Croacia	S. Juradin , I. Netinger-Grubešab , S. Mrakovic,D. Jozićd	2020	Impacto de la incorporación de fibras y el método de compactación en las propiedades del hormigón permeable	Impact of fibre incorporation and compaction method on properties of pervious concrete
Artículos		I.Baskar, M. Thiruvannamalai y R. Theenathayalan	2019	Estudio experimental de propiedades mecánicas de la fibra de polipropileno hormigón pervivo armado	estudio experimental de propiedades mecánicas de la fibra de

Artículos	Estados Unidos	Saman Hedjazi* y Daniel Castillo	2022	Utilizing Polypropylene Fiber in Sustainable Structural Concrete Mixtures	polipropileno hormigón permeable armado Uso de fibra de polipropileno en mezclas de hormigón estructural sostenible Mejora de la capacidad del
Artículos	Iraq	Ahmed Alsabbaghy otros	2019	Enhancement of Rigid Pavement Capacity Using Synthetic Discrete Fibers	pavimento rígido utilizando fibras sintéticas discretas
Artículos	India	T S Mukesh, K Sampathkumar, C Muthuselvi, M Ranjith and S Nithesh Kumar	2021	Experimental Investigation on Enhancing the Strength of Porous Concrete by adding Polypropylene Fiber	
Tesis	Uruguay	Cañette, Eguren, & García	2017	Diseño y control del Hormigón Reforzado con Fibras en Uruguay	-----

Nota. Elaboración propia