

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL: DE INGENIERÍA CIVIL



Tesis

Influencia de la incorporación del microsilice en la resistencia del concreto permeable, para los pavimentos urbanos de la ciudad de Abancay-Apurímac

2023

Asesor:

MSc. Maldonado Mendivil Angel

Autor:

Sanchez Cordova Erick Jihordy

Para optar el título profesional:

Ingeniero Civil

Abancay- Apurímac – Perú

2024



Universidad Tecnológica de los Andes

Transformando vidas

ACTA DE EXAMEN DE TITULACIÓN N°022-2024-EPIC-FI- UTEA- SA

Reunidos el Jurado Evaluador constituido por los señores Docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de los Andes:

- | | |
|---|---------------------|
| ➤ Mag. Marco Antonio GÁLVEZ QUINTANA | PRESIDENTE |
| ➤ Ing. Holguer CAYO BACA | DICTAMINANTE |
| ➤ Ing. Rubén GAMARRA MOTA | REPLICANTE |


y el (la) postulante al **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO (a) CIVIL**,
Bachiller: SANCHEZ CORDOVA, Erick Jihordy con código
de matrícula N°201110560-D.

Ha cumplido con las exigencias del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos de la Universidad Tecnológica de los Andes, aprobado mediante resolución del Vicerrectorado Académico N°002-2024-UTEA-VRAC, de fecha 23 de enero del año 2024, respecto a la sustentación de tesis, para optar al título profesional de Ingeniero Civil.

SUSTENTACIÓN DE TESIS titulado: *"Influencia de la incorporación del microsilice en la resistencia del concreto permeable, para los pavimentos urbanos de la ciudad de Abancay-Apurímac 2023"*, habiendo aprobado con la nota de trece (13).

Se expide, la presente conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en los folios N° 278.

Abancay, 09 de setiembre 2024.


Mag. Marco Antonio GÁLVEZ QUINTANA
PRESIDENTE


Ing. Holguer CAYO BACA
DICTAMINANTE


Ing. Rubén GAMARRA MOTA
REPLICANTE

Influencia de la incorporación del microsilice en la resistencia del concreto permeable, para los pavimentos urbanos de la ciudad de Abancay-Apurímac 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	7%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	dspace.ucacue.edu.ec Fuente de Internet	1%
4	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes Trabajo del estudiante	1%
7	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%

Metadatos

Datos del Autor	
Apellidos y nombres	: Sanchez Cordova Erick Jihordy
Tipo de Documento de Identidad	: Dni
Número de Documento de Identidad	: 76142921
URL ORCID	: https://orcid.org/0009-0008-6835-5402
Datos del Asesor	
Apellidos y nombres	: Maldonado Mendivil Angel
Tipo de Documento de Identidad	: Dni
Número de Documento de Identidad	: 06788424
URL ORCID	: https://orcid.org/0000-0001-9002-1910
Datos de la investigación	
Facultad	: Ingeniería
Escuela Profesional	: Ingeniería Civil
Línea de Investigación	: Gestión de la Infraestructura para el desarrollo sostenible
Rango de años en que se realizó la investigación	: 2023-2024
Fuente de financiamiento	: Autofinanciado
Porcentaje de similitud	: 23%
URL de OCDE	: https://purl.org/pe-repo/ocde/ford# 2.01.01

Dedicatoria

A mi hermano Edgar Nicolás SANCHEZ CORDOVA,
que desde el cielo a lado de nuestro creador me cuida,
protege y Ayuda en cada momento a salir adelante.

Agradecimiento

A mis padres Jorge Sánchez Malliza, Marcelina Córdova Urrutia y a mis hermanas; por su aliento para que culmine esta meta, en mi vida profesional.

Resumen

El estudio tuvo como propósito identificar la incidencia de la incorporación de microsilíce en la resistencia del concreto permeable para la infraestructura vial urbana de Abancay. Se realizó un análisis hidrológico, de tráfico y del agregado del huso N°8 conforme a la normativa ACI 522-R10, obteniendo las características necesarias para un pavimento permeable en el área de estudio. La metodología fue experimental con enfoque cuantitativo, tipo aplicada y diseño experimental. Se emplearon 36 briquetas (compresión), 36 vigas (tracción) y 12 briquetas (permeabilidad). Según los resultados, el registro máximo de precipitación diaria en la zona fue de 61.74 mm/h/m² (CE.40 Drenaje Pluvial). La permeabilidad óptima se determinó en 12%, y el diseño de concreto necesario para el tráfico moderado fue de 300 kg/cm². El diseño patrón cumplió con las exigencias normativas y mostró que las incorporaciones del 5% y 10% de microsilíce (Diseños N°01 y N°02) mejoraron significativamente el comportamiento del concreto en compresión, flexión y permeabilidad, cumpliendo las normas CE.010-RNE y MTC. Sin embargo, el diseño con 15% de microsilíce (Diseño N°03) tuvo una influencia negativa en resistencia, aunque mostró una permeabilidad favorable.

En conclusión, el uso de 5% y 10% de microsilíce optimiza las propiedades del concreto en resistencia a compresión, flexión y permeabilidad siendo apto para su aplicación en pavimentos urbanos.

Palabras clave: concreto permeable, resistencia, permeabilidad.

Abstract

The purpose of the study was to identify the incidence of the incorporation of microsilica on the resistance of permeable concrete for the urban road infrastructure of Abancay. A hydrological, traffic and aggregate analysis of zone No. 8 was carried out in accordance with ACI 522-R10 regulations, obtaining the necessary characteristics for a permeable pavement in the study area. The methodology was experimental with a quantitative approach, applied type and experimental design. 36 briquettes (compression), 36 beams (traction) and 12 briquettes (permeability) were used. According to the results, the maximum daily precipitation record in the area was 61.74 mm/h/m² (CE.40 Storm Drainage). The optimal permeability was determined at 12%, and the concrete design necessary for moderate traffic was 300 kg/cm². The standard design met the regulatory requirements and showed that the incorporations of 5% and 10% of microsilica (Designs N °01 and N°02) significantly improved the behavior of concrete in compression, flexion and permeability, complying with CE.010-RNE and MTC standards. However, the design with 15% microsilica (Design No. 03) had a negative influence on resistance, although it showed favorable permeability.

In conclusion, the use of 5% and 10% microsilica optimizes the properties of concrete in terms of resistance to compression, bending and permeability, making it suitable for application in urban pavements.

Key words: permeable concrete, resistance, permeability.

Índice General

Portada.....	i
Acta de sustentación	ii
Reporte de similitud.....	iii
Metadatos.....	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Resumen	vii
Abstract.....	viii
Índice General	ix
Índice de tablas	xiii
Índice de Figuras.....	xvi
Índice de Anexos.....	xvii
I. Introducción	18
II. Planteamiento del problema	20
2.1. Descripción y formulación del problema.....	20
2.2. Objetivos	23
2.2.1. Objetivo General.....	23
2.2.2. Objetivo Específicos	23
2.3. Justificación e importancia	23
2.4. Hipótesis	26
2.5. Variables	26

III. Marco Teórico	28
3.1. Antecedentes	28
3.1.1. Antecedentes Internacionales	28
3.1.2. Antecedentes Nacionales	29
3.1.3. Antecedentes Locales	33
3.2. Bases teóricas.....	34
3.2.1. Estudio Hidrológico.....	34
3.2.2. Demanda del Trafico	35
3.2.3. Concreto poroso	35
3.2.4. Microsilice	36
3.2.5. Diseño de Mezcla del Concreto poroso	37
3.2.6. Agregados del Concreto Poroso.....	37
3.2.7. Ensayos del Concreto Permeable	38
3.3. Definición de términos.....	39
3.3.1. Pavimento Urbano	39
3.3.2. Concreto	39
3.3.3. Cemento	39
3.3.4. Agregados	39
3.3.5. Pasta de cemento.....	40
3.3.6. Agua Pluvial.....	40
3.3.7. Escorrentía	40
3.3.8. Coeficiente de Escorrentía	40

3.3.9.	Cuenca Hidrográfica.....	40
3.3.10.	Drenar	40
3.3.11.	Duración de Lluvia.....	40
3.3.12.	Plastificante	40
3.3.13.	Microsilice.....	40
3.3.14.	Permeabilidad	41
3.3.15.	Ensayo a la compresión	41
3.3.16.	Ensayo a la Flexión del Concreto.....	41
3.3.17.	Inundación en Pavimentos	41
3.3.18.	Hidroplaneo	42
IV.	Metodología	43
4.1.	Tipo y nivel de Investigación	43
4.2.	Ámbito temporal y espacial	44
4.3.	Población y Muestra.....	45
4.4.	Instrumentos	46
4.5.	Procedimientos	47
4.6.	Análisis de datos	47
4.7.	Consideraciones Éticas.....	47
V.	Resultados y discusión	48
5.1.	Análisis de Datos y Resultados Procesados.....	48
5.1.1.	Análisis de trafico.....	48
5.1.2.	Análisis hidrológico	49

5.1.3.	Análisis de materiales.....	56
5.1.4.	Diseño y Dosificación para Concreto permeable.....	56
5.1.5.	Ensayo de compresión.....	57
5.1.6.	Ensayo de flexión.....	61
5.1.7.	Ensayo de permeabilidad.....	66
5.2.	Discusión de resultados.....	70
5.3.	Prueba de hipótesis.....	71
VI.	Conclusiones	73
VII.	Recomendaciones	75
VIII.	Referencias	76
IX.	Anexos	82

Índice de tablas

Tabla 1 Operacionalización de Variables.....	26
Tabla 2 Precipitaciones máximas por año	52
Tabla 3 Cálculo de Caudal de diseño en Microcuenca	54
Tabla 4 Propiedades del agregado huso N°8 de la cantera Murillo	56
Tabla 5 Dosificación del concreto permeable por metro cubico.....	56
Tabla 6 Dosificación de diseños de mezcla de concreto poroso por volumen de testigo de concreto de 15 cm x 30 cm.....	57
Tabla 7 Resistencia y promedio de resistencia del Diseño patrón a la edad de 7 días	57
Tabla 8 Resistencia y promedio de Diseño 1 (5% microsilice) a la edad de 7 días	57
Tabla 9 Resistencia y promedio de resistencia del Diseño 2 (10% microsilice) a la edad de 7 días.....	58
Tabla 10 Resistencia y promedio de resistencia del Diseño 3 (15% microsilice) a la edad de 7 días.....	58
Tabla 11 Resistencia y promedio de resistencia del Diseño patrón a los 14 días	59
Tabla 12 Resistencia y promedio de Diseño 1 (5% microsilice) a la edad de 14 días	59
Tabla 13 Resistencia y promedio de resistencia del Diseño 2 (10% microsilice) a la edad de 14 días.....	59
Tabla 14 Resistencia y promedio de resistencia del Diseño 3 (15% microsilice) a la edad de 14 días.....	59
Tabla 15 Resistencia y promedio de resistencia del D. patrón a la edad de 28 días	60

Tabla 16 Resistencia y promedio de Diseño 1 (5% microsilice) a la edad de 28 días	60
Tabla 17 Resistencia y promedio de resistencia del Diseño 2 (10% microsilice) a la edad de 28 días.....	60
Tabla 18 Resistencia y promedio de resistencia del Diseño 3 (15% microsilice) a la edad de 28 días.....	61
Tabla 19 Resistencia y promedio de resistencia a flexión del Diseño patrón a la edad de 7 días.....	62
Tabla 20 Resistencia y promedio de resistencia a flexión del Diseño 1 (5% microsilice) a la edad de 7 días	62
Tabla 21 Resistencia y promedio de resistencia a flexión del Diseño 2 (10% microsilice) a la edad de 7 días	62
Tabla 22 Resistencia y promedio de resistencia a flexión del Diseño 3 (15% microsilice) a la edad de 7 días	63
Tabla 23 Resistencia y promedio de resistencia a flexión del Diseño patrón a los 14 días	63
Tabla 24 Resistencia y promedio de resistencia a flexión del Diseño 1 (5% microsilice) a la edad de 14 días	63
Tabla 25 Resistencia y promedio de resistencia a flexión del Diseño 2 (10% microsilice) a la edad de 14 días	64
Tabla 26 Resistencia y promedio de resistencia a flexión del Diseño 3 (15% microsilice) a la edad de 14 días	64
Tabla 27 Resistencia y promedio de resistencia a flexión del Diseño patrón a la edad de 28 días.....	64

Tabla 28 Resistencia y promedio de resistencia a flexión del Diseño 1 (5% microsilice) a la edad de 28 días	65
Tabla 29 Resistencia y promedio de resistencia a flexión del Diseño 2 (10% microsilice) a la edad de 28 días	65
Tabla 30 Resistencia y promedio de resistencia a flexión del Diseño 3 (15% microsilice) a la edad de 28 días	65
Tabla 31 Resultados de ensayo de permeabilidad	68

Índice de Figuras

Figura 1 Concreto permeable.....	36
Figura 2 Microsilice.....	37
Figura 3 Permeámetro de Neithenalth.....	41
Figura 4 Representación grafica del Hidroplaneo.....	42
Figura 5 Delimitación del área de investigación	45
Figura 6 Análisis de tráfico en vía.....	49
Figura 7 Áreas tributarias de la microcuenca de estudio.....	50
Figura 8 Áreas de aporte delimitadas de la microcuenca.....	51
Figura 9 Curvas IDF	53
Figura 10 Hietograma de precipitaciones de diseño.....	53
Figura 11 Resumen de resistencia a compresión por edades.....	61
Figura 12 Resumen de resistencia a flexión de testigos de concreto permeable por edades.	66
Figura 13 Equipo para ensayo de permeabilidad	67
Figura 14 Resultados del ensayo de permeabilidad.....	69

Índice de Anexos

- Anexo 1.** Matriz de Consistencias
- Anexo 2.** Matriz de Operacionalización de Variables
- Anexo 3.** Certificado de ensayos de Laboratorio
- Anexo 4.** Certificados de equipos
- Anexo 5.** Ficha técnica de materiales
- Anexo 6.** Ensayos de Materiales
- Anexo 7.** Diseño de mezclas
- Anexo 8.** Ensayos de laboratorio
- Anexo 9.** Estudio hidrológico
- Anexo 10.** Datos Senamhi
- Anexo 11.** Declaración de Autenticidad
- Anexo 12.** Ubicación del área de Investigación
- Anexo 13.** Panel fotográfico

I. Introducción

La presente investigación Influencia de la incorporación del microsilice en la resistencia del concreto permeable para los pavimentos urbanos de la ciudad de Abancay-Apurímac 2023, responde a la necesidad de implementar soluciones sostenibles frente a los problemas recurrentes de inundaciones y deterioro del pavimento convencional en Abancay. La expansión urbana ha provocado la impermeabilización de amplias áreas debido al uso de pavimentos con concreto convencional. En este contexto, el concreto permeable surge como una alternativa innovadora, ya que permite el paso del agua a través de su estructura, reduciendo el escurrimiento superficial y mejorando la gestión de aguas pluviales y contribuyendo al desarrollo urbano sostenible. No obstante, presenta desafíos, en especial en lo relacionado con su resistencia mecánica, lo que hace necesaria la búsqueda de métodos para mejorar esta propiedad. Una de las estrategias es la incorporación de aditivos como la microsílice, que ha demostrado mejorar tanto la durabilidad como la resistencia del concreto convencional. Sin embargo, la influencia específica de la microsilice en la resistencia del concreto permeable y en su aplicación en pavimentos urbanos, aún no ha sido suficientemente estudiada. Por ello, esta investigación tiene como objetivo evaluar la influencia de diferentes proporciones de microsílice (5%, 10%, 15%) en la resistencia del concreto permeable, con el fin de determinar su viabilidad para pavimentos urbanos en la ciudad de Abancay. Este estudio busca ampliar el conocimiento técnico sobre el uso de aditivos en concreto permeable y proponer soluciones sostenibles para la infraestructura vial de Abancay. La investigación se desarrolla en tres etapas: en primer lugar, se realiza el análisis de los agregados provenientes de la cantera de Murillo, ubicada en Pachachaca, Abancay, que sirven para el diseño de la mezcla. En

segundo lugar, se elaboran las muestras de concreto y se llevan a cabo ensayos conforme a las normativas NTP, ACI y ASTM, evaluando propiedades como el asentamiento, la resistencia y la permeabilidad.

Finalmente, se analizan los resultados obtenidos en función de la proporción de microsilíce incorporada, lo que permite extraer conclusiones en relación con los objetivos planteados.

II. Planteamiento del problema

2.1. Descripción y formulación del problema

Descripción

El empleo de concreto permeable ha demostrado ser una solución eficaz en diversos contextos internacionales para mitigar problemas derivados de la escorrentía superficial y las inundaciones urbanas. Por ejemplo, según (ACI, 2010) indica que, en Florida, Estados Unidos, El empleo de concreto permeable se justifica por tres razones, Primero, Florida enfrenta una superpoblación constante, lo que hace necesario recolectar rápidamente grandes volúmenes de agua de lluvia durante las tormentas; el concreto permeable ayuda a reducir la escorrentía; Segundo, los diseñadores optaron por retener el agua de lluvia en el lugar para apoyar el sistema de agua subterránea; Tercero, el concreto permeable resulta ser mucho más económico que el concreto tradicional, ya que elimina la necesidad de tuberías para aguas pluviales (p.7).

En Perú Según la investigación realizada por RONDAN (2018), indica que las inundaciones causadas por lluvias estacionales afectan tanto las áreas urbanas como rurales, generando escorrentías que deterioran el tránsito vehicular y peatonal. Sin embargo, el uso de concreto permeable en el país es todavía limitado, lo que agrava la vulnerabilidad de los pavimentos urbanos ante estas condiciones, como señala RAMOS (2019).

En términos normativos, el concreto permeable debe cumplir con estándares establecidos, como los de la normativa ACI 522 R, que especifica resistencias a la compresión de entre 2.8 y 28 MPa (400 a 4000 psi). Para su aplicación en pavimentos urbanos en Perú, es necesario que se ajuste a las exigencias del MINISTERIO DE TRANSPORTE (2013) en el Manual de Carreteras, que establece una resistencia mínima de 280 kg/cm² a la compresión y de 40 kg/cm² a la flexotracción (p.269).

En el ámbito local, Ccarhuas y Huisa (2019) indica que la ciudad de Abancay presenta problemas recurrentes de inundaciones durante la temporada de lluvias, como se

observa en el distrito de Tamburco, al norte de la ciudad, donde las calles y avenidas sufren año tras año debido a la falta de un adecuado sistema de drenaje pluvial y estos afectan a las avenidas en la parte baja y llana de la ciudad de Abancay (p.19).

La escorrentía superficial provocada por las lluvias se agrava por el incremento de la población urbana y la construcción de nuevas obras, lo que contribuye a la acumulación de agua y la colmatación de lodos y agregados en los pavimentos convencionales.

Por lo tanto, evidenciada la problemática referente a las inundaciones a razón de las precipitaciones pluviales en los pavimentos urbanos, cuya consecuencia por el escurrimiento superficial a través de la superficie impermeable del pavimento convencional, son la colmatación de lodos y/o agregados provenientes de la construcciones por el aumento de la población urbana, además de la ejecución de obras públicas, sumado al ineficiente drenaje para la eliminación de las aguas de lluvia, así también las aguas de lluvia eliminadas de las cubiertas y áreas libres de viviendas, es necesario encontrar las mejores soluciones a estos problemas.

También en Abancay, Arcibia y Condori (2017) indica de acuerdo al estudio realizado en la investigación “Análisis del tráfico en el sistema de transporte público de Abancay” que se cuenta con una cuantificación y clasificación de vehículos que circulan por las principales calles de Abancay donde indica que de acuerdo al cálculo de la proyección para el 2027 del IMDa, se proyectó un promedio diario de vehículos que circularan en la Av. Venezuela de 19,750 vehículos, en la Av. Núñez 17,782 vehículos, en la Jr. Lima 8,605 vehículos y en la Jr. Arequipa una cantidad de 11,502 vehículos. (p.231)

Asimismo, Ccasani y Ferro (2017) indica en la investigación “Evaluación y análisis de pavimentos en la ciudad de Abancay” que como resultado del estudio que el IMD con mayor concurrencia de vehículos se evidencio en la Av.Prado Alto (Inicio de tramo Calle Real y Final en Av. Túpac Amaru) y se observó que el IMD mayor se dio en el inicio el cual asciende a 9216 vehículos del cual 448 son camiones livianos y pesados; y con mayor cantidad los automóviles con 6295 Unid. , en la ejecución de la investigación se evidencia

la clasificación del tráfico como categoría 2 (Volumen medio) con un rango de tráfico en el rango de 7,500,001 y 10,000,000; es decir, con tráfico pesado TP9. (p.191)

Por lo tanto, visto los problemas mencionados anteriormente respecto al número de vehículos que transitan por las calles de Abancay que a la fecha generan congestión vehicular, sumado a las intensas lluvias y a la inundación de los pavimentos genera acumulación de una cantidad considerable de aguas de lluvia, que también impiden el libre tránsito peatonal.

Entonces, el concreto poroso como solución para la problemática descrita párrafos anteriores cuenta con pocas investigaciones en la localidad; asimismo este tipo de concreto cuenta con la limitante de la resistencia a la compresión y flexión, por lo cual su uso se reduce a veredas, estacionamientos, losas, parques y otros de tráfico bajo. Razón por la cual se siguen utilizando el pavimento con concreto convencional con propiedades impermeables los cuales agravan la situación actual y contribuyen a las consecuencias descritas anteriormente y al hidropneumático.

Formulación del Problema de investigación

Problema General

- ¿Cómo influye la incorporación del microsilice en la resistencia del concreto permeable, para los pavimentos urbanos de la ciudad de Abancay-Apurímac 2023?

Problemas Específicos

- ¿Cómo incide la incorporación del microsilice en el porcentaje de permeabilidad del concreto permeable para los pavimentos urbanos de la ciudad de Abancay-Apurímac 2023?
- ¿Cómo influye la incorporación del microsilice en la resistencia a la compresión del concreto permeable para los pavimentos urbanos de la ciudad de Abancay-Apurímac 2023?

- ¿Como influye la incorporación del microsilice en la resistencia a la flexión del concreto permeable para los pavimentos urbanos de la ciudad de Abancay-Apurímac 2023?

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo General

- Determinar la influencia de la incorporación del microsilice en la resistencia del concreto permeable, para los pavimentos urbanos de la ciudad de Abancay-Apurímac 2023.

2.2.2. Objetivo Específicos

- Determinar la incidencia de la incorporación del microsilice en el porcentaje de permeabilidad del concreto permeable para los pavimentos urbanos de la ciudad de Abancay-Apurímac 2023.
- Determinar la influencia de la incorporación del microsilice en la resistencia a la compresión del concreto permeable para los pavimentos urbanos de la ciudad de Abancay-Apurímac 2023.
- Determinar la influencia de la incorporación del microsilice en la resistencia a la flexión del concreto permeable, para los pavimentos urbanos de la ciudad de Abancay-Apurímac 2023.

2.3. Justificación e importancia

La presente investigación, tiene la finalidad de determinar la influencia del microsilice en la resistencia del pavimento permeable, sus propiedades, su comportamiento estructural, su eficiencia en la infiltración de aguas pluviales, para ser usado posteriormente en las calles de la ciudad de Abancay como una alternativa esencial de solución a los inconvenientes que son: inundación, encharcamiento, salpicaduras, hidropneumático y malestar peatonal.

Se utiliza el microsilice teniendo en cuenta que es un aditivo que mejora las características del concreto como es en sus propiedades mejorar la adherencia de partículas y por ende la resistencia.

Siendo esta una investigación basada en los resultados obtenidos en las investigaciones desarrolladas en otros estudios, pretende aportar con estudios y evaluaciones del concreto permeable para ser utilizado y evitar los problemas actuales respecto a las limitaciones para su utilización como es el caso de la resistencia; asimismo, pueda ser utilizado como solución ante los inconvenientes y/o problemas que generan las precipitaciones pluviales en la ciudad de Abancay y posteriormente conseguir la satisfacción de los ciudadanos teniendo una mejor calidad de vida.

Viabilidad de la investigación (económica, social y técnica).

La presente investigación, tiene como finalidad determinar la influencia del microsilice en la resistencia del pavimento permeable, sus propiedades, su comportamiento estructural, su eficiencia en drenaje de aguas pluviales, para que posteriormente pueda ser usado en los pavimentos de la ciudad de Abancay como una solución para los problemas de inundación, encharcamiento, salpicaduras, hidroplaneo y malestar peatonal provocada por problemas consecuencia de las precipitaciones pluviales.

Esta investigación busca aportar con estudios y evaluaciones del concreto permeable para ser utilizado y mitigar los problemas actuales que generan las precipitaciones pluviales en la ciudad de Abancay y posteriormente conseguir la satisfacción de los ciudadanos teniendo una vida de calidad.

Entonces la viabilidad económica, social y técnica se explica de manera detallada a continuación:

Económica: Para la presente investigación el concreto permeable y para su posterior uso en pavimentos resulta económico por el mismo hecho de que no requiere arena o en algunos casos en pocas cantidades, ahora en el presente estudio la adición del microsilice resulta tener un costo considerable (Costo Alto) pero su utilización también reduce la cantidad de cemento a utilizarse resultando así compensarse de alguna manera,

pero su uso en la presente investigación fue para determinar su influencia y así los interesados realicen también una adecuada evaluación costo-beneficio en su aplicación a partir de la presente investigación.

Social: La utilización del concreto permeable debe tomarse muy en cuenta debido a que este de utilizarse sería parte de la solución de los problemas mencionados en la presente investigación y poder mejorar la estadía de la población tomando siempre en cuenta el desarrollo sostenible de la ciudad. Asimismo, al ser una nueva tecnología en la localidad y de acuerdo a sus demandas o exigencias técnicas con la presente investigación se dio alcances de cómo influye el aditivo microsilice en la resistencia y así sustentar las demandas más críticas en la ciudad, demostrándose que sería viable a través del tiempo.

Técnica: Los materiales del concreto permeable necesario para la investigación fueron de alcance local y el aditivo (microsilice) como parte de la investigación de igual forma, entonces el investigador con las capacidades y conocimientos adquiridos demuestra técnicamente en la investigación, que el concreto permeable y su adición de aditivos además de ser de fácil alcance en la localidad, también cumple las exigencias normativas de características técnicas como son resistencia (compresión, flexión) y permeabilidad, además de que estos son configurables según las exigencias de cada zona según sus características particulares.

Limitaciones

La limitación del presente trabajo de investigación es que no existe una normativa nacional para el concreto permeable; razón de ello se utilizó la normativa internacional ACI 522R.

Asimismo, las investigaciones locales son escasas referentes a la variable concreto permeable y la variable del microsilice.

Asimismo, se tuvo como limitación que ningún laboratorio local cuenta con el ensayo de permeabilidad; sin embargo, se realizó el equipo para el ensayo en mención en referencia a la normativa ACI 522R.

2.4. Hipótesis

Hipótesis General

- La incorporación del microsilice influye en la resistencia del concreto permeable, para los pavimentos urbanos de la ciudad de Abancay-Apurímac 2023.

Hipótesis Especificas

- La incorporación del microsilice incide en el porcentaje de permeabilidad del concreto permeable para los pavimentos urbanos de la ciudad de Abancay-Apurímac 2023.
- La incorporación del microsilice influye en la resistencia a la compresión del concreto permeable para los pavimentos urbanos de la ciudad de Abancay-Apurímac 2023.
- La incorporación del microsilice influye en la resistencia a la flexión del concreto permeable para los pavimentos urbanos de la ciudad de Abancay-Apurímac 2023.

2.5. Variables

Tabla 1

Operacionalización de Variables

VARIABLE	DESCRIPCION DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
RESISTENCIA DEL CONCRETO PERMEABLE	La resistencia del concreto poroso o permeable es una propiedad en estado endurecido y dependen principalmente de su porosidad, contenido de pasta, compactación y calidad del agregado. (ACI, 2010)	Es la capacidad de resistir a esfuerzos externos sin romperse, el cual se verá influido por la incorporación del microsilice tanto para la resistencia a la compresión, la flexión los que	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a la compresión • Resistencia a la flexión • Permeabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Kg/cm² • Cm/s 	Ficha de recolección de datos y equipos de laboratorio.

	serán medidos a los 7,14 y 28 días.	
	El microsilíce se usa como aditivo para mejorar las propiedades del concreto	Es el aditivo utilizado para determinar su influencia en las propiedades del concreto permeable y se utilizara en proporciones de 5%, 10% y 15%.
MICROSILICE	concreto (Marketizer.com, elIndustria.com, QuimiNet.com , 2023)	<ul style="list-style-type: none"> • Dosificación del microsilíce • Al 5% del peso del cemento • Al 10% del peso del cemento • Al 15% del peso del cemento
		Ficha para recolección de información/datos.

Nota. Elaboración propia

III. Marco Teórico

3.1. Antecedentes

3.1.1. Antecedentes Internacionales

- a) La investigación hecha por Abad y Remache (2023) intitulada: “Análisis comparativo del comportamiento de mezclas de concreto permeable fabricado con diferentes tipos de cementos”; menciona que el concreto poroso, se considera respuesta sustentable a los problemas de escorrentía superficial y en Ecuador, todavía no se realiza su implementación, principalmente, por la escasa investigación. El objetivo de la investigación fue el análisis del efecto de la densidad y de la clase de cemento en el diseño, resistencia e infiltración del concreto poroso, por el uso de los tipos de cemento siguientes: GU (General Use), HE (High Early Strength) y HS (High sulfate resistance); asimismo, como referente para el diseño de mezcla se utilizó el reporte ACI 522R-10 con el objetivo de obtener la capacidad a tracción indirecta, compresión e infiltración de modelos cilíndricos a las edades de 3, 7, 14, 21, 28 y 45 días. Los resultados de los ensayos a los 28 días mostraron que las resistencias más altas se alcanzan con el uso del cemento HE, con la capacidad a compresión de 20,03 MPa y con resistencia a tracción indirecta de 2,61 MPa, pero con la mezcla del cemento tipo GU resulta con mayor permeabilidad, igual a 1,69 cm/s. por otro lado, el cemento tipo HS obtuvo menor resistencia en comparación a la mezcla con cemento tipo HE y permeabilidad menor al concreto con cemento tipo GU, lo que lleva a ocupar un lugar intermedio en el análisis. Además, cada cemento afecta la trabajabilidad y aspecto de las mezclas de hormigón permeable.
- b) En el estudio realizado por Sanes (2017) para obtener grado de magister en ingeniería, titulado “Influencia de microfibras de polipropileno y microsilice en la resistencia de concretos”; cuyo fin fue determinar la resistencia del concreto con microsilice, con un diseño de compresión de 3,000 y 4,000 PSI, Para ello,

empleo la metodología de tipo mixta, que comprende una etapa de recopilación bibliográfica y otra experimental. experimentalmente, realizó el diseño de la mezcla, la preparación y la producción de las muestras de concreto. Posteriormente, se llevan a cabo pruebas de compresión a los 7 y 28 días, con la incorporación de microsílíce (1%, 2%, 3% y 4% en peso del cemento). El autor concluye que la incorporación suficiente de microsílíce para tener un incremento de resistencia a la compresión asciende a 2%, y la adición superior a dicha cantidad no presenta diferencias significativas.

3.1.2. Antecedentes Nacionales

- a) El estudio realizado por Casilla y Condori (2023) titulada “Influencia de la fibra de vidrio en las propiedades del concreto permeable”, indicó como objetivo principal el determinar el efecto del aditivo en el desempeño del concreto poroso $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ en Juliaca. Se empleó un método de tipo aplicado, con un enfoque cuantitativo, un diseño experimental y un nivel explicativo. Los productos resultantes muestran que el concreto poroso patrón poseía una resistencia de 212.5 kg/cm^2 , y con la suma de 0.5%, 1.0% y 1.5% de fibra de vidrio, los resultados fueron de 224.2 kg/cm^2 , 234.5 kg/cm^2 y 203.2 kg/cm^2 secuencialmente, ahora en la permeabilidad el concreto poroso patrón resulto con un índice de permeabilidad de 1.20, y con la adición de 0.5%, 1.0% y 1.5% de fibra de vidrio, los valores fueron 0.93, 0.63 y 0.34; respecto al asentamiento, el slump del concreto patrón fue de $1\ 1/4''$, y con la adición de 0.5%, 1.0% y 1.5% de fibra de vidrio, aumento a $1\ 1/2''$, $1\ 3/4''$ y $2''$ secuencialmente. Como conclusión se tiene que la suma de fibra de vidrio modifica las propiedades del concreto permeable $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ en la ciudad de Juliaca - 2023, logrando incrementar la resistencia a la compresión, bajando la permeabilidad, e agrandando el slump.
- b) La investigación realizada por Comun y Tito (2023), denominada “Propiedades del concreto permeable para pavimentos con adición de fibra de carbono

reciclado” indica que tuvo como finalidad general: estudiar el cambio de las características del concreto poroso para pavimentos con la suma de fibra de carbono reutilizable-reciclado; asimismo, la metodología de la investigación es cuantitativo, de tipo aplicado, de nivel experimental, del cual se tuvo como resultado la resistencia a compresión a la edad de los 28 días el concreto poroso tradicional logró una resistencia de 241.6 kg/cm², con el 3% de fibras de carbono reciclado la resistencia aumento a 254.9 kg/cm², con el 5% a 270.4 kg/cm², con el 7% disminuyo a 243.0 kg/cm² y en la resistencia a la flexión en los 28 días el concreto poroso convencional obtuvo una resistencia que asciende a 41.20 kg/cm² con el 3% de fibras de carbono reutilizable el soporte se incrementó a 45.82 kg/cm², con el 5% a 46.91 kg/cm², con el 7% se disminuyó 43.03 kg/cm², finalmente en el coeficiente de permeabilidad del concreto convencional es 1.072 cm/seg, con la adición de 3% es 1.042 cm/seg, con la adición de 5% es 1.029 cm/seg y con la adición de 7% es 1.009 cm/seg, entonces se concluye que el 5% de fibra de carbono reciclado influye favorablemente en las propiedades mecánicas del concreto permeable ya que surgió mayor incremento en la resistencia a compresión y flexión.

- c) La investigación realizada por Moya (2023) intitulado “Análisis de las propiedades de un concreto permeable con fibras de polipropileno para una resistencia de 210 kg/cm² en la ciudad de Huancayo-Junín” tuvo por finalidad general obtener los resultados al adicionar las fibras de polipropileno en las propiedades de un concreto poroso para una resistencia de 210 kg/cm². El método de investigación fue científico, el tipo de investigación fue aplicada, el nivel de investigación fue explicativo y el diseño de investigación fue experimental, la población estuvo compuesta por 72 probetas y 36 vigas de concreto, la muestra fue la adición de porcentajes de fibras de polipropileno de un 0.04%,0.08% y 0.12%.Se concluye que al adicionar 0.08% de fibras de polipropileno inciden favorablemente en el comportamiento del concreto

permeable incrementando su resistencia a compresión y flexión, cumpliendo con los parámetros de coeficiente de permeabilidad.

- d)** La investigación realizada por García y Gutiérrez (2022) con el título de “Adición de microsílíce en la resistencia del concreto en Trujillo, 2022”, tuvo el objetivo de determinar la incidencia de la adición de microsílíce en la resistencia del concreto en la localidad de Trujillo, 2022. La metodología fue un diseño de investigación experimental y nivel explicativo y se consideró como población a los concretos de Trujillo y como muestra representativa a 72 especímenes de concreto según las especificaciones de la NTP 399.183, en cuanto a las técnicas de recolección se utilizó la observación y como instrumentos las fichas técnicas de laboratorio. Al realizar el estudio de los datos mediante estadística descriptivas e inferenciales para solucionar la problemática de que en la ciudad de Trujillo se sigue utilizando el hormigón convencional para grandes proyectos, como edificaciones de varios pisos, en lugar del hormigón de alta resistencia, se obtuvo como principales resultados que el 10% de adición de microsílíce logra alcanzar los mayores alcances de resistencia mecánica en comparación del diseño patrón. Se concluyó que la utilización de este aditivo logra influir eficientemente en la resistencia del concreto para su aplicación en distintas obras de ingeniería.
- e)** La investigación realizada por Cachay (2022) “Variación de la resistencia a compresión de un concreto permeable de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con aditivo plastificante Sikament® 290N al reemplazar en diferentes porcentajes el agregado grueso por agregado de concreto reciclado”, del cual su finalidad fue hallar el cambio de la resistencia de un concreto poroso con $f'c 210 \text{ kg/cm}^2$, con aditivo plastificante y sustituyendo al 10%, 20% y 30% agregado grueso por agregado resultante del concreto reciclado (ACR), para utilizaciones de menor costo, funcionalidad eficiente y reutilización de RCD, obteniendo un impacto favorable en el ambiente teniendo una variación respecto a concretos

tradicionales. La investigación describe las propiedades de los agregados procedentes de la cantera “Margarita” y de los jirones Jorge Chávez y Sánchez Cerro de la ciudad de Cajamarca, se realizó el diseño de la mezcla con el método del Comité 211 del ACI y se obtuvo la resistencia a compresión de 120 probetas a los 7, 14 y 28 días y la permeabilidad de 40 especímenes. Se tuvo como conclusión que las mejores resistencias se logran con la utilización de ACR, llegando a una resistencia límite de 251.61 Kg/cm² con un 20% de reemplazo; es decir, la resistencia resulto ser 15.52 % mayor que la resistencia promedio de las probetas sin ACR.

- f) La investigación realizada por García y Cordova (2021) denominada “Evaluación del concreto permeable con incorporación de fibra de polipropileno para pavimento de tránsito ligero - Ucayali”, indica que se analizó el diseño del concreto poroso de $f'c=210$ kg/cm² y $f'c=245$ kg/cm² con adición de 0.30%, 0.40% y 0.50% de fibras de polipropileno, asimismo la evacuación de la escorrentía de una calle de tránsito ligero– Ucayali, las variables de la investigación fue la incorporación de fibras de polipropileno, resistencia a la compresión, la tasa de infiltración o tasa de percolación y el tirante hidráulico de una cuneta típica. Se hizo 6 diseños de mezcla, de las cuales, 3 fueron para una concreto poroso de $f'c=210$ Kg/cm² y 3 para un concreto poroso de $f'c=245$ Kg/cm² con incorporación de 0.30%, 0.40% y 0.50% de fibra de polipropileno en referencia al peso del cemento, respectivamente para cada diseño. Para ello elaboraron 180 briquetas, donde 144 briquetas fueron ensayados para determinar la resistencia a la compresión y 36 para hallar la infiltración del concreto poroso. Entonces de la resistencia a la compresión de ambos concretos ($f'c=210$ Kg/cm² y $f'c=245$ Kg/cm²) se obtuvo que la incorporación de 0.30%, 0.40% y 0.50% de fibras de polipropileno adiciona resistencia. Lo contrario ocurrió para el ensayo de permeabilidad, ya que se observó que a

mayor cantidad de fibra de polipropileno resulta disminuir la infiltración, teniendo hasta un valor mínimo promedió de 0.13 cm/s lo cual está por debajo del intervalo de un concreto poroso según el reporte 522-10 DEL ACI (0.14 – 1.22 cm/s). finalmente, se tuvo una disminución del tirante hidráulico de una cuneta típica pero no tan significativa.

- g)** La investigación realizada por Castillo y Trujillo (2019) intitulado “Elaboración de concreto permeable con adición de material plástico reciclado para pavimentación en el distrito de Pariacoto - Áncash” , indica que trato de que en la evaluación de las propiedades (resistencia a la compresión, permeabilidad y el contenido de vacíos) de un concreto poroso de $f'c$ 175 kg/cm² al adicionar tiras de plástico reciclado, con el fin de realizar un diseño de pavimento rígido y evaluar su viabilidad en el distrito de Pariacoto. Se realizó cuatro grupos de prueba, primero se obtuvo el diseño de mezcla idóneo siguiendo la metodología indicada en el ACI 522- R10, se utilizó la gradación huso 67, una relación agua/cemento de 0.35, 10% de finos y un porcentaje de vacíos del 17.4%, a la cual se le agregó tiras de plástico (polietileno de baja densidad) de 4mm x 20 mm en porcentajes de 0.075%, 0.1% y 0.125% del peso total de la mezcla. Los resultados arrojaron que la adición de tiras de plástico reciclado en un 0.075% mejora la resistencia a la compresión obtenida a los 28 días de edad 5.33% , la permeabilidad y el porcentaje de vacíos obtenidos disminuyeron conforme se iba aumentando el porcentaje de adición de tiras, sin embargo estos valores se encuentran dentro del rango de aceptación y cumplen con lo establecido por la norma ACI 522R-10. Además, conlleva un ahorro del 2.22% con respecto al costo de la elaboración de concreto convencional, siendo viable económicamente su aplicación con fines de pavimentación.

3.1.3. Antecedentes Locales

- a) El estudio realizado por Arcos mansilla (2022) denominada “Concreto poroso para el control de aguas pluviales en calles urbanas de Abancay” tuvo por

finalidad hallar la resistencia a la compresión, la flexión y el análisis de la permeabilidad del concreto poroso, siguiendo la norma ACI 211.3R-02. Elaboró concreto con una resistencia a compresión ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$) y con porcentajes de porosidad del 12%, 17% y 22%. Se concluyó que el tratamiento T1 con un 12% de vacío del Huso 8 posee la mayor resistencia. También se observó que el Huso 67 tiene menor resistencia en todos los porcentajes de vacío en comparación con el Huso 8, por lo que el tratamiento T2 es crucial para el diseño del concreto permeable. El módulo de ruptura de los tratamientos T1 con 12% de vacío y T2 con 17% de vacío del Huso 8 no es significativamente diferente. Sin embargo, T1 es significativamente diferente de T3 con 22% de vacío del Huso 8 y del Huso 67 respectivamente. En cuanto a la flexión, no hay motivos para afirmar que son diferentes bajo el mismo porcentaje de vacío. También es importante notar que a mayor porcentaje de vacío se reduce la flexión. En cuanto a la permeabilidad, se encontró que el tratamiento T2 con 17% de vacío correspondiente al Huso 8 es adecuado para el control de aguas pluviales en vías urbanas de Abancay, ya que permite una mayor permeabilidad con buena resistencia, lo cual facilita un buen drenaje y durabilidad.

3.2. Bases teóricas

3.2.1. Estudio Hidrológico

Este análisis es crucial para calcular los caudales máximos en ciertos periodos de retorno. La data pluviométrica es también esencial para este estudio. Por lo tanto, es necesario conocer las propiedades del área de estudio, la longitud, la pendiente, entre otros factores. Este procedimiento es para hallar el coeficiente de escorrentía y el tiempo de concentración (T_c). (ESCUADERO CUEVA & PEREZ TAYPE, 2019, p. 25)

Para determinar la precipitación y caudal es necesario realizar el estudio hidrológico, donde este deberá cumplir los criterios además de los procedimientos contenidos en el ANEXO I: HIDROLOGÍA aprobado mediante RESOLUCIÓN

MINISTERIAL N°126-2021-VIVIENDA. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento , 2021)

3.2.2. Demanda del Trafico

Es un dato crucial que el ingeniero necesita conocer con suficiente precisión para planificar y diseñar exitosamente diversos aspectos de la vialidad, incluyendo el diseño del pavimento y la plataforma del camino. (MINISTERIO DE TRANSPORTE , 2013, p. 73)

3.2.3. Concreto poroso

El concreto poroso o permeable es un tipo de concreto especial con grande grado de permeabilidad que da el paso del agua por su estructura. Se utiliza para reducir la escorrentía superficial y recargar los niveles de agua subterránea (CONSTRUCCIÓN Y TECNOLOGIA DE CONCRETO, 2010).

El concreto poroso se compone de cemento, agregado (grava), aditivo y agua (SIKA , s.f.).

La combinación de estos materiales da como resultado un material endurecido con poros interconectados, cuyo tamaño oscila entre 2 y 8 mm, permitiendo así el paso del agua. La porosidad puede variar entre el 18% y el 35%, y las resistencias a la compresión genéricas van de 2.8 a 28 MPa. La velocidad de drenaje depende del diámetro del agregado y de la densidad de la mezcla, generalmente fluctuando entre 81 y 730 L/min/m (ACI, 2010).

Figura 1

Concreto permeable



Nota. Representación gráfica de funcionamiento de un concreto permeable tomada de (ECOCRET (CONCRETOS Y PREFABRICADOS), s.f.)

3.2.4. Microsilice

Es un material (aditivo) representada en polvo, que consiste en tecnología de humo de sílice (Dióxido de silicio); asimismo este mejora la durabilidad, la cohesión, y la resistencia del concreto (SikaFume®, s.f.).

El microsílíce se usa como aditivo para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto, como son: resistencia, durabilidad e impermeabilidad (Marketizer.com,elIndustria.com, QuimiNet.com , 2023).

Figura 2

Microsilice



Nota. Representación gráfica del microsilice tomada de (DIFICONSA, s.f.)

3.2.5. Diseño de Mezcla del Concreto poroso

El concreto poroso es combinar cemento, agua y agregado grueso en proporciones óptimas para obtener adecuadas propiedades físicas y mecánicas. Existen diferentes metodologías de diseño basadas en tablas empíricas, ensayos de laboratorio y características como la granulometría del agregado, la relación a/c, el porcentaje de vacíos y la energía de compactación (Porras Morales, 2017).

El diseño del concreto poroso según el ACI 522R se basa en el método del módulo de fineza, que considera lo siguiente: relación agua-cemento (a/c), % de vacíos, el volumen de pasta y la cantidad del agregado grueso. El ACI 522R proporciona tablas empíricas para seleccionar las dosificaciones de los agregados de acuerdo a la resistencia y la permeabilidad deseadas (ACI, 2010).

3.2.6. Agregados del Concreto Poroso

El agregado utilizado en el concreto poroso suele ser de tamaño grueso o clasificado entre 3/4 y 3/8 pulgadas (19 y 9,5 mm), con agregados redondeados y triturados, tanto normales como ligeros. Este agregado debe cumplir con los requisitos de ASTM D448

y C33/C33M. El contenido de agregado fino en las mezclas de concreto permeable es limitado, ya que puede comprometer la interconexión del sistema de poros. La adición de agregado fino puede aumentar la resistencia a la compresión y la densidad, pero también reduce la velocidad de flujo de agua a través del concreto permeable (ACI, 2010).

En Perú La NTP 400 es una norma técnica peruana que establece el método de prueba para análisis de granulometría del agregado fino y grueso. El análisis granulométrico trata de calcular la cantidad por tamaños de fragmentos que componen el material, mediante el tamizado. La norma especifica los requisitos de los tamices, el equipo, el procedimiento, los cálculos y el informe del ensayo. La norma se rige a la norma internacional ASTM C136/C136M-14.

La NTP 400.017 es una norma que establece el método de ensayo para determinar el peso unitario (P.U.) y vacíos en el agregado.

La NTP 400.021 es una norma que establece un procedimiento para determinar el p.e. y la absorción del agregado grueso, que se usa para el hormigón. La norma especifica los aparatos, el muestreo, el procedimiento y los cálculos necesarios para obtener estos valores.

La NTP 339.185 es una norma que menciona una forma de prueba para determinar el contenido total de humedad evaporable en los agregados por secado.

3.2.7. Ensayos del Concreto Permeable

La NTP 339.184:2013, establece la prueba normalizada para determinar la temperatura de mezclas de concreto (estado fresco).

La NTP 339.082:2009, fija la prueba normalizada para determinar el asentamiento del concreto (estado fresco) mediante el cono de Abrams.

La NTP 339.183:2013, establece la prueba estandarizada para curado de testigos de concreto.

La NTP 339.034:2015, es una norma que determina la prueba normalizada para hallar la resistencia a la compresión en testigos cilíndricos de concreto.

La NTP 339.078:2012, es una norma que establece el procedimiento de prueba para hallar la resistencia a la flexión con testigos en forma de vigas de concreto, simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.

Asimismo, El ensayo de permeabilidad se puede realizar en un concreto permeable endurecido usando un permeámetro y aplicando la Ley de Darcy (Llerena Torrejón & Ticlla Sánchez, 2020).

3.3. Definición de términos

3.3.1. Pavimento Urbano

Superficie artificial que se construye en el piso de forma solida e uniforme para el tránsito de personas y/o vehículos (Ministerio de Vivienda, 2006, p. 15).

3.3.2. Concreto

Es la combinación del cemento, los agregados, el agua y ocasionalmente aditivos, en proporciones según diseño (Ministerio de Vivienda, 2006, p. 248).

3.3.3. Cemento

Es un polvo que se endurece al mezclarse con agua y que sirve para unir otros materiales. Se obtiene a partir de caliza y arcilla que se calcina y se muele (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, s.f.).

Las normas Técnicas Peruanas que regulan los requisitos, características y métodos de ensayo de los tipos de cemento del Perú, son aprobadas por el Inacal, organismo dependiente del Ministerio de la Producción (Instituto Nacional de Calidad, 2020).

3.3.4. Agregados

Su clasificación es en dos grupos que son finos y gruesos según el tamaño de las partículas. En el caso del concreto permeable debe tener una granulometría abierta, es decir, que consiste principalmente en agregado grueso (Choqqe Ccaritayna & Ccana Sicos, 2016).

3.3.5. Pasta de cemento

Es la combinación de los materiales cemento hidráulico y agua, que se endurece al reaccionar químicamente entre sí. La pasta de cemento se utiliza para unir los agregados (arena y grava) y formar el concreto o el mortero (ESTUDIO MUÑIZ, 2022).

3.3.6. Agua Pluvial

Agua que proviene de la lluvia natural (Ministerio de Vivienda, 2021, p. 4).

3.3.7. Escorrentía

Es fracción de la lluvia que discurre a los drenes superficiales de una cuenca. (Ministerio de Vivienda, 2021, p. 5).

3.3.8. Coeficiente de Escorrentía

Indica la parte de la precipitación que escurre superficialmente (Ministerio de Vivienda, 2021, p. 4).

3.3.9. Cuenca Hidrográfica

Área en el que la escorrentía superficial, drena a un único punto de descarga (Ministerio de Vivienda, 2021, p. 5).

3.3.10. Drenar

Derivar del terreno el exceso de lluvia que no es usada (Ministerio de Vivienda C. y., 2021).

3.3.11. Duración de Lluvia

Tiempo que media entre el inicio y el fin de lluvia (Ministerio de Vivienda C. y., 2021).

3.3.12. Plastificante

Según el informe ACI 522R-06, un plastificante es un aditivo que se puede usar para mejorar la trabajabilidad y la fluidez del concreto poroso (ACI, 2010).

3.3.13. Microsilice

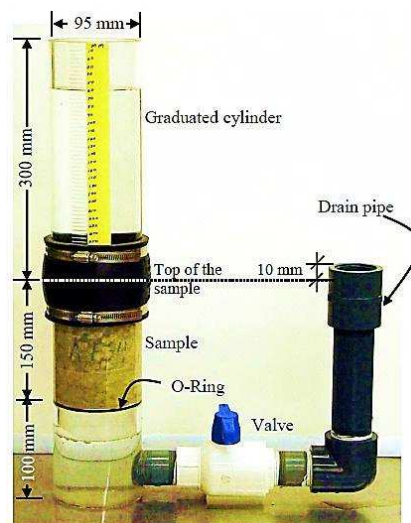
Humo de sílice(Dióxido de silicio) en forma de polvo, utilizado como aditivo ; para mejora la cohesión, la durabilidad y la resistencia del concreto (SikaFume®, s.f.).

3.3.14. Permeabilidad

La permeabilidad es la capacidad de permitir drenar un fluido a través de él. La norma ACI 522R-10 establece que el concreto poroso debe tener un coef. perm. entre 0.2 y 0.54 cm/s, la permeabilidad se mide mediante el permeámetro de Neithenalth (ACI, 2010).

Figura 3

Permeámetro de Neithenalth



Nota. Representación gráfica del Permeámetro de Neithenalth, recomendado por el ACI 522R-10 (ACI, 2010).

3.3.15. Ensayo a la compresión

El ensayo a la compresión se utiliza para conocer la capacidad de un material para resistir una carga que tiende a reducir su tamaño (Ministerio de Vivienda C. y., 2006).

3.3.16. Ensayo a la Flexión del Concreto

Es la propiedad del material para soportar la rotura por flexión. Se mide mediante (MR), que se obtiene al aplicar una carga en el centro o en los tercios de una viga de concreto poroso simplemente apoyada (National Ready Mixed Concrete Association).

3.3.17. Inundación en Pavimentos

La inundación en pavimentos es el fenómeno de acumulación de agua sobre la superficie de una carretera debido a la lluvia o el desbordamiento de un río. La inundación

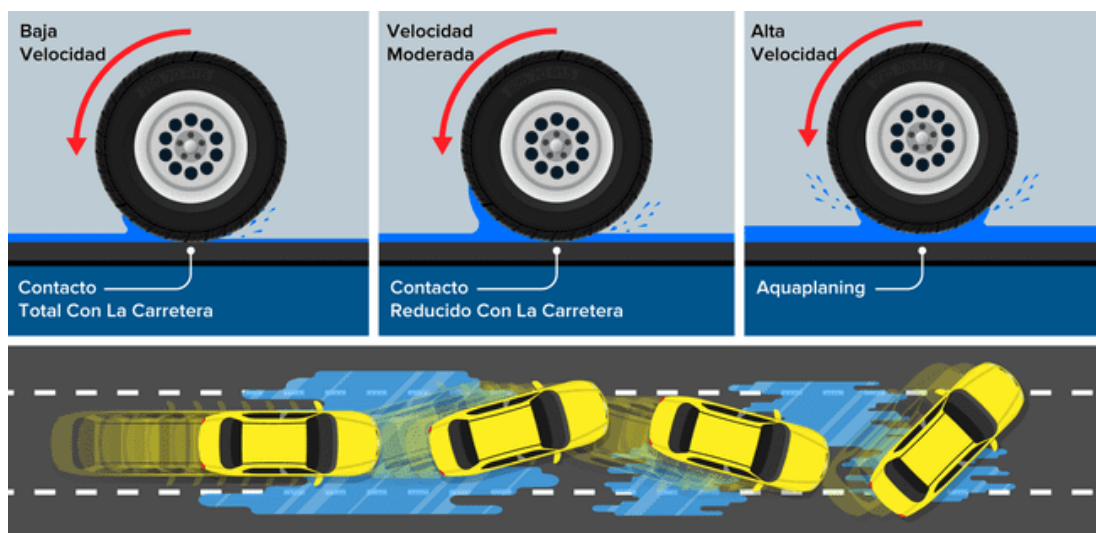
puede vulnerar la seguridad y el adecuado funcionamiento de las redes viales, causando daños en las estructuras, interrupciones del tráfico, dificultades para los servicios de emergencia y pérdidas económicas (Ministerio de Vivienda C. y., 2006).

3.3.18. Hidroplaneo

El hidroplaneo es la pérdida de contacto entre el neumático de un vehículo y la calzada debido a una capa de agua que se interpone entre ellos. Esto provoca una disminución o anulación del control del carro. El hidroplaneo puede afectar tanto a los automóviles como a las aeronaves (bridgestone, s.f.).

Figura 4

Representación gráfica del Hidroplaneo



Nota. Representación gráfica del Hidroplaneo ocasionado por la presencia de agua en la superficie del pavimento. (AUTODOC CLUB, 2020)

IV. Metodología

4.1. Tipo y nivel de Investigación

Tipo de investigación

Revisada la teoría indicada por Carrasco Díaz (2006), el estudio realizado es de tipo aplicada debido a que tiene propósitos prácticos definidos para actuar, transformar. Modificar o producir cambios de un determinado sector o realidad.

Entonces se ajusta a la presente investigación debido a que durante el desarrollo, analizaremos y cuantificaremos la variación de los diseños y describiremos las mejoras de las características de las variables verificando los objetivos y demostrando las hipótesis planteadas con el objetivo de transformar o modificar las propiedades del concreto poroso.

Nivel de investigación

Revisada la teoría indicada por HERNANDEZ, FERNANDEZ y BAPTISTA (2006), la investigación presente es de nivel explicativo debido a que se centra en explicar el por qué se relacionan las variables.

Diseño de la investigación

Según la teoría indicada por Borja S.(2016) refiere a un diseño experimental por que se medirá las variables (resistencia del concreto permeable y permeabilidad) en laboratorio, clasificándolo después de acuerdo a estas variables teniendo en cuenta normas descritas en el RNE, ACI, NTP.

Método

El método de la presente investigación acorde lo indicado por Borja S. (2016) es Experimental, debido a que la hipótesis de la investigación será verificada mediante la manipulación de las variables y su medición de los efectos de la variable independiente.

Enfoque de la Investigación

Según la teoría indicada por Borja S. (2016) refiere a un enfoque cuantitativo debido a que se realizara mediciones de forma numérica para establecer con exactitud patrones de comportamiento del concreto permeable frente a la incorporación del microsilice.

4.2. Ámbito temporal y espacial

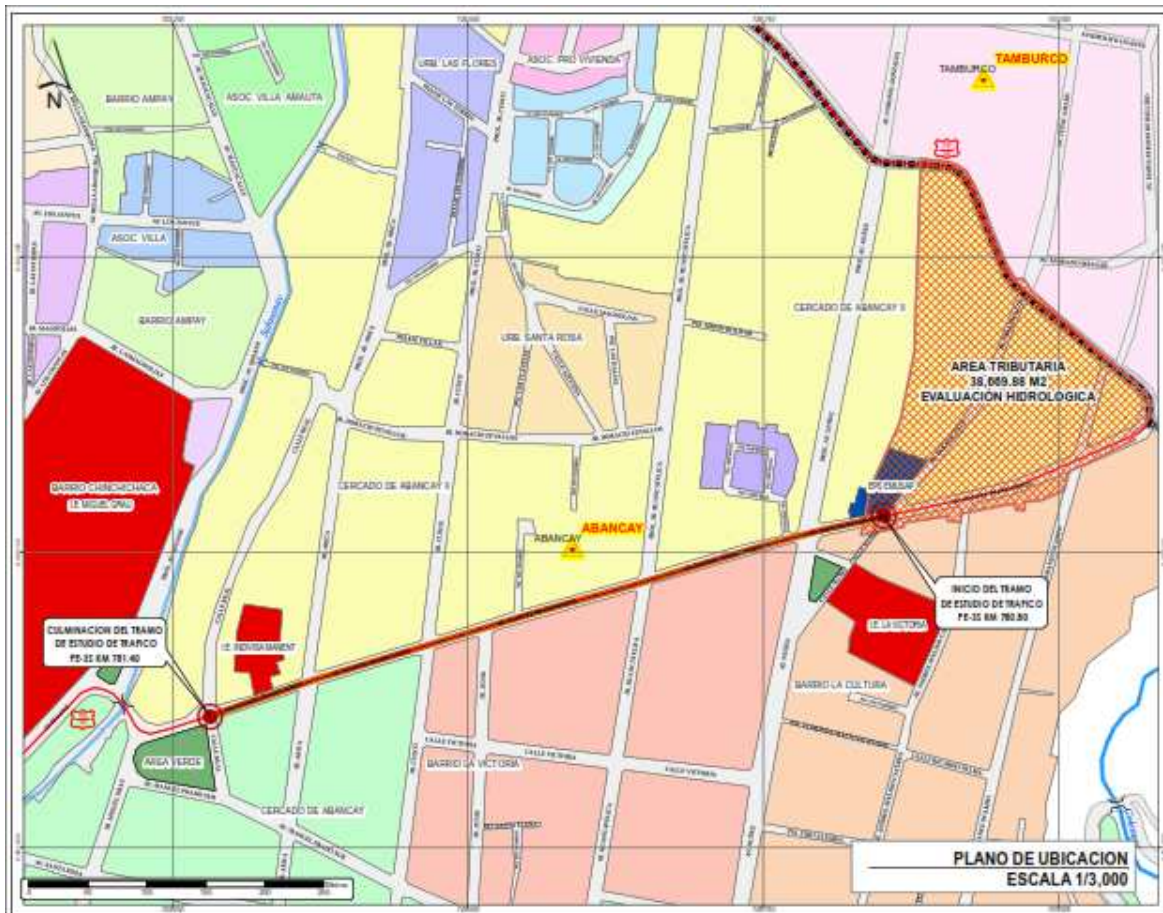
Ámbito temporal

La presente investigación se ejecutó en del año 2023, entre el periodo de julio a noviembre del mismo año.

Ámbito espacial

El ámbito de aplicación de la tesis, será para las vías que conforman la zona urbana de Abancay y parte de Tamburco (Área < 5km²); por lo tanto, se delimito el área tomando en cuenta la facilidad para recolectar datos y hacer estudios como es el estudio hidrológico de manera más certera donde los resultados sean más confiables y también tomando en cuenta que es una vía de tráfico de categoría 2 (Volumen medio). Entonces, el área delimitada para la presente investigación se encuentra en la Av. Manuel Prado Norte y el estudio hidrológico la misma avenida entre la Av. Taracalle (Psj. Camino a tamburco) y prolongación Av. David Samanez Ocampo, mostrado seguidamente:

Figura 5
Delimitación del área de investigación



Nota. Elaboración Propia

Entonces, la delimitación del presente trabajo es que la investigación se limita a Abancay y al área de investigación delimitada principalmente; es decir, con sus características y condiciones particulares. Por lo tanto, los resultados no podrían generalizarse a toda la ciudad, visto que cada zona presenta características particulares como son: el tráfico, área de aporte de precipitación, otros. Asimismo, para el estudio se utilizó como agregado la gradación huso 8 y el aditivo adicional de microsilíce; es decir, no puede estandarizarse los resultados para otra gradación de agregado u otro aditivo debiéndose realizarse otras investigaciones de requerirse.

4.3. Población y Muestra

- Población: El concreto permeable con dosificaciones que consideren el microsilíce en proporciones de 0%, 5%, 10 % y 15%.

- Muestra: 36 testigos cilíndricos de concreto de 15 cm x 30 cm para la prueba de compresión acorde lo estipulado por la NTP 339.034 (3 testigos por cada dosificación), 12 testigos cilíndricos de concreto de 15 cm x 30 cm para el ensayo de permeabilidad aunque no se especifica en la norma ACI 522R la cantidad de testigos para el ensayo a criterio personal y en referencia de la norma peruana mencionada anteriormente, se consideró una cantidad prudente para obtener resultados confiables y 36 vigas de concreto de 150 mm x 150 mm x 50 cm para ensayo de flexión en tres puntos acorde lo estipulado por la NTP 339.078 (3 testigos por cada dosificación).

Entonces la selección de los componentes no obedece a la probabilidad, sino más bien a causas con relación de las características del presente estudio y los propósitos del investigador en la investigación. Por lo tanto, en el presente estudio tenemos el muestreo no probabilístico, hecho a conveniencia por el investigador. Asimismo, La cantidad de testigos y ensayos está definida por las normas peruanas NTP 339.035 y NTP 339.036, lo que refleja que la selección de los componentes no se fue al azar, sino en criterios preestablecidos por normas.

4.4. Instrumentos

Existen distintas técnicas para la acumulación de la información, las cuales no son exclusivos y por el contrario son complementarias. Principalmente se tiene las técnicas siguientes: La observación, la entrevista, la encuesta y las pruebas estandarizadas. (Borja S., 2016)

Para este estudio la técnica fue la observación, el cual consistió en observar los resultados de los ensayos de compresión, flexión y permeabilidad que se realizaron a los testigos de concreto, el cual se recolecto y proceso para determinar los resultados en la investigación.

Por lo tanto, los instrumentos utilizados fueron: Fichas de observación, cámara fotográfica, datos Senamhi, softwares, equipos de laboratorio (Permeámetro, equipo de

compresión, equipo de flexión, cono de habrams, tamiz para granulometría, briqueteras, mezcladora de concreto, horno de laboratorio, etc.).

4.5. Procedimientos

Visto que la presente investigación está enfocada a investigar la resistencia del concreto permeable cuando se le incorpora diferentes proporciones de microsílíce, fue el objetivo principal observar y describir la tendencia general de los resultados; del cual se realizó la recolección de bibliografía, estudios hidrológicos, estudios de tráfico, análisis de materiales, cálculo de coeficiente de permeabilidad, diseño y cálculo de dosificación de concreto permeable con microsílíce en distintas proporciones, ensayos de laboratorio, análisis y discusión de resultados y finalmente las conclusiones de la investigación.

Los datos obtenidos mostraron poca variación entre réplicas, lo que refleja un comportamiento consistente para cada dosificación de microsílíce. Debido a esta correlación, la prueba estadística formal de las hipótesis no añade valor significativo en esta etapa. El propósito de este estudio fue generar conocimiento previo sobre el material en estudio, más que confirmar hipótesis específicas. Por lo tanto, los resultados obtenidos proporcionan información esencial como base para futuras investigaciones.

4.6. Análisis de datos

Levin y Rubín (2016) señalan que los análisis de datos son herramientas estadísticas para interpretar e inferir sobre una muestra o población. En la presente investigación, se utilizaron gráficos y tablas en Excel para facilitar la comprensión de los resultados según los objetivos planteados.

4.7. Consideraciones Éticas

- **Validez científica:** la tesis fue metodológicamente sensata, de forma que se acogerán investigaciones ya realizadas.
- **Evaluación riesgo/ beneficio:** los riesgos de la tesis fueron mínimos y los beneficios resultaron potenciales.
- **Respeto:** se respetó los derechos de autor de otras investigaciones similares y/o antecedentes.

V. Resultados y discusión

5.1. Análisis de Datos y Resultados Procesados

5.1.1. Análisis de tráfico

Para el presente análisis se tomó en cuenta investigaciones anteriores referidas al análisis de tránsito en la zona urbana de Abancay del cual resalta la tesis titulada Análisis del tráfico en el sistema de transporte público en el centro urbano, donde se cuenta con la cuantificación de vehículos que transitan por las principales calles de Abancay donde mencionan que según el cálculo del IMDa para el año 2027 se proyectó una cantidad de vehículos que circularan en la Av. Venezuela de 19,750 vehículos, en la Av. Núñez 17,782 vehículos, en la Jr. Lima 8,605 vehículos y en la Jr. Arequipa una cantidad de 11,502 vehículos (Arcibia & Condori, 2017,p.231).

Asimismo, en la investigación titulada Evaluación y análisis de pavimentos en la ciudad de Abancay, menciona como resultado del estudio que el IMD con más transitabilidad de vehículos es en la Av. Prado Alto, entonces la cantidad en el comienzo de tramo asciende a 9216 vehículos de los cuales 448 (camiones livianos y pesados); y con mayor frecuencia y/o incidencia los automóviles con 6295 Unid., en la ejecución de la investigación se observa la clasificación del tráfico como categoría 2 (Volumen medio) con un rango de tráfico en el rango de 7,500,001 y 10,000,000; es decir, con tráfico pesado TP9 (Ccasani & Ferro, 2017,p.191).

Por lo tanto, se verifica que para tráficos entre 5 millones y 15 millones de ejes equivalentes se requiere una resistencia mínima de 300kg/cm² por ser tráfico moderado, según el Manual de carreteras, suelos, geología y geotecnia y pavimentos en la sección suelos y pavimentos (Ministerio de Transporte, 2013, p.269).

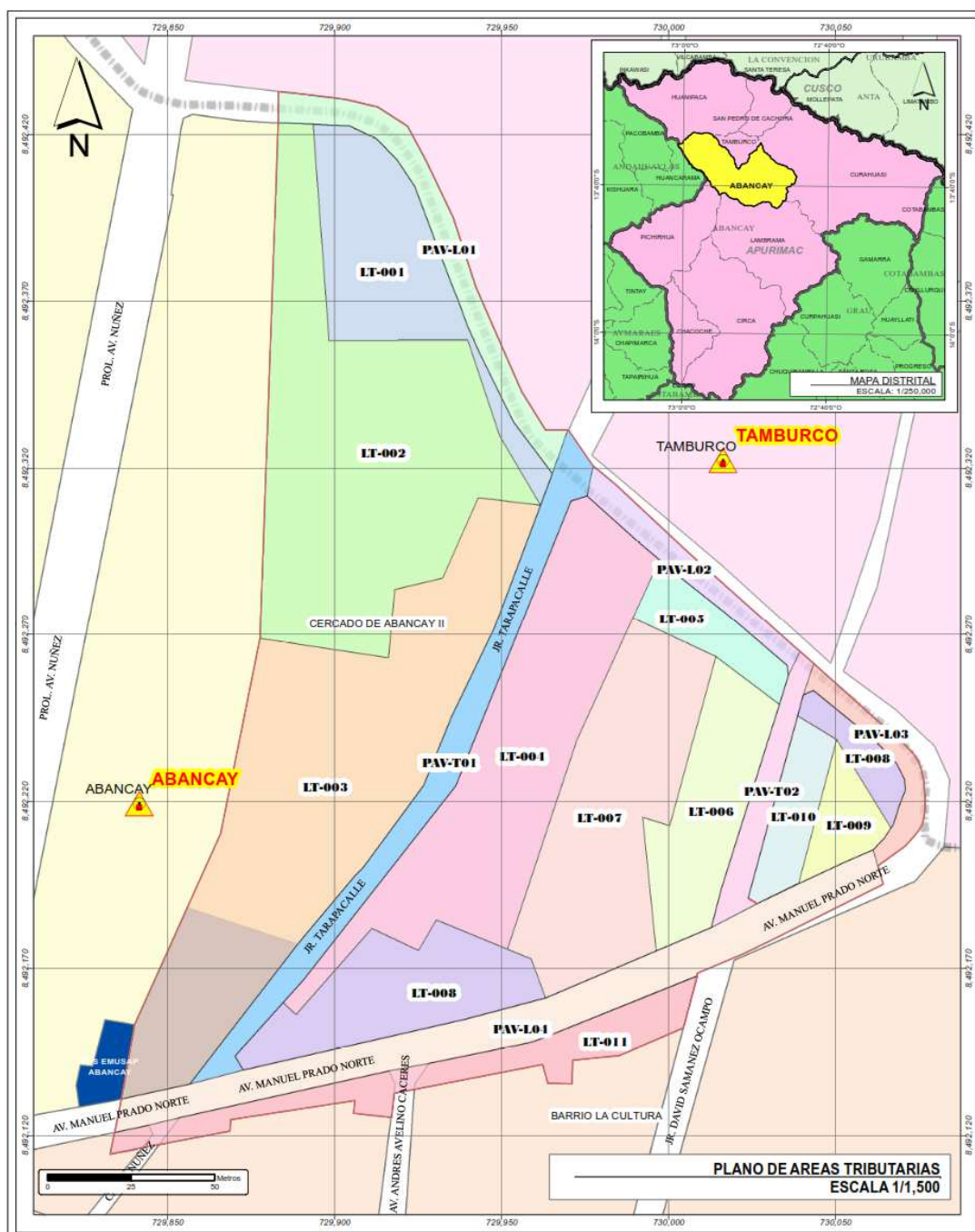
Figura 7*Áreas tributarias de la microcuenca de estudio*

N°	AREAS TRIBUTARIAS	AREA (M2)	N°	AREAS TRIBUTARIAS	AREA (M2)
1	A - 001	2,331.86	10	A - 010	547.99
2	A - 002	6,452.83	11	A - 011	689.12
3	A - 003	7,256.37	12	A - 012	1,511.31
4	A - 004	4,579.79	13	A - 013	1,078.03
5	A - 005	690.67	14	A - 014	574.22
6	A - 006	1,735.53	15	A - 015	433.87
7	A - 007	3,542.58	16	A - 016	2,552.65
8	A - 008	1,957.88	17	A - 017	1,733.96
9	A - 009	407.17	18	A - 018	594.36
MICROCUEENCA DE ESTUDIO					38,670.19

Nota. valor de Áreas delimitadas de aporte hidrológico según el tipo de superficie, mayor detalle en el plano anexo.

Figura 8

Áreas de aporte delimitadas de la microcuenca



Nota. Áreas delimitadas de aporte hidrológico según el tipo de superficie, mayor detalle en el plano anexo.

Se realizó el estudio hidrológico iniciando con el cálculo de la precipitación máxima en 24 hrs con los datos del Senamhi desde el año 1996 al 2019 los cuales son anexados

al presente, teniendo como resultado de la máxima precipitación en el año calendario e hidrológico en 24 hrs, el siguiente resultado:

Tabla 2

Precipitaciones máximas por año

AÑO	P24 Calendario	P24 Hidrológico
1996	35.00	37.20
1997	37.20	24.90
1998	24.90	40.20
1999	40.20	26.40
2000	27.30	27.30
2001	27.30	24.40
2002	24.00	35.80
2003	43.70	43.70
2004	28.60	30.60
2005	30.60	30.60
2006	24.60	28.20
2007	32.10	32.10
2008	34.90	35.90
2009	35.90	45.10
2010	45.10	26.50
2011	26.50	28.80
2012	28.80	34.50
2013	38.80	54.10
2014	54.10	35.90
2015	58.20	58.20
2016	36.30	32.80
2017	32.80	33.40
2018	33.40	39.50
2019	39.50	0.00
	58.20	58.20

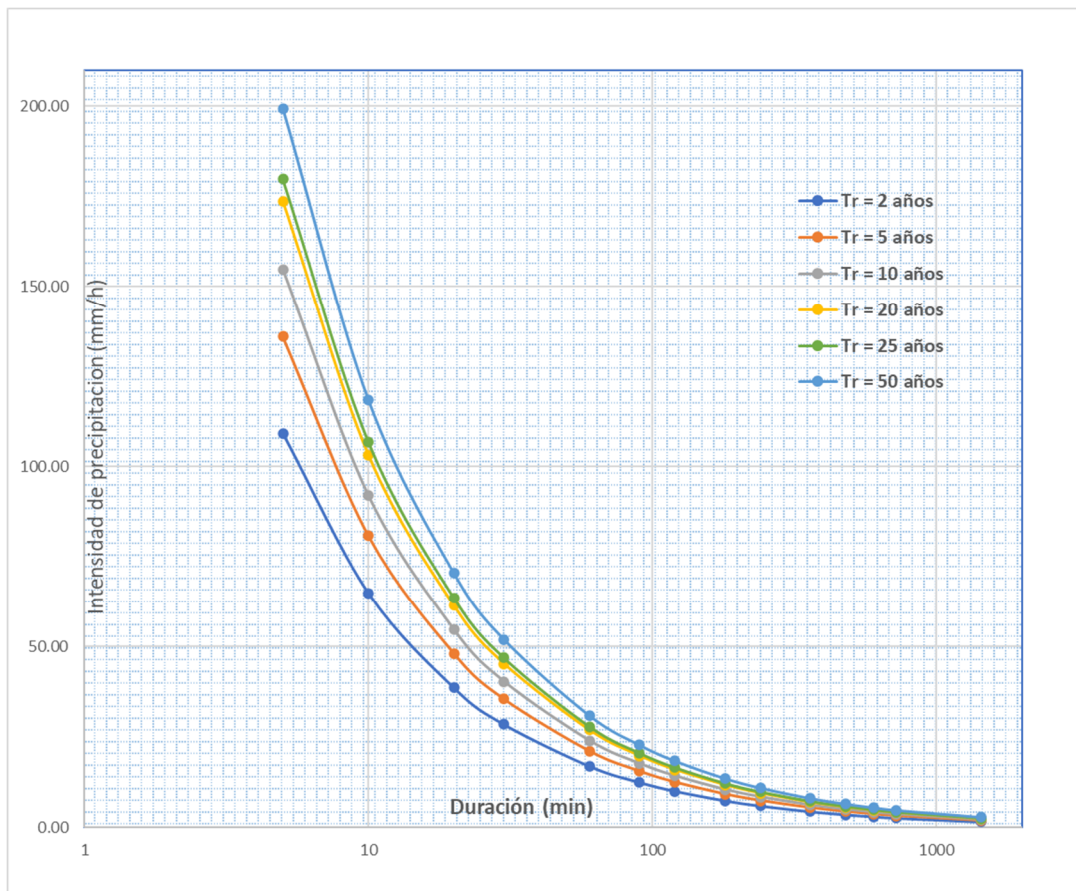
Nota. Elaboración propia a partir de datos Senamhi.

También, se realizó el análisis de los datos dudosos, así como la determinación de la P_{máx} en 24 horas con el apoyo del software HIDROESTA.

Se halló las curvas IDF para con ello calcular Caudal(Q) de diseño conforme indica en el RNE en la norma CE.040 Drenaje Pluvial, capítulo III “Lineamientos técnicos para el diseño de la infraestructura de drenaje pluvial”, Artículo 11 numeral 11.5 del cual se tiene como resultado la siguiente curva IDF:

Figura 9

Curvas IDF

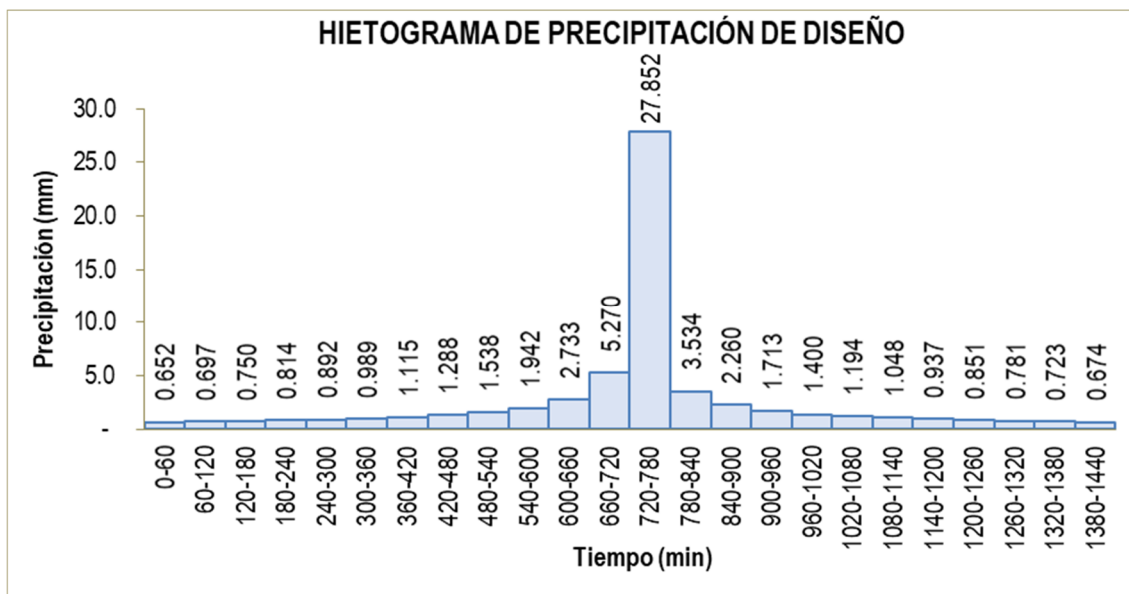


Nota. valor de Áreas delimitadas de aporte hidrológico según el tipo de superficie, mayor detalle en el plano anexo.

Así también se calculó el hietograma de precipitación de diseño siguiente:

Figura 10

Hietograma de precipitaciones de diseño



Nota. valores de precipitación en distintos tiempos (Hietograma) - Elaboración propia.

Verificada los datos calculados se obtuvo los caudales de diseño para la microcuenca delimitada resultando en la aplicación de la fórmula ($Q=0.278 \cdot C \cdot I \cdot A$) los siguientes caudales de diseño:

Tabla 3

Cálculo de Caudal de diseño en Microcuenca

Ítem	Áreas	Área (km ²)	Características del Cause (msnm)			Desnivel (ni)	Pendiente (m/m)	T. C. (horas)	T. C. (min)	t (min)	c	Intensidad mm/hr	Q máx (m ³ /s)
			Long. (m)	Cota Max.	Cota Mín.								
1	Área 1	0.002	128.0	2501	2492	9	0.069	0.038	2.288	10.0	0.95	106.78	0.066
2	Área 2	0.006	159.1	2501	2483	17	0.109	0.038	2.271	10.0	0.25	106.78	0.048
3	Área 3	0.007	215.0	2491	2463	28	0.130	0.045	2.675	10.0	0.95	106.78	0.205
4	Área 4	0.005	180.4	2490	2469	21	0.115	0.041	2.448	10.0	0.95	106.78	0.129
5	Área 5	0.001	48.3	2486	2481	5	0.113	0.015	0.895	10.0	0.95	106.78	0.019
6	Área 6	0.002	85.6	2481	2471	10	0.114	0.023	1.382	10.0	0.95	106.78	0.049
7	Área 7	0.004	107.0	2485	2471	14	0.135	0.026	1.542	10.0	0.95	106.78	0.100
8	Área 8	0.002	92.6	2471	2466	5	0.054	0.033	1.960	10.0	0.95	106.78	0.055
9	Área 9	0.000	42.9	2478	2471	7	0.160	0.012	0.712	10.0	0.95	106.78	0.011
10	Área 10	0.001	36.6	2476	2471	5	0.132	0.011	0.681	10.0	0.95	106.78	0.015
11	Área 11	0.001	56.2	2477	2472	5	0.089	0.018	1.100	10.0	0.95	106.78	0.019
12	Área 12	0.002	177.1	2468	2462	7	0.039	0.061	3.655	10.0	0.95	106.78	0.043
13	Área 13	0.001	145.3	2501	2493	8	0.054	0.046	2.765	10.0	0.95	106.78	0.030
14	Área 14	0.001	82.0	2492	2480	11	0.139	0.021	1.240	10.0	0.95	106.78	0.016
15	Área 15	0.000	74.2	2479	2470	9	0.126	0.020	1.192	10.0	0.95	106.78	0.012
16	Área 16	0.003	241.3	2470	2462	8	0.033	0.083	4.971	10.0	0.95	106.78	0.072
17	Área 17	0.002	220.5	2493	2466	28	0.127	0.046	2.753	10.0	0.95	106.78	0.049

18	Área 18	0.001	81.1	2480	2471	9	0.112	0.022	1.335	10.0	0.95	106.78	0.017
Q (Caudal de diseño)													
0.956 m³/s													

Nota. Elaboración propia.

Entonces en el presente estudio se eligió la intensidad de diseño en un tiempo de concentración mínimo que asciende a 10 mín., teniendo como Intensidad de diseño que asciende a 106.78 mm/hr. Por lo tanto, al convertir dicho dato en un metro cuadrado de análisis, tenemos:

$$\text{Precipitación} = \frac{106 \text{ mm}}{\text{hr}} * \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} * \frac{\text{hr}}{3600 \text{ s}} = 0.0000294 \text{ m/s}$$

Asimismo, existe una relación entre porosidad y coeficiente de permeabilidad descrita el informe técnico del ACI 211, donde describe la incidencia de la porosidad en la permeabilidad del concreto mediante la fórmula $K = C * n^3$ el cual se menciona como una conexión entre la porosidad y la permeabilidad del concreto, con la constante C dependiendo de la geometría de los poros y la tortuosidad (recorrido con vueltas o sinuoso) del camino de flujo del agua para el cual indica un valor para la constante C que asciende a 0.0001, para el cual teniendo en cuenta los datos anteriores calcularemos la porosidad necesaria a continuación:

$$K = C * n^3 \Rightarrow n = \left(\frac{K}{C}\right)^{1/3}$$

Donde:

K: permeabilidad aparente (mm/s)

C: constante de proporcionalidad (0.0001)

n: índice de porosidad (%)

Entonces reemplazando tenemos:

$$n = \left(\frac{0.0294}{0.0001}\right)^{1/3} = 6.65 \%$$

Por lo tanto, podemos indicar que la porosidad requerida asciende a 6.65%; sin embargo, para esta investigación asumiremos una porosidad de 12 % con fines de diseño y cálculo de influencias.

5.1.3. Análisis de materiales

5.1.3.1. Propiedades del agregado huso N°8

En la siguiente tabla se muestra los resultados de las pruebas donde se obtuvo las siguientes propiedades:

Tabla 4

Propiedades del agregado huso N°8 de la cantera Murillo

Propiedades	Agregado huso 8
Material Fino que pasa el tamiz N° 200	0 %
Tamaño Máximo Nominal Agregado Grueso	1/2"
Huso	8
MF/MG	5.98
Contenido de humedad del agregado %	4.61
Peso específico (g/cm ³)	2.61
Peso específico de la masa s.s.s. (g/cm ³)	2.63
Peso específico aparente (g/cm ³)	2.67
Porcentaje de absorción (%)	0.91%
Peso unitario suelto seco (kg/m ³)	1485.98
Peso unitario compactado seco (kg m ³)	1561.72
% de desgaste por abrasión	29.86

Nota. Elaboración propia.

5.1.4. Diseño y Dosificación para Concreto permeable

Los procedimientos del diseño de mezclas se encuentran anexados al presente informe, cuyos resultados se presentan a continuación en proporciones de volumen por metro cúbico para el diseño patrón y por peso para cada dosificación D1(5% microsilice), D2(10% microsilice), D3(15% microsilice):

Tabla 5

Dosificación del concreto permeable por metro cubico

Tipo de mezcla	a/c	Materiales					
		Cemento (kg/m ³)	Ag. Fino (kg/m ³)	Ag. Grueso Huso 8 (kg/m ³)	Agua (l/m ³)	Sp (ml)	Aditivo Microsilice (kg)

DISEÑO	0.25	528		1560.00	146	6210	
PATRON			0.00				0.00

Nota. Elaboración propia.

Tabla 6

Dosificación de diseños de mezcla de concreto poroso por volumen de testigo de concreto de 15 cm x 30 cm.

Tipo de mezcla	a/c	Materiales					
		Cemento (kg)	Ag. Fino (kg)	Ag. Grueso Huso 8 (kg)	Agua (ml)	Sp (ml)	Aditivo Microsilíce (kg)
DISEÑO PATRON	0.25	2.80	0.00	8.27	774.76	31.28	0.00
DISEÑO 1	0.25	2.66	0.00	8.27	774.76	31.28	0.14
DISEÑO 2	0.25	2.52	0.00	8.27	774.76	31.28	0.28
DISEÑO 3	0.25	2.38	0.00	8.27	774.76	31.28	0.42

Nota. Elaboración propia.

5.1.5. Ensayo de compresión

Entonces se presenta a continuación los resultados del ensayo a compresión:

Tabla 7

Resistencia y promedio de resistencia del Diseño patrón a la edad de 7 días

ID PROBETA	CARGA MÁXIMA (P)	DÁMETRO PROBETAS (cm)			ÁREA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	%	TIPO DE FALLA
		1ra Medida	2da Medida	Promedio				
D-P	35,380.00 kg	15.242	15.055	15.149	180.23	196.30	65.43%	CORTE
D-P	33,610.00 kg	15.256	15.274	15.265	183.01	183.65	61.22%	CONO Y CORTE
D-P	35,730.00 kg	15.298	15.364	15.331	184.60	193.55	64.52%	CORTE
f'c PROMEDIO						191.17	63.72%	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 8

Resistencia y promedio de Diseño 1 (5% microsilíce) a la edad de 7 días

ID PROBETA	CARGA MÁXIMA (P)	DÁMETRO PROBETAS (cm)			ÁREA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	%	TIPO DE FALLA
		1ra Medida	2da Medida	Promedio				

D-1	37,911.25 kg	15.242	15.055	15.149	180.23	210.35	70.12%	CORTE
D-1	36,020.00 kg	15.256	15.274	15.265	183.01	196.82	65.61%	CORTE
D-1	38,290.00 kg	15.298	15.364	15.331	184.60	207.42	69.14%	CONO Y CORTE
f'CPROMEDIO						204.86	68.29%	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 9

Resistencia y promedio de resistencia del Diseño 2 (10% microsilice) a la edad de 7 días

ID PROBETA	CARGA MÁXIMA (P)	DÁMETRO PROBETAS (cm)			ÁREA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	%	TIPO DE FALLA
		1ra Medida	2da Medida	Promedio				
D-2	37,910.00 kg	15.242	15.055	15.149	180.23	210.34	70.11%	CORTE
D-2	36,010.00 kg	15.256	15.274	15.265	183.01	196.76	65.59%	CORTE
D-2	38,290.00 kg	15.298	15.364	15.331	184.60	207.42	69.14%	CONO Y CORTE
f'CPROMEDIO						204.84	68.28%	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 10

Resistencia y promedio de resistencia del Diseño 3 (15% microsilice) a la edad de 7 días

ID PROBETA	CARGA MÁXIMA (P)	DÁMETRO PROBETAS (cm)			ÁREA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	%	TIPO DE FALLA
		1ra Medida	2da Medida	Promedio				
D-3	26,450.00 kg	15.242	15.055	15.149	180.23	146.76	48.92%	CORTE
D-3	25,130.00 kg	15.256	15.274	15.265	183.01	137.31	45.77%	CONO Y CORTE
D-3	26,710.00 kg	15.298	15.364	15.331	184.60	144.69	48.23%	CORTE
f'CPROMEDIO						142.92	47.64%	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 11*Resistencia y promedio de resistencia del Diseño patrón a los 14 días*

ID PROBETA	CARGA MÁXIMA (P)	DÁMETRO PROBETAS (cm)			ÁREA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	%	TIPO DE FALLA
		1ra Medida	2da Medida	Promedio				
D-P	52,200.00 kg	15.242	15.055	15.149	180.23	289.63	96.54%	CORTE
D-P	49,590.00 kg	15.256	15.274	15.265	183.01	270.96	90.32%	CORTE
D-P	52,720.00 kg	15.298	15.364	15.331	184.60	285.59	95.20%	CONO Y CORTE
					f'CPROMEDIO	282.06	94.02%	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 12*Resistencia y promedio de Diseño 1 (5% microsilice) a la edad de 14 días*

ID PROBETA	CARGA MÁXIMA (P)	DÁMETRO PROBETAS (cm)			ÁREA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	%	TIPO DE FALLA
		1ra Medida	2da Medida	Promedio				
D-1	62,100.00 kg	15.242	15.055	15.149	180.23	344.56	114.85%	CORTE
D-1	59,000.00 kg	15.256	15.274	15.265	183.01	322.38	107.46%	CONO Y CORTE
D-1	62,720.00 kg	15.298	15.364	15.331	184.60	339.76	113.25%	CORTE
					f'CPROMEDIO	335.57	111.86%	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 13*Resistencia y promedio de resistencia del Diseño 2 (10% microsilice) a la edad de 14 días*

ID PROBETA	CARGA MÁXIMA (P)	DÁMETRO PROBETAS (cm)			ÁREA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	%	TIPO DE FALLA
		1ra Medida	2da Medida	Promedio				
D-2	65,760.00 kg	15.242	15.055	15.149	180.23	364.87	121.62%	CORTE
D-2	62,470.00 kg	15.256	15.274	15.265	183.01	341.34	113.78%	CORTE
D-2	66,420.00 kg	15.298	15.364	15.331	184.60	359.81	119.94%	CONO Y CORTE
					f'CPROMEDIO	355.34	118.45%	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 14*Resistencia y promedio de resistencia del Diseño 3 (15% microsilice) a la edad de 14 días*

ID PROBETA	CARGA MÁXIMA (P)	DÁMETRO PROBETAS (cm)			ÁREA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	%	TIPO DE FALLA
		1ra Medida	2da Medida	Promedio				

D-3	43,500.00 kg	15.242	15.055	15.149	180.23	241.36	80.45%	CORTE
D-3	41,330.00 kg	15.256	15.274	15.265	183.01	225.83	75.28%	CONO Y CORTE
D-3	43,940.00 kg	15.298	15.364	15.331	184.60	238.03	79.34%	CORTE
f'CPROMEDIO						235.07	78.36%	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 15

Resistencia y promedio de resistencia del D. patrón a la edad de 28 días

ID PROBETA	CARGA MÁXIMA (P)	DÁMETRO PROBETAS (cm)			ÁREA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	%	TIPO DE FALLA
		1ra Medida	2da Medida	Promedio				
D-P	58,000.00 kg	15.242	15.055	15.149	180.23	321.81	107.27%	CORTE
D-P	55,100.00 kg	15.256	15.274	15.265	183.01	301.07	100.36%	CORTE
D-P	58,580.00 kg	15.298	15.364	15.331	184.60	317.34	105.78%	CONO Y CORTE
f'CPROMEDIO						313.41	104.47%	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 16

Resistencia y promedio de Diseño 1 (5% microsilice) a la edad de 28 días

ID PROBETA	CARGA MÁXIMA (P)	DÁMETRO PROBETAS (cm)			ÁREA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	%	TIPO DE FALLA
		1ra Medida	2da Medida	Promedio				
D-1	62,150.00 kg	15.242	15.055	15.149	180.23	344.84	114.95%	CORTE
D-1	59,040.00 kg	15.256	15.274	15.265	183.01	322.60	107.53%	CONO Y CORTE
D-1	62,770.00 kg	15.298	15.364	15.331	184.60	340.03	113.34%	CORTE
f'CPROMEDIO						335.82	111.94%	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 17

Resistencia y promedio de resistencia del Diseño 2 (10% microsilice) a la edad de 28 días

ID PROBETA	CARGA MÁXIMA (P)	DÁMETRO PROBETAS (cm)			ÁREA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	%	TIPO DE FALLA
		1ra Medida	2da Medida	Promedio				
D-2	65,760.00 kg	15.242	15.055	15.149	180.23	364.87	121.62%	CORTE
D-2	62,470.00 kg	15.256	15.274	15.265	183.01	341.34	113.78%	CORTE
D-2	66,420.00 kg	15.298	15.364	15.331	184.60	359.81	119.94%	CONO Y CORTE
f'CPROMEDIO						355.34	118.45%	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 18

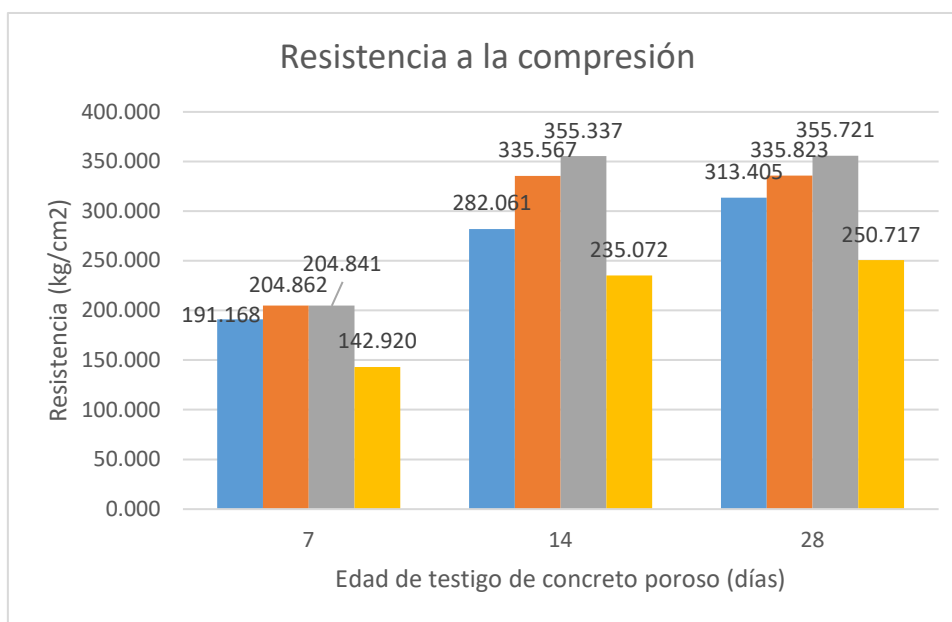
Resistencia y promedio de resistencia del Diseño 3 (15% microsíllice) a la edad de 28 días

ID PROBETA	CARGA MÁXIMA (P) kg	DÁMETRO PROBETAS (cm)			ÁREA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	%	TIPO DE FALLA
		1ra Medida	2da Medida	Promedio				
D-3	46,400.00	15.242	15.055	15.149	180.23	257.45	85.82%	CORTE
D-3	44,080.00	15.256	15.274	15.265	183.01	240.86	80.29%	CORTE
D-3	46,860.00	15.298	15.364	15.331	184.60	253.85	84.62%	CONO Y CORTE
f'c PROMEDIO						250.72	83.57%	

Nota. Elaboración propia.

Figura 11

Resumen de resistencia a compresión por edades



Nota. Elaboración propia.

5.1.6. Ensayo de flexión

Entonces se presenta a continuación los resultados del ensayo a flexión por cada diseño y a los 7, 14 y 28 días de edad:

Tabla 19

Resistencia y promedio de resistencia a flexión del Diseño patrón a la edad de 7 días

ID PROBETA	MEDIDAS (mm)			CARGA MÁXIMA (P)	Mr (kg/cm ²)	Mr (Diseño)	RESISTENCIA (%)	LUGAR DE FALLA
	H	A	L					
D-P	150.000	150.000	450.000	1,840.00 kg	24.53	40	61.33%	Tercio central
D-P	150.000	150.000	450.000	1,860.00 kg	24.80	40	62.00%	Tercio central
D-P	150.000	150.000	450.000	1,750.00 kg	23.33	40	58.33%	Tercio central
					24.22	40.00	60.56%	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 20

Resistencia y promedio de resistencia a flexión del Diseño 1 (5% microsilice) a la edad de 7 días

ID PROBETA	MEDIDAS (mm)			CARGA MÁXIMA (P)	Mr (kg/cm ²)	Mr (Diseño)	RESISTENCIA (%)	LUGAR DE FALLA
	H	A	L					
D-1	150.000	150.000	450.000	1,970.00 kg	26.27	40	65.67%	Tercio central
D-1	150.000	150.000	450.000	1,870.00 kg	24.93	40	62.33%	Tercio central
D-1	150.000	150.000	450.000	1,990.00 kg	26.53	40	66.33%	Tercio central
					25.91	40.00	64.78%	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 21

Resistencia y promedio de resistencia a flexión del Diseño 2 (10% microsilice) a la edad de 7 días

ID PROBETA	MEDIDAS (mm)			CARGA MÁXIMA (P)	Mr (kg/cm ²)	Mr (Diseño)	RESISTENCIA (%)	LUGAR DE FALLA
	H	A	L					
D-2	150.000	150.000	450.000	2,020.00 kg	26.93	40	67.33%	Tercio central
D-2	150.000	150.000	450.000	2,040.00 kg	27.20	40	68.00%	Tercio central
D-2	150.000	150.000	450.000	1,920.00 kg	25.60	40	64.00%	Tercio central
					26.58	40.00	66.44%	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 22

Resistencia y promedio de resistencia a flexión del Diseño 3 (15% microsilice) a la edad de 7 días

ID PROBET A	MEDIDAS (mm)			CARGA MÁXIM A (P)	Mr (kg/cm ²)	Mr (Diseño)	RESISTENCI A (%)	LUGA R DE FALLA
	H	A	L					
D-3	150.000	150.000	450.000	1,380.00 kg	18.40	40	46.00%	Tercio central
D-3	150.000	150.000	450.000	1,310.00 kg	17.47	40	43.67%	Tercio central
D-3	150.000	150.000	450.000	1,390.00 kg	18.53	40	46.33%	Tercio central
					18.13	40.00	45.33%	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 23

Resistencia y promedio de resistencia a flexión del Diseño patrón a los 14 días

ID PROBET A	MEDIDAS (mm)			CARGA MÁXIM A (P)	Mr (kg/cm ²)	Mr (Diseño)	RESISTENCI A (%)	LUGA R DE FALLA
	H	A	L					
D-P	150.000	150.000	450.000	2,720.00 kg	36.27	40	90.67%	Tercio central
D-P	150.000	150.000	450.000	2,750.00 kg	36.67	40	91.67%	Tercio central
D-P	150.000	150.000	450.000	2,580.00 kg	34.40	40	86.00%	Tercio central
					35.78	40.00	89.44%	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 24

Resistencia y promedio de resistencia a flexión del Diseño 1 (5% microsilice) a la edad de 14 días

ID PROBET A	MEDIDAS (mm)			CARGA MÁXIM A (P)	Mr (kg/cm ²)	Mr (Diseño)	RESISTENCI A (%)	LUGA R DE FALLA
	H	A	L					
D-1	150.000	150.000	450.000	3,230.00 kg	43.07	40	107.67%	Tercio central
D-1	150.000	150.000	450.000	3,070.00 kg	40.93	40	102.33%	Tercio central
D-1	150.000	150.000	450.000	3,260.00 kg	43.47	40	108.67%	Tercio central
					42.49	40.00	106.22%	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 25

Resistencia y promedio de resistencia a flexión del Diseño 2 (10% microsilice) a la edad de 14 días

ID PROBET A	MEDIDAS (mm)			CARGA MÁXIM A (P)	Mr (kg/cm ²)	Mr (Diseño)	RESISTENCI A (%)	LUGA R DE FALLA
	H	A	L					
D-2	150.000	150.000	450.000	3,420.00 kg	45.60	40	114.00%	Tercio central
D-2	150.000	150.000	450.000	3,450.00 kg	46.00	40	115.00%	Tercio central
D-2	150.000	150.000	450.000	3,250.00 kg	43.33	40	108.33%	Tercio central
					44.98	40.00	112.44%	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 26

Resistencia y promedio de resistencia a flexión del Diseño 3 (15% microsilice) a la edad de 14 días

ID PROBET A	MEDIDAS (mm)			CARGA MÁXIM A (P)	Mr (kg/cm ²)	Mr (Diseño)	RESISTENCI A (%)	LUGA R DE FALLA
	H	A	L					
D-3	150.000	150.000	450.000	2,270.00 kg	30.27	40	75.67%	Tercio central
D-3	150.000	150.000	450.000	2,160.00 kg	28.80	40	72.00%	Tercio central
D-3	150.000	150.000	450.000	2,290.00 kg	30.53	40	76.33%	Tercio central
					29.87	40.00	74.67%	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 27

Resistencia y promedio de resistencia a flexión del Diseño patrón a la edad de 28 días

ID PROBET A	MEDIDAS (mm)			CARGA MÁXIM A (P)	Mr (kg/cm ²)	Mr (Diseño)	RESISTENCI A (%)	LUGA R DE FALLA
	H	A	L					
D-P	150.000	150.000	450.000	3,020.00 kg	40.27	40	100.67%	Tercio central
D-P	150.000	150.000	450.000	3,050.00 kg	40.67	40	101.67%	Tercio central
D-P	150.000	150.000	450.000	2,870.00 kg	38.27	40	95.67%	Tercio central
					39.73	40.00	99.33%	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 28

Resistencia y promedio de resistencia a flexión del Diseño 1 (5% microsilice) a la edad de 28 días

ID PROBET A	MEDIDAS (mm)			CARGA MÁXIM A (P)	Mr (kg/cm ²)	Mr (Diseño)	RESISTENCI A (%)	LUGAR DE FALLA
	H	A	L					
D-1	150.000	150.000	450.000	3,240.00 kg	43.20	40	108.00%	Tercio central
D-1	150.000	150.000	450.000	3,080.00 kg	41.07	40	102.67%	Tercio central
D-1	150.000	150.000	450.000	3,270.00 kg	43.60	40	109.00%	Tercio central
					42.62	40.00	106.56%	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 29

Resistencia y promedio de resistencia a flexión del Diseño 2 (10% microsilice) a la edad de 28 días

ID PROBET A	MEDIDAS (mm)			CARGA MÁXIM A (P)	Mr (kg/cm ²)	Mr (Diseño)	RESISTENCI A (%)	LUGAR DE FALLA
	H	A	L					
D-2	150.000	150.000	450.000	3,430.00 kg	45.73	40	114.33%	Tercio central
D-2	150.000	150.000	450.000	3,460.00 kg	46.13	40	115.33%	Tercio central
D-2	150.000	150.000	450.000	3,260.00 kg	43.47	40	108.67%	Tercio central
					45.11	40.00	112.78%	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 30

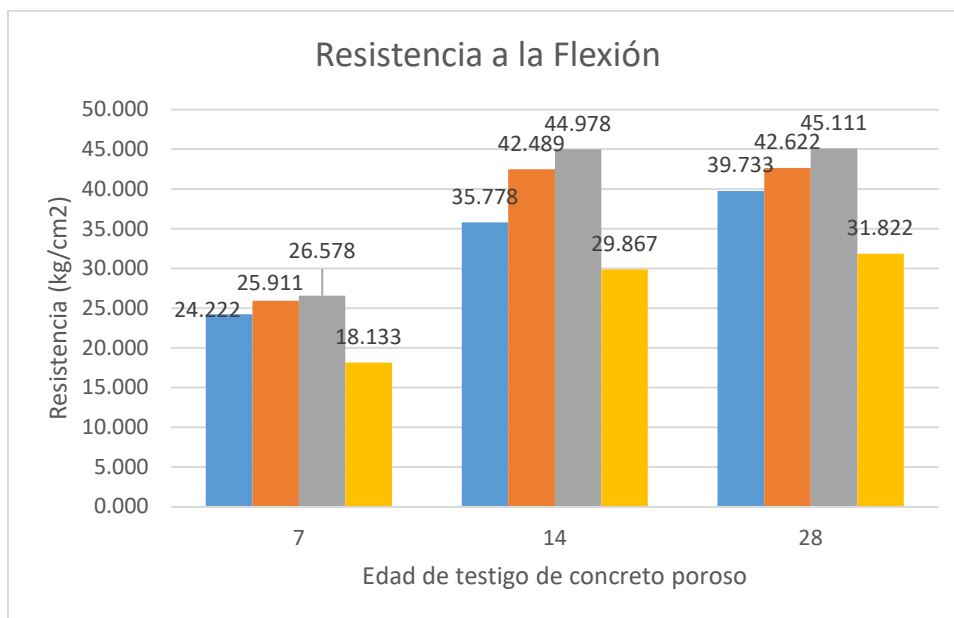
Resistencia y promedio de resistencia a flexión del Diseño 3 (15% microsilice) a la edad de 28 días

ID PROBET A	MEDIDAS (mm)			CARGA MÁXIM A (P)	Mr (kg/cm ²)	Mr (Diseño)	RESISTENCI A (%)	LUGAR DE FALLA
	H	A	L					
D-3	150.000	150.000	450.000	2,420.00 kg	32.27	40	80.67%	Tercio central
D-3	150.000	150.000	450.000	2,300.00 kg	30.67	40	76.67%	Tercio central
D-3	150.000	150.000	450.000	2,440.00 kg	32.53	40	81.33%	Tercio central
					31.82	40.00	79.56%	

Nota. Elaboración propia.

Figura 12

Resumen de resistencia a flexión de testigos de concreto permeable por edades.



Nota. Elaboración propia

5.1.7. Ensayo de permeabilidad

En el estudio presente este ensayo fue indispensable debido a que permitió conocer la variación de la propiedad esencial del concreto permeable con la adición del microsíllice, por ello se calculó el coeficiente de permeabilidad para con el apoyo en los alcances de la normatividad estipulada por la ACI 522 R-10, donde se construyó un permeámetro de carga variable para nuestros testigos de concreto de dimensiones de 300 mm de altura por 150 mm de diámetro, según se muestra a continuación:

Figura 13*Equipo para ensayo de permeabilidad*

Nota. Permeámetro en referencia del reporte ACI 522R, para ensayo de permeabilidad.

El procedimiento para realizar el ensayo en mención fue: construir el permeámetro con los alcances del reporte ACI 522R-10 para los testigos de concreto de 30 cm de altura por 15 cm de diámetro, seguidamente para el ensayo de permeabilidad se envolvió con polietileno (film) para evitar que el agua discurra por los bordes y evitar tener datos errados, acto seguido se colocó la muestra dentro del tubo móvil para ajustar con caucho sintético y evitar fuga de agua, se agregó agua al tubo de carga hasta la altura de 40 cm (h_1) graduado en el tubo y este se llenó con la válvula tipo compuerta cerrada, luego se abrió la válvula al mismo tiempo controlando con el cronometro el tiempo en que el agua desciende de h_1 a h_2 .

Los cálculos fueron realizados con las formula estipulada en la ley de Darcy, tenemos entonces la fórmula para calcular el coeficiente de permeabilidad expresado de la siguiente manera:

$$k = \frac{L \cdot a \cdot \ln(h_1/h_2)}{t \cdot A}$$

Donde:

- k : Coeficiente de permeabilidad.
- L : Longitud de la muestra (cm).
- A : Área de la muestra (cm²).
- a : Área de la tubería de carga (cm²).
- t : Tiempo de demora en pasar de h1 a h2 (seg).
- h1 : Altura de agua medida del nivel de referencia, parte superior de la muestra (cm).
- h2 : Altura de tubería de salida del agua con respecto al nivel de referencia (cm).

Entonces, también se cuenta con el grado de permeabilidad señalado en el informe del ACI 522R-10 del cual podemos indicar que para un adecuado funcionamiento de drenaje debería estar dentro de grado de permeabilidad alto con valor de 0.001 m/s (Arcos Mansilla, 2022).

Entonces contamos con los siguientes resultados del ensayo en mención, acorde los procedimientos estipulados en la normativa:

Tabla 31

Resultados de ensayo de permeabilidad

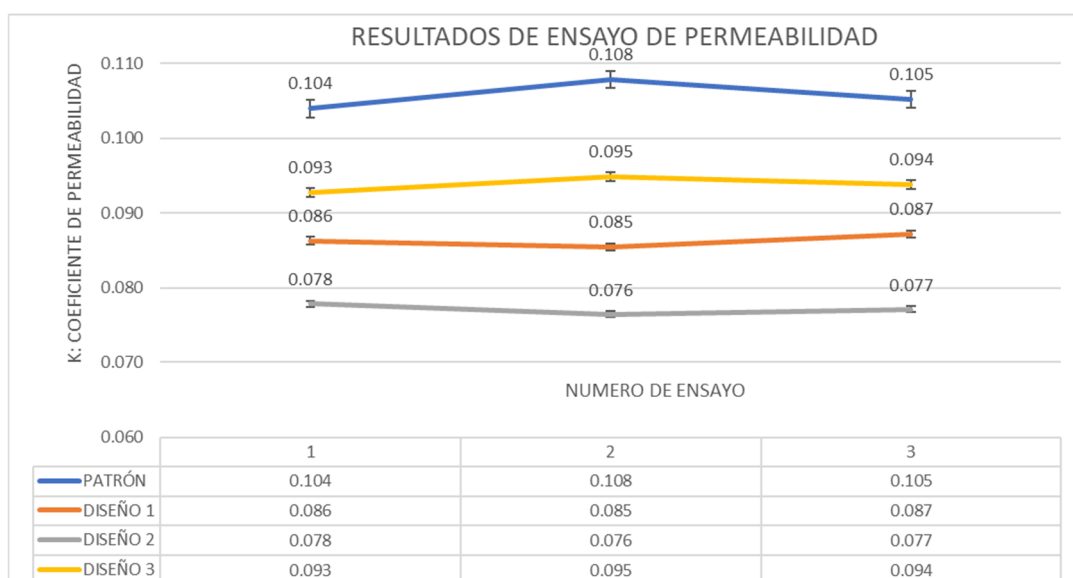
Tipo de muestra	Identificación de probeta	N° ensayo	Características de Muestra (Probeta Cilíndrica)			Características de Tubería		Carga de agua aplicada			Permeabilidad				
			Longitud de probeta L (cm)	Diámetro de la Muestra (cm)	Área de la muestra a A (cm ²)	Diámetro (cm)	Área de tubería de carga a (cm ²)	h1 (cm)	h2 (cm)	Carga de agua aplicada (cm)	ln(h1/h2)	Tiempo (s)	k (cm/s)	K Prom. (cm/s)	K Prom. (m/s)
Patrón	P1	1	30	15.0	176.71	15.0	176.71	40	30	40	0.29	83.00	0.104	0.106	0.001
	P2	2	30	15.0	176.71	15.0	176.71	40	30	40	0.29	80.00	0.108		

	P3	3	30	15.0	176.71	15.0	176.71	40	30	40	0.29	82.00	0.105		
	D1	1	30	15.0	176.71	15.0	176.71	40	30	40	0.29	100.00	0.086		
Diseño 1	D2	2	30	15.0	176.71	15.0	176.71	40	30	40	0.29	101.00	0.085	0.086	0.001
	D3	3	30	15.0	176.71	15.0	176.71	40	30	40	0.29	99.00	0.087		
	D1	1	30	15.0	176.71	15.0	176.71	40	30	40	0.29	111.00	0.078		
Diseño 2	D2	2	30	15.0	176.71	15.0	176.71	40	30	40	0.29	113.00	0.076	0.077	0.001
	D3	3	30	15.0	176.71	15.0	176.71	40	30	40	0.29	112.00	0.077		
	D1	1	30	15.0	176.71	15.0	176.71	40	30	40	0.29	93.00	0.093		
Diseño 3	D2	2	30	15.0	176.71	15.0	176.71	40	30	40	0.29	91.00	0.095	0.094	0.001
	D3	3	30	15.0	176.71	15.0	176.71	40	30	40	0.29	92.00	0.094		

Nota. Elaboración propia.

Figura 14

Resultados del ensayo de permeabilidad



Nota. Gráfico de resultados del ensayo de permeabilidad Diseño Patrón, Diseño 1, Diseño 2, Diseño 3.

Entonces podemos indicar que la adición del microsilice hasta en un 10% reduce la permeabilidad y con la adición del 15% va incrementando el coeficiente de permeabilidad; es decir, incrementa su permeabilidad acercándose al diseño patrón; asimismo en todos los casos el coeficiente de permeabilidad es suficiente para drenar el agua por precipitación pluvial en el área de estudio.

5.2. Discusión de resultados

Según los resultados del presente estudio podemos determinar que la influencia de la incorporación del microsilice en la porosidad del concreto permeable es negativa hasta un 10% de adición y lo contrario sucede con un 15 % de adición donde va incrementando su permeabilidad. En la investigación realizada por Casilla y Condori (2023) indico referente a la permeabilidad que el concreto poroso patrón tenía un índice de permeabilidad de 1.20, y con la incorporación de 0.5%, 1.0% y 1.5% de fibra de vidrio, los resultados bajaron a 0.93, 0.63 y 0.34. Entonces podemos concluir que efectivamente cuando un aditivo aumenta la resistencia del concreto poroso, es debido a la reducción de poros razón de ello baja su porcentaje de permeabilidad y por ende incrementa la resistencia.

Según el resultado correspondiente a la resistencia a la compresión del concreto permeable para el diseño patrón y los diseños D1, D2, D3 se puede ver que influyo en la $f'c$ del concreto poroso obteniéndose resistencias por encima del diseño esperado. Sin embargo, en la investigación realizada por Abad y Remache (2023) indicó en sus resultados de las pruebas a los 28 días que las resistencias más altas se alcanzan con el uso del cemento HE, con la capacidad a compresión de 20,03 MPa. Entonces podemos indicar que en comparación a la investigación realizada por Abad y Remache (2023), en la presente tesis se superó dicha resistencia con el cemento tipo I.

La influencia de la incorporación del microsilice en la resistencia a la flexión del concreto permeable se refleja en los 3 diseños notándose a los 28 días de edad en el Diseño N°01 un incremento promedio que asciende a 6.56%, en el Diseño N°02 un incremento promedio que asciende a 12.78% y en el diseño N°03 se aprecia un descenso promedio de 20.44 %. Asimismo, según la investigación realizada por Comun y Tito (2023) indica que a la edad de los 28 días en la resistencia a la flexión el concreto poroso convencional alcanzó una resistencia de 41.20 kg/cm² con el 3% de fibras de carbono reutilizable el soporte aumento a 45.82 kg/cm², con el 5% a 46.91 kg/cm², con el 7% se disminuyó 43.03 kg/cm², consecuentemente en el coeficiente de permeabilidad del concreto convencional es 1.072 cm/s, con la incorporación de 3% es 1.042 cm/s, con la

incorporación de 5% es 1.029 cm/s y con la adición de 7% es 1.009 cm/s. Entonces podemos reafirmar que el uso excesivo de un aditivo es poco favorable para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto permeable; por lo cual, también notamos una disminución del coef. de permeabilidad a mayor $f'c$ y MR del concreto poroso.

5.3. Prueba de hipótesis

Visto que la presente investigación está enfocada a investigar la resistencia del concreto permeable cuando se le incorpora diferentes proporciones del microsílíce, fue el objetivo principal observar y describir la tendencia general de los resultados. Los datos obtenidos mostraron poca variación entre réplicas, lo que refleja un comportamiento consistente para cada dosificación del microsílíce. Debido a esta correlación, la prueba estadística formal de las hipótesis no añade valor significativo en esta etapa. El propósito de este estudio fue generar conocimiento previo sobre el material en estudio, más que confirmar hipótesis específicas. Por lo tanto, los resultados obtenidos proporcionan información esencial como base para futuras investigaciones. Sin embargo, se aclara a continuación los resultados acordes a cada hipótesis comprobándose así los objetivos:

La resistencia a la compresión del concreto permeable a los 28 días de edad, con la incorporación 5% y 10% del microsílíce son superior al del diseño patrón es decir sin incorporación del microsílíce y con incorporación de 15% del microsílíce tiene una influencia negativa por debajo de la del diseño patrón.

La resistencia a la flexión del concreto permeable a los 28 días de edad, con la incorporación 5% y 10% de microsílíce son superior al del diseño patrón es decir sin incorporación de microsílíce y con incorporación de 15% de microsílíce tiene una influencia negativa por debajo de la del diseño patrón.

La permeabilidad del concreto permeable a los 28 días de edad, con la incorporación 5% y 10% de microsílíce son inferior al del diseño patrón (sin incorporación

de microsilice) y con incorporación de 15% de microsilice tiene una influencia que se asemeja a la del diseño patrón.

VI. Conclusiones

- La influencia de la adición del microsilice en la resistencia del concreto permeable se refleja en los 3 diseños notándose a los 28 días de edad en el Diseño N°01, Diseño N°02 un incremento promedio de la resistencia a compresión axial y a la flexión y en el diseño N°03 se aprecia un descenso. Entonces podemos decir, que la incorporación del microsilice influye positivamente en el concreto permeable con fines de pavimento hasta un 10% de incorporación y con un 15% de incorporación desciende la $f'c$ del concreto permeable.
- Se concluye respecto de la incidencia de la incorporación del microsilice en el porcentaje de permeabilidad del concreto permeable, que la adición de microsilice hasta en un 10% reduce la permeabilidad y con la adición del 15% va incrementando el coeficiente de permeabilidad; es decir, incrementa su permeabilidad acercándose al diseño base o patrón; sin embargo, en todos los diseños el coeficiente de permeabilidad es suficiente para drenar el agua por precipitación pluvial en el área de estudio teniendo un coeficiente promedio en todos los casos igual a 0.01 m/s.
- La influencia de la incorporación del microsilice en la resistencia a la compresión del concreto permeable se refleja en los 3 diseños notándose a los 28 días de edad en el Diseño N°01 un incremento promedio que asciende a 11.94%, en el Diseño N°02 un incremento promedio que asciende a 18.57% y en el diseño N°03 se aprecia un descenso promedio de 16.43 %.Entonces podemos decir, que la incorporación del microsilice influye positivamente en el concreto permeable con fines de pavimento hasta un 10% de incorporación y con un 15% de incorporación desciende la resistencia del concreto permeable.

- La influencia de la incorporación del microsilice en la resistencia a la flexión del concreto permeable se refleja en los 3 diseños notándose a los 28 días de edad en el Diseño N°01 un incremento promedio que asciende a 6.56%, en el Diseño N°02 un incremento promedio que asciende a 12.78% y en el diseño N°03 se aprecia un descenso promedio de 20.44 %.Entonces podemos decir, que la incorporación del microsilice influye positivamente en el concreto permeable con fines de pavimento hasta un 10% de incorporación y con un 15% de incorporación desciende la resistencia a la flexión del concreto.
- Se concluye también que el diseño patrón, el diseño N°01 y el diseño N°02 cumplen las exigencias de la normativa para el tipo de vía señalada en el área de estudió, teniendo resistencias superiores a 300 kg/cm², superando la resistencia mínima estipulada en la normativa ce.010 pavimentos y cumpliendo lo estipulado en la normativa del MTC.

VII. Recomendaciones

- Se sugiere y/o recomienda tener especial cuidado al momento de hacer los estudios de materiales para ese tipo de concreto, visto que durante la investigación se apreció que el no cumplimiento de las NTP y las norma ACI 522R, como son granulometría adecuada, elección de la relación a/c, dosificación exacta, uso proporcional de aditivos y consideración de porosidad para el comportamiento eficiente, repercute en comportamientos del concreto fuera de lo diseñado.
- Se recomienda también, regular procedimientos para este tipo de concreto en la normativa peruana acorde la realidad nacional y las investigaciones como esta sean referentes para un diseño de concreto permeable contribuyendo al desarrollo sostenible y la adecuada relación de ingeniería y ambiente.
- Se recomienda para posteriores investigaciones u la aplicación de este concreto en proyectos de inversión, la granulometría a utilizar sea el huso 8 debido a su acabado amigable y no tan rugoso como es el caso del huso 67 el cual es tosco y rugoso el cual generaría incomodidad al conductor y los peatones.
- Se recomienda que, para su utilización, se deberá realizar propios ensayos acorde la realidad de cada área de intervención, para el cual tomar en cuenta la precipitación máxima, el estudio de suelos, estudio de tráfico, estudio de canteras y demás.

VIII. Referencias

- Abad Barrera, M. D., & Remache Zuña, M. I. (2023). *Análisis comparativo del comportamiento de mezclas de concreto permeable fabricado con diferentes tipos de cementos*. Azogues: Universidad Católica de Cuenca.
- ACI, C. (2010). *Hormigón permeable, ACI 522R-10*.
- Arcibia Tapia, A., & Condori Olivera, G. (2017). *Analisis del trafico en el sistema de transporte público en el centro urbano de la ciudad de Abancay*. Abancay: Universidad Tecnologica de los Andes.
- Arcos Mansilla, C. C. (2022). *CONCRETO PERMEABLE PARA EL CONTROL DE AGUAS PLUVIALES EN VIAS URBANAS DE LA CIUDAD DE ABANCAY, 2019*. Abancay.
- AUTODOC CLUB. (2020). *AUTODOC CLUB*. Obtenido de Hidroplaneo: <https://club.autodoc.es/magazin/aquaplaning-que-es-como-ocurre-y-como-evitarlo>
- Borja S., M. (2016). *Metodología de la Investigación científica para Ingenieros*. Chiclayo.
- bridgestone. (s.f.). <https://www.bridgestone.com.mx/>. Obtenido de bridgestone: <https://www.bridgestone.com.mx/tips-bridgestone/tecnologia-de-llantas/que-es-el-hidroplaneo-y-como-evitarlo/#>
- Cachay Díaz, L. C. (2022). *Variación de la resistencia a compresión de un concreto permeable de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con aditivo plastificante Sikament® 290N al reemplazar en diferentes porcentajes el agregado grueso por agregado de concreto reciclado*. Cajamarca: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA.

- Carrasco Días, S. (2006). *Metodología de la Investigación científica*. Lima: San Marcos.
- Casilla Ccora, Y. W., & Condori Abado, L. (2023). *Influencia de la fibra de vidrio en las propiedades del concreto permeable $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en la ciudad de Juliaca – 2023*. Juliaca.
- Castillo Castillo, L. M., & Trujillo de la Cruz, E. (2019). *Elaboración de concreto permeable con adición de material plástico reciclado para pavimentación en el distrito de Pariacoto - Áncash*. Áncash: Universidad Nacional del Santa.
- Ccarhuas Ruiz, Y., & Huisa Gonzales, R. L. (2019). *Optimización del drenaje pluvial en el casco urbano del distrito de Tamburco – Abancay, 2018*. Tamburco-Abancay-Apurimac: Utea.
- Ccasani Bravo, M. J., & Ferro Moina, Y. I. (2017). *Evaluación y Análisis de pavimentos en la ciudad de Abancay, para proponer una mejor alternativa estructural en el diseño de pavimentos*. Abancay: Universidad Tecnológica de los Andes.
- Choque Ccaritayna, H., & Ccana Sicos, J. C. (2016). *EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON AGREGADO DE LAS CANTERAS VICHO Y ZURITE, ADICIONANDO ADITIVO SÚPER PLASTIFICANTE DE DENSIDAD 1.2 kg/l PARA UNA RESISTENCIA 210 kg/cm²*. CUSCO: UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO.
- Comun Mendoza, R., & Tito Ore, E. Z. (2023). *Propiedades del concreto permeable para pavimentos con adición de fibra de carbono reciclado*. Huancayo.

- CONSTRUCCIÓN Y TECNOLOGIA DE CONCRETO. (2010). *CONSTRUCCIÓN Y TECNOLOGIA EN CONCRETO*. Obtenido de <https://www.imcyc.com/revistacyt/jun11/arttecnologia.htm>
- DIFICONSA. (s.f.). *DIFICONSA*. Obtenido de <https://www.dificonsa.com/portfolio/microsilica/>
- ECOCRET (CONCRETOS Y PREFABRICADOS). (s.f.). *ECOCRET (CONCRETOS Y PREFABRICADOS)*. Obtenido de <https://www.ecocret.com.pe/tipos-de-concreto/concreto-permeable>
- Escudero Cueva, C. S., & Perez Taype, G. J. (2019). *ANÁLISIS HIDROLÓGICO PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL URBANO EN EL SECTOR PARCO CHICO, CIUDAD DE POMABAMBA, ÁNCASH - PERÚ*. ÁNCASH: UNIVRSIDAD SAN MARTIN DE PORRES.
- ESTUDIO MUÑIZ. (24 de MARZO de 2022). *ESTUDIO MUÑIZ*. Obtenido de <file:///C:/Users/ASUS%20ROG%20STRIX/Downloads/normas-teacutecnicas-peruanas-sobre-cemento-concreto-y-agregados.pdf>
- Flores Alvarez, C. A., & Blas Castro, A. D. (2014). *Influencia de la Adición de Microsílice y Superplastificante en las Propiedades de un Concreto de Alta Resistencia en la Ciudad de Arequipa*. Arequipa: Universidad Catolica de Santa Maria.
- Garcia Leyva, I. E., & Gutierrez Roldan, L. R. (2022). *Adición de microsílice en la resistencia del concreto en Trujillo, 2022*. Trujillo: Universidad Cesar Vallejo.
- 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*. Ucayali: Universidad Nacional de Ucayali.

- Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Instituto Nacional de Calidad. (2020). *Aprueban Normas Técnicas Peruanas sobre (Resolución directoral N°036-2020-INACAL/DN)*. Lima: Diario el Peruano.
- Llerena Torrejón, L. F., & Ticlla Sánchez, J. C. (2020). *Estudio y Evaluación del concreto permeable en un pavimento rigido segun la norma ACI 522R-10*. LIMA: UNIVERSIDAD PERUANA UNION.
- Marketizer.com,elIndustria.com, QuimiNet.com . (4 de setiembre de 2023). *QuimiNet.com*. Obtenido de <https://www.quiminet.com/articulos/micro-silice-produccion-y-uso-808.htm>
- Ministerio de Transporte, y. C. (2013). *MANUAL DE CARRETERAS SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNICA Y PAVIMENTOS*. Lima: RESOLUCIÓN DIRECTORAL N°05-2013-MTC/14.
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2006). *REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES (1ra Edición, DS N°011-2006-VIVIENDA)*. Lima: Diario El Peruano.
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2021). *Modificación de la Norma Técnica OS.060 Drenaje Pluvial Urbano a Norma Técnica CE.040 Drenaje Pluvial del Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: DIARIO EL PERUANO.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento . (2021). *Modificación de la Norma tecnica OS.060 DRENAJE PLUVIAL URBANO A NORMA TÉCNICA CE.040 DRENAJE PLUVIAL DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES*. En C. y. Ministerio de Vivienda, *CE.040 DRENAJE PLUVIAL* (pág. 7). Lima: Diario el Peruano.

Moya Flores, A. A. (2023). *Análisis de las propiedades de un concreto permeable con fibras de polipropileno para una resistencia de 210 kg/cm² en la ciudad de Huancayo-Junín*. Huancayo.

National Ready Mixed Concrete Association . (s.f.). CIP16-RESISTENCIA A FLEXIÓN DEL CONCRETO. *National Ready Mixed Concrete Association* , 2.

Porras Morales, J. M. (2017). *Metodología de diseño para concretos permeables y sus respectivas correlaciones de permeabilidad*. COSTA RICA: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA.

Ramos, S. C. (2019). *Mejoramiento al concreto absorbente con inserción de fibra de vidrio para aumentar su resistencia a la compresión en la ciudad de Tarma*. TARMA-PERU.

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (s.f.). RAE. Obtenido de <https://dle.rae.es/cemento>

Rondan, R. D. (2018). *“Mejoramiento de la mezcla del concreto permeable adicionando polipropileno en el Jirón La Libertad provincia de Recuay, Ancash - 2017”*. Recuay, Ancash.

SANES LAGARES, D. A. (2017). *INFLUENCIA DE MICROFIBRAS DE POLIPROPILENO Y MICROSILICE EN LA RESISTENCIA DE CONCRETOS DE 4000 Y 3000 PSI*. COLOMBIA: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR.

SIKA . (s.f.). <https://mbcc.sika.com/es-mx>. Obtenido de Master Builders Solutions: <https://mbcc.sika.com/es-mx/funciones-y-aplicaciones/producci%C3%B3n-de-concreto/tecnolog%C3%ADa-para-concreto-permeable>

SikaFume®. (s.f.). *per.sika.com*. Obtenido de

<https://per.sika.com/es/construccion/aditivos-concreto/aditivos-concreto-premezclado/adiciones-concreto/sikafume.html>

Tovar, G. L. (1986). *El asentamiento y la segregación de los Blancos y Mestizos*.

Bogotá: Cengage.

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos están resguardados en la oficina de repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes