



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO PERMEABLE PARA SU
USO EN PAVIMENTOS URBANOS QUE PERMITAN EL CONTROL DE AGUAS
PLUVIALES EN LA CIUDAD DE HUARAZ**

**Línea de investigación:
Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor

Arroyo Suárez, Joe Anderson

Asesor

Jaramillo Tarazona, Francisco
ORCID: 0000-0002-9638-7814

Jurado

Tapia Julca, Elías Teodoro
Romero Ríos, David
Bendezú Romero, Lenin Miguel

Lima - Perú

2025



DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO EN PAVIMENTOS URBANOS QUE PERMITAN EL CONTROL DE AGUAS PLUVIALES EN LA CIUDAD DE HUARAZ

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	<1%
4	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
6	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1%
7	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	ri.ues.edu.sv Fuente de Internet	<1%
9	vdocumento.com Fuente de Internet	<1%
10	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO
PERMEABLE PARA SU USO EN PAVIMENTOS URBANOS
QUE PERMITAN EL CONTROL DE AGUAS PLUVIALES EN LA
CIUDAD DE HUARAZ

Línea de Investigación:

Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor

Arroyo Suárez, Joe Anderson

Asesor

Jaramillo Tarazona, Francisco
ORCID: 0000-0002-9638-7814

Jurado

Tapia Julca, Elías Teodoro

Romero Ríos, David

Bendezú Romero, Lenin Miguel

Lima – Perú

2025

Dedicatoria

A mis padres, Emilio Arroyo Pérez y Silvia Suárez Sánchez

A mi padre, Emilio, ingeniero civil de vocación, por haberme transmitido el amor por esta profesión y mostrarme con su ejemplo que la perseverancia y la ética son la base de todo logro. Su compromiso, sabiduría y capacidad de encontrar soluciones aún en las circunstancias más difíciles son una inspiración constante que guía mi formación.

A mi madre, Silvia, cuyo amor incondicional y apoyo constante son el motor de mis pasos. Su ternura, su fe en mí y su presencia en cada etapa de mi vida me han enseñado que el verdadero éxito se mide en valores y en la forma en que enfrentamos los retos. El aprecio es profundo por ser mi guía, mi inspiración y por enseñarme los valores que han forjado mi carácter.

A mis hermanos, Britzing, José, William y Angie

Gracias por ser mis compañeros de vida y por la alegría que siempre hemos compartido juntos. Con ustedes aprendí que los mejores momentos se disfrutan en familia y que cada logro es aún más valioso cuando se celebra unidos. Que este logro sea también suyo, como testimonio de lo que juntos venimos construyendo.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi asesor, Ms. Francisco Jaramillo Tarazona, por su guía constante, su paciencia y su compromiso durante todo el proceso de investigación. Su excelencia profesional, su liderazgo y su destacada trayectoria en la facultad de Ingeniería Civil, así como su reconocido aporte en importantes proyectos, lo convierten en un referente y ejemplo a seguir para quienes aspiramos a ejercer la ingeniería con responsabilidad y excelencia.

De igual manera, extiendo mi gratitud a los jurados de la facultad de Ingeniería Civil por el tiempo dedicado a la revisión de este trabajo y por sus valiosos aportes que contribuyeron a mejorarlo. En especial, al Dr. Elías Tapia Julca, por su rigurosidad, orientación y recomendaciones finales que enriquecieron de manera significativa esta investigación. Su amplia experiencia académica y profesional en el ámbito de la ingeniería y la construcción, tanto en el país como a nivel internacional, lo consolidan como uno de los más destacados representantes de nuestra profesión, y un ejemplo para las futuras generaciones de ingenieros de nuestra alma máter.

Finalmente, agradezco a mis amigos de la facultad, quienes hicieron de mis años de estudio una etapa inolvidable, llena de experiencias que enriquecieron no solo mi formación profesional, sino también mi vida personal. Asimismo, a aquellas personas que estuvieron a mi lado en distintos momentos de este camino, brindándome apoyo, motivación y confianza para seguir creciendo como persona y como profesional.

ÍNDICE

RESUMEN	10
ABSTRACT.....	11
I. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Descripción y formulación del problema	12
<i>1.1.1. Descripción del problema</i>	12
<i>1.1.2. Formulación del problema</i>	13
1.2. Antecedentes.....	15
<i>1.2.1. Antecedentes Nacionales</i>	15
<i>1.2.2. Antecedentes Internacionales</i>	17
1.3. Objetivos.....	18
<i>1.3.1. Objetivo General</i>	18
<i>1.3.2. Objetivos Específicos</i>	18
1.4. Justificación	19
1.5. Hipótesis	20
<i>1.5.1. Hipótesis General</i>	20
<i>1.5.2. Hipótesis Específicas</i>	20
II. MARCO TEÓRICO	21
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación.....	21
<i>2.1.1. Conceptualización de Concreto Permeable</i>	21
<i>2.1.2. Constituyentes del Concreto Permeable</i>	21
<i>2.1.3. Construcción y aplicaciones del Concreto Permeable</i>	22
<i>2.1.4. Propiedades del Concreto Permeable</i>	29
<i>2.1.5. Factores que influyen en el rendimiento del Concreto Permeable</i>	32

2.1.6. Aspectos Positivos y Negativos del empleo del Concreto Permeable	35
2.1.7. Caminos Locales y Superficies Singulares:	38
2.1.8. Requisitos mínimos para el diseño	39
III. MÉTODO	42
3.1. Tipo de investigación.....	42
3.1.1. Enfoque de la investigación	42
3.1.2. Nivel de estudio.....	42
3.1.3. Tipo de la investigación	42
3.1.4. Diseño de la investigación	43
3.2. Ámbito temporal y espacial.....	43
3.2.1. Ámbito temporal.....	43
3.2.2. Ámbito espacial.....	43
3.3. Variables.....	44
3.3.1. Variables Independientes	44
3.3.2. Variables Dependientes	44
3.3.3. Operacionalización de Variables	44
3.4. Población y muestra.....	47
3.4.1. Población	47
3.4.2. Muestra	48
3.5. Instrumentos	49
3.5.1. Ensayos de agregados.....	49
3.5.2. Ensayos de concreto	50
3.6. Procedimientos	50
3.6.1. Parámetros para ejecutar las proporciones de mezclas.....	50
3.6.2. Pruebas al concreto permeable endurecido	60

3.7. Análisis de datos	66
3.7.1. Resistencia a la compresión (N.T.P. 339.034).....	67
3.7.2. Tolerancia a la flexión (N.T.P. 339.078)	68
3.7.3. Permeabilidad (ACI PRC – 522)	70
3.8. Consideraciones éticas.....	71
IV. RESULTADOS	73
4.1. Prueba de tolerancia a la fuerza de compresión (N.T.P. 339.034)	73
4.1.1. Evaluación estadística de los resultados de tolerancia a la compresión	73
4.2. Prueba de tolerancia a la flexión (N.T.P. 339.078)	77
4.3. Análisis de infiltración (ACI 522R-10).....	78
4.4. Evaluación de áreas de lluvia y aporte hídrico al pavimento	79
4.4.1. Área de captación de lluvia en la vía pública.....	79
4.4.2. Aporte de escorrentía desde viviendas adyacentes.....	80
4.4.3. Factores de seguridad en la estimación del aporte hídrico	81
4.5. Análisis de la precipitación máxima en 24 horas y demanda de drenaje	82
4.5.1. Determinación del volumen de precipitación máxima en 24 horas	83
4.5.2. Capacidad de infiltración del concreto permeable y demanda de drenaje.....	84
4.6. Diseño y propuesta de secciones transversales del pavimento permeable	85
4.6.1. Criterios de diseño.....	85
4.6.2. Propuesta N°01: Drenaje longitudinal central con drenaje transversal al final de la vía.....	86
4.6.3. Propuesta N°02: Drenaje pluvial con concreto permeable en ambos bordes de la vía y drenaje transversal al final	89
4.6.4. Propuesta N°03: Drenajes transversales distribuidos a lo largo de la vía.....	91
4.6.5. Propuesta N°04: Sistema mixto con drenaje longitudinal y transversales	93

4.7. Cálculo del área mínima de concreto permeable.....	97
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	99
5.1. Resistencia a la compresión del concreto permeable	99
5.2. Resistencia a la flexión del concreto permeable.....	103
5.3. Desempeño hidráulico del concreto permeable.....	105
5.4. Evaluación del sistema de drenaje propuesto	108
VI. CONCLUSIONES.....	110
VII. RECOMENDACIONES	113
VIII. REFERENCIAS.....	116
IX. ANEXOS.....	119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación b/b ₀ según el contenido de finos de la proporción de mezcla	34
Tabla 2. Exigencias mínimas de factor de ruptura según la tipología superficial	40
Tabla 3. Exigencias mínimas de tolerancia a la compresión según la tipología superficial	40
Tabla 4. Matriz de operacionalización de variables.....	45
Tabla 5. Distribución proyectada de la población de especímenes	48
Tabla 6. Total de especímenes según los ensayos realizados	49
Tabla 7. Cualidades de la grava para las proporciones de mezcla.....	50
Tabla 8. Cualidades del árido grueso para las proporciones de mezcla.....	51
Tabla 9. Propiedades del material cementante para los diseños de mezclas	52
Tabla 10. Parámetros para los diseños de mezcla.....	53
Tabla 11. Relación b/b ₀ volumen seco de A.G. compactado por volumen unitario de concreto	54
Tabla 12. Dosificaciones en volumetría de los diseños de concreto poroso.....	59
Tabla 13. Resultados de tolerancia a la fuerza de compresión (Kg/cm ²).....	73
Tabla 14. Cifras de los índices de fluctuación para concreto	74
Tabla 15. Valores de los coeficientes de variación para los diseños realizados	74
Tabla 16. Valores de los coeficientes de variación luego del descarte de muestras	75
Tabla 17. Resultados de la resistencia a compresión simple según edades de la muestra.....	76
Tabla 18. Resultados del índice de ruptura (Kg/cm ²)	78
Tabla 19. Valores de los factores de infiltración K (cm/s)	78
Tabla 20. Volumen de precipitaciones presentadas en la ciudad de huaraz en los últimos 5 años.	83
Tabla 21. Características de las propuestas de drenaje	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sección típica de un sistema de pavimento de concreto permeable.....	23
Figura 2. Rodillo de acero para compactación de pavimento drenante	26
Figura 3. Mantenimiento del pavimento poroso	28
Figura 4. Dispositivo de permeabilidad con presión variable.....	31
Figura 5. Correlación entre el índice de vacíos y la tolerancia a la compresión.....	32
Figura 6. Correlación entre la tasa de vacíos y la tolerancia a la flexión	33
Figura 7. Vínculo entre el porcentaje de espacios vacíos y el nivel de infiltración.....	33
Figura 8. Correlación entre el índice de espacios vacíos y el índice A/C.....	35
Figura 9. Proporciones de mezclas propuestos en la investigación	47
Figura 10. Inspección de la cantera de materiales pétreos.....	50
Figura 11. Muestra de arena gruesa	51
Figura 12. Producción de mezclas de concreto poroso según las dosificaciones obtenidas....	59
Figura 13. Probetas de concreto permeable	61
Figura 14. Vigas de concreto permeable.....	63
Figura 15. Permeámetro con carga variable	64
Figura 16. Especímenes de concreto poroso y permeámetro de carga variable	66
Figura 17. Prueba de tolerancia a la fuerza de compresión	68
Figura 18. Prueba de tolerancia a la flexión en la viga para determinar el MR (Kg/cm ²).....	69
Figura 19. Ensayo de infiltración para obtener el índice de infiltración K (cm/s).....	71
Figura 20. Relación de la tolerancia a la compresión (Kg/cm ²) y duración de curado (días).77	77
Figura 21. Sección transversal del ancho de vía propuesto para el estudio.....	79
Figura 22. Vista en planta del aporte de esorrentía de viviendas adyacentes a la vía.....	80
Figura 23. Vista en planta del aporte hídrico de calles aledañas a la vía principal	81
Figura 24. Secciones transversales del sistema de drenaje – Propuesta N°01.....	87
Figura 25. Vista en planta del sistema de drenaje – Propuesta N°01	87
Figura 26. Secciones transversales del sistema de drenaje – Propuesta N°02.....	89
Figura 27. Vista en planta del sistema de drenaje – Propuesta N°02	90
Figura 28. Secciones transversales del sistema de drenaje – Propuesta N°03.....	92
Figura 29. Vista en planta del sistema de drenaje – Propuesta N°03	92
Figura 30. Secciones transversales del sistema de drenaje – Propuesta N°04.....	94
Figura 31. Vista en planta del sistema de drenaje – Propuesta N°04	95

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo desarrollar una mezcla óptima de concreto permeable para pavimentos urbanos en Huaraz, evaluando su resistencia mecánica y capacidad de infiltración como alternativa sostenible de gestión pluvial. Se formularon diseños de mezcla variando el contenido de agregado fino y se realizaron ensayos de compresión, flexión e infiltración siguiendo las normas NTP y ACI PRC-522. Los resultados mostraron que las mezclas con 15% y 20% de agregado fino lograron el mejor equilibrio entre resistencia y permeabilidad. Se obtuvieron resistencias a la compresión de 254.45 y 337.70 kg/cm², superiores al f'_c mínimo de 210 kg/cm² exigido para pavimentos rígidos. En resistencia a la flexión, los valores de 53.70 y 60.30 kg/cm² cumplieron con el requisito de 45 kg/cm² para vías arteriales. En términos hidráulicos, las tasas de infiltración de 1.44 y 0.78 cm/s superaron el rango recomendado por la ACI (0.20–0.54 cm/s), garantizando un drenaje eficiente. El análisis hidrológico para la ciudad de Huaraz, considerando una precipitación máxima de 35.8 mm/24h, determinó que se requiere al menos 72.21 m² de concreto permeable por cada 100 m de vía (10% del área pavimentada) para infiltrar el escurrimiento en menos de 10 minutos. Entre las configuraciones evaluadas, la Propuesta N° 01 (drenaje longitudinal central con drenaje transversal al final de la vía) y la Propuesta N° 02 (drenaje pluvial con concreto permeable en ambos bordes de la vía y drenaje transversal al final) resultaron más eficientes, con tiempos de evacuación de 7.72 y 4.44 minutos. En conclusión, el concreto permeable constituye una alternativa viable para la gestión pluvial urbana en Huaraz y se recomienda su incorporación en la normativa nacional.

Palabras clave: concreto permeable, drenaje urbano, resistencia mecánica, pavimentos sostenibles.

Abstract

The objective of this study was to develop an optimal permeable concrete mix for urban pavements in Huaraz, evaluating its mechanical strength and infiltration capacity as a sustainable stormwater management alternative. Mix designs were developed with varying fine aggregate content, and compression, flexural, and infiltration tests were performed according to NTP and ACI PRC-522 standards. The results showed that mixtures with 15% and 20% fine aggregate achieved the best balance between strength and permeability. Compressive strengths of 254.45 and 337.70 kg/cm² were obtained, exceeding the minimum f_c of 210 kg/cm² required for rigid pavements. In flexural strength, values of 53.70 and 60.30 kg/cm² met the 45 kg/cm² requirement for arterial roads. In hydraulic terms, infiltration rates of 1.44 and 0.78 cm/s exceeded the ACI recommended range (0.20–0.54 cm/s), ensuring efficient drainage. The hydrological analysis for the city of Huaraz, considering a maximum rainfall of 35.8 mm/24 h, determined that at least 72.21 m² of pervious concrete is required for every 100 m of road (10% of the paved area) to infiltrate runoff in less than 10 minutes. Among the configurations evaluated, Proposal No. 01 (central longitudinal drainage with transverse drainage at the end of the road) and Proposal No. 02 (storm drainage with pervious concrete on both edges of the road and transverse drainage at the end) were the most efficient, with evacuation times of 7.72 and 4.44 minutes. In conclusion, pervious concrete constitutes a viable alternative for urban stormwater management in Huaraz and its incorporation into national regulations is recommended.

Keywords: permeable concrete, urban drainage, mechanical resistance, sustainable pavements.

I. INTRODUCCIÓN

El concreto permeable se presenta como una alternativa sostenible y eficiente para enfrentar los desafíos de la gestión del agua en entornos urbanos, al favorecer la infiltración en el subsuelo, reducir el riesgo de inundaciones y contribuir a la mejora de la calidad del recurso hídrico.

En el contexto peruano, su aplicación ha crecido de manera progresiva en proyectos de infraestructura como aceras, estacionamientos, ciclovías, plazas y parques, respondiendo a la necesidad de mitigar problemas asociados al escurrimiento superficial. Además de sus beneficios ambientales, el concreto permeable puede generar ahorros a largo plazo en costos de mantenimiento al evitar encharcamientos y deformaciones en la superficie.

Sin embargo, su desempeño depende de un adecuado proceso constructivo y, sobre todo, de un diseño de mezcla que logre un equilibrio entre la permeabilidad y la resistencia mecánica en compresión y flexión. Este aspecto constituye el principal reto para garantizar su durabilidad y funcionalidad en condiciones urbanas.

En este marco, el presente estudio tiene como finalidad desarrollar y evaluar diseños de mezcla de concreto permeable para pavimentos urbanos, tomando como referencia la normativa ACI PRC-522. El objetivo es determinar una composición que asegure un drenaje eficiente del agua pluvial en la capa de rodadura, mejorando la gestión del escurrimiento en la ciudad de Huaraz y contribuyendo a la sostenibilidad de la infraestructura urbana.

1.1. Descripción y formulación del problema

1.1.1. Descripción del problema

En el contexto actual, el mundo se encuentra frente al desafío del cambio climático, manifestado en alteraciones de la temperatura terrestre, elevación de los niveles oceánicos y un

incremento en la recurrencia y magnitud de eventos naturales, especialmente lluvias prolongadas e intensas.

Durante el año 2023, el país se vio afectado por el Ciclón Yaku, dejando una huella devastadora. Las intensas precipitaciones registradas en varias ciudades evidenciaron la falta de una infraestructura urbana de drenaje capaz de hacer frente a eventos meteorológicos de enorme envergadura. La comunidad huaracina no está ajena a esta situación, ya que continuamente enfrenta problemas significativos de anegamientos en múltiples vías debido a las lluvias prolongadas e intensas. El crecimiento en el caudal previsto está llevando al colapso de los sistemas de alcantarillado pluvial, impactando la movilidad de las personas al inundar completamente los pavimentos. La falta de medidas para controlar los efectos del cambio climático augura un aumento continuo en los daños a las calles pavimentadas, provocando deformaciones, agrietamientos, filtraciones de agua y la aparición de baches en las vías.

Para abordar este desafío, se propone un proyecto de investigación que implementa la aplicación de concreto drenante en pavimentos gestionando el escurrimiento pluvial. Al posibilitar el ingreso del recurso hídrico filtrándose por medio de sus poros, el concreto poroso ofrece un control y evacuación más eficientes de las aguas de precipitaciones, dando lugar a un sistema de evacuación de aguas óptimo. Contrariamente al concreto convencional, el concreto poroso exhibe resistencia a la intemperie, evitando la formación de baches y proporcionando una tracción mejorada incluso durante lluvias intensas. Este enfoque innovador busca mejorar la infraestructura urbana de Huaraz y mitigar los impactos adversos de eventos climáticos en la ciudad.

1.1.2. Formulación del problema

Los desafíos planteados exigen la realización de pruebas y análisis exhaustivos en los diseños propuestos, con el objetivo de evaluar su capacidad de soporte bajo compresión,

tolerancia a la flexión y capacidad de infiltración. Los análisis resultan fundamentales para determinar la configuración de mezclas ideal que satisfaga las condiciones esenciales para su aplicación prevista. Este estudio en particular se enfoca en abordar las consecuentes problemáticas clave:

1.1.2.1. Problema general. ¿El diseño de mezclas de concreto permeable para pavimentos urbanos puede garantizar la resistencia estructural y la capacidad de infiltración necesarias para mejorar la gestión del drenaje pluvial en la ciudad de Huaraz?

1.1.2.2. Problemas específicos.

- ¿Cuál de los diseños de mezcla propuestos para una vía rígida permeable cumple con los requisitos de resistencia a la compresión establecidos para su aplicación?
- ¿Cuál de los diseños de mezcla propuestos para una vía rígida permeable cumple con los requisitos de resistencia a la flexión establecidos para su aplicación?
- ¿Cuál de los diseños de mezcla propuestos para una vía rígida permeable cumple con los valores mínimos de capacidad de infiltración exigidos para su aplicación?
- ¿Cuál de las propuestas de secciones transversales de pavimento permeable garantiza una evacuación eficiente del volumen de agua generado por la precipitación máxima en 24 horas en un tiempo menor a 10 minutos en la ciudad de Huaraz?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes Nacionales

Martell y Rojas (2019) desarrollaron una investigación experimental con foco en el efecto del aditivo Chema Megaplast en el concreto permeable, empleando agregados extraídos de la cantera El Milagro (Trujillo). El diseño de mezcla incluyó 5% de agregado fino, una relación agua/cemento controlada y 0.9% en peso de aditivo Chema Megaplast respecto al cemento. Se elaboraron 30 probetas y se realizaron ensayos para determinar resistencia a compresión, coeficiente de permeabilidad, así como propiedades propias de los agregados: tamaño nominal, peso específico, peso unitario (suelto y compactado) y absorción. Los resultados mostraron una resistencia promedio de 172 Kg/cm² (16.8 MPa) a los 28 días de curado; sin embargo, no alcanzó la meta de 210 Kg/cm² establecida. Se obtuvo un coeficiente de permeabilidad promedio de 0.77 cm/s, valor compatible con el rango del ACI 522R-10. Las propiedades de los agregados incluyeron tamaño máximo nominal de 1/2", peso específico de 2.60 g/cm³, peso unitario suelto de 1.27 g/cm³, peso unitario compactado de 1.31 g/cm³ y absorción de 0.76%. Se concluyó que la mezcla con ese porcentaje de aditivo y agregado fino mostró cohesión adecuada e infiltración efectiva, aunque no logró la resistencia esperada, lo que indica que los aditivos y diseño podrían requerir optimización para alcanzar los parámetros estructurales ideales.

Castillo y Trujillo (2019) desarrollaron un estudio experimental orientado a evaluar las propiedades del concreto permeable con adición de tiras de plástico reciclado (polietileno de baja densidad) para su aplicación en pavimentos rígidos en el distrito de Pariacoto, Áncash. El diseño de mezcla se elaboró siguiendo la metodología del ACI 522R-10, empleando gradación huso 67, relación agua/cemento de 0.35, 10 % de agregado fino y un contenido de vacíos de 17.4 %. Se conformaron cuatro grupos de prueba, incorporando tiras de plástico reciclado en proporciones de 0.075 %, 0.10 % y 0.125 % en peso de la mezcla. Las propiedades evaluadas

fueron resistencia a la compresión, permeabilidad y contenido de vacíos. Los resultados mostraron resistencias comprendidas entre 168.5 kg/cm² y 205.6 kg/cm², donde el valor mínimo estuvo por debajo de la resistencia de diseño (175 kg/cm²), mientras que el máximo superó dicha expectativa. Respecto a la capacidad hidráulica, el coeficiente de permeabilidad obtenido fue de 0.507 cm/s, valor superior a la intensidad de lluvia de diseño determinada en el estudio hidrológico, demostrando así la eficacia del concreto permeable con adición de plástico reciclado para responder a eventos pluviales en la zona de estudio.

Cruz y Arana (2021) realizaron una investigación experimental aplicada cuyo objetivo fue evaluar la variación de la resistencia mecánica del concreto permeable ordinario frente a concretos permeables mejorados mediante la incorporación de un aditivo superplastificante y ajustes en la relación agua/cemento (*a/c*). Se elaboraron cinco diseños de mezclas, incluyendo un diseño patrón sin aditivo, siguiendo la metodología del ACI 522R-10. Las relaciones *a/c* exploradas estuvieron en el rango 0.266 a 0.380, y se prepararon probetas cilíndricas y prismáticas para cada diseño. Se midieron varias propiedades: resistencia a la compresión, módulo de rotura (flexión), permeabilidad, peso unitario y contenido de vacíos. Los concretos con superplastificante alcanzaron resistencias a la compresión entre 21.3 y 25.5 MPa, valores claramente superiores a los del diseño patrón y también a los exigidos por la Norma CE para pavimentos urbanos (≥ 17 MPa). El módulo de rotura osciló entre 3.95 y 5.15 MPa, también superiores a los valores de referencia. En términos de infiltración, las tasas obtenidas estuvieron entre 2.94 y 3.97 mm/s, dentro del rango recomendado por el ACI 522R-10. Se concluye que la incorporación de aditivo superplastificante, junto con el ajuste de la relación *a/c*, mejora tanto la resistencia mecánica como la permeabilidad del concreto permeable, lo que favorece su aplicabilidad eficiente en pavimentos urbanos.

1.2.2. Antecedentes Internacionales

Sanjaya et al. (2021) condujeron un estudio cuantitativo-experimental cuyo propósito fue analizar la influencia del porcentaje de árido fino y el método de compactación sobre la resistencia a compresión, permeabilidad y porosidad del concreto permeable. Utilizaron mezclas con 15 %, 20 % y 25 % de agregado fino, una relación agua/cemento (w/c) de 0.30, 360 kg/m³ de cemento y aditivo del 2.8 % en peso. Las compactaciones se realizaron mediante varillado y vibrador de concreto. Se prepararon probetas cilíndricas que fueron evaluadas conforme a normas ASTM (para compresión y porosidad) y ACI (para permeabilidad). Los resultados mostraron que la resistencia máxima alcanzó 13.10 MPa (131 kg/cm²) en la mezcla con 25 % de agregado fino. La permeabilidad varió entre 0.053 cm/s y 1.192 cm/s, mientras que la porosidad osciló entre 2.26 % y 41.08 %. Estos hallazgos demuestran cómo el porcentaje de finos y el método de compactación condicionan el balance hidráulico-estructural del concreto permeable.

Kich et al. (2022) ejecutaron una investigación experimental orientada a evaluar cómo la adición de fibras monofilamento de polipropileno afecta comportamiento hidráulico y mecánico de concretos permeables para tráfico ligero. Se probaron tres mezclas iniciales para seleccionar la mezcla de referencia: 1:3 (sin arena, w/c=0.32), 1:4 (10 % de arena gruesa, w/c=0.35) y 1:5 (10 % arena, w/c=0.35). Tras elegir la mezcla 1:4 como referencia, se añadieron fibras a 600, 1.800 y 3.000 g/m³ y se ensayaron la permeabilidad (coeficiente k), resistencia a compresión y resistencia en flexo tracción (tensión por flexión). Resultados prácticos y numéricos (como los reporta el autor): la permeabilidad de las mezclas iniciales fue alta (1:3 con 0.067 m/s; 1:4 con 0.040 m/s; 1:5 con 0.033 m/s). Con fibras: 600 g/m³ mantuvo $k \approx 0.040$ m/s, mientras que 1.800 g/m³ y 3.000 g/m³ redujeron el coeficiente k a 0.028 m/s y 0.025 m/s, respectivamente (las fibras tienden a agrupar áridos y reducir vacíos abiertos). En compresión, la mezcla 1:4 inicial mostró valores alrededor de 7–8 MPa, y la adición de 600

g/m^3 aumentó la resistencia hasta 12.85 MPa; 1.800 g/m^3 dio 9.03 MPa y 3.000 g/m^3 mostró resultados dispersos e incluso menores a 5.8 MPa. Por tanto, hubo un óptimo de dosificación de fibras: dosis bajas pueden mejorar rigidez/tenacidad sin sacrificar permeabilidad; dosis altas empeoran por efecto de aglomerado.

Al-Madi (2024) ejecutó un estudio de tesis doctoral con un enfoque aplicado para lograr concreto permeable de alta resistencia sin perder permeabilidad. El autor desarrolló y comparó numerosas mezclas (incluyendo variaciones en proporciones, tipos/ tamaños de áridos y la incorporación de materiales cementicios suplementarios como escoria, ceniza volante y sílice activa). Probetas se ensayaron para densidad, porosidad, permeabilidad, compresión y resistencia al congelamiento/descongelamiento. Se reportó una mezcla optimizada con proporciones (cemento: arena: árido: agua) $\approx 1: 1: 6: 0.45$ que alcanzó compresiones del orden de 29.3 MPa (243.7 Kg/cm²) y una permeabilidad de 7.37 cm/s. Además, la tesis documentó cómo el uso de materiales cementicios y la selección granulométrica permiten aumentar la resistencia sin sacrificar totalmente la conectividad de vacíos.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

La meta primordial del presente estudio es evaluar cómo el diseño adecuado de concreto permeable en pavimentos puede optimizar el sistema de drenaje en la ciudad de Huaraz, desarrollando una composición de mezcla eficiente que contribuya a la gestión del escurrimiento pluvial.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar qué diseño de mezcla de concreto permeable cumple con los requisitos de resistencia a la compresión establecidos, mediante ensayos conforme a la N.T.P. 339.034.

- Determinar qué diseño de mezcla de concreto permeable cumple con los requisitos de resistencia a la flexión establecidos, mediante ensayos conforme a la N.T.P. 339.078.
- Evaluar la capacidad de infiltración de los diseños de mezcla de concreto permeable, mediante ensayos conforme a la norma ACI PRC - 522 utilizando un permeámetro de carga variable.
- Evaluar la eficiencia de las cuatro propuestas de secciones transversales de pavimento permeable para identificar cuál garantiza la evacuación del volumen de agua generado por la precipitación máxima en 24 horas en un tiempo menor a 10 minutos en la ciudad de Huaraz.

1.4. Justificación

La presente investigación se justifica en la necesidad de introducir y evaluar un tipo de pavimento permeable poco convencional en el contexto peruano, con el fin de ampliar el conocimiento sobre su rendimiento y viabilidad. La aplicación de pavimentos con capacidad de infiltración en vías locales representa una alternativa innovadora que puede generar beneficios tanto técnicos como sociales.

Desde el punto de vista social, el uso de concreto permeable no solo contribuye a reducir el riesgo de accidentes viales, sino que también ayuda a prevenir problemas de salud relacionados con el agua estancada. En el aspecto técnico, el estudio busca determinar si las mezclas de concreto propuestas cumplen con los criterios de resistencia establecidos en el CE.010 Pavimentos Urbanos y con los estándares de infiltración definidos en la norma ACI PRC-522.

En el caso particular de la ciudad de Huaraz, donde las precipitaciones intensas superan la capacidad de los sistemas de drenaje convencionales, esta investigación responde a la

necesidad de contar con soluciones constructivas más eficientes y sostenibles para la gestión del agua pluvial. Por ello, se espera que los resultados aporten evidencia técnica que sustente la implementación de pavimentos permeables como una opción viable en la infraestructura urbana, contribuyendo al bienestar de la población y al desarrollo sostenible de la ciudad.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

Los diseños de concreto permeable con un contenido de agregado fino entre el 15% y el 20% optimizan el sistema de drenaje en la ciudad de Huaraz, logrando un equilibrio entre resistencia mecánica y capacidad de infiltración.

1.5.2. Hipótesis Específicas

- Las mezclas de concreto permeable con 15% y 20% de agregado fino cumplen con los estándares de resistencia a la compresión establecidos en la N.T.P. 339.034 para su aplicación en pavimentos rígidos permeables.
- Las mezclas de concreto permeable con 15% y 20% de agregado fino cumplen con los estándares de resistencia a la flexión establecidos en la N.T.P. 339.078 para su aplicación en pavimentos rígidos permeables.
- Las mezclas de concreto permeable con 5% y 10% de agregado fino cumplen con los valores mínimos de capacidad de infiltración establecidos en la norma ACI PRC-522, garantizando su aplicación en pavimentos rígidos permeables.
- Al menos una de las propuestas de secciones transversales de pavimento permeable permite evacuar en menos de 10 minutos el volumen de agua generado por la precipitación máxima en 24 horas en la ciudad de Huaraz.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. *Conceptualización de Concreto Permeable*

El concreto permeable desarrollado con agregados de 4.75–9.5 mm y una porosidad de diseño del 15 % presentó resistencias a compresión del orden de 25.2–27.2 MPa y resistencias a flexión entre 3.7 y 4.1 MPa, condiciones alcanzadas con una relación agua/cemento entre 0.26 y 0.30. El aumento en la porosidad resultó en una reducción de la resistencia mecánica al incrementarse el tamaño del agregado. (Mora et al., 2019)

El concreto permeable, típicamente compuesto por cemento portland, árido grueso, poco o ningún agregado fino, aditivos y agua, genera una estructura consolidada con poros conectados de entre 2 y 8 mm, un contenido de vacíos del 15 % al 35 % y resistencias a compresión de aproximadamente 2.8 a 28 MPa (400–4000 psi). Este sistema reduce eficazmente el escurrimiento urbano, mejora la calidad del agua, recarga acuíferos y contribuye a mitigar el efecto de isla de calor urbano, lo que lo posiciona como un material sostenible de alto valor en proyectos de pavimentación. (American Concrete Institute [ACI], 2023).

2.1.2. *Constituyentes del Concreto Permeable*

2.1.2.1. Materiales Cementantes. En el concreto poroso, los elementos cementantes utilizados son análogos a los empleados en el concreto convencional, destacando el material cementante portland, el aglomerante puzolánico y ligante hidráulico de escoria. Estos materiales desempeñan un papel crucial al conferir la resistencia y durabilidad esenciales al material permeable (American Concrete Pavement Association [ACPA], 2021).

2.1.2.2. Agregados. Estos elementos empleados en el concreto permeable guardan similitud con aquellos utilizados en el concreto convencional, incluyendo la grava, arena y piedra triturada. La granulometría de estos agregados emerge como un elemento crucial en la

permeabilidad del concreto. En términos generales, se favorece el uso de agregados de mayor tamaño para facilitar una mayor permeabilidad en la estructura del concreto (ACI, 2023).

2.1.2.3. Agua Potable. La relación agua/cemento en el concreto drenante puede variar según diversos factores, como categoría de material granular, la variedad del conglomerante y la proporción de aditivos empleados, entre otros. En general, se busca mantener una relación agua – material cementante bajo para garantizar la debida tolerancia y vida útil del concreto drenante. Las proporciones agua - cemento (a/c) en los concretos drenantes suelen ser moderadamente reducidas, oscilando comúnmente en el rango de 0.26 a 0.40. Este enfoque contribuye a la obtención de concretos permeables con características óptimas de resistencia y durabilidad (ACI, 2023).

2.1.2.4. Aditivos. Las proporciones apropiadas de aditivo en el concreto permeable pueden variar según el tipo de aditivo empleado, las características específicas del proyecto y las necesidades del cliente. En líneas generales, se busca emplear la cantidad justa de aditivo incrementar la trabajabilidad y durabilidad del concreto drenante, sin comprometer significativamente su porosidad y permeabilidad. En una investigación desarrollada por Nazeer et al. (2022) sobre concreto permeable con distintos aditivos superplastificantes, se aplicó una dosificación de aditivo equivalente al 0.4% del peso del material cementante, destacando la importancia de un enfoque armonizado en la incorporación de aditivos para optimizar las cualidades del concreto poroso.

2.1.3. Construcción y aplicaciones del Concreto Permeable

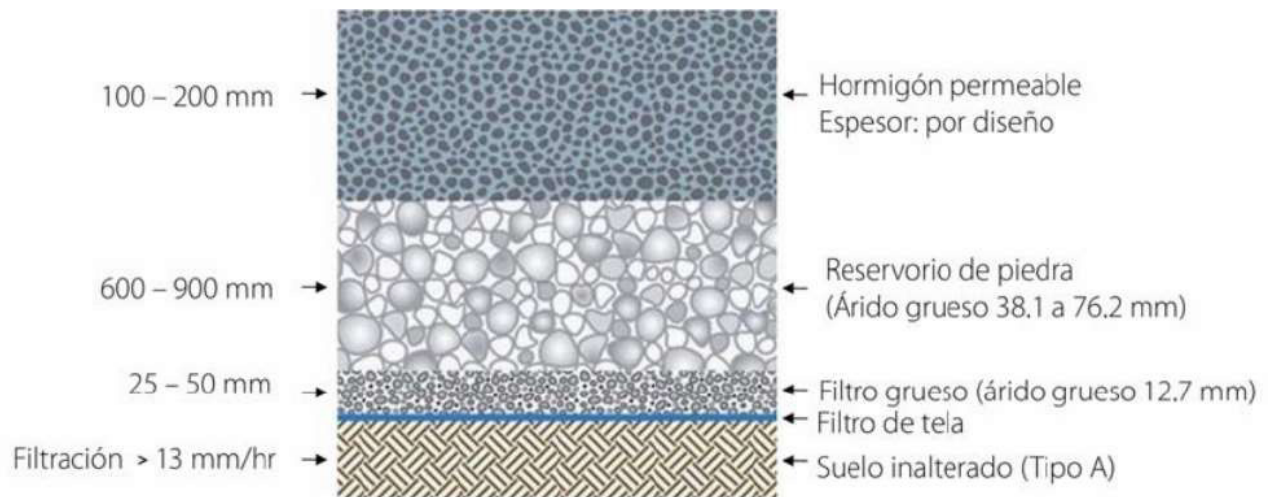
El concreto drenante, al permitir el paso del agua por medio de su estructura, se presenta como una propuesta de desarrollo sostenible y de bajo impacto con el medio ambiente en comparación con el concreto convencional. Por lo tanto, es fundamental que quienes diseñen, ejecuten y supervisen actividades que involucren el uso de este material tengan un

conocimiento profundo de sus aplicaciones, poniendo especial énfasis en los siguientes aspectos clave:

2.1.3.1. Sección típica y espesor de Pavimento Poroso. El perfil de sección común de un sistema de concreto drenante consta de los siguientes componentes: una capa de rodadura de concreto drenante, un reservorio de piedra, un filtro grueso, un filtro de tela o geosintético, y el suelo inalterado.

Figura 1

Sección típica de un sistema de pavimento de concreto permeable



Nota. Esta figura ilustra las capas y espesores típicos para un pavimento drenante. Adaptado de *Stormwater management with pervious concrete*, 2019, por American Concrete Pavement Association.

Para la superficie de rodadura, generalmente se sugiere un ancho de 15 cm, que ofrece una resistencia adecuada para estacionamientos en playas y caminos de acceso residenciales. Para calles de bajo volumen y caminos de entrada comerciales, se aconseja un espesor de entre 20 y 25 cm. Sin embargo, no se aconseja la implementación de pavimentos drenantes en calles de elevado volumen o en aquellos que recibirán tráfico vehicular pesado, ya que la fortaleza de

este diseño de concreto es limitada. De igual manera, en zonas donde las capas freáticas se encuentran a menos de 1 m de la superficie, o donde hay un flujo significativo de humedad proveniente de áreas circundantes más elevadas, no se recomienda el uso de concreto poroso.

Es fundamental diseñar el espesor del pavimento drenante, especialmente en el caso de pavimentos sometidos al tráfico vehicular. Es imprescindible tener en cuenta tanto las exigencias hidráulicas como las estructurales. El modelo concluyente debe cumplir con ambos criterios, asegurando que el ancho del pavimento soporte la fuerza del tráfico y satisfaga los parámetros hidráulicos al mismo tiempo. Entre los dos diseños, se debe optar por el que presente el mayor espesor.

En el diseño hidráulico, es crucial considerar el volumen esperado de precipitación y la tasa de penetración del agua en el suelo. Es necesario designar un acontecimiento pluvial representativo de la región, incluyendo su extensión temporal e intervalo de recurrencia. No obstante, el factor clave en el modelo hidráulico es el índice de penetración del agua en el suelo, ya que esta determina el flujo de escorrentía superficial. Para que un pavimento drenante funcione eficazmente, el sustrato debe exhibir una tasa de absorción de agua adecuada. Los sustratos granulares y áridos, que absorben agua con celeridad, cumplen con este requisito, a diferencia de los suelos que contienen arcilla. En cuanto al diseño estructural, el espesor del pavimento drenante puede determinarse utilizando los procedimientos establecidos por el ACI 330R, ACI 325.9R, ACI 325.12R, AASHTO o PCA.

2.1.3.2. Construcción de Pavimento Poroso. Aunque cualquier contratista de concreto convencional puede suministrar concreto poroso, debido a sus características especiales, es fundamental contar con un contratista especializado y experimentado. Esto se debe a que no es un recurso constructivo habitualmente utilizado en todas las áreas geográficas. Al ejecutar pavimentos con el uso de este material, es preciso prestar atención a los siguientes detalles:

A. Acondicionamiento de la subrasante. Para poner en marcha la construcción del estrato subrasante, se debe realizar un muestreo del suelo en el sitio del proyecto y someterlo a la determinación de la tasa de absorción y capacidad de soporte. El grado de consolidación del estrato subrasante se adaptará a la composición del terreno y debe alcanzar entre el 90% y el 95% de la densidad especificada por el código AASHTO T 180; un aumento en la densidad de la subrasante puede reducir su capacidad de drenaje. El estrato subrasante no debe presentar irregularidades, estar con exceso de humedad, saturada o en estado de congelación al iniciar su instalación. Con anterioridad a la colocación del concreto drenante, la subrasante debe ser humedecida. Una subrasante excesivamente húmeda puede reducir la resistencia del pavimento y provocar fallas prematuras. A menudo se utilizan filtros de tela o geosintético para separar el terreno natural de las capas de piedra.

B. Acondicionamiento de la subbase. El concreto poroso que compone la capa de rodadura se suele colocar sobre una base y subbase conformadas por piedra, con el fin de definir una amplia subdivisión de vacíos que faciliten la penetración y retención de agua. En este caso, la subbase se compone por un filtro grueso, utilizando árido de 1/2" (12.7 mm) de tamaño, con un espesor que varía entre 2.5 y 5.0 cm, dependiendo de los requerimientos específicos del proyecto.

C. Acondicionamiento de la base. La base debe mantenerse saturada para prevenir que la base inferior del pavimento se deshidrate excesivamente expedito. La base o reservorio de piedra debe estar compuesta por árido grueso de 1 1/2" a 3" (38.1 a 76.2 mm), con un espesor que varía entre 60 y 90 cm, según los requisitos específicos del proyecto.

D. Vertido de concreto permeable. En virtud de la compacidad y composición granulosa del concreto drenante, el vaciado de la mezcla tiende a ser de manera más pausada en comparación con otros tipos de concreto. Por esta razón, es fundamental realizar la descarga

de manera acelerada y continua para evitar la segregación de los materiales y asegurar una distribución homogénea de la mezcla. Una vez que el concreto poroso ha sido colocado, se procede a nivelarlo utilizando una regla o tabla vibratoria. Este proceso permite obtener una superficie uniforme y compacta, asegurando que el concreto mantenga sus propiedades de permeabilidad y resistencia. Es importante realizar este paso con cuidado para evitar la formación de huecos o desniveles en la superficie.

E. Compactación de concreto permeable. La compactación del concreto drenante se realiza inmediatamente después del proceso de enrasado, utilizando un rodillo de tubo de acero. Este paso es crucial y debe llevarse a cabo aproximadamente 15 minutos después del vertido del concreto para evitar que la mezcla comience a endurecerse por la acción de la evaporación de agua. El rodillo requiere una fuerza de aplicación controlada, generalmente entre 4 y 7 toneladas por metro cuadrado (T/m^2), para asegurar una compactación adecuada sin comprometer la permeabilidad del concreto. Es fundamental que el rodillo cubra todo el ancho del pavimento de manera uniforme para garantizar que la superficie quede completamente compactada y nivelada, lo que contribuye a la durabilidad y rendimiento del pavimento permeable.

Figura 2

Rodillo de acero para compactación de pavimento drenante



Nota. Esta figura ilustra el proceso de compactación mediante el uso de rodillo de acero. Adaptado de *Control de calidad y colocación de concretos permeables* por López, 2010, tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México.

F. Compactación de concreto permeable. El punto final del proceso constructivo del concreto drenante es el curado, una etapa indispensable debido a la estructura de poros abiertos y la superficie texturizada de este tipo de concreto, que aumenta significativamente el potencial de evaporación. El objetivo del curado es permitir que el concreto adquiera su máxima capacidad de resistencia mediante un endurecimiento gradual, controlando de manera estable la evaporación de la humedad. El curado es crucial para garantizar la durabilidad y el rendimiento a largo plazo del concreto poroso. La norma ACI PRC-522 recomienda realizar el curado utilizando mantas de polietileno durante un período de 7 días. El proceso de curado debe comenzar en un lapso máximo de 20 minutos posteriores al vaciado del concreto para minimizar la pérdida de humedad y asegurar un endurecimiento adecuado. Cumplir con estas pautas es esencial para obtener un pavimento de concreto poroso que sea resistente y duradero.

2.1.3.3. Mantenimiento del Pavimento Poroso. Una vez finalizado el tiempo de curado, el concreto drenante está listo para funcionar de manera óptima con un mantenimiento mínimo. Sin embargo, es crucial implementar un programa de preservación regular con el propósito de impedir que la estructura drenante se tape con residuos, lo que podría comprometer su capacidad de permeabilidad. Para mantener la eficacia del concreto poroso, es recomendable aplicar agua a presión periódicamente. Este procedimiento ayuda a remover cualquier acumulación de residuos, tierra, plantas o cualquier otro elemento que pueda bloquear los vacíos y reducir la permeabilidad. El mantenimiento adecuado es esencial para prevenir la colmatación y conservar las propiedades beneficiosas del concreto poroso,

asegurando que continúe facilitando el drenaje del agua a través de su superficie y contribuya al control ambiental de escorrentía pluvial.

Figura 3

Mantenimiento del pavimento poroso



Nota. Esta figura ilustra el proceso de limpieza con agua a presión en pavimentos drenantes. Adaptado de *Control de calidad y colocación de concretos permeables* por López, 2010, tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México.

2.1.3.4. Aplicaciones del Concreto Permeable. Las aplicaciones del concreto poroso son variadas y destacan su versatilidad en distintos contextos. Algunas de las principales aplicaciones incluyen:

- **Pavimentación de calles y carreteras:** El concreto poroso es ideal para áreas urbanas y rurales, ya que mitiga la posibilidad de inundaciones al permitir el flujo del agua de lluvia se infiltre a través de sus poros. Esta característica no solo mejora la seguridad vial, sino que también promueve la regeneración de los acuíferos subterráneos, promoviendo una gestión sostenible del agua.

- **Estacionamientos:** Los estacionamientos contruidos con concreto permeable son altamente efectivos para reducir la escorrentía de agua de lluvia, lo que disminuye significativamente los riesgos de inundaciones. Además, ayudan a mitigar la sobrecarga en los sistemas de gestión de aguas pluviales, proporcionando una solución eficiente y ecológica.
- **Patios y áreas de recreación:** El concreto poroso es una opción óptima para patios y áreas recreativas, donde facilita el drenaje del agua y minimiza la formación de charcos y acumulaciones, creando espacios más seguros y cómodos para su uso.
- **Áreas verdes:** En aplicaciones como senderos y plazas dentro de áreas verdes, el concreto permeable favorece la imbibición del agua en el substrato, lo que lo erige como una alternativa ecológica y respetuosa con el entorno. Esto contribuye a la conservación del paisaje natural y al equilibrio del ecosistema.
- **Control de la erosión:** En zonas propensas a la erosión, como las orillas de ríos y arroyos, el concreto poroso desempeña un papel crucial al minimizar la escorrentía y ayudar a prevenir la erosión del suelo. Esta aplicación es especialmente útil en proyectos de conservación ambiental y en la protección de áreas vulnerables.

2.1.4. Propiedades del Concreto Permeable

Las cualidades del concreto drenante están sujetas a variaciones según la proporción de la mezcla, los elementos utilizados y las condiciones específicas del proyecto. Entre las propiedades más comunes, se destacan las siguientes:

2.1.4.1. Tolerancia a fuerza a la compresión. La capacidad a la compresión del concreto drenante varía mucho por la proporción de la mezcla, los materiales y las condiciones del proyecto. Generalmente, el concreto permeable exhibe una tolerancia a la compresión

inferior a la del concreto convencional debido a su alta porosidad y baja densidad. La American Concrete Institute sugiere que la tolerancia a la fuerza de compresión del concreto drenante se encuentre en el intervalo de 5 a 20 MPa, dependiendo de la aplicación y las cargas previstas. Sin embargo, es crucial reconocer que la tolerancia a la compresión no es la única propiedad relevante del concreto drenante. En muchas aplicaciones, la permeabilidad y la porosidad son propiedades esenciales y pueden ser más prioritarias que la capacidad a la compresión. Es relevante subrayar que la elección del concreto drenante no siempre se basa en su capacidad a la compresión. En aplicaciones como áreas verdes, senderos peatonales y estacionamientos, donde la capacidad de infiltración y la porosidad son críticas, el concreto poroso es una solución ecológica y respetuosa con el entorno, aunque su tolerancia a la compresión sea menor que la convencional.

2.1.4.2. Tolerancia a la flexión. La capacidad a la flexión del concreto drenante puede ser inferior a la del concreto convencional debido a su alta porosidad y baja densidad. Sin embargo, esta resistencia puede variar considerablemente según la proporción de la mezcla, los materiales y los parámetros del proyecto. En general, el concreto permeable se emplea principalmente en aplicaciones donde la tolerancia a la flexión no es un valor crítico, como en áreas verdes, senderos peatonales y estacionamientos. En estas situaciones, la permeabilidad y la porosidad adquieren mayor relevancia que la capacidad a la flexión. Contrariamente de la tolerancia a la compresión, la American Concrete Institute no proporciona una recomendación específica para la tolerancia a la flexión del concreto drenante. No obstante, algunos estudios sugieren que la tolerancia a la flexión del concreto drenante podría situarse en el intervalo de 1 a 5 MPa, dependiendo de los elementos y la proporción de la mezcla. Es fundamental destacar que, al igual que con la tolerancia a la compresión, la capacidad a la flexión no es la única cualidad determinante del concreto permeable. En muchas aplicaciones, la permeabilidad y la

porosidad son propiedades esenciales y pueden tener una prioridad superior a la capacidad a la flexión.

2.1.4.3. Capacidad de infiltración. La habilidad de drenaje es una de las cualidades más cruciales del concreto drenante. Este tipo de concreto facilita la permeación acuática a través de su trama porosa y capas, disminuyendo el flujo superficial y aumentando la recarga de agua subterránea. Esta característica lo posiciona como una solución popular y responsable para el manejo de la escorrentía pluvial en áreas urbanas. La tasa de infiltración del concreto drenante es susceptible a cambios según la proporción de la mezcla y los parámetros del sitio. La American Society of Civil Engineers sugiere que el índice de infiltración típica del concreto poroso oscila entre 100 y 480 litros por metro cuadrado por minuto ($l/m^2/min$). Sin embargo, factores adicionales, como la compactación del suelo subyacente y el mantenimiento adecuado del concreto permeable, también pueden influir en esta tasa. Es crucial destacar que la habilidad de drenaje del concreto permeable puede reducirse con el tiempo debido a la acumulación de sedimentos y otros materiales en sus poros y capas. Por tanto, se requiere un mantenimiento adecuado, como la limpieza regular, para preservar la facultad de porosidad del concreto drenante. La norma ACI PRC-522 propone el uso de un dispositivo de permeabilidad de presión variable para valorar el potencial de evacuación, como se ilustra en la siguiente figura.

Figura 4

Dispositivo de permeabilidad con presión variable



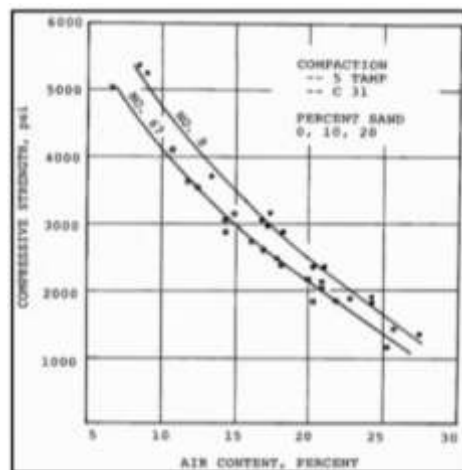
Nota. Esta figura ilustra un dispositivo de permeabilidad con presión gradiente diseñado para calcular la aptitud de drenaje del concreto poroso. Este dispositivo sigue la metodología establecida en el código ACI PRC-522 y sirve como una herramienta visual esencial para comprender el proceso de evaluación del drenaje en el concreto poroso. Adaptado de *Report on Pervious Concrete*, 2023, por American Concrete Institute.

2.1.5. Factores que influyen en el rendimiento del Concreto Permeable

2.1.5.1. Contenido de poros o contenido de aire. Según el código ACI PRC-522, la capacidad a la fuerza de compresión del concreto drenante se ve considerablemente influenciada por la relación de la estructura base y la intensidad de compactación en el momento de su disposición.

Figura 5

Correlación entre el índice de vacíos y la tolerancia a la compresión

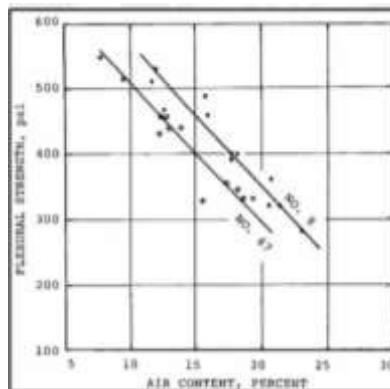


Nota. En esta figura se puede apreciar que para un porcentaje de poros del 10%, se obtienen capacidades estimadas de 4100 psi (288 Kg/cm²), y para un contenido de poros del 15%, se obtienen cerca de 3000 psi (210 Kg/cm²), y para un índice de vacíos del 20%, se alcanzan estimablemente 2100 psi (147 Kg/cm²). Adaptado de *Report on Pervious Concrete*, 2023, por American Concrete Institute.

Según la misma norma ACI PRC-522, tras una secuencia de ensayos de laboratorio, se determina que la tolerancia a la flexión del concreto drenante varía basado en el grado de vacíos contenido.

Figura 6

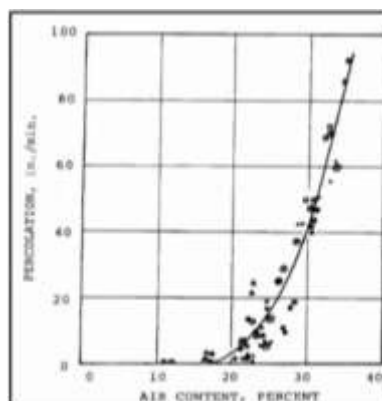
Correlación entre la tasa de vacíos y la tolerancia a la flexión



Nota. Se observa en esta figura que para un espacio de vacíos equivalente al 10%, se logra un factor de fractura alrededor de 510 psi (35 Kg/cm²), mientras que para un porcentaje de espacios vacíos del 15%, se alcanzan cerca de 400 psi (28 Kg/cm²), y para una tasa de vacíos del 20%, se obtienen alrededor de 290 psi (20 Kg/cm²). Adaptado de *Report on Pervious Concrete*, 2023, por American Concrete Institute.

Figura 7

Vínculo entre el porcentaje de espacios vacíos y el nivel de infiltración



Nota. Se observa en esta figura que la percolación en una mezcla de concreto poroso es muy reducida cuando el porcentaje de espacios vacíos de las muestras es inferior al 15%. El código ACI PRC-522 recomienda que las proporciones de dosificación de concreto drenante posean una tasa de vacíos mayor o igual al 15%, asegurando de esta forma un adecuado flujo del agua. Adaptado de *Report on Pervious Concrete, 2023*, por American Concrete Institute.

2.1.5.2. Contenido de agregado fino. Según el código ACI PRC-522 la relación entre la masa de la grava y la arena gruesa dependerá del N° de Huso de la piedra chancada y el porcentaje estimado de arena gruesa.

Tabla 1

Relación b/b0 según el contenido de finos de la proporción de mezcla

Porcentaje de Agregado Fino (%)	ASTM C33/C33M Size No. 8	ASTM C33/C33M Size No. 67
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

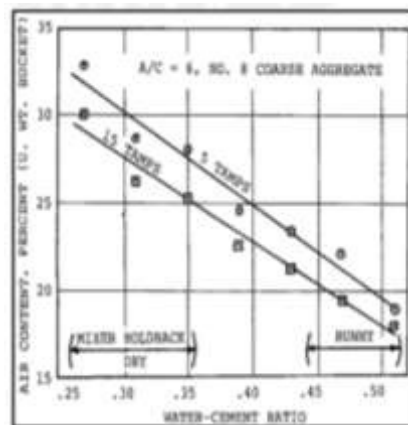
Nota. Atendiendo a la normativa ACI PRC-522, un leve incremento de proporción de arena se intensifica considerablemente la tolerancia a la flexión. Es necesario ejercer precaución al usar arena, ya que al colmar los vacíos e incrementar la solidez, impacta en la capacidad de drenaje. La tabla exhibe la correlación entre la masa de la grava y arena gruesa según el porcentaje de finos en proporción de la mezcla. Adaptado de *Report on Pervious Concrete, 2023*, por American Concrete Institute.

2.1.5.3. Factor agua – material cementante. El coeficiente A/C es crucial para alcanzar una apropiada tolerancia a la fuerza de compresión en el concreto poroso. Sin embargo, de acuerdo con el código ACI PRC-522, no es factible emplear el índice A/C hecho para el concreto convencional. Un coeficiente A/C elevado puede promover la viscosidad de

la pasta a través de los elementos, colmando los espacios vacíos entre ellos, mientras que una baja proporción de A/C puede ocasionar escasa cohesión entre los elementos, provocando inconvenientes en la maniobrabilidad del concreto drenante.

Figura 8

Correlación entre el índice de espacios vacíos y el índice A/C



Nota. En esta figura se evidencia que a medida que el contenido de espacios vacíos incrementa, se deberá tener en cuenta que el factor agua – material cementante (A/C) será menor, al igual que dependerá del nivel de compactación. Adaptado de *Report on Pervious Concrete*, 2023, por American Concrete Institute.

2.1.6. Aspectos Positivos y Negativos del empleo del Concreto Permeable

El concreto drenante posee beneficios y limitaciones en comparación con el convencional. A continuación, se describen las más destacadas:

2.1.6.1. Aspectos Positivos.

- **Gestión sostenible del agua:** El concreto drenante es altamente favorable para la gestión del agua, ya que permite la percolación de las precipitaciones directamente en el suelo, reduciendo significativamente el flujo superficial. Esta capacidad no solo promueve la revitalización de los mantos acuíferos, sino que también ayuda a

mitigar el arrastre de contaminantes como aceites y anticongelantes que, en superficies no permeables, son desplazados por la esorrentía pluvial hacia las infraestructuras de drenaje y cuerpos de agua, deteriorando el medio ambiente. En aplicaciones como estacionamientos, el concreto poroso promueve un uso más eficiente del suelo y facilita la depuración natural del agua, gracias a los vacíos de aire en su estructura que proporcionan un hábitat para bacterias aerobias capaces de descomponer una gran parte de estos contaminantes.

- Mitigación de la erosión y control de inundaciones: El concreto permeable juega un papel crucial en la reducción del flujo superficial de agua, lo que contribuye al control de la erosión edáfica y preserva la calidad del terreno circundante. Su trama rugosa proporciona suficiente adherencia para los vehículos, ayudando a prevenir el deslizamiento vehicular en situaciones climáticas desafiantes como lluvia o nieve. Además, al absorber el agua, el concreto poroso reduce la concentración acuosa en el estrato externo, minimizando significativamente el riesgo de inundaciones en áreas urbanas, lo que es vital para la seguridad y la infraestructura de las ciudades.
- Reducción de costos relacionados con el asfalto: En la actualidad, muchos proyectos de pavimentación están migrando de asfalto a pavimentos rígidos, como el concreto permeable, debido a los beneficios económicos a largo plazo. Las fluctuaciones en el valor del petróleo, que afecta el costo del asfalto, hacen que el concreto sea una opción más atractiva y sostenible. Aunque la inversión inicial puede ser más alta, la durabilidad y los menores costos de mantenimiento del concreto permeable compensan esta diferencia, resultando en una solución más económica y eficiente a largo plazo.

- **Mayor durabilidad:** Gracias a su estructura altamente porosa, el concreto permeable ofrece una vida útil más prolongada en contraposición con el concreto tradicional. Esta característica es particularmente importante en regiones con ciclos de congelación y descongelación, ya que la estructura porosa del concreto drenante permite que el agua se expanda y contraiga dentro de la estructura sin causar grietas o deterioro prematuro. Esta durabilidad se traduce en menos reparaciones y una mayor longevidad de las superficies pavimentadas.
- **Estética y reducción del calor:** El concreto permeable es extremadamente versátil desde un punto de vista estético, permitiendo su personalización en una amplia gama de patrones y colores para integrarse armoniosamente en entornos urbanos y crear superficies visualmente atractivas. Además, su color claro tiene la ventaja de reflejar más luz solar que los pavimentos tradicionales, lo que reduce la absorción de calor y coadyuva en la reducción del efecto de isla de calor. Este fenómeno, común en áreas urbanizadas, se asocia con el incremento de las temperaturas locales y un aumento en los niveles de ozono. La mayor reflectividad del concreto permeable no solo ayuda a mantener las ciudades más frescas, sino que también contribuye a la optimización de los costos de iluminación pública, mejorando la eficiencia energética.

2.1.6.2. Aspectos Negativos.

- **Tolerancia inferior:** Al cotejarlo con el concreto ordinario, el concreto poroso puede tener una tolerancia a la fuerza de compresión y a la flexión más baja debido a su alta porosidad y baja densidad. Esto puede limitar su aplicación en ciertos entornos que requieren una resistencia estructural significativa.

- **Mantenimiento:** El concreto permeable exige un mantenimiento más frecuente. La limpieza regular de los poros y la eliminación de sedimentos son necesarios para preservar su capacidad de infiltración. La falta de mantenimiento puede afectar negativamente su rendimiento a lo largo del tiempo.
- **Mayor costo:** La implementación del concreto permeable puede ser más costosa en contraste con el concreto tradicional. Este costo incrementado es debido a la inclusión de elementos específicos, como grava, arena gruesa y aditivos permeables, que son necesarios para lograr sus propiedades distintivas.

2.1.7. Caminos Locales y Superficies Singulares:

2.1.7.1. Calles Urbanas – Caminos Locales. En el contexto de pavimentos urbanos, los caminos locales son fundamentales en la admisión y la movilidad en áreas residenciales, comerciales e industriales. Según la Normativa CE.010 Pavimentos Urbanos, las arterias locales se definen como las destinadas a dar acceso directo a estas áreas y facilitar la circulación dentro de ellas (CE.010, 2010). La metodología de elección de los insumos para pavimentos locales es crucial para promover la perdurabilidad, la resistencia y la seguridad vial. En este contexto, el uso de concreto permeable puede ofrecer beneficios significativos, como la administración sustentable de los recursos hídricos y disminución de problemas asociados con el escurrimiento superficial. La investigación propuesta, que busca elaborar una combinación ideal de concreto poroso para superficies rígidas, se alinea con el interés de potenciar la calidad de los pavimentos urbanos, especialmente en vías locales. Evaluar la idoneidad de las mezclas propuestas según los estándares de resistencia, flexión y capacidad de infiltración contribuirá a confirmar si el concreto drenante es una opción viable para pavimentos locales en términos de cumplimiento con la normativa y requisitos de rendimiento.

2.1.7.2. Superficies Singulares. Dentro de la clasificación de pavimentos urbanos según la Norma Técnica CE.010, se reconocen como superficies singulares a los andenes o banquetas, corredores peatonales y carriles para ciclistas (CE.010, 2010). Estos elementos desempeñan un papel esencial en la infraestructura urbana al proporcionar espacios específicos para peatones y ciclistas, contribuyendo así a la movilidad sostenible y la seguridad vial. Estos elementos desempeñan un papel esencial en la infraestructura urbana al proporcionar espacios específicos para peatones y ciclistas, contribuyendo así a la movilidad sostenible y la seguridad vial. La investigación que se propone, centrada en crear una proporción de mezcla óptima de concreto drenante para superficies rígidas, podría tener implicaciones directas en la mejora de estas superficies especiales. Evaluar las mezclas propuestas según estándares de tolerancia, flexión y capacidad de drenaje permitirá evaluar su idoneidad para estos pavimentos especiales, contribuyendo así a la eficiencia y sostenibilidad de la infraestructura urbana.

2.1.8. Requisitos mínimos para el diseño

2.1.8.1. Requisitos mínimos de tolerancia. En el contexto de diseño de superficies rígidas permeables, es esencial establecer requisitos mínimos que aborden aspectos críticos como la tolerancia a la fuerza de compresión y a la flexión. Los requisitos mínimos de resistencia, particularmente en relación con la flexión, se evalúan mediante el índice de ruptura (MR). La capacidad a la flexión es fundamental, ya que los pesos aplicados a la superficie rígida generan esfuerzos tanto de compresión como de flexión. El módulo de rotura proporciona detalles sobre la tolerancia del material para soportar esfuerzos de flexión. Este parámetro es crucial en el desarrollo del espesor del estrato de rodadura de la superficie rígida porosa. Se aconseja efectuar ensayos específicos, tomando en cuenta la Normativa Peruana (N.T.P.) 339.078, para evaluar la tolerancia a la flexión y, por ende, el índice de rotura del concreto drenante propuesto. Al establecer requisitos mínimos de resistencia, se garantiza que el pavimento rígido permeable se ajuste con las especificaciones requeridas para aguantar las

fuerzas y las condiciones de tráfico previstas, contribuyendo así a la durabilidad y eficiencia de la infraestructura urbana. (N.T.P. 339.078, 2022).

Tabla 2

Exigencias mínimas de factor de ruptura según la tipología superficial

Elemento	Flexible	Rígido	Adoquines
Vías locales	NA	$MR \geq 3,4 \text{ MPa (34 kg/cm}^2\text{)}$	$f'c \geq 38 \text{ MPa (380 kg/cm}^2\text{)}$
Vías colectoras	NA	$MR \geq 3,4 \text{ MPa (34 kg/cm}^2\text{)}$	$f'c \geq 38 \text{ MPa (380 kg/cm}^2\text{)}$
Vías arteriales	NA	$MR \geq 4,5 \text{ MPa (45 kg/cm}^2\text{)}$	$f'c \geq 38 \text{ MPa (380 kg/cm}^2\text{)}$
Vías expresas	NA	$MR \geq 4,5 \text{ MPa (45 kg/cm}^2\text{)}$	$f'c \geq 38 \text{ MPa (380 kg/cm}^2\text{)}$

Nota. Esta tabla muestra que el factor de ruptura (MR) requerido debe ser superior o igual a 3.4MPa (34 Kg/cm²) para vías rígidas en elementos como vías locales y vías colectoras. Adaptado de *Normativa CE.010 Pavimentos Urbanos*, 2010, por Reglamento Nacional de Edificaciones.

Tabla 3

Exigencias mínimas de tolerancia a la compresión según la tipología superficial

Elemento	Aceras o Veredas / Pasajes Peatonales
Asfáltico	Concreto asfáltico
Concreto de cemento Portland	$f'c \geq 17,5 \text{ MPa (175 kg/cm}^2\text{)}$
Adoquines	$f'c \geq 32 \text{ MPa (320 kg/cm}^2\text{)}$

Nota. Esta tabla exhibe que la tolerancia mínima a la fuerza de compresión es de 17.5 MPa (175 Kg/cm²) para superficies especiales como andenes o banquetas, corredores peatonales y carriles para ciclistas. Adaptado de *Normativa CE.010 Pavimentos Urbanos*, 2010, por Reglamento Nacional de Edificaciones.

2.1.8.2. Requisitos mínimos de permeabilidad. El rango de filtración de un concreto poroso puede fluctuar en función de diversos aspectos, como la permeabilidad de los componentes agregados, la cuantía de material cementante e incorporación de agua en la

mezcla, y la distribución de los poros, la presencia de aditivos y la calidad del acabado superficial. Según el ACI, el rango típico de permeabilidad para el concreto permeable utilizado en aplicaciones de pavimentación fluctúa entre 0.20 cm/s y 0.54 cm/s. Este rango está condicionado por las propiedades específicas del material y la configuración de la estructura. En los últimos años, el incremento en la urbanización y la reducción de superficies permeables han intensificado los problemas asociados a la evacuación del agua de lluvia, provocando anegamientos y acelerando el deterioro de pavimentos. Para comprender la magnitud del problema, se analizan los registros de precipitación en la ciudad de Huaraz durante el período 2020-2024. En este intervalo, se han registrado eventos de precipitación significativos, los cuales evidencian la necesidad de contar con un sistema de drenaje eficiente. Los valores específicos de precipitación máxima en 24 horas y su impacto en el diseño de pavimentos permeables son analizados en la sección de Resultados. (ACI PRC-522R-23, 2023).

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

3.1.1. *Enfoque de la investigación*

Una perspectiva cuantitativa implica la capacidad de ordenar los datos según la magnitud de los fenómenos, lo que permite cuantificarlos y controlarlos de manera más efectiva. (Hernández y Mendoza, 2018).

Por lo tanto, el enfoque aplicado en este estudio es cuantitativo, ya que los fenómenos pueden ser observados y existe la posibilidad de cuantificarlos.

3.1.2. *Nivel de estudio*

El grado explicativo implica comprender y exponer la relación de causa y efecto de algún suceso o experimento realizado. (Hernández y Mendoza, 2018).

Por lo tanto, el estudio es de naturaleza explicativa, ya que su objetivo principal es revelar la correlación causal entre la variable independiente, que es la proporción de árido fino en el diseño de mezclas, y sus posibles efectos en los atributos físico-mecánicas del concreto drenante, que constituyen la variable dependiente.

3.1.3. *Tipo de la investigación*

En efecto, toda investigación o estudio desempeña dos roles fundamentales. Por un lado, está el papel de generar teorías, lo cual se conoce como investigación de tipo básica. Por otro lado, están aquellas investigaciones que se centran en resolver problemas previamente identificados, las cuales se denominan de tipo aplicada. (Hernández y Mendoza, 2018).

Dado que la tesis tiene como objetivo resolver la problemática planteada mediante el diseño de una combinación de concreto drenante que satisfaga los requisitos mínimos de la normativa, se clasifica como un estudio de tipo aplicado.

3.1.4. Diseño de la investigación

Los cuasiexperimentos son estudios en los cuales se manipula una variable independiente para determinar el impacto que produce en una variable dependiente. Sin embargo, a diferencia de los experimentos verdaderos, en los cuasiexperimentos, las muestras ya están definidas con anticipación y no son asignadas aleatoriamente a condiciones experimentales. (Hernández y Mendoza, 2018).

En esta tesis, se han definido de antemano las proporciones de árido fino a emplear en la dosificación de mezclas, con el propósito de investigar su impacto en las cualidades del concreto drenante.

Una investigación transversal es aquella que recoge datos en un único período de tiempo determinado. (Hernández y Mendoza, 2018).

En esta investigación, todos los datos fueron recolectados en días específicos previamente establecidos. Por ejemplo, los ensayos mecánicos se ejecutaron a los 07, 14 y 28 días, estos datos se registraron para cada muestra. Por lo tanto, este estudio se clasifica como cuasiexperimental y transversal.

3.2. Ámbito temporal y espacial

3.2.1. Ámbito temporal

Esta investigación comenzó en septiembre de 2023 y concluyó en diciembre de 2024, abarcando un período de 16 meses.

3.2.2. Ámbito espacial

El planteamiento del estudio se hizo en la región geográfica de la urbe de Huaraz, dentro del Callejón de Huaylas, conocido como Valle del Santa. Todos los datos y ensayos se realizaron dentro de este contexto geográfico específico.

3.3. Variables

3.3.1. Variables Independientes

- Porcentaje de agregado fino en el diseño de mezclas.
- Sección de pavimento permeable.

3.3.2. Variables Dependientes

- Resistencia a la fuerza de compresión del concreto poroso.
- Resistencia a la flexión del concreto poroso.
- Capacidad de infiltración del concreto poroso.
- Eficiencia del sistema de drenaje del pavimento permeable.

3.3.3. Operacionalización de Variables

Las variables de investigación, tanto independientes como dependientes, se operacionalizan según lo mostrado en la siguiente tabla. Esta matriz permite definir claramente cada variable tanto conceptual como operacional, estableciendo su dimensión, indicadores y unidad de medida. Su propósito es garantizar una medición precisa y objetiva de los factores estudiados, facilitando el análisis de los resultados y la validación de la hipótesis planteada.

Tabla 4*Matriz de operacionalización de variables*

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES				
TESIS: "DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO EN PAVIMENTOS URBANOS QUE PERMITAN EL CONTROL DE AGUAS PLUVIALES EN LA CIUDAD DE HUARAZ"				
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE				
Porcentaje de agregado fino en el diseño de mezclas.	El agregado fino en el concreto permeable se refiere a la porción de arena gruesa que se incorporan en la mezcla para modificar su resistencia y capacidad de infiltración.	Se elaborarán mezclas de concreto con agregados finos en proporciones del 5%, 10%, 15% y 20%, evaluando su efecto en la resistencia mecánica y permeabilidad mediante ensayos normalizados.	Cantidad de agregado fino en la mezcla.	% de agregado fino (5%, 10%, 15%, 20%).
Sección de pavimento permeable	El área de concreto permeable corresponde a la superficie diseñada dentro de las secciones transversales y longitudinales del pavimento, destinada a permitir la infiltración del agua pluvial hacia el subsuelo y reducir la acumulación en la superficie vial.	Se determina mediante el cálculo geométrico de las áreas de concreto permeable en cada una de las cuatro propuestas de sección analizadas, expresadas en metros cuadrados (m ²), como factor de comparación en la capacidad de drenaje pluvial.	Propuestas de secciones de concreto permeable	Área de concreto permeable (m ²)
VARIABLE DEPENDIENTE				
Resistencia a la fuerza de compresión del concreto poroso.	Capacidad del concreto para soportar esfuerzos de compresión, expresada en megapascales (MPa) o kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm ²), evaluada según la norma N.T.P. 339.078.	Se ensayarán probetas de concreto permeable a los 7, 14 y 28 días de curado bajo condiciones controladas, aplicando carga axial en una máquina de ensayos hasta la rotura, y verificando si cumplen con el requisito mínimo de 175 Kg/cm ² establecido en la norma CE.010.	Capacidad del concreto permeable para soportar cargas de compresión.	f'c a 7, 14 y 28 días (MPa o Kg/cm ²)
				Cumplimiento con CE.010 (≥ 175 Kg/cm ²)
Resistencia a la flexión del concreto poroso.	Capacidad del concreto para resistir esfuerzos de tracción inducidos por flexión, medida a través del módulo de rotura (MR) expresado en megapascales (MPa) o kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm ²) según la norma N.T.P. 339.034.	Se fabricarán vigas de concreto permeable y se ensayarán a los 28 días mediante pruebas de carga en tres puntos, determinando si cumplen con el requisito mínimo de 34 Kg/cm ² establecido en la norma CE.010.	Capacidad del concreto permeable para resistir esfuerzos de flexión.	MR a 7, 14 y 28 días (MPa o Kg/cm ²)
				Cumplimiento con CE.010 (≥ 34 Kg/cm ²)

Capacidad de infiltración del concreto poroso.	Propiedad del concreto permeable que permite el paso del agua a través de su estructura, expresada en cm/s, y regulada por la norma ACI 522R-10.	Se medirán las tasas de infiltración de agua en especímenes de concreto utilizando un permeámetro de carga variable, verificando si se encuentran dentro del rango establecido por la norma ACI 522R-10 (0.20 cm/s – 0.54 cm/s).	Velocidad de infiltración del agua en el concreto permeable.	Tasa de infiltración (cm/s). Cumplimiento con ACI 522R-10 (0.20 cm/s – 0.54 cm/s)
Eficiencia del sistema de drenaje del pavimento permeable	La eficiencia del sistema de drenaje del pavimento permeable se entiende como la capacidad del pavimento diseñado para evacuar el volumen de agua generado por la precipitación máxima en 24 horas, en un tiempo reducido, garantizando un adecuado desempeño hidráulico y evitando acumulaciones superficiales.	Se mide a través del tiempo (en minutos) que cada propuesta de sección transversal de pavimento permeable requiere para infiltrar el volumen de agua correspondiente a la lluvia máxima en 24 horas, verificando si este tiempo es menor a 10 minutos, según lo establecido como criterio de desempeño en la investigación.	Tiempo de evacuación del agua pluvial	Tiempo (minutos) requerido para evacuar el volumen de agua de la precipitación máxima en 24 horas.

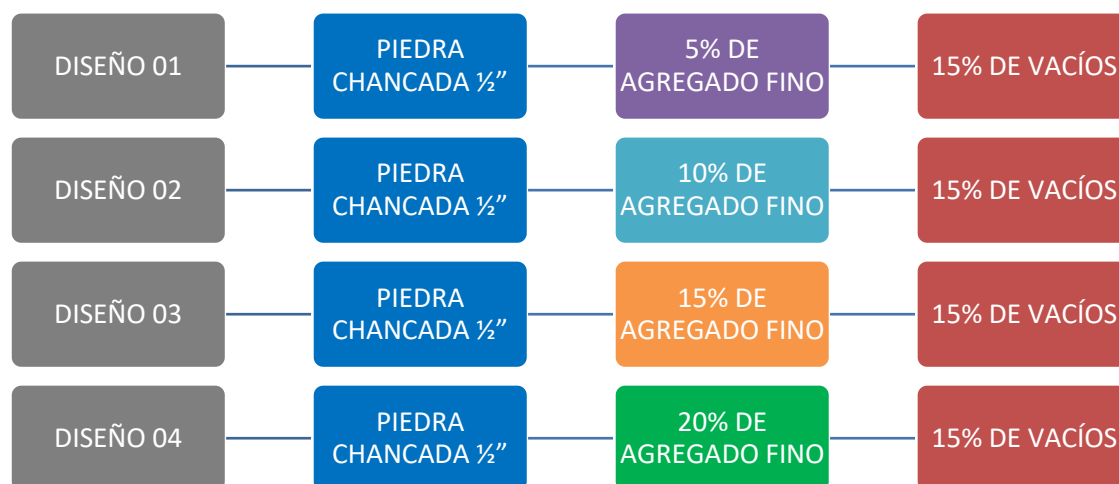
3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población de estudio estuvo constituida por 324 especímenes de concreto permeable considerados como universo experimental. Dichos especímenes corresponden a la combinación de los cuatro diseños propuestos, evaluados mediante tres tipos de ensayos (compresión, flexión e infiltración) en tres edades de curado (7, 14 y 28 días). Esta definición de población responde a los lineamientos establecidos en la normativa vigente, que recomienda contar especímenes por edad de ensayo tomando como población nueve especímenes para el ensayo a compresión, con nueve especímenes para los ensayos de flexión y nueve especímenes para los ensayos de infiltración, en cada diseño de mezcla, a fin de garantizar la representatividad estadística y la reproducibilidad de los resultados.

Figura 9

Proporciones de mezclas propuestos en la investigación



Nota. De acuerdo con esta figura, los diseños poseen agentes no variables como el material cementante, la grava y el volumen teórico de vacíos, mientras que el agente variable es la cuantía de arena gruesa.

Tabla 5*Distribución proyectada de la población de especímenes*

DISEÑO	ENSAYO	ESPECÍMENES	EDADES DE CURADO			TOTAL
			07 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS	
DISEÑO 01	COMPRESIÓN	PROBETA	9.00	9.00	9.00	27.00
AGREGADO FINO = 5%	FLEXIÓN	VIGA	9.00	9.00	9.00	27.00
% DE VACÍOS = 15%	INFILTRACIÓN	ESPECÍMEN	9.00	9.00	9.00	27.00
DISEÑO 02	COMPRESIÓN	PROBETA	9.00	9.00	9.00	27.00
AGREGADO FINO = 10%	FLEXIÓN	VIGA	9.00	9.00	9.00	27.00
% DE VACÍOS = 15%	INFILTRACIÓN	ESPECÍMEN	9.00	9.00	9.00	27.00
DISEÑO 03	COMPRESIÓN	PROBETA	9.00	9.00	9.00	27.00
AGREGADO FINO = 15%	FLEXIÓN	VIGA	9.00	9.00	9.00	27.00
% DE VACÍOS = 15%	INFILTRACIÓN	ESPECÍMEN	9.00	9.00	9.00	27.00
DISEÑO 04	COMPRESIÓN	PROBETA	9.00	9.00	9.00	27.00
AGREGADO FINO = 20%	FLEXIÓN	VIGA	9.00	9.00	9.00	27.00
% DE VACÍOS = 15%	INFILTRACIÓN	ESPECÍMEN	9.00	9.00	9.00	27.00
TOTAL						324.00

Nota. La población estuvo conformada por 324 especímenes de concreto permeable, correspondientes a cuatro diseños de mezcla. Para cada diseño se proyectó la realización de ensayos de compresión (9 especímenes por edad de curado), flexión (9 especímenes por edad de curado) e infiltración (9 especímenes por edad de curado), a 7, 14 y 28 días.

3.4.2. Muestra

La muestra se conformó por 52 especímenes de concreto permeable, preparados y ensayados según el programa experimental. La selección se realizó bajo un criterio no probabilístico, en atención a las restricciones de tiempo, materiales y recursos disponibles. Se priorizó la ejecución completa de los ensayos de compresión en las tres edades de curado (36 probetas), complementados con los ensayos de flexión (8 vigas) e infiltración (8 especímenes), ambos realizados a los 28 días de curado, al ser esta la edad de referencia establecida para los diseños.

Tabla 6

Total de especímenes según los ensayos realizados

DISEÑO	ENSAYO	ESPECÍMENES	EDADES DE CURADO			TOTAL
			07 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS	
DISEÑO 01	COMPRESIÓN	PROBETA	3.00	3.00	3.00	9.00
AGREGADO FINO = 5%	FLEXIÓN	VIGA	0.00	0.00	2.00	2.00
% DE VACÍOS = 15%	INFILTRACIÓN	ESPECÍMEN	0.00	0.00	2.00	2.00
DISEÑO 02	COMPRESIÓN	PROBETA	3.00	3.00	3.00	9.00
AGREGADO FINO = 10%	FLEXIÓN	VIGA	0.00	0.00	2.00	2.00
% DE VACÍOS = 15%	INFILTRACIÓN	ESPECÍMEN	0.00	0.00	2.00	2.00
DISEÑO 03	COMPRESIÓN	PROBETA	3.00	3.00	3.00	9.00
AGREGADO FINO = 15%	FLEXIÓN	VIGA	0.00	0.00	2.00	2.00
% DE VACÍOS = 15%	INFILTRACIÓN	ESPECÍMEN	0.00	0.00	2.00	2.00
DISEÑO 04	COMPRESIÓN	PROBETA	3.00	3.00	3.00	9.00
AGREGADO FINO = 20%	FLEXIÓN	VIGA	0.00	0.00	2.00	2.00
% DE VACÍOS = 15%	INFILTRACIÓN	ESPECÍMEN	0.00	0.00	2.00	2.00
TOTAL						52.00

Nota. La muestra incluye 36 probetas para ensayos de compresión (3 por edad × 3 edades × 4 diseños), 8 vigas para ensayos de flexión (2 por diseño, ensayadas a 28 días) y 8 especímenes de infiltración (2 por diseño, ensayados a 28 días).

3.5. Instrumentos

Los instrumentos de recolección de datos corresponden a los ensayos normalizados de laboratorio, que permiten operacionalizar las variables planteadas y obtener resultados cuantificables. Estos ensayos constituyen las herramientas técnicas con las que se mide el comportamiento tanto de los agregados como del concreto permeable.

3.5.1. Ensayos de agregados

- Análisis granulométrico (N.T.P. 400.012)
- Proporción de humedad (N.T.P. 339.185)
- Peso unitario (N.T.P. 400.017)
- Peso específico (N.T.P. 400.021)

3.5.2. Ensayos de concreto

- Resistencia a la compresión (N.T.P. 339.034)
- Resistencia a la flexión (N.T.P. 339.078)
- Capacidad de infiltración (ACI PRC-522, permeámetro de carga variable)

3.6. Procedimientos

3.6.1. Parámetros para ejecutar las proporciones de mezclas

3.6.1.1. Cualidades de los materiales que componen la mezcla. Los componentes que constituyen la mezcla de concreto drenante son los agregados y el aglutinante, que es el cemento. Se proporciona una serie de tablas informativas que se describen a su vez.

Tabla 7

Cualidades de la grava para las proporciones de mezcla

Material	Tamaño (pulg.)	Peso Específico (Kg/m ³)	P.U.S.C. (Kg/m ³)	Absorción (%)	Humedad (%)
Grava	1/2"	2700.00	1460.00	0.740	0.390

Figura 10

Inspección de la cantera de materiales pétreos



Nota. El material grueso se constituye de grava, también conocida como piedra triturada, que tiene un tamaño de 1/2 pulgada, conforme a los datos proporcionados en la tabla de sus

propiedades. Este elemento se obtuvo de la cantera Pariahuanca, situada a 25 minutos de la ciudad de Huaraz.

Tabla 8

Cualidades del árido grueso para las proporciones de mezcla

Material	Módulo de Finura	Peso Específico (Kg/m ³)	P.U.S.C. (Kg/m ³)	Absorción (%)	Humedad (%)
Arena Gruesa	3.54	2630.00	1670.00	1.150	5.210

Figura 11

Muestra de arena gruesa



Nota. El material fino está constituido por arena gruesa, que al igual que el material grueso, fue extraído de la cantera Pariahuanca. La arena de esta cantera tiene un color gris, como se muestra en la figura, debido a que es un agregado extraído del Río Santa. En la toma de la muestra, se utiliza una bolsa hermética para preservar la humedad y facilitar la realización de los ensayos preliminares.

Tabla 9*Propiedades del Material Cementante para los Diseños de Mezclas*

Componente	Marca	Tipología	Densidad (Kg/m3)
Cemento	Sol	I	3120.00

3.6.1.2. Consideraciones de las dosificaciones de mezcla. Al momento de diseñar las dosificaciones de mezcla, resulta de suma importancia tomar en consideración los criterios establecidos en el código ACI PRC - 522. Es crucial tener en cuenta que existen ciertos datos invariables, tales como los rasgos inherentes de la grava, la arena gruesa y el material cementante.

A. Tolerancia a la compresión (Kg/cm²). Según la Normativa CE.010 Pavimentos Urbanos (2010), se establece que las superficies especiales, como andenes o banquetas, corredores peatonales y carriles para ciclistas, deben tener una tolerancia mínima a la fuerza de compresión de 17.5 MPa (175 Kg/cm²). No obstante, para fines de investigación y considerando un factor de seguridad, se establece un valor de tolerancia de diseño de 210 Kg/cm².

B. Contenido de vacíos (%). De acuerdo con el Report on Pervious Concrete del American Concrete Institute (2023) bajo la referencia ACI PRC - 522, se determinó que para una tolerancia a la fuerza de compresión de 3000 psi (210 Kg/cm²), es propio un contenido de vacíos del 15%. Basándonos en esta información, se estableció un contenido de vacíos del 15.00% para esta investigación.

C. Contenido de aditivo (%). En el despliegue de este estudio, todos los diseños se desarrollaron sin la inclusión de aditivos, por lo tanto, no es necesario tener en cuenta su contabilización.

D. Relación Agua – Material Cementante (A/C). Según la norma ACI PRC – 522 (2023), los concretos permeables deben poseer una índice agua – material cementante (a/c) moderadamente bajo, oscilando entre 0.30 y 0.40. Esto se explica por el hecho de que una sobre cantidad de agua puede provocar el escurrimiento de la pasta y el taponamiento del sistema de vacíos. Por lo tanto, este estudio propone un factor agua – material cementante (a/c) de 0.30, conforme con las pautas de la norma.

E. Contenido de Arena Gruesa (%). El porcentaje de arena gruesa es una de las variables independientes que se consideran al diseñar las proporciones de mezcla. En este escenario, se están evaluando porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20%, lo cual resultará en una variación en la dosificación final para cada diseño.

Tabla 10

Parámetros para los diseños de mezcla

f_c = Tolerancia a la compresión especificada para diseño (Kg/cm ²)	Volumen de Vacíos (%)	Porcentaje de A.F. (%)	Porcentaje de Aditivos (%)	Relación A/C
210.00	15.00	5%,10%,15% y 20%	0.00	0.30

3.6.1.3. Obtención de la dosificación de concreto poroso. Se expone el método paso a paso para obtener la dosificación del concreto drenante considerando un contenido de agregado fino del 5.00% a modo de ejemplo.

A. Paso 01: Contenido de la grava. Para diseñar la proporción de mezcla, es necesario considerar las propiedades de la grava y determinar el factor b/b_0 . En este contexto, "b"

representa la cantidad de espacio que ocupa la grava por espacio unitario de concreto, mientras que "b0" es asumido por la cantidad de espacio que ocupa la grava. El código ACI PRC – 522 resalta que agregar proporciones de arena puede aumentar significativamente la tolerancia a la flexión. Por lo tanto, proporciona una tabla de valores de b/b0. Sin embargo, en esta investigación, se procede a tabular dicha tabla con la aspiración de revelar datos para los porcentajes de agregado fino del 5%, 10%, 15% y 20%. Esto permitirá obtener el factor b/b0 para un huso de agregado grueso N°67.

Tabla 11

Relación b/b0 volumen seco de A.G. compactado por volumen unitario de concreto

Contenido de agregado fino	ASTM C 33 Size N° 8	ASTM C 33 Size N° 67
0	0.99	0.99
5	0.96	0.96
10	0.93	0.93
15	0.89	0.895
20	0.85	0.86

Considerando un contenido de arena gruesa de 5.00% y un huso N°67 corresponde un factor b/b0 de 0.96, teniendo en cuenta estos datos el peso del árido grueso es el siguiente:

Peso de la grava = Peso unitario seco compactado x (b/b0) x 1m³

Peso de la grava = 1460Kg/m³ x 0.96

Peso de la grava = 1401.60 Kg

Volumen Agregado = Masa / Densidad

Volumen del Agregado Grueso = 1401.60Kg / 2700 Kg/m³

Volumen de la grava = 0.5191m³

B. Paso 02: Cálculo de la cantidad de pasta. La composición de la pasta de concreto se compone de la composición del material cementante y el agua, por ello, su volumen se puede expresar mediante la ecuación siguiente:

$$\text{Cantidad de pasta} = \text{Cantidad de material cementante} + \text{Cantidad de Agua}$$

Además, la cantidad total de la pasta, cuando se suma a los volúmenes de los demás componentes, conforma 1m^3 . Esto se puede representar mediante la ecuación siguiente:

$$\text{Cantidad de pasta} = 1\text{m}^3 - (\text{Volumen de grava} + \% \text{ de Vacíos} + \% \text{ de Aditivos})$$

En el escenario idealizado, que corresponde a la elaboración del diseño que contiene un 5% de agregado fino, se dispone de la siguiente información:

$$\text{Volumen de grava} = 0.5191 \text{ m}^3$$

$$\text{Porcentaje de Vacíos} = 0.1500 \text{ m}^3$$

$$\text{Porcentaje de Aditivos} = 0.0000 \text{ m}^3$$

De esta manera se obtiene la cuantía de pasta siguiente:

$$\text{Cantidad de pasta} = 0.3309 \text{ m}^3$$

C. Paso 03: Obtención de la masa del cemento. Si volvemos a la ecuación en la que la cuantía de pasta es igual a la cantidad de material cementante más la cantidad de agua, podemos sustituir la expresión del volumen con base en la siguiente disposición:

$$\text{Volumen} = \text{Masa} / \text{Densidad}$$

De esta forma el volumen de pasta se expresa:

$$\text{Cantidad de pasta} = (\text{masa del cemento} / \text{densidad del cemento}) + (\text{masa del agua} / \text{densidad del agua})$$

Si sustituimos la masa del material cementante por una variable "C" y la masa del agua se expresa como " $(A/C) * C$ ", al conocer la relación A/C, nos quedamos con una sola variable en la ecuación. De esta manera, podemos determinar la masa del cemento.

Para la combinación con 5% de arena gruesa que se está desarrollando de manera progresiva, se tienen los siguientes valores:

Densidad del cemento = 3120.00 Kg/m³

Densidad del agua = 1000.00 Kg/m³

Factor A/C = 0.30

Cantidad de pasta = 0.3309 m³

Utilizando estos valores, se puede despejar la variable para obtener la masa de cemento, que para el ejemplo que se desarrolla sería:

Masa del cemento = 533.25 Kg

D. Paso 04: Obtención de la masa del agua. Dado que ya se tiene el valor del coeficiente agua – material cementante, es posible calcular la masa del agua una vez que hayamos obtenido la masa del cemento. De esta manera, se tiene la siguiente ecuación:

Masa del agua = Masa del cemento * (A/C)

Para el ejemplo que se viene detallando el valor de la masa de agua sería:

Masa del agua = 159.98 L

E. Paso 05: Obtención del contenido de arena. Según los parámetros de diseño, se establece inicialmente el contenido de arena en porcentaje, el cual se calcula en relación con el volumen de la grava inicial. De esta manera, se obtiene la siguiente ecuación:

Cantidad de arena gruesa = %A.F. * Volumen de Agregado Grueso

Para efectos del ejemplo que se viene realizando se tiene:

Cantidad de arena gruesa = 5.00% * 0.5191 m³

Cantidad de arena gruesa = 0.0260 m³

F. Paso 06: Verificación del volumen en 1m³. Todos los componentes del concreto permeable están diseñados en proporciones de acuerdo con los parámetros establecidos anteriormente. Por lo tanto, es necesario verificar que la suma de todos estos componentes sea igual a 1m³, de acuerdo con la siguiente ecuación:

Volumen de Mezcla + % de Vacíos + % de Aditivos = 1m³

En el caso del diseño que se está ejemplificando, se tienen los consecuentes valores:

Cantidad de material cementante = 0.1709 m³

Cantidad de agua = 0.1600 m³

Cantidad de arena gruesa = 0.0260 m³

Cantidad de grava = 0.4932 m³

Contenido de vacíos = 0.1500 m³

Contenido de aditivo = 0.0000 m³

Al sumar todos estos valores, se verifica que el total de los volúmenes es igual a 1m³, lo que indica que la dosificación hasta este punto es correcta.

G. Paso 07: Rectificación por presencia de humedad y absorción de los materiales pétreos. Los agregados exhiben porosidades que les permiten retener agua en su interior. Esta característica confiere a los agregados propiedades como el grado de humedad y capacidad de

retención de líquidos. De hecho, los materiales pétreos ya presentan una cierta cantidad de humedad en su estado natural, y al agregar agua en el desarrollo de la combinación, pueden absorber una proporción adicional de líquido. Por esta razón, es necesario realizar una corrección para tener en cuenta el grado de humedad y capacidad de retener líquidos de los materiales pétreos. Se considera que los agregados se encontrarán completamente saturados durante la combinación, de manera que no liberen ni absorban agua adicional.

La optimización de la proporción de agua se lleva a cabo de la siguiente manera:

$$\text{Peso corregido por humedad} = \text{Peso Seco} \times (1+h\%)$$

Para ilustrar el proceso, se detallan los valores recopilados para el diseño de la combinación en desarrollo:

$$\text{Peso corregido Agregado Fino} = 68.26 \times (1+5.21\%) = 71.82 \text{ Kg}$$

$$\text{Peso corregido Agregado Grueso} = 1331.52 \times (1+0.39\%) = 1336.71 \text{ Kg}$$

Seguidamente se calcula el aporte de agua teniendo en cuenta la humedad y la capacidad de retención hídrica de los materiales pétreos mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Aporte de agua} = (h\% - \text{abs}\%) \times \text{Peso Corregido Agregado}$$

Continuando con el ejemplo del diseño se tienen los siguientes valores:

$$\text{Contribución de agua de la arena gruesa} = +2.92 \text{ L}$$

$$\text{Contribución de agua de la grava} = -4.68 \text{ L}$$

Todos estos pasos se repiten siguiendo los criterios definidos para cada proporción de mezcla. En el contexto de este estudio, ya se han descrito detalladamente todos los pasos para la estructuración con un porcentaje de arena gruesa del 5%. El mismo procedimiento se lleva a

cabo para el resto de los diseños de combinación, con un contenido de arena gruesa del 10%, 15% y 20%.

3.6.1.4. Dosificaciones de los diseños de mezcla

Luego de llevar a cabo todos los procedimientos establecidos con la intención de lograr la dosificación del concreto drenante, se obtienen los diseños finales.

Tabla 12

Dosificaciones en volumetría de los diseños de concreto poroso

DISEÑO	MATERIAL CEMENTANTE	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	AGUA (L)
DISEÑO 01 AF 05%	1.00	0.16	2.90	12.89
DISEÑO 02 AF 10%	1.00	0.30	2.53	12.65
DISEÑO 03 AF 15%	1.00	0.40	2.18	12.44
DISEÑO 04 AF 20%	1.00	0.49	1.88	12.28

Nota. Se verifica que, dentro de los parámetros de diseño, conforme se incrementa el contenido de arena gruesa, la dosificación de la grava reduce. Esto se debe a que el porcentaje de arena gruesa está relacionado con la cantidad completa de material pétreo en la mezcla.

Figura 12

Producción de mezclas de concreto poroso según las dosificaciones obtenidas



Nota. Tras las operaciones matemáticas pertinentes para determinar las medidas idóneas en cada composición de mezcla, se cuantificó los materiales inherentes a la elaboración del concreto drenante.

3.6.2. Pruebas al concreto permeable endurecido

3.6.2.1. Resistencia a la compresión (N.T.P. 339.034)

A. Protocolo.

- Antes de iniciar la prueba, las probetas deben ser retiradas del lugar de curado, en este caso, una poza, dependiendo del tiempo de ensayo requerido: 7, 14 o 28 días. Posteriormente, las probetas se dejaron secar durante aproximadamente 24 horas, asegurándose de que las superficies de contacto estuvieran limpias
- Se midieron los diámetros de los especímenes de concreto utilizando un vernier, promediando los dos diámetros cuantificados en ángulos ortogonales entre sí, aproximadamente en el punto medio de la probeta.
- Luego, se colocaron los platos de sujeción en las terminaciones de la probeta, y esta se situó debajo de la prensa hidráulica, asegurándose de que estuviera bien posicionada.
- Se verificó que el registro inicial comience en cero y se procedió a operar la palanca de la máquina hidráulica para iniciar la prueba. Se aplicó fuerza de manera permanente y uniforme, asegurando que la ruptura ocurriera en un período de tiempo no inferior a 100 segundos y un ritmo de aplicación de fuerza no excediera los 3.5 Kg/cm²/s.
- Como paso final, se cuantificó la fuerza máxima (P) en Kg, lo que permitió obtener la tolerancia a la fuerza de compresión simple expresada en Kg/cm².

B. Equipos y herramientas.

- Moldes cilíndricos de 150mm x 300mm
- Barra de acero sin relieve con extremo semicircular (diámetro 5/8")
- Pala y cucharón
- Martillo de golpeo con cabeza de goma y masa 0.6 ± 0.2 Kg
- Prensa hidráulica calibrada
- Vernier
- Platos de sujeción con cojinetes de neopreno

Figura 13***Probetas de concreto permeable***

Nota. Tras colocar el concreto permeable, siguiendo las especificaciones de la Normativa N.T.P. 339.034, se aguarda el fraguado y se etiquetan los especímenes para luego someterlos a curado en periodos de siete, catorce y veintiocho días. En última instancia, se lleva a cabo la evaluación de la tolerancia a la fuerza de compresión mediante ensayos correspondientes.

3.6.2.2. Resistencia a la flexión (N.T.P. 339.078)

A. Protocolo.

- Antes del ensayo, se retiraron las vigas del lugar de curado y se les permitió reposar en una poza de curado. Tras los 28 días de curado, se extrajo las vigas de la poza y se dejó secar unas 24 horas, asegurando limpiar las áreas de contacto.
- Previamente a la disposición, se trazó una línea de forma paralela al ancho del espécimen, ubicando 15 cm desde el extremo hacia el centro, garantizando así la alineación de la sección de carga. Este proceso se repitió en el lado contrario.
- Después, se colocó el espécimen para someterlo en la prensa hidráulica, asegurando que los extremos descansaran sobre las bases de soporte a una longitud de 2.5 cm relativo con las líneas de soporte y que las rectas estuvieran alineadas con los segmentos de carga.
- Se aplicó una fuerza equitativa y continua, garantizando que la ruptura ocurriera en una duración mayor a 300 segundos.
- Finalmente, se registró la fuerza máxima (P) manifestada en Kg y, utilizando estos datos, se calculó el módulo de rotura expresado en Kg/cm² para cada diseño elaborado.

B. Equipos y herramientas.

- Moldes prismáticos de 150mm x 150mm x 450mm
- Máquina hidráulica de compresión de vigas de concreto
- Flexómetro o cinta métrica

Figura 14

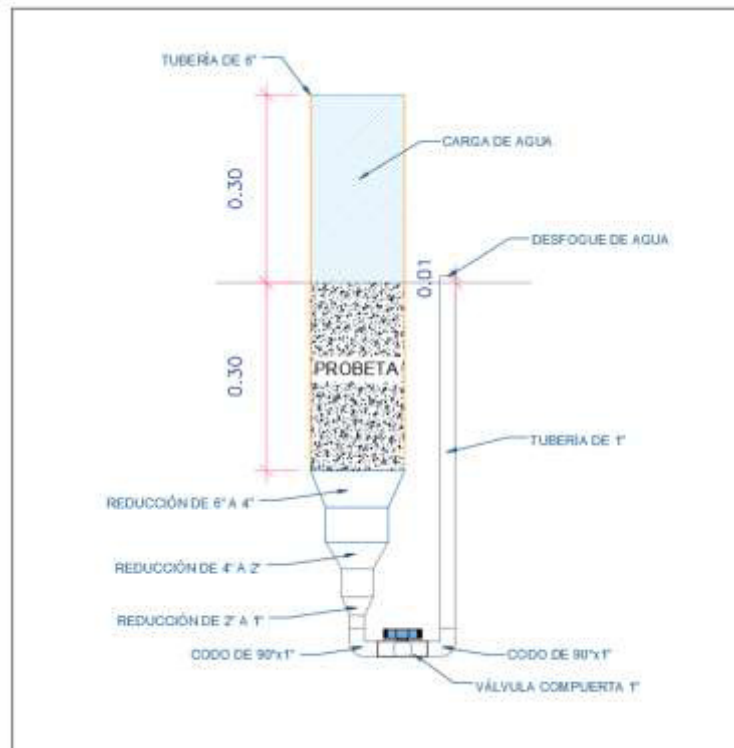
Vigas de concreto permeable



Nota. Tras retirar el encofrado de las vigas, se identifica con códigos correspondientes al porcentaje de agregado fino que contienen, y luego se someten a un proceso de curado durante 28 días.

3.6.2.3. Permeabilidad (ACI PRC - 522)

A. Elaboración del Permeámetro. Se procede a construir un dispositivo de carga variable que mida la capacidad de infiltración, de acuerdo con las directrices establecidas en el ACI PRC – 522 y basándose en la forma propuesta por Neithenalth (2004). El proceso implica situar el espécimen (curado durante veintiocho días) en el dispositivo de infiltración, ajustándola con meticulosidad para eludir filtraciones. Posteriormente, se satura el sistema con agua hasta su nivel de máxima humedad y se obtura la válvula. Se acrecienta el nivel del agua hasta una cota específica a través del tubo, midiendo la torre de agua inicial. Con el uso de un temporizador, se pone en marcha la prueba liberando la válvula y permitiendo que el agua circule hasta que deje de rebalsar. Se registra el tiempo transcurrido para calcular la permeabilidad del espécimen.

Figura 15*Permeámetro con carga variable*

Nota. Se ha diseñado un dispositivo con carga ajustable, conforme se ilustra en esta figura, con la inclusión de todos los accesorios requeridos para llevar a cabo el ensayo de infiltración y calcular el coeficiente de permeabilidad para cada diseño propuesto.

B. Protocolo.

- Para preparar el espécimen a ensayar, se verificó que la probeta pueda ingresar sin dificultad en la tubería PVC de 6"; en caso de necesidad, se pulió con cuidado utilizando una herramienta adecuada hasta lograr que la probeta entre sin esfuerzo excesivo, evitando cualquier obstrucción.
- La muestra para ensayar se colocó en la parte inferior del dispositivo de permeabilidad de acuerdo con las especificaciones ya determinadas anteriormente.

Luego, se procedió al llenado del permeámetro, asegurándose de que no haya fugas presentes.

- Posteriormente, se permitió que el agua rebosara del tubo en la sección donde el espécimen no se halla, y se cerró la llave compuerta.
- El espécimen se saturó hasta alcanzar una altura h_1 , que corresponde a un nivel de agua de 0.30m encima de la probeta. Acto seguido, se abrió la válvula compuerta, dando inicio al proceso de descarga, mientras se iniciaba el conteo del tiempo utilizando un cronómetro.
- Al concluir el rebosamiento del tubo, se detuvo el cronómetro y se midió la altura h_2 , que equivale a una altura de 1 cm.
- Con los datos obtenidos, se aplicó la fórmula propuesta a continuación para obtener el índice de permeabilidad para cada diseño propuesto.

C. Cálculo.

$$K = [(L \times a) / (t \times A)] \times \ln (h_1/h_2)$$

Donde:

K: Índice de Percolación (cm/s)

t: Intervalo de transición de h_1 a h_2 (s)

L: Largo del espécimen (cm)

a: Superficie de conducto de carga (cm²)

A: Superficie del espécimen (cm²)

h_1 : Nivel de carga superior antes del escurrimiento (cm)

h_2 : Nivel de carga superior después del escurrimiento (cm)

D. Equipos y herramientas.

- Moldes cilíndricos de 150mm x 300mm
- Dispositivo de permeabilidad con carga variable
- Temporizador

Figura 16

Especímenes de concreto poroso y permeámetro de carga variable



Nota. Después de completar el tratamiento de curado de las muestras durante un lapso de 28 días y realizar un ligero pulido en ellos para facilitar su inserción en la tubería de 6 pulgadas, se procede a montar el dispositivo de permeabilidad con carga variable basado en las recomendaciones prescritas en la normativa ACI PRC – 522. Este montaje se hace para iniciar el ensayo de infiltración y calcular el coeficiente de permeabilidad "K", expresado en centímetros por segundo (cm/s).

3.7. Análisis de datos

Luego de realizar los ensayos propuestos se procede a analizar los datos de la siguiente manera:

3.7.1. Resistencia a la compresión (N.T.P. 339.034)

Tras la prueba para establecer la tolerancia a la compresión de un concreto drenante en etapa solidificada a edades de siete, catorce y veintiocho días, se recolectaron las fuerzas máximas que las probetas (36 especímenes) sobrellevaron en las pruebas de la máquina hidráulica de compresión. Estos datos se resumieron en una matriz para su evaluación.

Los datos calculados en esta prueba suministraron detalles de gran valor sobre la capacidad del concreto poroso para absorber esfuerzos de compresión. Se utilizan para diversos propósitos:

- Evaluación de la calidad: La tolerancia a la fuerza de compresión es un marcador clave de la categoría del concreto drenante. A mayor tolerancia a la compresión, mejor calidad del concreto poroso.
- Diseño estructural: La tolerancia a la fuerza de compresión es un indicador fundamental en el diseño estructural. Conocer esta propiedad del concreto permeable permite determinar su idoneidad para diferentes tipologías estructurales y aplicaciones que solicitan soportar cargas de compresión.
- Evaluación de la durabilidad: La tolerancia a la compresión también es un factor en la durabilidad del concreto poroso. Si la tolerancia a la fuerza de compresión es baja, existe mayor probabilidad de que el concreto drenante se agriete o deteriore con el tiempo debido a las cargas y deformaciones.
- Comparación con las especificaciones: La tolerancia a la fuerza de compresión del concreto poroso puede compararse con las especificaciones y estándares de construcción. Esto permite verificar si el concreto drenante cumple con los requisitos admisibles para su uso en distintos proyectos de construcción.

Figura 17

Prueba de tolerancia a la fuerza de compresión



Nota. Después de ubicar la probeta en la prensa, siguiendo las directrices detalladas en la Norma Técnica Peruana (N.T.P.) 339.034, se procede a registrar el esfuerzo máximo aplicado. Esto facilita el cálculo de la tolerancia a la fuerza de compresión, representada por f'_c , expresada en Kg/cm².

3.7.2. Tolerancia a la flexión (N.T.P. 339.078)

Tras la prueba para establecer la tolerancia a la flexión de un concreto drenante en estado endurecido a los 28 días, se recopilaron las fuerzas máximas que las vigas (08 especímenes) sobrellevaron en las pruebas en la máquina hidráulica de compresión. Estos datos se sintetizaron en una tabla para su análisis.

Los datos calculados en este ensayo suministraron detalles de gran valor sobre la capacidad del concreto poroso para resistir la flexión bajo carga. Se utilizan para diversos propósitos:

- Evaluación de la calidad: La tolerancia a la flexión es un marcador clave de la categoría del concreto poroso. Cuanto mayor sea esta resistencia, mejor será la calidad del concreto drenante.

- **Diseño estructural:** La tolerancia a la flexión es un índice crucial en el diseño de estructuras. Conociendo esta propiedad del concreto permeable, es posible determinar su idoneidad para distintos tipos de estructuras y aplicaciones.
- **Evaluación de la durabilidad:** La tolerancia a la flexión también refleja la durabilidad del concreto drenante. Si esta resistencia es baja, existe mayor probabilidad de que el concreto permeable se agriete o deteriore con el tiempo debido a las cargas y deformaciones.
- **Comparación con las especificaciones:** La tolerancia a la flexión del concreto poroso puede contrastarse con las especificaciones y estándares de construcción. Esto permite verificar si el concreto drenante cumple con los requisitos para su uso en distintos proyectos de construcción.

Figura 18

Prueba de tolerancia a la flexión en la viga para determinar el MR (Kg/cm²)



Nota. Después de ajustar la viga a la prensa, en consonancia con los requerimientos reglamentarios de la Normativa (N.T.P.) 339.078, se registra la carga máxima aplicada, lo que permite determinar el índice de ruptura, expresado en Kg/cm².

3.7.3. Permeabilidad (ACI PRC – 522)

Después de realizar la prueba de infiltración de agua a través del dispositivo de permeabilidad con carga variable para el concreto drenante en condición solidificada a 28 días bajo el tratamiento de curado, siguiendo los protocolos de acuerdo con el código ACI PRC – 522 para un total de 08 especímenes, se elaboró una tabla de resumen con los datos obtenidos de los especímenes ensayados.

Los datos recopilados de la prueba de infiltración para un concreto poroso son esenciales para comprender su tasa de permeabilidad a través de él. Esto es crucial, ya que el concreto drenante se utiliza en pavimentos y superficies que requieren drenaje de agua.

Al conocer la capacidad de infiltración del concreto permeable, se pueden realizar varias evaluaciones importantes:

- Capacidad de infiltración: La tasa de porosidad es un indicador crucial de la capacidad de drenaje del concreto poroso. Una alta capacidad de infiltración significa que el concreto puede posibilitar el tránsito de agua a través de él, lo que es beneficioso para la administración de aguas de lluvia y la prevención de inundaciones.
- Evaluación de la calidad: La permeabilidad también es importante para evaluar la calidad del concreto drenante. Un concreto de este tipo y de calidad superior debe poseer una permeabilidad consistente y uniforme en toda la superficie, lo que asegurará una infiltración uniforme del agua.
- Cumplimiento con las especificaciones: La permeabilidad del concreto drenante puede compararse con las especificaciones y estándares de construcción para verificar si satisface los requerimientos para su uso en diferentes proyectos.

- Configuración de pavimentos y superficies: La permeabilidad del concreto drenante es un índice crítico en la configuración de pavimentos y superficies. Conociendo esta propiedad, se puede diseñar un sistema de evacuación pluvial adecuado que propicie la penetración de agua en el concreto poroso y evite problemas de anegamiento y retención de agua en la capa de rodadura.

Figura 19

Ensayo de infiltración para obtener el índice de infiltración K (cm/s)



Nota. Después de ubicar la probeta dentro de la tubería de 6 pulgadas y aplicar una carga de agua de 30 centímetros, se procede a abrir la válvula compuerta. La descarga del agua se realiza por la tubería de 1 pulgada, mientras se mide el tiempo necesario para desfogar esta carga de agua.

3.8. Consideraciones éticas

Los principios morales en esta investigación son de suma importancia. El investigador responsable certifica la autenticidad de los resultados obtenidos al finalizar la investigación propuesta.

Para asegurar la integridad académica, se han citado correctamente las fuentes en la fundamentación teórica, proporcionando un respaldo focalizado en este análisis. Esto garantiza la transparencia y el reconocimiento adecuado del trabajo previo de otros investigadores.

Además, se verifican y comprueban los datos proporcionados por la instalación experimental donde se efectuaron los análisis de las muestras de concreto drenante para su aplicación en pavimentos rígidos. Es fundamental asegurar que estos datos son confiables y precisos para garantizar la precisión y la consistencia de los datos obtenidos.

IV. RESULTADOS

4.1. Prueba de tolerancia a la fuerza de compresión (N.T.P. 339.034)

Se fabricaron tres especímenes para cada diseño y someterlos a ensayos a los siete, catorce y veintiocho días de manera individual. Se presentan los datos recopilados después de llevar a cabo la prueba de tolerancia a la fuerza de compresión de las cuatro combinaciones, acompañado de sus respectivos duplicados a los siete, catorce y veintiocho días. Para cada variante de combinación, se utilizaron nueve moldes cilíndricos para la prueba de compresión.

Tabla 13

Resultados de tolerancia a la fuerza de compresión (Kg/cm²)

DISEÑO	ESPECIMEN	RESISTENCIA 07 DIAS (Kg/cm ²)	RESISTENCIA 14 DIAS (Kg/cm ²)	RESISTENCIA 28 DIAS (Kg/cm ²)
DISEÑO 01 AF 05%	P5-M1, M4 y M7	104.00	150.50	210.20
	P5-M2, M5 y M8	131.70	104.20	191.30
	P5-M3, M6 y M9	121.80	141.00	205.00
DISEÑO 02 AF 10%	P10-M1, M4 y M7	138.00	122.90	225.10
	P10-M2, M5 y M8	144.00	159.90	192.20
	P10-M3, M6 y M9	194.10	174.50	176.00
DISEÑO 03 AF 15%	P15-M1, M4 y M7	220.60	340.40	248.40
	P15-M2, M5 y M8	227.10	212.30	290.50
	P15-M3, M6 y M9	230.70	190.40	260.50
DISEÑO 04 AF 20%	P20-M1, M4 y M7	202.80	232.10	389.20
	P20-M2, M5 y M8	249.70	227.10	324.90
	P20-M3, M6 y M9	250.30	360.10	350.50

4.1.1. Evaluación estadística de los resultados de tolerancia a la compresión

En el análisis cuantitativo de los datos obtenidos de la prueba de tolerancia a la compresión del concreto, es crucial comprender que otorgarle una validez estadística absoluta a los "promedios" de resultados sin considerar su contexto dentro de la dispersión general puede ser incorrecto. Es más relevante evaluar la cantidad de valores y su magnitud de desviación con respecto a los parámetros especificados. Este enfoque se alinea con las recomendaciones establecidas en el ACI 325.12R-02 (2002).

Tabla 14*Cifras de los índices de fluctuación para concreto*

Especímenes	Condiciones	Coefficiente de variación	Rango aceptable de cilindros individuales (2 cilindros)	Rango aceptable de cilindros individuales (3 cilindros)
150 × 300 mm (6 × 12 pulg)	Laboratorio	2.40 %	6.60 %	7.80 %
	Campo	2.90 %	8.00 %	9.50 %
100 × 200 mm (4 × 8 pulg)	Laboratorio	3.20 %	9.00 %	10.60 %

Nota. Esta tabla establece el límite superior para el índice de variación válida para la producción de 3 especímenes cilíndricos en condiciones de laboratorio, con un valor admisible de 7.80%.

Basándose en esta referencia, se calculó el coeficiente de variación para tres especímenes en cada mezcla, conforme se especifica en la siguiente matriz.

Tabla 15*Valores de los coeficientes de variación para los diseños realizados*

DISEÑO	ESPECIMEN	EDAD (DIAS)	RESISTENCIA (Kg/cm ²)	COEFICIENTE DE VARIACION
DISEÑO 01 AF 05%	P5-M1	7.00	104.00	11.78%
	P5-M2	7.00	131.70	
	P5-M3	7.00	121.80	
DISEÑO 02 AF 10%	P10-M1	7.00	138.00	19.41%
	P10-M2	7.00	144.00	
	P10-M3	7.00	194.10	
DISEÑO 03 AF 15%	P15-M1	7.00	220.60	2.26%
	P15-M2	7.00	227.10	
	P15-M3	7.00	230.70	
DISEÑO 04 AF 20%	P20-M1	7.00	202.80	11.63%
	P20-M2	7.00	249.70	
	P20-M3	7.00	250.30	
DISEÑO 01 AF 05%	P5-M4	14.00	150.50	18.54%
	P5-M5	14.00	104.20	
	P5-M6	14.00	141.00	
DISEÑO 02 AF 10%	P10-M4	14.00	122.90	17.45%

	P10-M5	14.00	159.90	
	P10-M6	14.00	174.50	
DISEÑO 03 AF 15%	P15-M4	14.00	340.40	32.71%
	P15-M5	14.00	212.30	
	P15-M6	14.00	190.40	
DISEÑO 04 AF 20%	P20-M4	14.00	232.10	27.60%
	P20-M5	14.00	227.10	
	P20-M6	14.00	360.10	
DISEÑO 01 AF 05%	P5-M7	28.00	210.20	4.83%
	P5-M8	28.00	191.30	
	P5-M9	28.00	205.00	
DISEÑO 02 AF 10%	P10-M7	28.00	225.10	12.65%
	P10-M8	28.00	192.20	
	P10-M9	28.00	176.00	
DISEÑO 03 AF 15%	P15-M7	28.00	248.40	8.13%
	P15-M8	28.00	290.50	
	P15-M9	28.00	260.50	
DISEÑO 04 AF 20%	P20-M7	28.00	389.20	9.12%
	P20-M8	28.00	324.90	
	P20-M9	28.00	350.50	

Se evidencia que varios de los coeficientes de variación para las 03 probetas superan el valor admisible de 7.80%. En consecuencia, se descarta algunas muestras que difieren significativamente del resto de su grupo. La información obtenida de este proceso se visualiza en la tabla que sigue.

Tabla 16

Valores de los coeficientes de variación luego del descarte de muestras

DISEÑO	ESPECIMEN	EDAD (DIAS)	RESISTENCIA (Kg/cm ²)	COEFICIENTE DE VARIACION
DISEÑO 01 AF 05%	P5-M2	7.00	131.70	5.52%
	P5-M3	7.00	121.80	
DISEÑO 02 AF 10%	P10-M1	7.00	138.00	3.01%
	P10-M2	7.00	144.00	
DISEÑO 03 AF 15%	P15-M1	7.00	220.60	2.26%
	P15-M2	7.00	227.10	
	P15-M3	7.00	230.70	
DISEÑO 04 AF 20%	P20-M2	7.00	249.70	0.17%
	P20-M3	7.00	250.30	

DISEÑO 01 AF 05%	P5-M4	14.00	150.50	4.61%
	P5-M6	14.00	141.00	
DISEÑO 02 AF 10%	P10-M5	14.00	159.90	6.17%
	P10-M6	14.00	174.50	
DISEÑO 03 AF 15%	P15-M5	14.00	202.30	4.29%
	P15-M6	14.00	190.40	
DISEÑO 04 AF 20%	P20-M4	14.00	232.10	1.54%
	P20-M5	14.00	227.10	
DISEÑO 01 AF 05%	P5-M7	28.00	210.20	4.83%
	P5-M8	28.00	191.30	
	P5-M9	28.00	205.00	
DISEÑO 02 AF 10%	P10-M8	28.00	192.20	6.22%
	P10-M9	28.00	176.00	
DISEÑO 03 AF 15%	P15-M7	28.00	248.40	3.36%
	P15-M9	28.00	260.50	
DISEÑO 04 AF 20%	P20-M8	28.00	324.90	5.36%
	P20-M9	28.00	350.50	

Después de eliminar las muestras que contribuían al aumento del coeficiente de variación, las cifras se sitúan inferiores a los límites admisibles para conjuntos de 03 y 02 muestras, siendo estos valores de 7.80% y 6.60%, respectivamente.

Tabla 17

Resultados de la resistencia a compresión simple según edades de la muestra

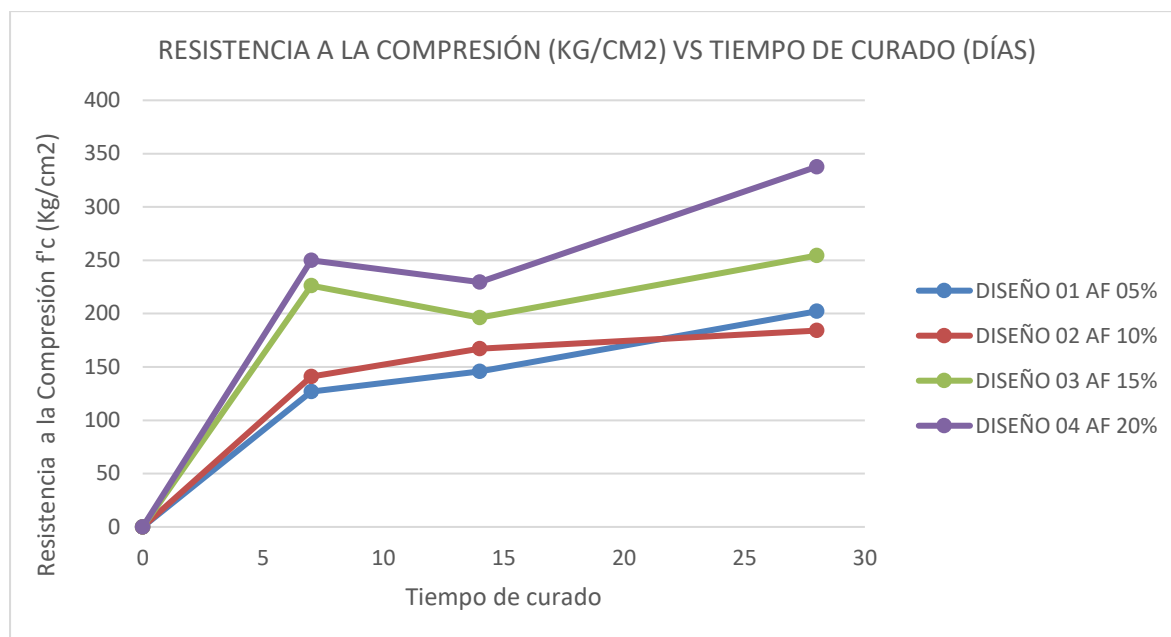
DISEÑO	% DE AGREGADO FINO	f'c 07 días (Kg/cm ²)	f'c 14 días (Kg/cm ²)	f'c 28 días (Kg/cm ²)
DISEÑO 01 AF 05%	5%	126.75	145.75	202.17
DISEÑO 02 AF 10%	10%	141.00	167.20	184.10
DISEÑO 03 AF 15%	15%	226.13	196.35	254.45
DISEÑO 04 AF 20%	20%	250.00	229.60	337.70

Al representar gráficamente los trazos de tolerancia a la fuerza de compresión de todas las combinaciones en un único diagrama, se evidencia el impacto de todos los factores que inciden en la fortaleza según las diferentes edades. En el gráfico subsiguiente ilustra la curva

de tolerancia a la compresión uniaxial en función del periodo de solidificación de todas las composiciones de mezcla.

Figura 20

Relación de la tolerancia a la compresión (Kg/cm²) y duración de curado (días)



Se evidencia que una gran parte de las mezclas exhibe resistencias considerables en edades tempranas, con una variación no muy marcada a los veintiocho días. Este rápido aumento en la tolerancia a la fuerza de compresión se atribuye a una elevada composición de pasta, lo que resulta en una generación significativa de calor de hidratación. A largo plazo, este alto calor de hidratación puede disminuir la fortaleza.

4.2. Prueba de tolerancia a la flexión (N.T.P. 339.078)

Se presentan los indicadores derivados de la prueba de tolerancia a la flexión por tracción de las cuatro combinaciones, junto con sus versiones correspondientes, después de haber transcurrido veintiocho días. Para cada variante de mezcla, se utilizaron dos probetas prismáticas para llevar adelante la prueba.

Tabla 18*Resultados del índice de ruptura (Kg/cm²)*

DISEÑO	ESPECIMEN	EDAD (DIAS)	M.R. (Kg/cm ²)	M.R. (Kg/cm ²) PROMEDIO
DISEÑO 01 AF 05%	P5-V1	28	43.70	41.98
	P5-V2	28	40.26	
DISEÑO 02 AF 10%	P10-V1	28	41.10	43.82
	P10-V2	28	46.54	
DISEÑO 03 AF 15%	P15-V1	28	53.70	53.98
	P15-V2	28	54.25	
DISEÑO 04 AF 20%	P20-V1	28	60.30	59.36
	P20-V2	28	58.42	

4.3. Análisis de infiltración (ACI 522R-10)

La prueba de drenaje de permeabilidad se implementó bajo los lineamientos predefinidos en el código ACI 522R-10. Utilizando el dispositivo montado denominado permeámetro de carga variable y aplicando la fórmula de Darcy. De acuerdo con la tabla que sigue, se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 19*Valores de los factores de infiltración K (cm/s)*

DISEÑO	L: largo del espécimen (cm)	A: superficie del espécimen (cm ²)	a: superficie de conducto de carga (cm ²)	t: lapso de demora de h1 a h2 (s)	h1: nivel de carga antes (cm)	h2: nivel de carga después (cm)	K: Coef. de Perm. (cm/s)	K: C.P. Prom. (cm/s)
DISEÑO 01 AF 05%	30.00	174.37	176.71	34.16	30.00	1.00	3.03	2.89
	30.00	174.37	176.71	37.65	30.00	1.00	2.75	
DISEÑO 02 AF 10%	30.00	174.37	176.71	52.07	30.00	1.00	1.99	2.05
	30.00	174.37	176.71	49.13	30.00	1.00	2.10	
DISEÑO 03 AF 15%	30.00	174.37	176.71	73.84	30.00	1.00	1.40	1.44
	30.00	174.37	176.71	69.55	30.00	1.00	1.49	
DISEÑO 04 AF 20%	30.00	174.37	176.71	129.15	30.00	1.00	0.80	0.78
	30.00	174.37	176.71	136.98	30.00	1.00	0.75	

4.4. Evaluación de áreas de lluvia y aporte hídrico al pavimento

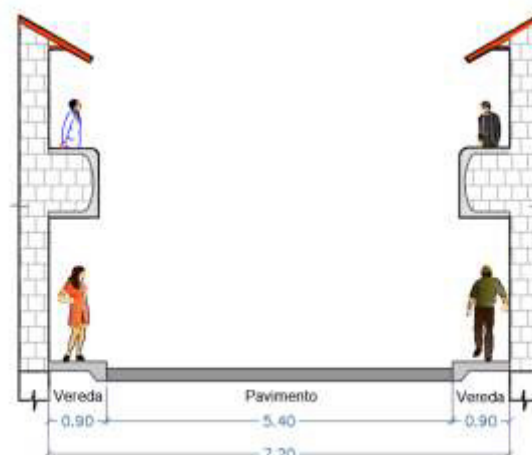
El análisis del aporte hídrico al pavimento permeable permite estimar el volumen de agua de lluvia que incide sobre la vía y sus alrededores. En esta evaluación, se consideran tanto las precipitaciones que caen directamente sobre la calzada y veredas como el escurrimiento superficial proveniente de viviendas adyacentes. Además, se introduce un factor de seguridad para representar posibles descargas adicionales provenientes de calles aledañas sin sistemas de drenaje adecuados.

4.4.1. Área de captación de lluvia en la vía pública

El área de captación de lluvia corresponde a la superficie expuesta directamente a la precipitación, la cual incluye la calzada y las veredas laterales. En este estudio, se considera un ancho total de 7.20 m, compuesto por 5.40 m de calzada y 0.90 m de vereda en cada lado. La longitud evaluada es de 100 m, lo que define una superficie total de 720 m² de captación directa de lluvia.

Figura 21

Sección transversal del ancho de vía propuesto para el estudio



Nota. Se muestra la configuración del ancho total considerado en este estudio, el cual es de 7.20 m. Este valor se compone de una calzada de 5.40 m y dos veredas de 0.90 m cada una.

Estas dimensiones fueron adoptadas con el propósito de realizar los cálculos correspondientes, tomando como referencia los anchos mínimos reglamentarios establecidos para vías urbanas.

Esta área es clave en el diseño del drenaje, ya que representa la zona donde el concreto permeable debe infiltrar el agua con eficiencia. La capacidad de infiltración del material debe ser suficiente para manejar el caudal generado por la máxima precipitación registrada en 24 horas dentro del período de estudio.

4.4.2. Aporte de escorrentía desde viviendas adyacentes

Además del agua que cae sobre la vía, se considera el escurrimiento superficial proveniente de las viviendas adyacentes. Se asume que cada vivienda tiene un área de captación de 20 m de largo, a lo largo de los 100 m de vía evaluados. La escorrentía generada en los techos y otras superficies impermeables fluye hacia la calzada, aumentando la carga hidráulica sobre el drenaje.

Figura 22

Vista en planta del aporte de escorrentía de viviendas adyacentes a la vía



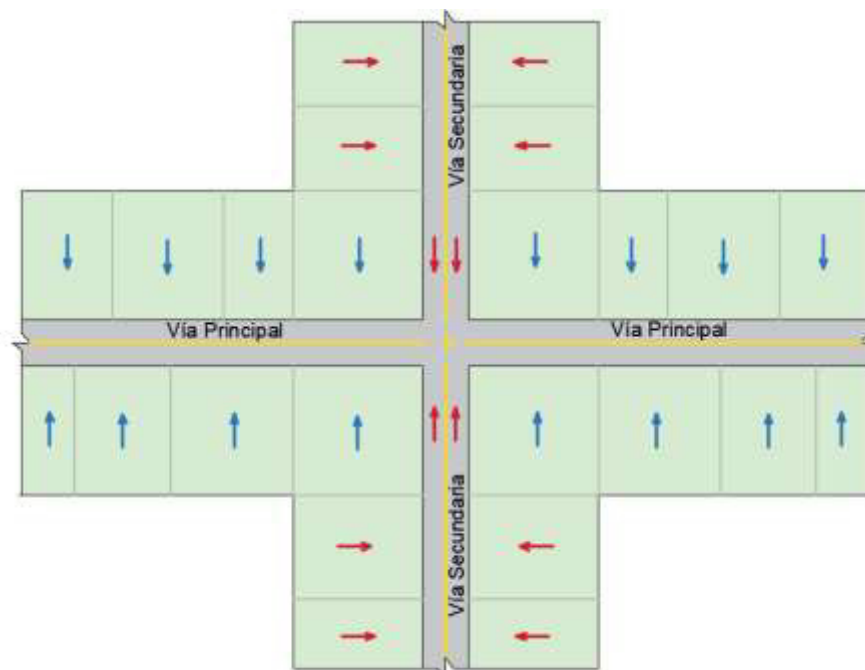
En este caso, se evalúan las condiciones en las que la totalidad de este volumen llega al pavimento, lo que permite dimensionar el sistema de drenaje de manera que garantice su funcionalidad incluso en escenarios de máxima demanda.

4.4.3. Factores de seguridad en la estimación del aporte hídrico

. Para asegurar un diseño eficiente y robusto, se introduce un factor de seguridad de 2.0. Este coeficiente compensa la posible descarga de agua desde calles aledañas sin drenaje, asegurando que el sistema propuesto pueda manejar condiciones imprevistas.

Figura 23

Vista en planta del aporte hídrico de calles aledañas a la vía principal



El factor de seguridad duplica el volumen de agua calculado inicialmente, garantizando que el sistema de concreto permeable absorba no solo la lluvia de la vía y viviendas adyacentes, sino también eventuales aportes adicionales.

4.5. Análisis de la precipitación máxima en 24 horas y demanda de drenaje

El análisis de la precipitación máxima en 24 horas constituye un insumo fundamental para la evaluación de la demanda hidráulica del sistema de drenaje propuesto en la vía proyectada. Para ello, se emplearon registros oficiales de precipitación correspondientes a la Estación Meteorológica SAN PEDRO, administrada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), debido a su cercanía, representatividad y continuidad de datos para la ciudad de Huaraz. La estación San Pedro presenta las siguientes características:

- Latitud: 9°36'27.94" S
- Longitud: 77°30'34.66" W
- Altitud: 3 182 m.s.n.m.
- Tipo: Convencional – Hidrológica
- Código: 211404

Se analizaron los valores de precipitación máxima diaria (24 horas) registrados durante el período 2020–2024, identificándose que el evento más crítico ocurrió en marzo de 2023, con una precipitación máxima de 35.8 mm, valor que fue adoptado como condición de diseño para el cálculo del volumen de agua generado sobre el área de estudio.

Este enfoque permite evaluar de manera conservadora la capacidad del sistema de pavimento permeable propuesto, verificando si la infiltración y evacuación del agua pluvial se produce dentro de los límites de tiempo establecidos, bajo un escenario representativo de máxima precipitación reciente en la ciudad de Huaraz.

Tabla 20

Volumen de precipitaciones presentadas en la ciudad de Huaraz en los últimos 5 años.

Periodo (año)	Precipitación máxima registrada en 24 horas (mm)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2020	10.7	7.2	9.1	6.4	2.2	0.0	0.0	5.0	4.7	8.9	7.2	16.0
2021	12.6	6.3	8.7	5.8	3.1	0.0	0.0	0.0	8.6	6.8	4.8	15.3
2022	26.4	10.7	17.3	13.6	6.1	0.0	0.0	0.0	3.3	2.3	0.2	13.0
2023	11.5	21.4	35.8	16.5	2.5	0.0	0.0	0.0	2.0	14.9	22.5	15.9
2024	23.3	19.8	10.1	8.3	4.6	0.5	0.0	0.1	3.7	4.9	7.1	8.9

Nota. La tabla presenta los registros de precipitación máxima en 24 horas (mm) correspondientes al período 2020–2024, obtenidos de la Estación Meteorológica SAN PEDRO (Código 211404 – SENAMHI), ubicada en la ciudad de Huaraz. Se observa que el mayor evento de precipitación ocurrió en marzo de 2023, con un valor de 35.8 mm. Adaptado de Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2024). *Registros históricos de precipitación máxima diaria: Estación San Pedro (código 211404), Huaraz, período 2020–2024.* SENAMHI.

4.5.1. Determinación del volumen de precipitación máxima en 24 horas

El cálculo del volumen de precipitación máxima en 24 horas permite conocer la cantidad de agua que debe ser gestionada por el sistema de drenaje. Se considera la lluvia caída sobre la vía y áreas adyacentes, como viviendas y otras calles que vierten escorrentía hacia la calzada.

4.5.1.1. Área de captación y distribución del escurrimiento. Para estimar el volumen de precipitación, se define el área de captación que recibe directamente la lluvia. En este caso, se considera:

- Precipitación máxima en 24 horas (Pmax): 35.8 mm = 0.0358 m
- Dimensiones de la vía y zona de captación:

- Ancho total de la vía ($W_{vía}$) = 7.20 m (calzada de 5.40 m + 0.90 m de vereda en cada lado)
- Largo de la vía ($L_{vía}$) = 100 m
- Superficie de la vía ($A_{vía}$) = $7.20 \times 100 = 720 \text{ m}^2$
- Superficie de captación de las viviendas adyacentes:
 - Ancho de captación en cada lado (W_{viv}) = 20 m
 - Largo de la captación de viviendas (L_{viv}) = 100 m
 - Área total de las viviendas (A_{viv}) = $20 \times 100 \times 2 = 4000 \text{ m}^2$ (ambos lados de la vía)
- Factor de seguridad (FS): 2.0 (para considerar aporte adicional de calles sin drenaje).

4.5.1.2. Cálculo del volumen total de agua generada. El volumen total de agua se obtiene multiplicando la precipitación máxima por el área de captación definida. Este cálculo permite conocer la cantidad de agua que debe ser drenada en la vía y determinar la viabilidad del concreto permeable como solución.

$$V_{total} = P_{max} \times (A_{via} + A_{viv}) \times FS$$

Sustituyendo valores:

$$V_{total} = 0.0358 \times (720 + 4000) \times 2$$

$$V_{total} = 0.0358 \times 4720 \times 2$$

$$V_{total} = 337.95 \text{ m}^3$$

4.5.2. Capacidad de infiltración del concreto permeable y demanda de drenaje

Se evalúa la capacidad del concreto permeable para gestionar el agua de lluvia dentro de un tiempo determinado. Se compara la cantidad de agua generada con la tasa de infiltración del material, verificando su eficiencia como sistema de drenaje.

4.5.2.1. Definición del área de infiltración. Se considera como superficie permeable diferentes áreas de drenaje según los diseños propuestos (drenaje longitudinal y/o drenaje transversal) calculando el área total de infiltración.

4.5.2.2. Permeabilidad del concreto y tiempo de infiltración. Según el ensayo realizado en esta investigación, el diseño 04 AF-20 con 20% de agregado fino mostró una permeabilidad de 0.78 cm/s mientras que el diseño 01 AF-5 con 5% de agregado fino mostró una permeabilidad de 2.89 cm/s. Considerando ambos datos se opta por considerar el de menor índice de infiltración cuyo valor es de 0.78 cm/s (0.0078 m/s) para realizar los cálculos.

4.5.2.3. Evaluación del tiempo de infiltración del agua de lluvia. Se calcula el caudal que puede infiltrar el concreto permeable y se compara con el volumen de agua acumulado para determinar si es suficiente obteniendo el tiempo de infiltración del agua de lluvia.

El caudal de infiltración se calcula como:

$$Q \text{ infiltración} = k \times A_{\text{total}}$$

El tiempo necesario para que el concreto permeable infiltre todo este volumen se obtiene con:

$$t = V_{\text{agua}} / Q \text{ infiltración}$$

4.6. Diseño y propuesta de secciones transversales del pavimento permeable

Este apartado presenta distintas configuraciones del sistema de drenaje pluvial con concreto permeable, evaluando su viabilidad en función de la eficiencia de infiltración y la demanda de drenaje determinada en los apartados anteriores. Se busca que el agua de lluvia sea evacuada de manera eficiente, evitando encharcamientos y contribuyendo a la sostenibilidad del sistema de drenaje urbano.

4.6.1. Criterios de diseño

Para cada propuesta, se consideran los siguientes criterios técnicos:

- Tiempo máximo de infiltración: 10 minutos, dado que tardarse más generaría encharcamientos temporales en la vía.
- Ancho de vía: 7.20 m (calzada de 5.40 m + veredas de 0.90 m a cada lado). Lo que implica un volumen de agua $V_{total} = 337.95 \text{ m}^3$
- Material de drenaje: Concreto permeable con un coeficiente de permeabilidad de 0.78 cm/s (según ensayo del diseño 04 AF20%).
- Ubicación estratégica de los drenajes: Varía según diseño, con el objetivo de optimizar la captación y evacuación del agua.
- Consideración de aportes hídricos externos: Agua de lluvia proveniente de viviendas adyacentes.
- Factores de seguridad: Se adopta un factor de seguridad de 2.0 para contemplar aportes adicionales de agua de calles adyacentes sin drenaje.

4.6.2. Propuesta N°01: Drenaje longitudinal central con drenaje transversal al final de la vía

Esta propuesta plantea la implementación de un drenaje longitudinal de 0.90 m de ancho ubicado en el centro de la calzada, el cual permitirá la captación y conducción del agua de escorrentía a lo largo de la vía. Adicionalmente, al final del tramo proyectado (100 m), se instala un drenaje transversal de 5.40 m de largo para evacuar el agua acumulada.

Elementos principales

- Drenaje longitudinal de 0.90 m de ancho con losa de techo de concreto permeable, ubicado en el centro de la vía.
- Drenaje transversal de 5.40 m de largo y 0.90 m de ancho, ubicado al final de la vía para evacuar el exceso de agua.

- Pendiente transversal de la vía con bombeo hacia el centro para dirigir el agua hacia el drenaje longitudinal.

Figura 24

Secciones transversales del sistema de drenaje – Propuesta N°01

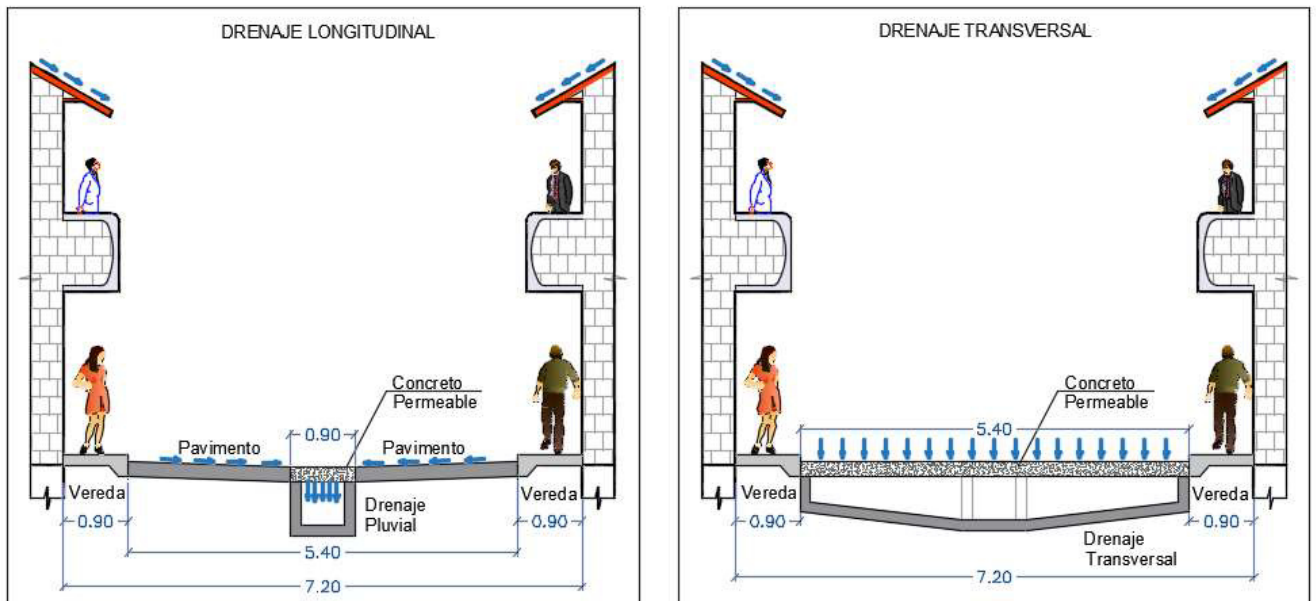


Figura 25

Vista en planta del sistema de drenaje – Propuesta N°01



Área de concreto permeable ejecutada

- Drenaje longitudinal: $99.10 \text{ m} \times 0.90 \text{ m} = 89.19 \text{ m}^2$
- Drenaje transversal: $5.40 \text{ m} \times 0.90 \text{ m} = 4.86 \text{ m}^2$

- Área total de concreto permeable: 94.05 m²

Capacidad de infiltración y tiempo de drenaje

- Caudal de infiltración:

$$Q \text{ infiltración} = k \times A_{\text{total}} = 0.0078 \times 94.05 = 0.73 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Tiempo estimado para el drenaje:

$$t = \text{Volumen de agua} / Q \text{ infiltración} = 337.95/0.73 = 7.72 \text{ minutos}$$

Ventajas

- Alta eficiencia en la infiltración del agua de lluvia en tiempos mínimos.
- Aprovecha la capacidad del concreto permeable sin necesidad de estructuras de evacuación adicionales.
- Reduce el riesgo de acumulación de agua en la vía, evitando encharcamientos y daños al pavimento.

Limitaciones

- Posible interferencia con redes de desagüe: La ubicación central del drenaje puede superponerse con la infraestructura de desagüe, dificultando su ejecución.
- Requiere diseño especial de la pendiente: Para garantizar que el agua fluya hacia el centro, la vía debe contar con un bombeo adecuado.
- Alternativa en caso de interferencia con redes de desagüe: Se podría reubicar el drenaje longitudinal hacia uno de los bordes de la vía, pero esto implicaría modificar la pendiente transversal para direccionar el agua hacia dicho drenaje.

4.6.3. Propuesta N°02: Drenaje pluvial con concreto permeable en ambos bordes de la vía y drenaje transversal al final

Esta alternativa plantea la construcción de dos drenajes longitudinales ubicados en los extremos de la calzada, cada uno con un ancho de 0.80 m. Su función es captar y conducir el agua de escorrentía a lo largo de la vía, evitando acumulaciones en la superficie. Para complementar el sistema, al término del tramo proyectado (100 m), se dispone un drenaje transversal de 5.40 m de largo y 0.90 m de ancho, cuya finalidad es evacuar el agua acumulada y garantizar la eficiencia del drenaje.

Elementos principales

- Drenajes longitudinales de 0.80 m de ancho, con losa de techo de concreto permeable, ubicados a lo largo de ambos bordes de la vía.
- Drenaje transversal de 5.40 m de largo y 0.90 m de ancho, dispuesto al final del tramo para evacuar el agua filtrada.
- Pendiente transversal con bombeo hacia los extremos, para garantizar que el agua fluya de manera eficiente hacia los drenajes laterales.

Figura 26

Secciones transversales del sistema de drenaje – Propuesta N°02

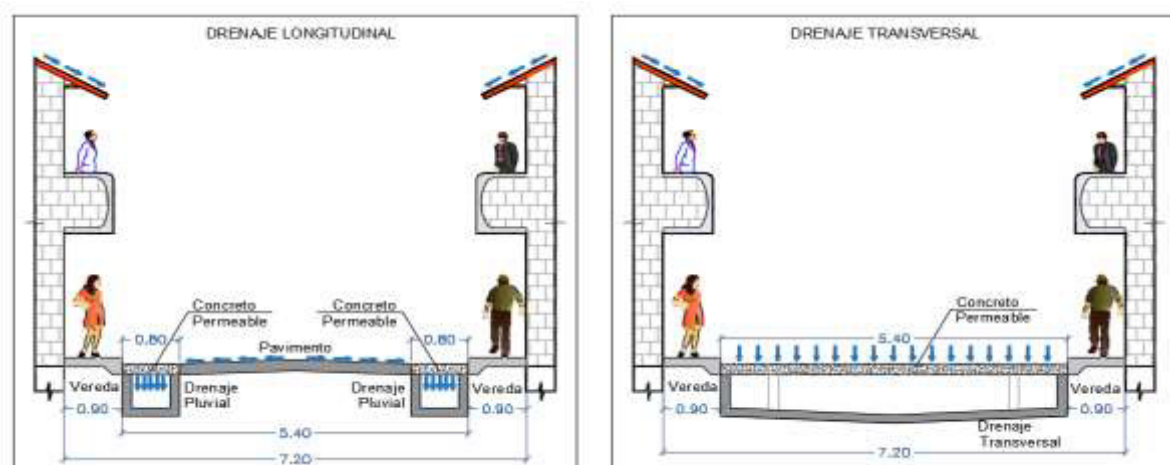
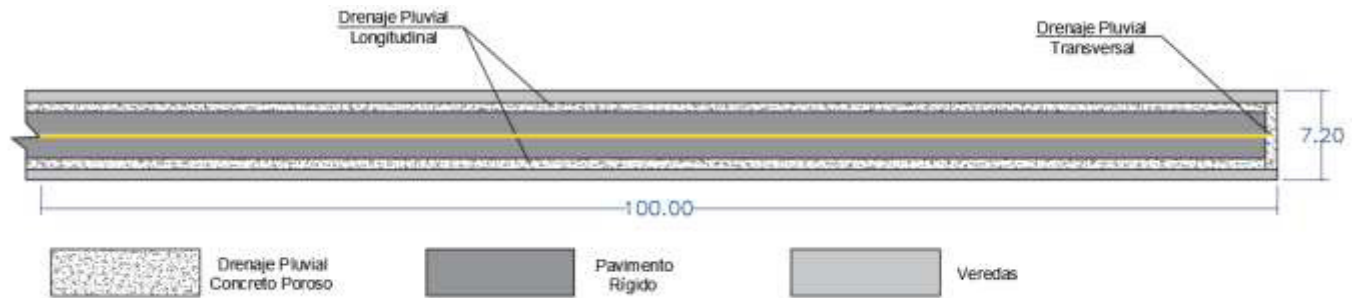


Figura 27

Vista en planta del sistema de drenaje – Propuesta N°02



Área de concreto permeable ejecutada

- Drenajes longitudinales: $99.10 \text{ m} \times 0.80 \text{ m} \times 2 = 158.56 \text{ m}^2$
- Drenaje transversal: $5.40 \text{ m} \times 0.90 \text{ m} = 4.86 \text{ m}^2$
- Área total de concreto permeable: 163.42 m^2

Capacidad de infiltración y tiempo de drenaje

- Caudal de infiltración:
 $Q \text{ infiltración} = k \times A_{\text{total}} = 0.0078 \times 163.42 = 1.27 \text{ m}^3/\text{s}$
- Tiempo estimado para el drenaje:
 $t = \text{Volumen de agua} / Q \text{ infiltración} = 337.95 / 1.27 = 4.44 \text{ minutos}$

Ventajas

- Permite una infiltración rápida del agua de lluvia, reduciendo la probabilidad de encharcamientos.
- Distribuye el drenaje a lo largo de toda la calzada, disminuyendo la concentración de flujo en un solo punto.
- Minimiza la necesidad de sistemas adicionales de evacuación, optimizando costos y mantenimiento.

Limitaciones

- Requiere un diseño adecuado de la pendiente transversal para garantizar que el agua escurra correctamente hacia los bordes.
- Mayor cantidad de concreto permeable, lo que puede implicar un costo un poco más elevado en comparación con otras alternativas.

4.6.4. Propuesta N°03: Drenajes transversales distribuidos a lo largo de la vía

Esta opción contempla la ejecución de drenajes transversales cada 25 m, con dimensiones de 5.40 m de largo por 0.90 m de ancho. Estos drenajes permitirán interceptar y canalizar el agua de escorrentía, evitando acumulaciones prolongadas sobre la calzada. A diferencia de las soluciones longitudinales, esta estrategia prioriza la recolección del agua en puntos específicos, garantizando que el flujo pluvial atraviese áreas de concreto permeable de manera obligatoria.

Elementos principales

- Drenajes transversales de 5.40 m de largo y 0.90 m de ancho, ubicados cada 25m a lo largo de la vía.
- Pavimento rígido con bombeo dirigido hacia los bordes (veredas).

Figura 28

Secciones transversales del sistema de drenaje – Propuesta N°03

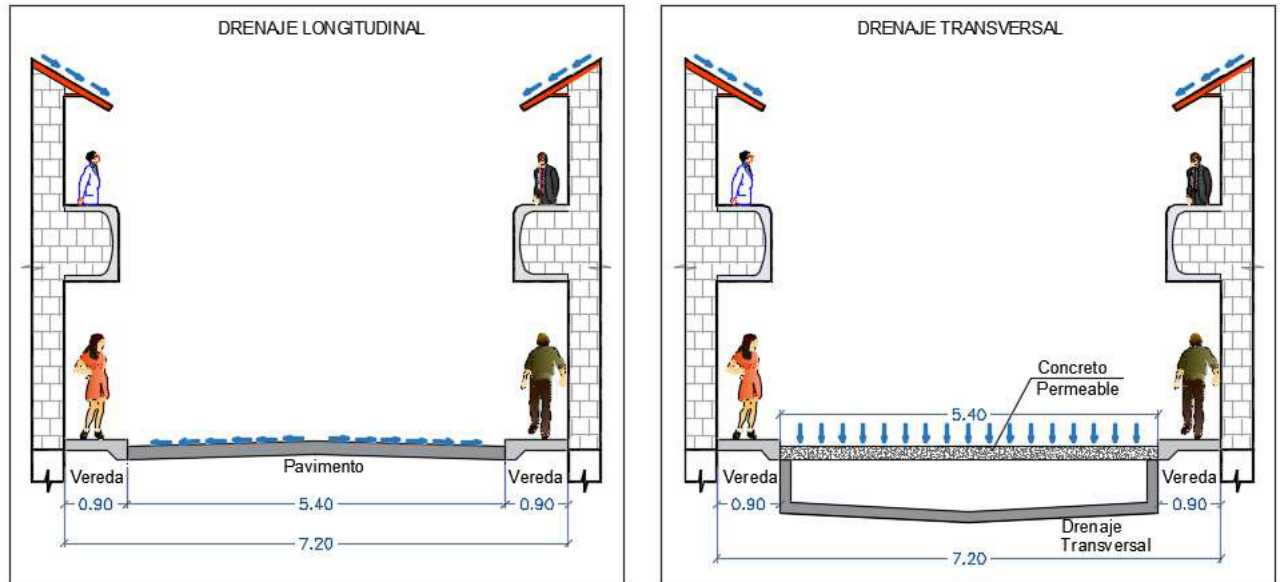
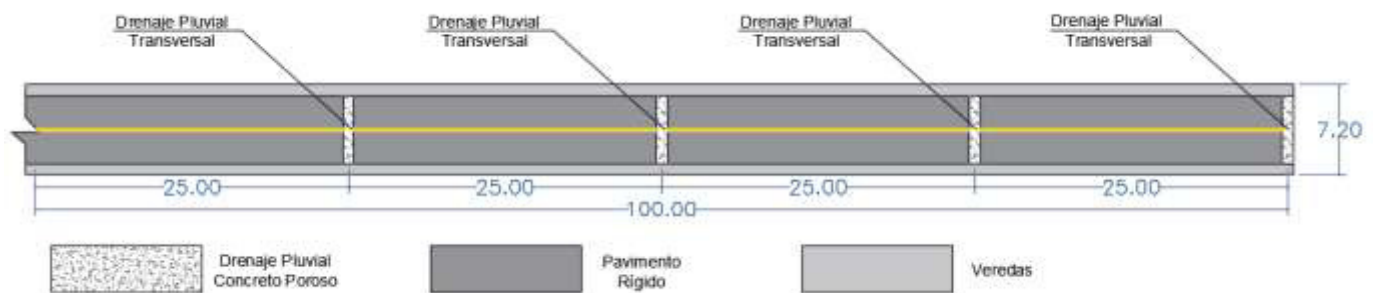


Figura 29

Vista en planta del sistema de drenaje – Propuesta N°03



Área de concreto permeable ejecutada

- Drenaje transversal: $5.40 \text{ m} \times 0.90 \text{ m} \times 4 = 19.44 \text{ m}^2$
- Área total de concreto permeable: 19.44 m^2

Capacidad de infiltración y tiempo de drenaje

- Caudal de infiltración:

$$Q \text{ infiltración} = k \times A_{\text{total}} = 0.0078 \times 19.44 = 0.15 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Tiempo estimado para el drenaje:

$$t = \text{Volumen de agua} / Q \text{ infiltración} = 337.95/0.15 = 37.55 \text{ minutos}$$

Ventajas

- Obliga a que el agua pase por zonas de infiltración, reduciendo la dependencia del bombeo en la vía.
- Distribuye la captación de escorrentía en distintos puntos, evitando la acumulación en un solo sector.
- Disminuye la necesidad de estructuras adicionales para la conducción del agua.

Limitaciones

- Mayor tiempo de absorción, lo que podría generar encharcamientos prolongados en la calzada.
- Menor superficie de concreto permeable en comparación con otras alternativas, lo que limita la capacidad de drenaje.

4.6.5. Propuesta N°04: Sistema mixto con drenaje longitudinal y transversales

Esta solución combina la eficiencia de un drenaje longitudinal con el refuerzo de drenajes transversales estratégicamente distribuidos, lo que garantiza una captación y evacuación eficiente del agua de lluvia. Se propone un drenaje longitudinal de 0.80 m de ancho ubicado en un borde de la vía, complementado con drenajes transversales cada 50 m, con dimensiones de 5.40 m de largo por 0.90 m de ancho.

Para maximizar el rendimiento del sistema, la calzada contará con un bombeo hacia el extremo donde se ubica el drenaje longitudinal, asegurando que el agua fluya sin obstáculos.

La inclusión de drenajes transversales mejora la capacidad de evacuación en puntos estratégicos, reduciendo el riesgo de acumulación de agua.

Elementos principales

- Drenaje longitudinal de 0.80 m de ancho, con losa de techo de concreto permeable, ubicado a un borde de la vía.
- Drenajes transversales de 5.40 m de largo y 0.90 m de ancho, ubicados cada 50 m para reforzar la evacuación del agua.
- Pendiente transversal de la vía con bombeo hacia un extremo, garantizando que el agua escurra eficientemente hacia el drenaje longitudinal.

Figura 30

Secciones transversales del sistema de drenaje – Propuesta N°04

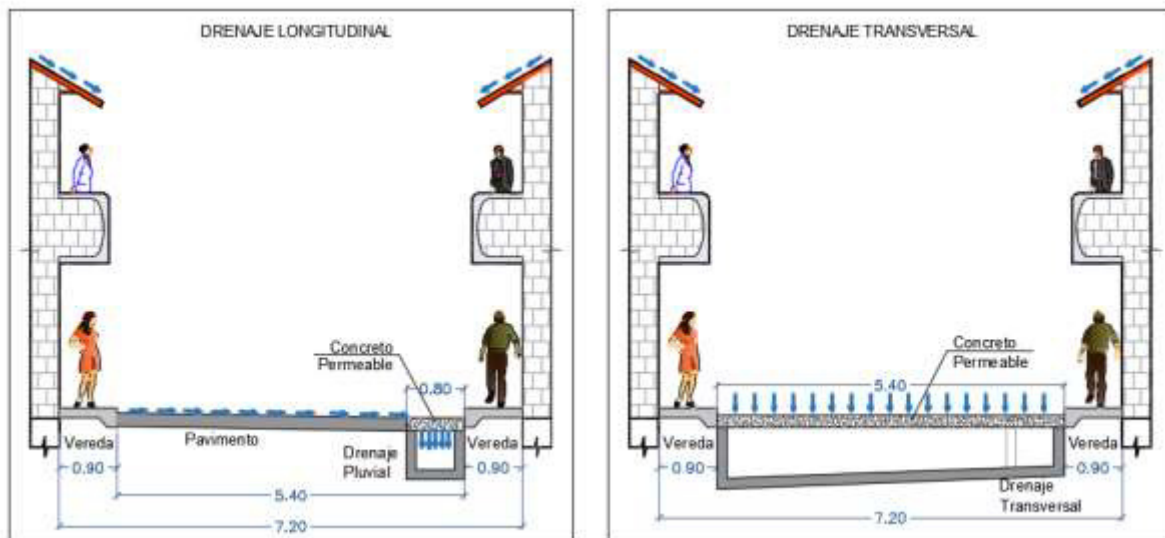
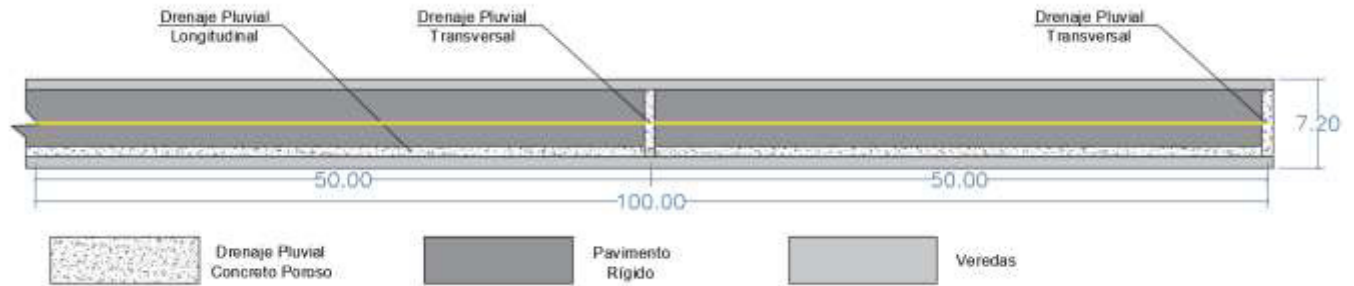


Figura 31

Vista en planta del sistema de drenaje – Propuesta N°04



Área de concreto permeable ejecutada

- Drenaje longitudinal: $99.10 \text{ m} \times 0.80 \text{ m} = 79.28 \text{ m}^2$
- Drenaje transversal: $5.40 \text{ m} \times 0.90 \text{ m} \times 2 = 9.72 \text{ m}^2$
- Área total de concreto permeable: 89.00 m^2

Capacidad de infiltración y tiempo de drenaje

- Caudal de infiltración:

$$Q \text{ infiltración} = k \times A_{\text{total}} = 0.0078 \times 89.00 = 0.69 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Tiempo estimado para el drenaje:

$$t = \text{Volumen de agua} / Q \text{ infiltración} = 337.95 / 0.69 = 8.16 \text{ minutos}$$

Ventajas

- Óptimo balance entre captación e infiltración. Este sistema logra una absorción eficiente, sin ser ni demasiado rápida ni demasiado lenta, lo que evita acumulaciones de agua prolongadas.
- Alta eficiencia hidráulica. La combinación de drenaje longitudinal con refuerzo transversal distribuye la carga hidráulica de manera uniforme, evitando saturaciones en puntos específicos.

- Menor riesgo de encharcamiento. La integración del drenaje transversal cada 50 m permite evacuar el exceso de agua sin que se genere acumulación excesiva en la vía.
- Mantenimiento optimizado. Al estar los elementos bien distribuidos, se facilita la limpieza y conservación del sistema, reduciendo costos operativos a largo plazo.

Limitaciones

- Dependencia de la pendiente transversal. Para garantizar un funcionamiento óptimo, la vía debe contar con un bombeo bien diseñado hacia el drenaje longitudinal.

Tabla 21

Características de las Propuestas de Drenaje

Propuesta	Área de concreto permeable (m ²)	Caudal de infiltración (m ³ /s)	Tiempo estimado de drenaje (minutos)
Propuesta N.º 01 (Drenaje longitudinal central con drenaje transversal al final)	94.05	0.73	7.72
Propuesta N.º 02 (Drenaje en ambos bordes con drenaje transversal final)	163.42	1.27	4.44
Propuesta N.º 03 (Drenajes transversales distribuidos a lo largo de la vía)	19.44	0.15	37.55
Propuesta N.º 04 (Sistema mixto con drenaje longitudinal y transversales)	89.00	0.69	8.16

Los resultados evidencian que las propuestas N°01, N°02 y N°04 cumplen con el criterio de diseño de evacuar el agua en menos de 10 minutos, asegurando una adecuada eficiencia hidráulica. En contraste, la Propuesta N°03, basada únicamente en drenajes transversales distribuidos cada 25 m, presenta un tiempo de infiltración de 37.55 minutos,

superando significativamente el umbral recomendado. Este retraso en la evacuación del agua puede generar acumulaciones temporales y afectar la funcionalidad de la vía durante eventos de lluvia intensa.

Además, se observa que la Propuesta N°02, que dispone drenajes longitudinales en los bordes de la vía, presenta el menor tiempo de drenaje (4.44 minutos), lo que la convierte en la alternativa más eficiente en términos de infiltración. Sin embargo, su implementación requiere mayor área de ejecución de concreto permeable y una pendiente transversal que conduzca el agua hacia los bordes, lo que podría incrementar la complejidad constructiva.

4.7. Cálculo del área mínima de concreto permeable

Basados en los cálculos realizados en las propuestas de diseño de drenaje pluvial se calcula el área mínima de concreto permeable.

Datos de referencia:

- Precipitación máxima en 24 horas = 35.8 mm
- Volumen total de agua generada en 100 m de vía = 337.95 m³
- Tiempo máximo de drenaje permitido = 10 minutos (600 s)
- Coeficiente de permeabilidad del concreto = 0.0078 m/s

Ecuación de drenaje

El caudal de infiltración del concreto permeable se calcula como:

$$Q \text{ infiltración} = k \times A_{\text{permeable}}$$

Donde:

- Q infiltración es el caudal de infiltración (m³/s)
- K es la permeabilidad del concreto (0.0078 m/s)
- A permeable es el área de concreto permeable (m²)

El tiempo de drenaje es:

$$t = V / Q \text{ infiltración}$$

Donde:

- V es el volumen de agua (337.95 m³)
- Q infiltración es el caudal de infiltración (m³/s)

Sustituyendo el valor de $t = 600$ s (10 minutos) que es el tiempo máximo estimado para drenar las aguas pluviales y despejando $A_{\text{permeable}}$ se tiene:

$$A_{\text{permeable}} = V / (k \times t)$$

Sustituyendo los valores:

$$A_{\text{permeable}} = 337.95 / (0.0078 \times 600)$$

$$A_{\text{permeable}} = 72.21 \text{ m}^2$$

El área mínima de concreto permeable necesaria para drenar el agua de lluvia en un máximo de 10 minutos es de aproximadamente 72.21 m² por cada 100 metros de vía con 7.20 m de ancho.

Este valor sirve como referencia para evaluar las diferentes propuestas y asegurar que cumplen con el criterio de drenaje eficiente. Si el área de concreto permeable en una propuesta es menor a este valor, el tiempo de drenaje será mayor a 10 minutos.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Resistencia a la compresión del concreto permeable

En relación con el objetivo específico N°01: “Determinar qué diseño de mezcla de concreto permeable cumple con los requisitos de resistencia a la compresión establecidos, mediante ensayos conforme a la N.T.P. 339.034” y la hipótesis específica N°01: “Las mezclas de concreto permeable con 15% y 20% de agregado fino cumplen con los estándares de resistencia a la compresión establecidos en la N.T.P. 339.034 para su aplicación en pavimentos rígidos permeables”, los resultados experimentales corroboran la hipótesis planteada.

A los 28 días, los diseños con 15% y 20% de agregado fino alcanzaron $f'c = 254.45$ kg/cm² y 337.70 kg/cm², respectivamente, superando el umbral de 210 kg/cm² exigido para pavimentos rígidos de uso vehicular. En contraste, los diseños con 5% y 10% de agregado fino registraron $f'c = 202.17$ kg/cm² y 184.10 kg/cm², valores por debajo del requisito, orientándolos a aplicaciones de menor exigencia estructural o a contextos donde se priorice la permeabilidad.

Desde el punto de vista microestructural, el incremento de agregado fino reduce la porosidad conectada y mejora el empaquetamiento granulométrico, lo que incrementa el área de contacto árido–pasta y la transferencia de esfuerzos en compresión. Ello se traduce en mayor densidad efectiva y mejor resistencia última, aunque con el costo de una menor permeabilidad; de ahí que la selección de la dosificación implique un balance entre resistencia y drenaje, coherente con lo previsto en la hipótesis.

Respecto a la disminución temporal de resistencia observada entre los 7 y 14 días, esta puede explicarse por factores como:

- Efectos térmicos de hidratación: el calor liberado en la hidratación inicial acelera la ganancia de resistencia a 7 días, pero gradientes térmicos y contracciones sin curado adecuado pueden inducir microfisuras que reducen la resistencia a 14 días.

- Encogimiento autógeno y retracción: en mezclas con baja relación agua/cemento y elevada densidad de pasta se generan tensiones internas que producen microgrietas capilares, afectando la resistencia intermedia.

Con la evidencia experimental, se concluye que las mezclas con 15% y 20% de agregado fino cumplen de manera consistente con la N.T.P. 339.034, siendo recomendables para pavimentos rígidos permeables con tránsito vehicular ligero a medio.

Los resultados obtenidos en la presente investigación respecto a la resistencia a la compresión del concreto permeable fueron contrastados con antecedentes nacionales e internacionales, con el propósito de evaluar su consistencia y explicar las diferencias observadas desde un enfoque técnico y metodológico.

En comparación con el estudio desarrollado por Martell y Rojas (2019), quienes reportaron una resistencia a la compresión de 172 kg/cm² para un diseño de concreto permeable con 5 % de agregado fino y el uso de aditivo plastificante Chema Megaplast, los resultados obtenidos en esta investigación evidencian un mejor desempeño mecánico, alcanzándose un valor de 202 kg/cm² para el mismo porcentaje de arena. Esta diferencia se explica, principalmente, por el tipo de cemento utilizado. Mientras que Martell y Rojas emplearon Cemento Pacasmayo, cuya resistencia inicial es relativamente menor, en el presente estudio se utilizó Cemento Sol, reconocido por presentar mayores resistencias tanto a edades tempranas como a los 28 días de curado.

Otro factor relevante es la procedencia y calidad de los agregados. En el estudio de referencia se utilizaron agregados provenientes de Trujillo, cuyas propiedades granulométricas y niveles de absorción difieren de los agregados empleados en esta investigación, procedentes de la región Áncash. Estos últimos presentaron una menor absorción y una gradación más favorable para concreto permeable, lo que permitió una mejor adherencia entre la pasta de

cemento y el agregado, contribuyendo al incremento de la resistencia a la compresión. Asimismo, la metodología de diseño de mezcla influye significativamente, ya que Martell y Rojas aplicaron el método ACI 211.1 (2002), orientado al diseño de concreto convencional, mientras que en este estudio se empleó el ACI PRC 522 (2024), específico para concreto permeable, el cual optimiza la relación entre contenido de vacíos, pasta cementante y estabilidad estructural del material.

A nivel internacional, los resultados también fueron comparados con los obtenidos por Al-Madi en la Universidad de South Wales. En uno de sus grupos de diseño, Al-Madi reportó una resistencia a la compresión aproximada de 432 kg/cm² para un concreto permeable con 22.2 % de agregado fino, valor considerablemente superior al alcanzado en esta investigación, donde se obtuvo una resistencia de 337 kg/cm² para un diseño con 20 % de arena. Si bien el mayor contenido de agregado fino contribuye a incrementar la resistencia mecánica, esta diferencia porcentual no resulta suficiente por sí sola para explicar la brecha observada, estimada en aproximadamente 94 kg/cm².

Las causas más plausibles de dicha diferencia se relacionan con las propiedades de los materiales empleados. Al-Madi utilizó agregados provenientes del Reino Unido, los cuales presentan una mineralogía, densidad y resistencia intrínseca distintas a las de los agregados locales de Áncash. El uso de áridos con mayor resistencia mecánica incide directamente en el incremento de la resistencia a la compresión del concreto. Asimismo, las características del cemento utilizado, tales como su finura, composición y desempeño mecánico a los 28 días, pueden haber influido de manera significativa en los valores superiores reportados en el estudio internacional.

Adicionalmente, la distribución granulométrica adoptada por Al-Madi difiere de la empleada en esta investigación. En dicho antecedente se combinó agregado de 10 mm y 20

mm en proporciones similares, junto con un mayor contenido de arena, generando una estructura de empaquetamiento más eficiente, con mejor interbloqueo entre partículas y menor concentración de vacíos críticos. En contraste, en el presente estudio se trabajó principalmente con agregados retenidos en malla de ½", lo que genera una estructura porosa distinta. A ello se suma la diferencia en el porcentaje de vacíos considerado, ya que Al-Madi trabajó con aproximadamente 12 % de vacíos, mientras que en esta investigación se adoptó un 15 %, priorizando la capacidad de infiltración.

Por otro lado, el mismo autor reportó en otro grupo de diseños una resistencia a la compresión aproximada de 260 kg/cm² para un concreto permeable con 12.5 % de agregado fino. Este resultado es comparable con el obtenido en la presente investigación para el diseño con 15 % de arena, donde se alcanzó una resistencia de 254 kg/cm². La similitud entre ambos valores indica que, en este rango de contenidos de agregado fino, el desempeño mecánico es prácticamente equivalente, pese a las diferencias en la proporción de arena.

Las ligeras variaciones observadas pueden explicarse nuevamente por las diferencias en la procedencia y propiedades de los agregados, el tipo de cemento utilizado y la gradación adoptada. En el estudio de Al-Madi se empleó una combinación de agregados de 10 mm y 20 mm en proporciones similares, junto con un 12.5 % de arena, lo que favorece un mejor empaquetamiento del material. En contraste, el presente estudio utilizó una gradación distinta y un mayor porcentaje de vacíos (15 % frente a 12 %), lo que influye directamente en la resistencia a la compresión obtenida.

En conjunto, estos resultados permiten concluir que la resistencia a la compresión del concreto permeable no depende únicamente del porcentaje de agregado fino, sino de la interacción conjunta entre la calidad y gradación de los agregados, el tipo de cemento, la metodología de diseño empleada y el porcentaje de vacíos adoptado. En ese sentido, los valores

obtenidos en esta investigación se consideran técnicamente consistentes y adecuados para pavimentos permeables, logrando un equilibrio razonable entre resistencia mecánica y eficiencia hidráulica, en concordancia con los objetivos planteados y las exigencias normativas vigentes.

5.2. Resistencia a la flexión del concreto permeable

En relación con el objetivo específico N°02: “Determinar qué diseño de mezcla de concreto permeable cumple con los requisitos de resistencia a la flexión establecidos, mediante ensayos conforme a la N.T.P. 339.078” y la hipótesis específica N°02: “Las mezclas de concreto permeable con 15% y 20% de agregado fino cumplen con los estándares de resistencia a la flexión establecidos en la N.T.P. 339.078 para su aplicación en pavimentos rígidos permeables”, los resultados experimentales confirman la hipótesis planteada.

A los 28 días, los diseños con 15% y 20% de agregado fino alcanzaron módulos de ruptura de 53.70 kg/cm² y 60.30 kg/cm², respectivamente, valores superiores al mínimo de referencia exigido para pavimentos de tránsito liviano. En contraste, los diseños con 5% y 10% de agregado fino mostraron desempeños inferiores, lo que refuerza que la presencia de finos es determinante en la capacidad de absorción de esfuerzos de tracción.

El incremento en la resistencia a la flexión se explica por el efecto del agregado fino en la microestructura: al mejorar el empaquetamiento y la densidad de la matriz, aumenta la cohesión árido-pasta y la capacidad de transferencia de esfuerzos en la zona de tracción, retrasando la iniciación y propagación de fisuras. Este comportamiento coincide con lo reportado en la literatura técnica, donde se reconoce que una proporción moderada de finos mejora el desempeño mecánico sin comprometer drásticamente la permeabilidad.

En términos de aplicabilidad, las mezclas con 15% y 20% de agregado fino no solo cumplen con la norma, sino que proporcionan un margen de seguridad estructural frente a

cargas de flexión, haciéndolas viables para pavimentos permeables en vías de tránsito ligero a medio, donde se requiere un equilibrio entre resistencia mecánica y capacidad hidráulica.

Los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la flexión del concreto permeable fueron contrastados con el antecedente desarrollado por Cruz y Arana (2021), con el fin de analizar el comportamiento mecánico del material frente a variaciones en el contenido de vacíos, agregado fino y procedencia de los materiales.

Cruz y Arana reportaron un módulo de ruptura aproximado de 40 kg/cm² para un concreto permeable diseñado sin agregado fino (0 % de arena) y con un contenido de vacíos del 10 %, utilizando agregados provenientes de la cantera Elena de Troya, ubicada en la región Arequipa. En comparación, la presente investigación obtuvo un valor de módulo de ruptura de 42 kg/cm² para un diseño con 5 % de agregado fino y un mayor porcentaje de vacíos, equivalente al 15 %, empleando agregados de la cantera Pariahuanca – Río Santa, en la región Áncash.

Desde un enfoque teórico, el incremento del porcentaje de vacíos suele generar una reducción de la resistencia a la flexión, debido a la disminución del área efectiva de contacto entre partículas y a la mayor discontinuidad de la matriz cementicia. No obstante, en este caso, a pesar de que el concreto permeable evaluado en la presente investigación presenta un contenido de vacíos superior al del antecedente (15 % frente a 10 %), el valor del módulo de ruptura resultó ligeramente mayor. Este comportamiento se explica, principalmente, por la incorporación de un 5 % de agregado fino, el cual contribuye a mejorar la continuidad de la pasta de cemento y a reducir la concentración de vacíos críticos, favoreciendo una mejor transferencia de esfuerzos de flexión.

Asimismo, la similitud en las propiedades mecánicas de los agregados empleados en ambos estudios constituye un factor relevante. Tanto los agregados de la cantera Elena de Troya

(Arequipa) como los de la cantera Pariahuanca – Río Santa (Áncash) presentan características mineralógicas y geométricas comparables, asociadas a materiales de origen volcánico y sedimentario, con adecuada angularidad y resistencia, lo que permite que el comportamiento a flexión del concreto permeable se mantenga dentro de rangos similares.

Adicionalmente, los procedimientos de diseño de mezcla utilizados en ambos estudios presentan enfoques equivalentes, orientados a garantizar un adecuado balance entre resistencia mecánica y permeabilidad. Esta similitud metodológica contribuye a que los valores del módulo de ruptura obtenidos sean comparables, pese a las diferencias en el porcentaje de vacíos y contenido de arena.

En conjunto, la comparación realizada evidencia que la resistencia a la flexión del concreto permeable no depende únicamente del porcentaje de vacíos, sino también de la presencia de agregado fino y de la calidad de los agregados empleados. Los resultados de esta investigación confirman que la incorporación controlada de arena permite compensar, en parte, el efecto negativo de un mayor contenido de vacíos, logrando un desempeño estructural adecuado y compatible con los requerimientos normativos para pavimentos urbanos permeables.

5.3. Desempeño hidráulico del concreto permeable

En relación con el objetivo específico N°03: “Evaluar la capacidad de infiltración de los diseños de mezcla de concreto permeable, mediante ensayos conforme a la norma ACI PRC - 522 utilizando un permeámetro de carga variable”, y considerando la hipótesis específica N°03: “Las mezclas de concreto permeable con 5% y 10% de agregado fino cumplen con los valores mínimos de capacidad de infiltración establecidos en la norma ACI PRC-522, garantizando su aplicación en pavimentos rígidos permeables” los resultados obtenidos permiten validar lo propuesto.

El diseño con 5% de agregado fino alcanzó un índice de infiltración de 2.89 cm/s, mientras que el diseño con 10% de agregado fino obtuvo 2.05 cm/s. Ambos valores se ubican muy por encima del mínimo establecido en la norma ACI PRC-522, equivalente a 0.14 cm/s, lo que demuestra que las mezclas estudiadas cumplen y superan holgadamente los requisitos normativos. Este comportamiento confirma la hipótesis planteada y garantiza que dichos diseños son técnicamente viables para su aplicación en pavimentos rígidos permeables.

Asimismo, los resultados ponen en evidencia una relación inversa entre el contenido de agregado fino y la capacidad de infiltración. A medida que se incrementa la proporción de material fino en la mezcla, se reduce la conectividad de vacíos y, en consecuencia, la capacidad de drenaje disminuye. De este modo, se confirma que los diseños con bajo contenido de agregado fino favorecen un mejor desempeño hidráulico, condición fundamental para la adecuada evacuación pluvial en zonas urbanas.

En síntesis, el análisis hidráulico muestra que las mezclas con 5% y 10% de agregado fino no solo cumplen con los criterios mínimos de la ACI PRC-522, sino que también presentan índices de infiltración ampliamente superiores, asegurando su utilidad en pavimentos permeables orientados a mitigar problemas de acumulación y escorrentía superficial.

En el análisis del desempeño hidráulico del concreto permeable, la comparación con los resultados reportados por Al-Madi evidencia diferencias sustanciales en el coeficiente de permeabilidad, atribuibles principalmente al diseño granulométrico, al contenido de agregado fino y a la estructura de vacíos generada en cada mezcla. Al-Madi reportó un coeficiente de permeabilidad del orden de 5.45 cm/s, correspondiente a un diseño que incorpora una gradación bimodal de agregados gruesos de 10 mm y 20 mm en proporciones iguales, junto con un contenido de arena del 12.5 %. Esta combinación granulométrica favorece la formación de

macroporos continuos y bien interconectados, lo que maximiza la capacidad de infiltración del material y permite una evacuación muy rápida del agua.

En contraste, la presente investigación obtuvo un coeficiente de permeabilidad de 2.05 cm/s para el diseño con 10 % de agregado fino, empleando agregado grueso de tamaño nominal 1/2" con presencia de fracción fina residual. Este tipo de gradación, más cerrada y menos dispersa en tamaños genera una red de poros con menor conectividad interna, reduciendo la velocidad de paso del agua a través de la matriz del concreto. Asimismo, la menor proporción de arena utilizada en este estudio contribuye a un mayor control del volumen de vacíos, lo que si bien limita la permeabilidad respecto a diseños altamente drenantes, favorece una estructura más estable desde el punto de vista mecánico.

Es importante destacar que la diferencia observada entre ambos coeficientes de permeabilidad no responde únicamente al porcentaje de arena, sino principalmente a la forma en que los tamaños de agregado interactúan para definir la geometría de los vacíos. El diseño bimodal propuesto por Al-Madi permite un mejor acomodo de los agregados gruesos, generando canales de drenaje más amplios y continuos, mientras que el uso de un único tamaño de agregado en esta investigación produce vacíos más uniformes, pero menos interconectados, lo cual se refleja en una menor permeabilidad global.

Desde una perspectiva normativa y funcional, el valor de 2.05 cm/s obtenido en esta investigación se encuentra muy por encima del rango mínimo recomendado por la ACI PRC-522, que establece valores típicos entre 0.20 y 0.54 cm/s para pavimentos permeables. Esto confirma que, aun con una permeabilidad inferior a la reportada por Al-Madi, el concreto permeable diseñado cumple holgadamente con los requisitos hidráulicos para su aplicación en pavimentos urbanos, garantizando una adecuada evacuación del agua pluvial.

En consecuencia, los resultados evidencian que el enfoque adoptado en esta investigación prioriza un desempeño hidráulico suficiente y normativamente adecuado, sin recurrir a estructuras excesivamente abiertas que podrían comprometer la resistencia mecánica y la durabilidad del pavimento. Esta diferencia de criterios de diseño explica de manera coherente la variación en los coeficientes de permeabilidad observados y refuerza la idea de que el concreto permeable debe diseñarse bajo un equilibrio técnico entre infiltración, resistencia y estabilidad estructural, en función de las condiciones específicas de uso y del contexto urbano, como es el caso de la ciudad de Huaraz.

5.4. Evaluación del sistema de drenaje propuesto

En relación con el objetivo específico N.º 04: “Evaluar la eficiencia de las cuatro propuestas de secciones transversales de pavimento permeable para identificar cuál garantiza la evacuación del volumen de agua generado por la precipitación máxima en 24 horas en un tiempo menor a 10 minutos en la ciudad de Huaraz”, y considerando la hipótesis específica N.º 04: “Al menos una de las propuestas de secciones transversales de pavimento permeable permite evacuar en menos de 10 minutos el volumen de agua generado por la precipitación máxima en 24 horas en la ciudad de Huaraz”, los resultados obtenidos permiten confirmar su cumplimiento. Los ensayos realizados evidencian que tres configuraciones (Propuesta N.º 01, Propuesta N.º 02 y Propuesta N.º 04) satisfacen dicho criterio, mientras que la Propuesta N.º 03 resultó inviable al superar el límite establecido.

Entre las alternativas viables, la Propuesta N.º 02 alcanzó el mejor desempeño, con un tiempo de evacuación de 4.44 minutos, lo que demuestra una mayor eficiencia hidráulica frente a las demás. Este comportamiento se explica porque el diseño de la sección ofrece una mayor superficie efectiva de concreto permeable y una adecuada disposición de drenajes, factores que favorecen la evacuación acelerada del volumen de agua pluvial.

Desde una perspectiva técnica, los resultados validan que la eficiencia del sistema de drenaje depende directamente del área de concreto permeable disponible y de la configuración geométrica adoptada. Particularmente, las secciones que incorporan drenajes longitudinales y combinados optimizan el flujo de agua hacia los sistemas de evacuación, mostrando un mejor desempeño frente a escenarios de máxima precipitación.

En consecuencia, se confirma tanto el objetivo como la hipótesis, concluyéndose que las propuestas con diseño hidráulico integral constituyen soluciones más confiables y sostenibles para la ciudad de Huaraz, donde la capacidad de evacuación pluvial es un criterio prioritario en el dimensionamiento de pavimentos permeables.

Cabe precisar que, para la variable dependiente referida a la evaluación del sistema de drenaje propuesto, no se identificaron antecedentes directos que desarrollen un análisis similar basado en el cálculo del tiempo de evacuación del volumen generado por la precipitación máxima en 24 horas, aplicado a secciones transversales de pavimento permeable en un contexto urbano específico. La mayoría de los estudios revisados se limita a la evaluación de propiedades mecánicas o hidráulicas del concreto permeable a nivel de material, sin integrar dichas propiedades al análisis hidráulico–funcional de la sección vial completa.

En ese sentido, la presente investigación adopta un enfoque aplicado y comparativo interno, evaluando la eficiencia relativa de cuatro configuraciones de drenaje propuestas bajo condiciones hidrológicas reales de la ciudad de Huaraz. Este procedimiento permite identificar la alternativa más eficiente en términos de tiempo de evacuación, constituyéndose en un aporte metodológico que puede servir como referencia para futuros estudios y para el diseño de pavimentos permeables en contextos urbanos similares.

VI. CONCLUSIONES

- La investigación confirma que el uso de concreto permeable en vías urbanas constituye una alternativa eficiente para mejorar el drenaje pluvial en la ciudad de Huaraz. Un diseño adecuado de mezcla y disposición en la sección vial optimiza la infiltración del agua de lluvia, reduciendo la acumulación superficial y mejorando la gestión del escurrimiento urbano.
- Se determinó que el incremento de la proporción de agregado fino en las mezclas de concreto permeable aumenta la resistencia a la compresión y flexión, debido a la reducción de vacíos. No obstante, este comportamiento disminuye la permeabilidad del material, estableciendo la necesidad de balancear resistencia mecánica y capacidad de infiltración.
- La investigación demostró que las mezclas con 15% y 20% de agregado fino alcanzaron resistencias de 254.45 Kg/cm² y 337.70 Kg/cm², respectivamente. Estos valores no solo superan el mínimo de 175 Kg/cm² exigido por la norma CE.010 para superficies especiales, sino que también sobrepasan el estándar de 210 Kg/cm² requerido para pavimentos rígidos vehiculares. Esto confirma que el concreto permeable diseñado no solo cumple, sino que excede los parámetros normativos, garantizando su idoneidad estructural en vías urbanas sometidas a tránsito liviano y mediano.
- Los ensayos de resistencia a la flexión evidenciaron que el módulo de ruptura guarda relación directa con el porcentaje de vacíos en la mezcla: a mayor contenido de vacíos, menor resistencia. Se obtuvieron valores de 43.70, 41.10, 53.70 y 60.30 Kg/cm² para los diseños con 5%, 10%, 15% y 20% de agregado fino, respectivamente. Estos resultados muestran que todos los diseños superan el mínimo de 34 Kg/cm² establecido por la norma CE.010 para vías locales y colectoras, mientras que las mezclas con 15%

y 20% de agregado fino alcanzan valores superiores a 45 Kg/cm², cumpliendo con el requisito para vías arteriales y expresas. En consecuencia, el concreto permeable diseñado no solo garantiza estabilidad estructural en condiciones de tránsito ligero, sino que también amplía su aplicabilidad a vías de mayor jerarquía urbana.

- La capacidad de infiltración, medida con permeámetro de carga variable, demostró que las mezclas con 5% y 10% de agregado fino alcanzaron coeficientes de 2.89 cm/s y 2.05 cm/s, respectivamente, mientras que las mezclas con 15% y 20% registraron 1.44 cm/s y 0.78 cm/s. Todas se encuentran por encima del rango normativo ACI PRC - 522 (0.20–0.54 cm/s), lo que evidencia un adecuado desempeño hidráulico.
- El análisis de precipitaciones máximas en 24 horas (35.8 mm en marzo de 2023) determinó que, para un tramo de 100 m de vía de 7.20 m de ancho, se genera un volumen de 337.95 m³ de escorrentía. Considerando la mezcla menos permeable (20% de agregado fino, $K = 0.0078$ m/s), se calculó que un área mínima de 72.21 m² de concreto permeable —equivalente al 10% del área vial— es suficiente para infiltrar dicho volumen en menos de 10 minutos, garantizando un drenaje eficiente.
- Entre las alternativas evaluadas de disposición vial, la Propuesta N.º 01 (drenaje longitudinal central más transversal final) y la Propuesta N.º 02 (drenaje en ambos bordes más transversal final) resultaron las más eficientes, logrando tiempos de infiltración de 7.72 y 4.44 minutos, respectivamente, ambos por debajo del umbral de 10 minutos. En cambio, la Propuesta N.º 03 (drenajes transversales distribuidos cada 25 m) registró 37.55 minutos, resultando menos efectiva.
- Finalmente, se evidencia que la normativa nacional CE.010 – Pavimentos Urbanos carece de criterios específicos para pavimentos permeables, por lo que fue necesario recurrir a la norma internacional ACI PRC - 522 para evaluar la permeabilidad. Esto

revela la necesidad de actualizar la normativa peruana, incorporando parámetros que regulen el diseño y aplicación del concreto permeable en vías urbanas.

- En síntesis, se cumplió con el objetivo general de evaluar la eficiencia del concreto permeable en la gestión de precipitaciones máximas en la ciudad de Huaraz, demostrando que es una alternativa viable y técnicamente sólida frente a los pavimentos rígidos convencionales. Asimismo, se corroboró la hipótesis general, al verificarse que el diseño de mezclas de concreto permeable y su adecuada disposición en la vía permiten alcanzar tiempos de infiltración menores a 10 minutos y parámetros de resistencia estructural acordes con las exigencias normativas.

VII. RECOMENDACIONES

- Promover la implementación de concreto permeable en zonas urbanas de la ciudad de Huaraz donde se observa acumulación de agua, para mejorar la eficiencia del drenaje pluvial. Iniciar esta implementación en sectores bajos podría minimizar acumulaciones excesivas durante lluvias intensas.
- Priorizar el uso de mezclas con contenido de agregado fino entre el 15 % y el 20 %, puesto que estas proporciones han demostrado el mejor equilibrio entre resistencia mecánica y permeabilidad. Se recomienda validar estos diseños bajo condiciones reales de tráfico y exposición ambiental.
- Desarrollar normativas locales específicas para pavimentos permeables que incluyan criterios de diseño, requisitos de mezcla, ejecución, y mantenimiento. Estas normativas deberían alinearse con estándares internacionales como ACI PRC - 522, pero ajustadas al contexto climático, geográfico y de tránsito local.
- Favorecer los diseños de sección transversal que combinan drenajes longitudinales y transversales (Propuestas N.º 02 y N.º 04), ya que han demostrado tiempos de drenaje inferiores al umbral de 10 minutos, optimizando el escurrimiento y minimizando acumulaciones.
- Desarrollar investigaciones orientadas al mantenimiento preventivo del concreto permeable, evaluando la eficacia de técnicas como barrido mecánico, aspirado y lavado a presión en la remoción de sedimentos y materia orgánica. Dichos estudios permitirán establecer protocolos de limpieza que eviten la obstrucción progresiva de los poros, asegurando la capacidad de infiltración y prolongando la vida útil del pavimento.

- Realizar pruebas piloto y seguimiento post implementación en diferentes zonas climáticas y de tránsito, para evaluar la durabilidad del concreto permeable, su mantenimiento y la variabilidad de sus parámetros hidráulicos a lo largo del tiempo.
- Capacitar a profesionales municipales, ingenieros civiles y entidades responsables en el manejo técnico del concreto permeable: diseño, mezclas, ejecución, mantenimiento y control de calidad, para asegurar su plena funcionalidad.
- Dimensionar el área mínima de concreto permeable apropiada en cada proyecto vial, teniendo en cuenta precipitación máxima local, área de captación, factor de seguridad y el coeficiente de permeabilidad de la mezcla. Esto podría incluir estimaciones previas al diseño para asegurar que esa área cumpla la función de drenaje eficaz.
- Considerar el uso de concreto permeable en calles locales, estacionamientos y vías con menor tránsito para verificar su aplicabilidad e identificar ajustes operativos antes de su uso en vías de mayor jerarquía.
- Realizar monitoreo del desempeño in situ del concreto permeable implementado (resistencia, infiltración, posibles fallas estructurales o daños) para retroalimentar futuras mejoras de diseño, mezcla y mantenimiento.
- Con la finalidad de incrementar la precisión en la estimación de los parámetros hidrológicos y reducir la necesidad de aplicar factores de seguridad elevados en el diseño de sistemas de drenaje, se recomienda que futuros estudios y proyectos similares consideren la triangulación de información proveniente de al menos tres (03) estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio, obteniendo valores promedio representativos para variables como la precipitación máxima en 24 horas. Este procedimiento permitiría una caracterización hidrológica más confiable del

comportamiento pluviométrico local, especialmente en zonas de topografía compleja, contribuyendo a diseños hidráulicos más eficientes, seguros y técnicamente optimizados.

- Se recomienda que futuras investigaciones complementen el enfoque del presente estudio incorporando la durabilidad del concreto permeable como variable dependiente adicional, considerando que esta investigación estuvo orientada principalmente al diseño de mezclas y a la evaluación de la capacidad hidráulica y resistencia mecánica inicial del material. La evaluación de la durabilidad podría desarrollarse mediante la ejecución de losas de concreto permeable a escala real, expuestas a condiciones ambientales naturales (intemperie), permitiendo analizar el comportamiento de la porosidad y la capacidad de infiltración a lo largo del tiempo. Asimismo, se sugiere comparar los resultados entre losas sometidas a mantenimiento periódico (limpieza superficial o descolmatación de poros) y losas sin ningún tipo de mantenimiento, con el fin de cuantificar la pérdida progresiva de permeabilidad y su impacto en el desempeño hidráulico del pavimento.
- Se recomienda que futuras investigaciones incorporen un análisis económico comparativo como variable dependiente, orientado a evaluar la viabilidad técnica-económica del uso de concreto permeable en pavimentos, frente a soluciones tradicionales de concreto convencional. Dicho análisis debería considerar no solo los costos iniciales de ejecución (materiales, mano de obra, equipos y procesos constructivos), sino también los costos asociados al ciclo de vida del pavimento, incluyendo mantenimiento periódico, limpieza de poros, rehabilitación y vida útil esperada.

VIII. REFERENCIAS

- ACI 325.12R-02 (2002). *Guide for Design of Jointed Concrete Pavements for Streets and Local Roads* (reapproved 2019). American Concrete Institute. Obtenido de https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=3251202&Format=DOWNLOAD&Language=English&Units=US_AND_METRIC
- ACI PRC-522R-23 (2023). *Report on Pervious Concrete*. American Concrete Institute. Obtenido de <https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=52223>
- ACPA (2010). American Concrete Pavement Association. Stormwater management with pervious concrete concrete. Obtenido de <https://dep.wv.gov/WWE/Programs/stormwater/MS4/green/Documents/SW%20Mgmt%20with%20pervious%20concrete.pdf>
- Al-Madi, W. (2024). *High Strength Pervious Concrete*. Tesis Doctoral. University of South Wales. Obtenido de: <https://pure.southwales.ac.uk/en/studentTheses/high-strength-pervious-concrete>
- Castillo, L. y Trujillo, E. (2019). *Elaboración de concreto permeable con adición de material plástico reciclado para pavimentación en el distrito de Pariacoto – Áncash*. Tesis (Título Profesional). Universidad Nacional del Santa, Perú. Obtenido de <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/3456>
- Cruz, F., y Arana, C. (2021). *Evaluación de la resistencia mecánica de un concreto permeable ordinario frente a concretos permeables elaborados con un aditivo superplastificante y relaciones a/c menores, para su uso en pavimentos urbanos; Arequipa - 2021*. Tesis (Título Profesional). Universidad Continental, Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/10415>

- Hernández, R., y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (6ª ed.). McGraw-Hill Educación.
- Kich, M., Kich, V., y Seibt, K. (2022). *Practical Analysis of Permeable Concrete Properties with Polypropylene Fiber Addition*. Congreso Brasileiro do Concreto (IBRACON).
Obtenido de <https://arxiv.org/abs/2204.13487>
- López, E. (2010). “Control de calidad y colocación de concretos permeables”. Tesis (Título Profesional). Universidad Nacional Autónoma de México, México. Obtenido de <https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptb2010/mayo/0657518/0657518.pdf>
- Martell, J., y Rojas García, H. (2019). *Estudio de la resistencia a compresión del concreto permeable $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ empleando aditivo Chema Megaplast en la ciudad de Trujillo*. Tesis (Título Profesional). Universidad Privada Antenor Orrego, Perú.
Obtenido de <https://repositorio.upao.edu.pe/item/ad738438-7bfd-400c-8740-2253ef311ee3>
- Mora, J., Aguado, A., y Astorga, F. (2019). Characterization of pervious concrete exposed to high levels of evaporation. *International Journal of Pavement Research and Technology*. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s42947-019-0001-8>
- Nazeer, M., Kapoor, K., y Singh, S. (2023). Strength, durability and microstructural investigations on pervious concrete made with fly ash and silica fume as supplementary cementitious materials. *Journal of Building Engineering*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.106275>
- Neithenalth, N. (2004). *Development and characterization of acoustically efficient cementitious materials* (Doctoral dissertation, Purdue University). Purdue University, Indiana.

NTP 339.034. (2021). *CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas*. Norma Técnica Peruana. Obtenido de https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PRO=9214

NTP 339.078. (2022). *CONCRETO. Determinación de la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios de la distancia entre apoyos*. Norma Técnica Peruana. Obtenido de https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PRO=9474

Sanjaya, N., Saloma, Hanafiah, Juliantina, I., & Nurjannah, S. (2021). *The effect of fine aggregate ratio and compaction method on the strength and permeability of porous concrete*. Journal of Physics: Conference Series. Obtenido del <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1783/1/012073>

Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO). (2010). *Norma CE.010 Pavimentos Urbanos*. Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima, Perú. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2686377/CE.010%20Pavimentos%20Urbanos%20DS%20N%C2%B0%20010-2010.pdf?v=1641411250>

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI. (2025). Estaciones meteorológicas y datos climáticos. SENAMHI. <https://www.senamhi.gob.pe/servicios/?p=estaciones>


IX. ANEXOS

ANEXO A
MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
TESIS: "DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO EN PAVIMENTOS URBANOS QUE PERMITAN EL CONTROL DE AGUAS PLUVIALES EN LA CIUDAD DE HUARAZ"						
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE			
¿El diseño de mezclas de concreto permeable para pavimentos urbanos puede garantizar la resistencia estructural y la capacidad de infiltración necesarias para mejorar la gestión del drenaje pluvial en la ciudad de Huaraz?	Evaluar cómo el diseño adecuado de concreto permeable en pavimentos puede optimizar el sistema de drenaje en la ciudad de Huaraz, desarrollando una composición de mezcla eficiente que contribuya a la gestión del escurrimiento pluvial.	Los diseños de concreto permeable con un contenido de agregado fino entre el 15% y el 20% optimizan el sistema de drenaje en la ciudad de Huaraz, logrando un equilibrio entre resistencia mecánica y capacidad de infiltración.	Porcentaje de agregado fino en el diseño de mezclas.	Cantidad de agregado fino en la mezcla.	% de agregado fino (5%, 10%, 15%, 20%).	Enfoque de la investigación: Cuantitativo
			Sección de pavimento permeable	Propuestas de secciones de concreto permeable	Área de concreto permeable (m ²)	Nivel de estudio: Explicativo
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADORES	Tipo de investigación: Aplicada
¿Cuál de los diseños de mezcla propuestos para una vía rígida permeable cumple con los requisitos de resistencia a la compresión establecidos para su aplicación?	Determinar qué diseño de mezcla de concreto permeable cumple con los requisitos de resistencia a la compresión establecidos, mediante ensayos conforme a la N.T.P. 339.034.	Las mezclas de concreto permeable con 15% y 20% de agregado fino cumplen con los estándares de resistencia a la compresión establecidos en la N.T.P. 339.034 para su aplicación en pavimentos rígidos permeables.	Resistencia a la fuerza de compresión del concreto permeable.	Capacidad del concreto permeable para soportar cargas de compresión.	f'c a 7, 14 y 28 días (MPa o Kg/cm ²)	Diseño de la investigación: Cuasiexperimental y Transversal
					Cumplimiento con CE.010 (≥ 175 Kg/cm ²)	
¿Cuál de los diseños de mezcla propuestos para una vía rígida permeable cumple con los requisitos de resistencia a la flexión establecidos para su aplicación?	Determinar qué diseño de mezcla de concreto permeable cumple con los requisitos de resistencia a la flexión establecidos, mediante ensayos conforme a la N.T.P. 339.078.	Las mezclas de concreto permeable con 15% y 20% de agregado fino cumplen con los estándares de resistencia a la flexión establecidos en la N.T.P. 339.078 para su aplicación en pavimentos rígidos permeables.	Resistencia a la flexión del concreto permeable.	Capacidad del concreto permeable para resistir esfuerzos de flexión.	MR a 7, 14 y 28 días (MPa o Kg/cm ²)	52 especímenes de concreto permeable ensayados a compresión, flexión y permeabilidad; con una edad de curado de 07, 14 y 28 días para los siguientes diseños:
					Cumplimiento con CE.010 (≥ 34 Kg/cm ²)	

<p>¿Cuál de los diseños de mezcla propuestos para una vía rígida permeable cumple con los valores mínimos de capacidad de infiltración exigidos para su aplicación?</p>	<p>Evaluar la capacidad de infiltración de los diseños de mezcla de concreto permeable, mediante ensayos conforme a la norma ACI PRC - 522 utilizando un permeámetro de carga variable.</p>	<p>Las mezclas de concreto permeable con 5% y 10% de agregado fino cumplen con los valores mínimos de capacidad de infiltración establecidos en la norma ACI PRC-522, garantizando su aplicación en pavimentos rígidos permeables.</p>	<p>Capacidad de infiltración del concreto permeable.</p>	<p>Velocidad de infiltración del agua en el concreto permeable.</p>	<p>Tasa de infiltración (cm/s).</p>	
<p>¿Cuál de las propuestas de secciones transversales de pavimento permeable garantiza una evacuación eficiente del volumen de agua generado por la precipitación máxima en 24 horas en un tiempo menor a 10 minutos en la ciudad de Huaraz?</p>	<p>Evaluar la eficiencia de las cuatro propuestas de secciones transversales de pavimento permeable para identificar cuál garantiza la evacuación del volumen de agua generado por la precipitación máxima en 24 horas en un tiempo menor a 10 minutos en la ciudad de Huaraz.</p>	<p>Al menos una de las propuestas de secciones transversales de pavimento permeable permite evacuar en menos de 10 minutos el volumen de agua generado por la precipitación máxima en 24 horas en la ciudad de Huaraz.</p>	<p>Eficiencia del sistema de drenaje del pavimento permeable</p>	<p>Tiempo de evacuación del agua pluvial</p>	<p>Cumplimiento con ACI 522R-10 (0.20 cm/s – 0.54 cm/s)</p> <p>Tiempo (minutos) requerido para evacuar el volumen de agua de la precipitación máxima en 24 horas.</p>	<p>Diseño 01: 5% de finos y 15% de vacíos</p> <p>Diseño 02: 10% de finos y 15% de vacíos</p> <p>Diseño 03: 15% de finos y 15% de vacíos</p> <p>Diseño 04: 20% de finos y 15% de vacíos</p>

ANEXO B
ENSAYOS PREVIOS



ESTUDIOS GEOTECNICOS Y CONSULTORIA

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD DE
MATERIALES.**

OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: 51222071

RUC N° 20602024100
INDECOPFI REGISTRO N° 00144079

OSCE - BIENES CÓDIGO: 90503307

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO

SOLICITA

UBICACIÓN


FECHA DE EMISIÓN

"DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO EN PAVIMENTOS URBANOS QUE PERMITAN EL CONTROL DE AGUAS PLUVIALES EN LA CIUDAD DE HUARAZ"

JOE ANDERSON ARROYO SUÁREZ

DISTRITO DE HUARAZ, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ÁNCASH

22/09/2023



NTP 400.012

ASTM C 136

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO AGREGADO FINO

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CANTERA : ORION

UBICACIÓN : PARIHUANCA

MUESTRA : ARENA GRUESA

MUESTRA N° : Mab 01

INFORME N° : EG-092-GF01-2023

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
MALLAS		PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	ACUMULADO QUE PASA (%)
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)				
3"	75.00		--	--	100.0
2 1/2"	63.50		--	--	100.0
2"	50.80		--	--	100.0
1 1/2"	38.10		--	--	100.0
1"	25.40		--	--	100.0
3/4"	19.05		--	--	100.0
1/2"	12.70		--	--	100.0
3/8"	9.525		--	--	100.0
N° 4	4.750	82.9	5.9	5.9	94.1
N° 8	2.360	307.7	21.8	27.7	72.3
N° 16	1.180	420.4	29.7	57.4	42.6
N° 30	0.600	317.4	22.4	79.8	20.2
N° 50	0.300	146.3	10.3	90.2	9.8
N° 100	0.150	45.4	3.2	93.4	6.6
N° 200	0.074	7.9	0.6	93.9	6.1
Menor que N° 200		85.4	6.1	100.0	

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

Peso inicial seco (g) : 1414.4

Peso lavado seco (g) : 1328.0

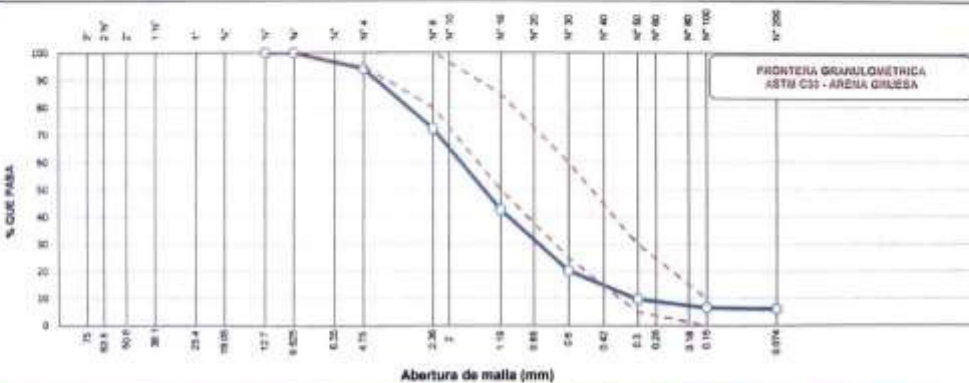
% Grava : 5.9

% Arena : 88.0

% Pasante N° 200 (Finos) : 6.1

Módulo de fineza : 3.54

GRADACIÓN : A FINO -----



PRONTERA GRANULOMÉTRICA ASTM C33 - ARENA GRUESA

% FINOS = 6.1

% ARENA = 88.0

% GRAVA = 5.9

OBSERVACIONES


- La muestra e identificación, fue entregada al laboratorio por el solicitante.
- Los límites de gradación son los indicados en ASTM C33 - ARENA GRUESA.

EGEOS E.I.R.L.

Angel Alexander Sal y Rosas Cruz

DNI N° 70456528

JEFE DE LABORATORIO



MEMBER

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU

LYNDA KRUPENSKAYA CASTROMONTE

INGENIERA CIVIL

COPR N° 140124

ACTIVA N° 11111111








Jr. Dámaso Antúnez 756 - Belén - Huaraz









43-234381


(+51) 927645700

egeosprojects@gmail.com

 ESTUDIOS GEOTECNICOS Y CONSULTORIA		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES.																									
OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: 9122871		RUC N° 20502924199 INDECOPI REGISTRO N° 00114070	OSCE - BIENES CÓDIGO: 90503397																								
INFORME DE ENSAYO																											
PROYECTO	"DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO EN PAVIMENTOS URBANOS QUE PERMITAN EL CONTROL DE AGUAS PLUVIALES EN LA CIUDAD DE HUARAZ"																										
SOLICITA	JOE ANDERSON ARROYO SUÁREZ																										
UBICACIÓN	DISTRITO DE HUARAZ, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ÁNCASH																										
FECHA DE EMISIÓN	22/09/2023																										
NTP 339.185 ASTM D 2216	CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO																										
REFERENCIAS DE LA MUESTRA																											
CANTERA	: ORION	MUESTRA N°	: Mab 01																								
UBICACIÓN	: PARIHUANCA	INFORME N°	: EG-092-HF01-2023																								
MUESTRA	: ARENA GRUESA																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N° RECIPIENTE</th> <th>54</th> <th>62</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE (g)</td> <td>1290.1</td> <td>1356.2</td> </tr> <tr> <td>PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE (g)</td> <td>1230.9</td> <td>1291.6</td> </tr> <tr> <td>PESO DEL RECIPIENTE (g)</td> <td>71.8</td> <td>72.1</td> </tr> <tr> <td>PESO DEL AGUA (g)</td> <td>59.2</td> <td>64.6</td> </tr> <tr> <td>PESO DEL SUELO SECO (g)</td> <td>1159.1</td> <td>1219.4</td> </tr> <tr> <td>% DE HUMEDAD</td> <td>5.1</td> <td>5.3</td> </tr> <tr> <td>% HUMEDAD PROMEDIO</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">5.2</td> </tr> </tbody> </table>				N° RECIPIENTE	54	62	PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE (g)	1290.1	1356.2	PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE (g)	1230.9	1291.6	PESO DEL RECIPIENTE (g)	71.8	72.1	PESO DEL AGUA (g)	59.2	64.6	PESO DEL SUELO SECO (g)	1159.1	1219.4	% DE HUMEDAD	5.1	5.3	% HUMEDAD PROMEDIO	5.2	
N° RECIPIENTE	54	62																									
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIPIENTE (g)	1290.1	1356.2																									
PESO DEL SUELO SECO + RECIPIENTE (g)	1230.9	1291.6																									
PESO DEL RECIPIENTE (g)	71.8	72.1																									
PESO DEL AGUA (g)	59.2	64.6																									
PESO DEL SUELO SECO (g)	1159.1	1219.4																									
% DE HUMEDAD	5.1	5.3																									
% HUMEDAD PROMEDIO	5.2																										
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Método de ensayo</td> <td>: B</td> </tr> <tr> <td>Método de secado</td> <td>: Horno a 110 +/-5°C</td> </tr> </tbody> </table>				Método de ensayo	: B	Método de secado	: Horno a 110 +/-5°C																				
Método de ensayo	: B																										
Método de secado	: Horno a 110 +/-5°C																										
OBSERVACIONES	* La muestra e identificación, fue entregado al laboratorio por el solicitante.																										
EGEOS E.I.R.L.  Angel Alexander Sal y Rosas Cruz DNI N° 70456528 JEFE DE LABORATORIO		 MEMBER																									
 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ Consejo Regional de Áncash - Regional		 LYNDY KARIN AZAMORA CASTROMONTE INGENIERA CIVIL CIP N° 191424 ASTM N° 2415424																									
 Jr. Dámaso Antónnez 756 - Baños - Huaraz		 43-234351  (+51) 937645700																									
		 egeosprojects@gmail.com																									

		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES.			
OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: 0122071		OSCE - BIENES CÓDIGO: 0030307			
RUC N° 20662024198		INDECOPI REGISTRO N° 0014070			
INFORME DE ENSAYO					
PROYECTO	"DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO EN PAVIMENTOS URBANOS QUE PERMITAN EL CONTROL DE AGUAS PLUVIALES EN LA CIUDAD DE HUARAZ"				
SOLICITA	JOE ANDERSON ARROYO SUÁREZ				
UBICACIÓN	DISTRITO DE HUARAZ, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ÁNCASH				
FECHA DE EMISIÓN	22/09/2023				
NTP 400.022 ASTM C 128		GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO			
REFERENCIAS DE LA MUESTRA					
CANTERA	: ORION	MUESTRA N°	: Mab 01		
UBICACIÓN	: PARIAHUANCA	INFORME N°	: EG-002-PEF01-2023		
MUESTRA	: ARENA GRUESA				
DATOS					
AGREGADO			FINO		
A	Peso del Material secada al horno a 110 ± 5°C	(g)	494.3		
B	Peso de frasco + Agua	(g)	706.7		
C	Peso material SSS + Peso del frasco + Agua	(g)	1016.6		
S	Peso de la muestra Saturada Superficialmente seca en aire (SSS)	(g)	500.0		
RESULTADOS					
AGREGADO			FINO		
Muestra			.01		
%Absorción (Ab) = $100 \cdot ((A-D)/D)$			1.2		
Pe Bulk (Base seca) o Peso Especifico de Masa (DD) = $A/(B+S-C)$			2.60		
Pe Bulk (Base saturada) o Peso Especifico de masa SSS (SSD) = $S/(B+S-C)$			2.63		
Pe Aparente (Base seca) o Peso Especifico Aparente (Pea) = $A/(B+A-C)$			2.68		
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Método de Preparación de la muestra</td> <td style="width: 50%;">Desde su humedad natural</td> </tr> </table>				Método de Preparación de la muestra	Desde su humedad natural
Método de Preparación de la muestra	Desde su humedad natural				
OBSERVACIONES : La muestra e identificación, fue entregada al laboratorio por el solicitante.					
EGEOS E.I.R.L.  Angel Alexander Sal y Rosas Cruz DNI N° 70466528 JEFE DE LABORATORIO		 ING. KAREN ALAMORA CASTRO MONTE INGENIERA CIVIL CIP N° 091324 ASTM N° 2412424			
 Jr. Dámaso Amánez 756 - Belén - Huaraz		 43-234351  (+51) 927648700			
		 egoosprojects@gmail.com			

 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES.																																																																										
OSCI - SERVICIOS CÓDIGO: 51122871	RUC N° 29602624100 INBECOPÍ REGISTRO N° 0014879	OSCI - BIENES CÓDIGO: 80503307																																																																								
INFORME DE ENSAYO																																																																										
PROYECTO	"DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO EN PAVIMENTOS URBANOS QUE PERMITAN EL CONTROL DE AGUAS PLUVIALES EN LA CIUDAD DE HUARAZ"																																																																									
SOLICITA	JOE ANDERSON ARROYO SUÁREZ																																																																									
UBICACIÓN	DISTRITO DE HUARAZ, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ÁNCASH																																																																									
FECHA DE EMISIÓN	22/09/2023																																																																									
NTP 400.017 ASTM C 29	PESO UNITARIO (DENSIDAD APARENTE) Y VACIOS DEL AGREGADO FINO																																																																									
REFERENCIAS DE LA MUESTRA																																																																										
CANTERA	ORION	MUESTRA N° : Mab 01																																																																								
UBICACIÓN	PARIAHUANCA	INFORME N° : EG-092-UF01-2023																																																																								
MUESTRA	ARENA GRUESA																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="4">PESO UNITARIO SUELTO</th> </tr> <tr> <th>IDENTIFICACIÓN</th> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del molde + muestra seca</td> <td>(g)</td> <td>6932</td> <td>6920</td> </tr> <tr> <td>Peso del molde</td> <td>(g)</td> <td>2504.7</td> <td>2504.7</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra</td> <td>(g)</td> <td>4427.3</td> <td>4415.3</td> </tr> <tr> <td>Volumen del molde</td> <td>(cm³)</td> <td>2836.4</td> <td>2836.4</td> </tr> <tr> <td>Peso unitario suelta seca</td> <td>(g/cm³)</td> <td>1.561</td> <td>1.557</td> </tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>(kg/m³)</td> <td colspan="2">1560</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="4">PESO UNITARIO COMPACTADO</th> </tr> <tr> <th>IDENTIFICACIÓN</th> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso del molde + muestra seca</td> <td>(g)</td> <td>7221</td> <td>7246</td> </tr> <tr> <td>Peso del molde</td> <td>(g)</td> <td>2504.7</td> <td>2504.7</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra</td> <td>(g)</td> <td>4716.3</td> <td>4741.3</td> </tr> <tr> <td>Volumen del molde</td> <td>(cm³)</td> <td>2836.4</td> <td>2836.4</td> </tr> <tr> <td>Peso unitario compactado seca</td> <td>(g/cm³)</td> <td>1.663</td> <td>1.672</td> </tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>(kg/m³)</td> <td colspan="2">1670</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tbody> <tr> <td>Peso Especifico de Masa (OD)</td> <td>2.60</td> </tr> <tr> <td>% de Vacios - Muestra Suelta</td> <td>39.9</td> </tr> <tr> <td>% de Vacios - Muestra compactada</td> <td>35.6</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%;"> <tbody> <tr> <td>Método utilizado en la compactación</td> <td>: Rodding (Varillado)</td> </tr> </tbody> </table>			PESO UNITARIO SUELTO				IDENTIFICACIÓN		1	2	Peso del molde + muestra seca	(g)	6932	6920	Peso del molde	(g)	2504.7	2504.7	Peso de la muestra	(g)	4427.3	4415.3	Volumen del molde	(cm ³)	2836.4	2836.4	Peso unitario suelta seca	(g/cm ³)	1.561	1.557	Promedio	(kg/m ³)	1560		PESO UNITARIO COMPACTADO				IDENTIFICACIÓN		1	2	Peso del molde + muestra seca	(g)	7221	7246	Peso del molde	(g)	2504.7	2504.7	Peso de la muestra	(g)	4716.3	4741.3	Volumen del molde	(cm ³)	2836.4	2836.4	Peso unitario compactado seca	(g/cm ³)	1.663	1.672	Promedio	(kg/m ³)	1670		Peso Especifico de Masa (OD)	2.60	% de Vacios - Muestra Suelta	39.9	% de Vacios - Muestra compactada	35.6	Método utilizado en la compactación	: Rodding (Varillado)
PESO UNITARIO SUELTO																																																																										
IDENTIFICACIÓN		1	2																																																																							
Peso del molde + muestra seca	(g)	6932	6920																																																																							
Peso del molde	(g)	2504.7	2504.7																																																																							
Peso de la muestra	(g)	4427.3	4415.3																																																																							
Volumen del molde	(cm ³)	2836.4	2836.4																																																																							
Peso unitario suelta seca	(g/cm ³)	1.561	1.557																																																																							
Promedio	(kg/m ³)	1560																																																																								
PESO UNITARIO COMPACTADO																																																																										
IDENTIFICACIÓN		1	2																																																																							
Peso del molde + muestra seca	(g)	7221	7246																																																																							
Peso del molde	(g)	2504.7	2504.7																																																																							
Peso de la muestra	(g)	4716.3	4741.3																																																																							
Volumen del molde	(cm ³)	2836.4	2836.4																																																																							
Peso unitario compactado seca	(g/cm ³)	1.663	1.672																																																																							
Promedio	(kg/m ³)	1670																																																																								
Peso Especifico de Masa (OD)	2.60																																																																									
% de Vacios - Muestra Suelta	39.9																																																																									
% de Vacios - Muestra compactada	35.6																																																																									
Método utilizado en la compactación	: Rodding (Varillado)																																																																									
OBSERVACIONES	* La muestra e identificación, fue entregada al laboratorio por el solicitante.																																																																									
EGEOS S.R.L.  Angel Alexander Sal y Rosas Cruz D.N.M. N° 70466528 JEFE DE LABORATORIO	 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE HUARAZ I.T.H.	 INGRID ALEJANDRA CASTROMONTE INGENIERA CIVIL CEP N° 91424 ASTM N° 2415424																																																																								
 Jc. Dámaso Antónnez 756 - Bellén - Huaraz	 43-234351  (+51) 927645700	 egeosprojects@gmail.com																																																																								



ESTUDIOS GEOTECNICOS Y CONSULTORIA

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD DE
MATERIALES.**

OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: ST122871

BSC N° 29682024190
INRECOPI REGISTRO N° 00114079

OSCE - BIENES CÓDIGO: 80593397


INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : "DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO EN PAVIMENTOS URBANOS QUE PERMITAN EL CONTROL DE AGUAS PLUVIALES EN LA CIUDAD DE HUARAZ"

SOLICITA : JOE ANDERSON ARROYO SUÁREZ

UBICACIÓN : DISTRITO DE HUARAZ, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ÁNCASH

FECHA DE EMISIÓN : 22/09/2023



NTP 400.012
ASTM C 136

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO AGREGADO GRUESO

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

CANTERA : ORION

UBICACIÓN : PARIAHUANCA

MUESTRA : PIEDRA CHANCADA

MUESTRA N° : Mab 01

INFORME N° : EG-092-GG01-2023

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
SERIE AMERICANA	MALLAS ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	ACUMULADO QUE PASA (%)
2 1/2"	63.500		--	--	100.0
2"	50.800		--	--	100.0
1 1/2"	38.100		--	--	100.0
1"	25.400		--	--	100.0
3/4"	19.050	113.1	3.7	3.7	96.3
1/2"	12.700	2479.4	81.7	85.5	14.5
3/8"	9.525	370.1	12.2	97.7	2.3
N° 4	4.750	38.4	1.3	98.9	1.1
N° 6	2.360		--	98.9	1.1
N° 16	1.190		--	98.9	1.1
N° 30	0.600		--	98.9	1.1
N° 50	0.300		--	98.9	1.1
N° 100	0.150		--	98.9	1.1
N° 200	0.074		--	98.9	1.1
Menor que N° 200		32.5	1.1	100.0	

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

Peso inicial seco (g) : 3033.6

% Grava : 98.9

% Arena : 0.0

% Fines : 1.1

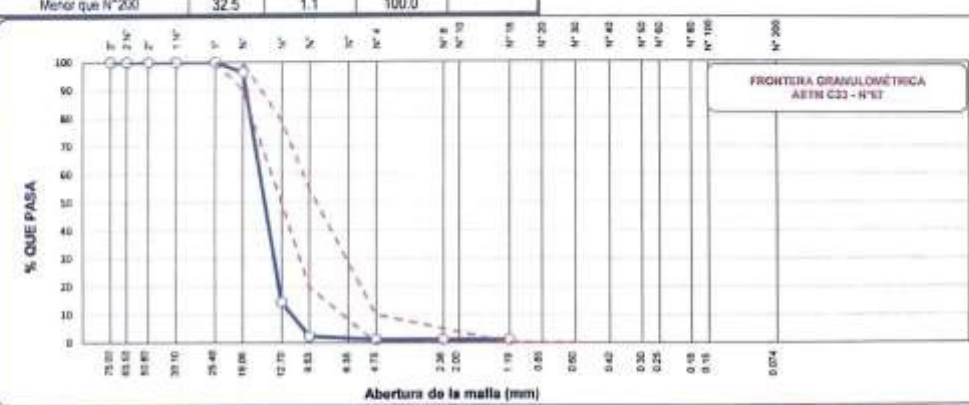
Humedad natural (%) : 0.4

Tamaño Máximo Nominal (Pulg) : 1/2"

Módulo de Fines : 6.9

GRADACIÓN

ASTM HUBO N°17



FRONTERA GRANULOMÉTRICA
ASTM C33 - N°17

% FINOS = 1.1


% ARENA = 0.0

% GRAVA = 98.9

OBSERVACIONES : La muestra e identificación, fue entregada al laboratorio por el solicitante.

EGEOS S.I.R.L.

Angel Alexander Sal y Rosas Cruz
DNI N° 70466528
JEFE DE LABORATORIO



MEMBER

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
Consejo Regional Huánuco


LYNDY ROBERT ALVARADO CASEROMONTE
INGENIERO CIVIL
COP N° 191424
ASTM N° 2335424










J. Dámaso Antúnez 756 - Bolán - Huaraz








43-234351

(+51) 937645700

egeosprojects@gmail.com

 ESTUDIOS GEOTECNICOS Y CONSULTORIA		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES.																									
OSCE - SERVICIOS CÍVICO: 01122071		BSC N° 20062070199 INDECOPÍ REGISTRADO N° 0014070																									
		OSCE - CUITES CÍVICO: 00500207																									
INFORME DE ENSAYO																											
PROYECTO	"DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO EN PAVIMENTOS URBANOS QUE PERMITAN EL CONTROL DE AGUAS PLUVIALES EN LA CIUDAD DE HUARAZ"																										
SOLICITA	JOE ANDERSON ARROYO SUÁREZ																										
UBICACIÓN	DISTRITO DE HUARAZ, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ÁNCASH																										
FECHA DE EMISIÓN	22/09/2023																										
NTP 339.165 ASTM D 2216	CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO																										
REFERENCIAS DE LA MUESTRA																											
CANTERA	: ORION	MUESTRA N°	: Mtb 01																								
UBICACIÓN	: PARIHUANCA	INFORME N°	: EG-002-HG01-2023																								
MUESTRA	: PIEDRA CHANCADA																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>N° RECIENTE</th> <th>61</th> <th>60</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIENTE (g)</td> <td>2173.0</td> <td>2316.2</td> </tr> <tr> <td>PESO DEL SUELO SECO + RECIENTE (g)</td> <td>2167.4</td> <td>2305.2</td> </tr> <tr> <td>PESO DEL RECIENTE (g)</td> <td>89.7</td> <td>87.1</td> </tr> <tr> <td>PESO DEL AGUA (g)</td> <td>05.6</td> <td>11.0</td> </tr> <tr> <td>PESO DEL SUELO SECO (g)</td> <td>2077.7</td> <td>2218.1</td> </tr> <tr> <td>% DE HUMEDAD</td> <td>0.3</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>% HUMEDAD PROMEDIO</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">0.4</td> </tr> </tbody> </table>				N° RECIENTE	61	60	PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIENTE (g)	2173.0	2316.2	PESO DEL SUELO SECO + RECIENTE (g)	2167.4	2305.2	PESO DEL RECIENTE (g)	89.7	87.1	PESO DEL AGUA (g)	05.6	11.0	PESO DEL SUELO SECO (g)	2077.7	2218.1	% DE HUMEDAD	0.3	0.5	% HUMEDAD PROMEDIO	0.4	
N° RECIENTE	61	60																									
PESO DEL SUELO HUMEDO + RECIENTE (g)	2173.0	2316.2																									
PESO DEL SUELO SECO + RECIENTE (g)	2167.4	2305.2																									
PESO DEL RECIENTE (g)	89.7	87.1																									
PESO DEL AGUA (g)	05.6	11.0																									
PESO DEL SUELO SECO (g)	2077.7	2218.1																									
% DE HUMEDAD	0.3	0.5																									
% HUMEDAD PROMEDIO	0.4																										
<table border="1"> <tr> <td>Método de ensayo</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>Método de secado</td> <td>Horno a 110 ±5°C</td> </tr> </table>				Método de ensayo	B	Método de secado	Horno a 110 ±5°C																				
Método de ensayo	B																										
Método de secado	Horno a 110 ±5°C																										
OBSERVACIONES : La muestra o certificación, fue entregada al laboratorio por el solicitante																											
EGEOS E.I.R.L.  Angel Alejandro Sal y Rosas Cruz DNI N° 470466528 JEFE DE LABORATORIO		 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ Consejo Titular Huaraz 2023 LYNDA SANDOVAL CASTRO INGENIERA CIVIL N° 191424 A.M.N. N° 3115124																									
Jr. Dómaso Antón 756 - Belén - Huaraz		43-234301 (+51) 937642700																									
		egeosprojects@gmail.com																									

 ESTUDIOS GEOTECNICOS Y CONSULTORIA		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES.	
OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: S1122871		RUC N° 20602024100	
		INRECOPI REGISTRO N° 0014870	
		OSCE - BIENES CÓDIGO: 80582307	
INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	"DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO EN PAVIMENTOS URBANOS QUE PERMITAN EL CONTROL DE AGUAS PLUVIALES EN LA CIUDAD DE HUARAZ"		
SOLICITA	JOE ANDERSON ARROYO SUÁREZ		
UBICACIÓN	DISTRITO DE HUARAZ, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ÁNCASH		
FECHA DE EMISIÓN	22/09/2023		
NTP 400.021 ASTM C 127	GRAVEDAD ESPECÍFICA (DENSIDAD RELATIVA) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO		
REFERENCIAS DE LA MUESTRA			
CANTERA	: ORION	MUESTRA N°	: Mab 01
UBICACIÓN	: PARIAHUANCA	INFORME N°	: EG-092-PEG01-2023
MUESTRA	: PIEDRA CHANCADA		
DATOS			
AGREGADO		GRUESO	
A	Peso del Material secada al horno a 110 a 5°C (g)		2977.2
B	Peso de la muestra Saturada Superficialmente seca en aire (SSS) (g)		2999.10
C	Peso en el agua de la muestra SSS (g)		1887.30
RESULTADOS			
AGREGADO		GRUESO	
Muestra		01	
Tamaño máximo Nominal de la muestra		1/2"	
%Absorción (Ab)		= (B-A)/A	0.74
Peso Especifico de Masa (OD)		= A/(B-C)	2.68
Peso Especifico de masa saturada con superficie seca (SSD)		= B/(B-C)	2.70
Peso Especifico Aparente (Psa)		= A/(A-C)	2.73
Método de Preparación de la muestra : Desde su humedad natural			
OBSERVACIONES : - La muestra e identificación, fue entregada al laboratorio por el solicitante.			
EGEOS E.I.R.L.  Angel Alexander Sal y Rosas Cruz DNI N° 70466524 JEFE DE LABORATORIO		 MEMBER	
 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ Consejo Distrital de Huaraz  LYNDIA EMPARADA AMADOR CASTROMONTE INGENIERA CIVIL CIP N° 191424 ASTM N° 2415424			
 Jr. Dámaso Antúnez 756 - Belén - Huaraz		 43-234381  (+51) 937645700	
		 egeosprojects@gmail.com	

 ESTUDIOS GEOTECNICOS Y CONSULTORIA		LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD DE MATERIALES.							
<small>OSCE - SEGUROS CERO: 81122071</small>		<small>RUC N° 20002024100</small> <small>UNIDOPM REGISTRO N° 00114078</small>							
		<small>OSCE - VIGILANCIA: 80000007</small>							
INFORME DE ENSAYO									
PROYECTO	"DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO EN PAVIMENTOS URBANOS QUE PERMITAN EL CONTROL DE AGUAS PLUVIALES EN LA CIUDAD DE HUARAZ"								
SOLICITA	JOE ANDERSON ARROYO SUÁREZ								
UBICACIÓN	DISTRITO DE HUARAZ, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ÁNCASH								
FECHA DE EMISIÓN	22/09/2023								
NTP 400.017 ASTM C 29	PESO UNITARIO (DENSIDAD APARENTE) Y VACIOS DEL AGREGADO GRUESO								
REFERENCIAS DE LA MUESTRA									
CANTERA	ORION	MUESTRA N°	Mb0 01						
UBICACIÓN	PARIAHUANCA	INFORME N°	EG-002-UG01-2023						
MUESTRA	ARENA GRUESA								
PESO UNITARIO SUELTO									
IDENTIFICACIÓN									
		1	2						
Peso del recipiente + muestra seca	(g)	17511	17505						
Peso del recipiente	(g)	5388.0	5388.0						
Peso de la muestra	(g)	12123.0	12117.0						
Volumen	(cm ³)	9488.1	9488.1						
Peso unitario suelto seco	(g/cm ³)	1.278	1.277						
Promedio	(kg/m ³)	1280							
PESO UNITARIO COMPACTADO									
IDENTIFICACIÓN									
		1	2						
Peso del recipiente + muestra seca	(g)	18205	18200						
Peso del recipiente	(g)	5388.0	5388.0						
Peso de la muestra	(g)	13817.0	13812.0						
Volumen	(cm ³)	9488.1	9488.1						
Peso unitario compactado seco	(g/cm ³)	1.456	1.456						
Promedio	(kg/m ³)	1400							
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Peso Especifico de Masa (DD)</td> <td style="text-align: center;">2.88</td> </tr> <tr> <td>% de Vacios - Muestra Suelta</td> <td style="text-align: center;">52.1</td> </tr> <tr> <td>% de Vacios - Muestra compactada</td> <td style="text-align: center;">48.4</td> </tr> </table>				Peso Especifico de Masa (DD)	2.88	% de Vacios - Muestra Suelta	52.1	% de Vacios - Muestra compactada	48.4
Peso Especifico de Masa (DD)	2.88								
% de Vacios - Muestra Suelta	52.1								
% de Vacios - Muestra compactada	48.4								
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Método utilizado en la compactación</td> <td style="text-align: center;">: Rodding (Verificado)</td> </tr> </table>				Método utilizado en la compactación	: Rodding (Verificado)				
Método utilizado en la compactación	: Rodding (Verificado)								
COMENTARIOS: • La muestra e identificación, fue entregada al laboratorio por el solicitante									
EGEOS S.R.L.  Angel Alexander Cal y Rosas Cruz <small>DIRECCIÓN 70456528</small> JEFE DE LABORATORIO		 <small>MEMBER</small> LYNDIA KATIE ROSARIO CASTROBONNE <small>INGENIERA CIVIL</small> <small>CI Nº 193424</small> <small>ASTM Nº 7411-124</small>							
 Jr. Dómineo Antúnez 786 - Balón - Huaraz		 43-234381  (+51) 937445700							
		 egeosprojects@gmail.com							

ANEXO C
DISEÑOS DE MEZCLA



Diseño de Mezcla N°01

Propiedades del Agregado Grueso para los Diseños de Mezclas

Material	Tamaño (pulg.)	Peso Específico (Kg/m ³)	P.U.S.C. (Kg/m ³)	Absorción (%)	Humedad (%)
Grava	1/2"	2700.00	1460.00	0.740	0.390

Propiedades del Agregado Fino para los Diseños de Mezclas

Material	Módulo de Finura	Peso Específico (Kg/m ³)	P.U.S.C. (Kg/m ³)	Absorción (%)	Humedad (%)
Arena Gruesa	3.54	2630.00	1670.00	1.150	5.210

Propiedades del Material Cementante para los Diseños de Mezclas

Material	Marca	Tipo	Densidad (Kg/m ³)
Cemento	Sol	I	3120.00

Propiedades del Agua para los Diseños de Mezclas

Material	Densidad (Kg/m ³)
Agua	1000.00

Parámetros para el Diseño de Mezcla N°01

F _c = Resistencia a la compresión especificada para diseño (Kg/cm ²)	Porcentaje de Vacíos (%)	Porcentaje de A.F. (%)	Porcentaje de Aditivos (%)	Relación A/C
210.00	15.00	5.00	0.00	0.30

Contenido del agregado grueso:

 Relación b/b₀ (Peso seco del A.G. / Peso unitario compactado seco del A.G.)

Porcentaje de agregado fino	ASTM C 33 Size N° 8	ASTM C 33 Size N° 67
0	0.99	0.990
5	0.96	0.960
10	0.93	0.930
15	0.89	0.895
20	0.85	0.860

 Peso del Agregado Grueso = Peso unitario seco compactado x (b/b₀) x 1m³

Donde:

- Peso Unitario Seco Compactado = 1460.00 Kg/m³
- b/b₀ = 0.960 m³

Peso del Agregado = 1401.60 Kg

Volumen Agregado = Masa / Densidad

Donde:

- Masa del agregado = 1401.60 Kg
- Densidad del agregado = 2700.00 Kg/m³

 Volumen Agregado Grueso = 0.5191 m³



Diseño de Mezcla N°01

Cálculo del volumen de la pasta:

Volumen de pasta = Volumen de Cemento + Volumen de Agua

 Volumen de pasta = 1m³ - (Volumen de grava + % de Vacíos + % de Aditivos)

Volumen de pasta = 1m³ - (Volumen de grava + % de Vacíos + % de Aditivos)

Donde:

- Volumen de grava = 0.5191 m³
- Porcentaje de Vacíos = 0.1500 m³
- Porcentaje de Aditivos = 0.0000 m³

Volumen de pasta = 0.3309 m³
Volumen de pasta = Volumen de Cemento + Volumen de Agua

Volumen = Masa / Densidad

Volumen de pasta = (Masa de cemento/Densidad del Cemento) + (Masa de agua/Densidad de Agua)

Volumen de pasta = $\frac{\text{Masa de cemento}}{\text{Densidad del cemento}} + \frac{\text{Masa de agua}}{\text{Densidad del agua}}$
Volumen de pasta = $\frac{C}{\text{Densidad del cemento}} + \frac{(A/C) \times C}{\text{Densidad del agua}}$

Donde:

- Densidad del cemento = 3120.00 Kg/m³
- Densidad del agua = 1000.00 Kg/m³
- Relación A/C = 0.30
- Volumen de pasta = 0.3309 m³

Masa del cemento = 533.25 Kg
Masa del agua = 159.98 L 0.8500
Comprobando los volúmenes:

- Volumen del Cemento = 0.1709 m³
- Volumen del Agua = 0.1600 m³
- Volumen del Agregado Fino = 0.0260 m³
- Volumen del Agregado Grueso = 0.4932 m³
- Volumen de Vacíos = 0.1500 m³
- Volumen de Aditivo = 0.0000 m³

Volumen de Mezcla + % de Vacíos + % de Aditivos = 1.0000 m³
Presentación del diseño en estado seco

Material	Pesos Secos (Kg)	Peso E. (Kg/m ³)	Volumen (m ³)
Cemento	533.25	3120.00	0.1709
Agregado Fino	68.26	2630.00	0.0260
Agregado Grueso	1331.52	2700.00	0.4932
Agua	159.98	1000.00	0.1600
Vacíos			0.1500
Aditivo			0.0000
Total			1.0000



Diseño de Mezcla N°01

Corrección por humedad y absorción:

Peso corregido por humedad = Peso Seco x (1+h%)

Agregado Fino = 71.82 Kg

Agregado Grueso = 1336.71 Kg

Aporte de agua = (h%-abs%) * Peso Corregido Agregado

Aporte de agua del A.F. = 2.92 L

Aporte de agua del A.G. = -4.68 L

Presentación del diseño corregido

Material	Peso Corregido (Kg)	Peso E. (Kg/m3)	Volumen (m3)
Cemento	533.25	3120.00	0.1709
Agregado Fino	71.82	2630.00	0.0273
Agregado Grueso	1336.71	2700.00	0.4951
Agua	161.74	1000.00	0.1617

Factor cemento = 12.55

Dosificación del diseño en volumen:

Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua
1.00	0.16	2.90	12.89

Dosificación del diseño en peso:

Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua
1.00	0.13	2.51	0.30



Diseño de Mezcla N°02

Propiedades del Agregado Grueso para los Diseños de Mezclas

Material	Tamaño (pulg.)	Peso Específico (Kg/m ³)	P.U.S.C. (Kg/m ³)	Absorción (%)	Humedad (%)
Grava	1/2"	2700.00	1460.00	0.740	0.390

Propiedades del Agregado Fino para los Diseños de Mezclas

Material	Módulo de Finura	Peso Específico (Kg/m ³)	P.U.S.C. (Kg/m ³)	Absorción (%)	Humedad (%)
Arena Gruesa	3.54	2630.00	1670.00	1.150	5.210

Propiedades del Material Cementante para los Diseños de Mezclas

Material	Marca	Tipo	Densidad (Kg/m ³)
Cemento	Sol	I	3120.00

Propiedades del Agua para los Diseños de Mezclas

Material	Densidad (Kg/m ³)
Agua	1000.00

Parámetros para el Diseño de Mezcla N°02

F _c = Resistencia a la compresión especificada para diseño (Kg/cm ²)	Porcentaje de Vacíos (%)	Porcentaje de A.F. (%)	Porcentaje de Aditivos (%)	Relación A/C
210.00	15.00	10.00	0.00	0.30

Contenido del agregado grueso:

 Relación b/b₀ (Peso seco del A.G. / Peso unitario compactado seco del A.G.)

Porcentaje de agregado fino	ASTM C 33 Size N° 8	ASTM C 33 Size N° 67
0	0.99	0.990
5	0.96	0.960
10	0.93	0.930
15	0.89	0.895
20	0.85	0.860

 Peso del Agregado Grueso = Peso unitario seco compactado x (b/b₀) x 1m³

Donde:

- Peso Unitario Seco Compactado = 1460.00 Kg/m³
- b/b₀ = 0.930 m³

Peso del Agregado = 1357.80 Kg

Volumen Agregado = Masa / Densidad

Donde:

- Masa del agregado = 1357.80 Kg
- Densidad del agregado = 2700.00 Kg/m³

 Volumen Agregado Grueso = 0.5029 m³



Diseño de Mezcla N°02

Cálculo del volumen de la pasta:

Volumen de pasta = Volumen de Cemento + Volumen de Agua

 Volumen de pasta = 1m³ - (Volumen de grava + % de Vacíos + % de Aditivos)

Volumen de pasta = 1m³ - (Volumen de grava + % de Vacíos + % de Aditivos)

Donde:

- Volumen de grava = 0.5029 m³
- Porcentaje de Vacíos = 0.1500 m³
- Porcentaje de Aditivos = 0.0000 m³

Volumen de pasta = 0.3471 m³
Volumen de pasta = Volumen de Cemento + Volumen de Agua

Volumen = Masa / Densidad

Volumen de pasta = (Masa de cemento/Densidad del Cemento) + (Masa de agua/Densidad de Agua)

Volumen de pasta =
$$\frac{\text{Masa de cemento}}{\text{Densidad del cemento}} + \frac{\text{Masa de agua}}{\text{Densidad del agua}}$$
Volumen de pasta =
$$\frac{C}{\text{Densidad del cemento}} + \frac{(A/C) \times C}{\text{Densidad del agua}}$$

Donde:

- Densidad del cemento = 3120.00 Kg/m³
- Densidad del agua = 1000.00 Kg/m³
- Relación A/C = 0.30
- Volumen de pasta = 0.3471 m³

Masa del cemento = 559.39 Kg
Masa del agua = 167.82 L 0.8500
Comprobando los volúmenes:

- Volumen del Cemento = 0.1793 m³
- Volumen del Agua = 0.1678 m³
- Volumen del Agregado Fino = 0.0503 m³
- Volumen del Agregado Grueso = 0.4526 m³
- Volumen de Vacíos = 0.1500 m³
- Volumen de Aditivo = 0.0000 m³

Volumen de Mezcla + % de Vacíos + % de Aditivos = 1.0000 m³
Presentación del diseño en estado seco

Material	Pesos Secos (Kg)	Peso E. (Kg/m ³)	Volumen (m ³)
Cemento	559.39	3120.00	0.1793
Agregado Fino	132.26	2630.00	0.0503
Agregado Grueso	1222.02	2700.00	0.4526
Agua	167.82	1000.00	0.1678
Vacíos			0.1500
Aditivo			0.0000
Total			1.0000



Diseño de Mezcla N°02

Corrección por humedad y absorción:

Peso corregido por humedad = Peso Seco x (1+h%)

Agregado Fino = 139.15 Kg

Agregado Grueso = 1226.79 Kg

Aporte de agua = (h%-abs%) * Peso Corregido Agregado

Aporte de agua del A.F. = 5.65 L

Aporte de agua del A.G. = -4.29 L

Presentación del diseño corregido

Material	Peso Corregido (Kg)	Peso E. (Kg/m3)	Volumen (m3)
Cemento	559.39	3120.00	0.1793
Agregado Fino	139.15	2630.00	0.0529
Agregado Grueso	1226.79	2700.00	0.4544
Agua	166.46	1000.00	0.1665

Factor cemento = 13.16

Dosificación del diseño en volumen:

Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua
1.00	0.30	2.53	12.65

Dosificación del diseño en peso:

Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua
1.00	0.25	2.19	0.30



Diseño de Mezcla N°03

Propiedades del Agregado Grueso para los Diseños de Mezclas

Material	Tamaño (pulg.)	Peso Específico (Kg/m ³)	P.U.S.C. (Kg/m ³)	Absorción (%)	Humedad (%)
Grava	1/2"	2700.00	1460.00	0.740	0.390

Propiedades del Agregado Fino para los Diseños de Mezclas

Material	Módulo de Finura	Peso Específico (Kg/m ³)	P.U.S.C. (Kg/m ³)	Absorción (%)	Humedad (%)
Arena Gruesa	3.54	2630.00	1670.00	1.150	5.210

Propiedades del Material Cementante para los Diseños de Mezclas

Material	Marca	Tipo	Densidad (Kg/m ³)
Cemento	Sol	I	3120.00

Propiedades del Agua para los Diseños de Mezclas

Material	Densidad (Kg/m ³)
Agua	1000.00

Parámetros para el Diseño de Mezcla N°03

F _c = Resistencia a la compresión especificada para diseño (Kg/cm ²)	Porcentaje de Vacíos (%)	Porcentaje de A.F. (%)	Porcentaje de Aditivos (%)	Relación A/C
210.00	15.00	15.00	0.00	0.30

Contenido del agregado grueso:

 Relación b/b₀ (Peso seco del A.G. / Peso unitario compactado seco del A.G.)

Porcentaje de agregado fino	ASTM C 33 Size N° 8	ASTM C 33 Size N° 67
0	0.99	0.990
5	0.96	0.960
10	0.93	0.930
15	0.89	0.895
20	0.85	0.860

 Peso del Agregado Grueso = Peso unitario seco compactado x (b/b₀) x 1m³

Donde:

- Peso Unitario Seco Compactado = 1460.00 Kg/m³
- b/b₀ = 0.895 m³

Peso del Agregado = 1306.70 Kg

Volumen Agregado = Masa / Densidad

Donde:

- Masa del agregado = 1306.70 Kg
- Densidad del agregado = 2700.00 Kg/m³

 Volumen Agregado Grueso = 0.4840 m³



Diseño de Mezcla N°03

Cálculo del volumen de la pasta:

Volumen de pasta = Volumen de Cemento + Volumen de Agua

 Volumen de pasta = 1m³ - (Volumen de grava + % de Vacíos + % de Aditivos)

Volumen de pasta = 1m³ - (Volumen de grava + % de Vacíos + % de Aditivos)

Donde:

- Volumen de grava = 0.4840 m³
- Porcentaje de Vacíos = 0.1500 m³
- Porcentaje de Aditivos = 0.0000 m³

Volumen de pasta = 0.3660 m³
Volumen de pasta = Volumen de Cemento + Volumen de Agua

Volumen = Masa / Densidad

Volumen de pasta = (Masa de cemento/Densidad del Cemento) + (Masa de agua/Densidad de Agua)

Volumen de pasta =
$$\frac{\text{Masa de cemento}}{\text{Densidad del cemento}} + \frac{\text{Masa de agua}}{\text{Densidad del agua}}$$
Volumen de pasta =
$$\frac{C}{\text{Densidad del cemento}} + \frac{(A/C) \times C}{\text{Densidad del agua}}$$

Donde:

- Densidad del cemento = 3120.00 Kg/m³
- Densidad del agua = 1000.00 Kg/m³
- Relación A/C = 0.30
- Volumen de pasta = 0.3660 m³

Masa del cemento = 589.89 Kg
Masa del agua = 176.97 L 0.8500
Comprobando los volúmenes:

- Volumen del Cemento = 0.1891 m³
- Volumen del Agua = 0.1770 m³
- Volumen del Agregado Fino = 0.0726 m³
- Volumen del Agregado Grueso = 0.4114 m³
- Volumen de Vacíos = 0.1500 m³
- Volumen de Aditivo = 0.0000 m³

 Volumen de Mezcla + % de Vacíos + % de Aditivos = 1.0000 m³
Presentación del diseño en estado seco

Material	Pesos Secos (Kg)	Peso E. (Kg/m ³)	Volumen (m ³)
Cemento	589.89	3120.00	0.1891
Agregado Fino	190.92	2630.00	0.0726
Agregado Grueso	1110.70	2700.00	0.4114
Agua	176.97	1000.00	0.1770
Vacíos			0.1500
Aditivo			0.0000
Total			1.0000



Diseño de Mezcla N°03

Corrección por humedad y absorción:

Peso corregido por humedad = Peso Seco x (1+h%)

Agregado Fino = 200.87 Kg

Agregado Grueso = 1115.03 Kg

Aporte de agua = (h%-abs%) * Peso Corregido Agregado

Aporte de agua del A.F. = 8.16 L

Aporte de agua del A.G. = -3.90 L

Presentación del diseño corregido

Material	Peso Corregido (Kg)	Peso E. (Kg/m3)	Volumen (m3)
Cemento	589.89	3120.00	0.1891
Agregado Fino	200.87	2630.00	0.0764
Agregado Grueso	1115.03	2700.00	0.4130
Agua	172.72	1000.00	0.1727

Factor cemento = 13.88

Dosificación del diseño en volumen:

Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua
1.00	0.40	2.18	12.44

Dosificación del diseño en peso:

Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua
1.00	0.34	1.89	0.29



Diseño de Mezcla N°04

Propiedades del Agregado Grueso para los Diseños de Mezclas

Material	Tamaño (pulg.)	Peso Específico (Kg/m ³)	P.U.S.C. (Kg/m ³)	Absorción (%)	Humedad (%)
Grava	1/2"	2700.00	1460.00	0.740	0.390

Propiedades del Agregado Fino para los Diseños de Mezclas

Material	Módulo de Finura	Peso Específico (Kg/m ³)	P.U.S.C. (Kg/m ³)	Absorción (%)	Humedad (%)
Arena Gruesa	3.54	2630.00	1670.00	1.150	5.210

Propiedades del Material Cementante para los Diseños de Mezclas

Material	Marca	Tipo	Densidad (Kg/m ³)
Cemento	Sol	I	3120.00

Propiedades del Agua para los Diseños de Mezclas

Material	Densidad (Kg/m ³)
Agua	1000.00

Parámetros para el Diseño de Mezcla N°04

F _c = Resistencia a la compresión especificada para diseño (Kg/cm ²)	Porcentaje de Vacíos (%)	Porcentaje de A.F. (%)	Porcentaje de Aditivos (%)	Relación A/C
210.00	15.00	20.00	0.00	0.30

Contenido del agregado grueso:

 Relación b/b₀ (Peso seco del A.G. / Peso unitario compactado seco del A.G.)

Porcentaje de agregado fino	ASTM C 33 Size N° 8	ASTM C 33 Size N° 67
0	0.99	0.990
5	0.96	0.960
10	0.93	0.930
15	0.89	0.895
20	0.85	0.860

 Peso del Agregado Grueso = Peso unitario seco compactado x (b/b₀) x 1m³

Donde:

- Peso Unitario Seco Compactado = 1460.00 Kg/m³
- b/b₀ = 0.860 m³

Peso del Agregado = 1255.60 Kg

Volumen Agregado = Masa / Densidad

Donde:

- Masa del agregado = 1255.60 Kg
- Densidad del agregado = 2700.00 Kg/m³

 Volumen Agregado Grueso = 0.4650 m³



Diseño de Mezcla N°04

Cálculo del volumen de la pasta:

Volumen de pasta = Volumen de Cemento + Volumen de Agua

 Volumen de pasta = 1m³ - (Volumen de grava + % de Vacíos + % de Aditivos)

Volumen de pasta = 1m³ - (Volumen de grava + % de Vacíos + % de Aditivos)

Donde:

- Volumen de grava = 0.4650 m³
- Porcentaje de Vacíos = 0.1500 m³
- Porcentaje de Aditivos = 0.0000 m³

Volumen de pasta = 0.3850 m³
Volumen de pasta = Volumen de Cemento + Volumen de Agua

Volumen = Masa / Densidad

Volumen de pasta = (Masa de cemento/Densidad del Cemento) + (Masa de agua/Densidad de Agua)

Volumen de pasta = $\frac{\text{Masa de cemento}}{\text{Densidad del cemento}} + \frac{\text{Masa de agua}}{\text{Densidad del agua}}$
Volumen de pasta = $\frac{C}{\text{Densidad del cemento}} + \frac{(A/C) \times C}{\text{Densidad del agua}}$

Donde:

- Densidad del cemento = 3120.00 Kg/m³
- Densidad del agua = 1000.00 Kg/m³
- Relación A/C = 0.30
- Volumen de pasta = 0.3850 m³

Masa del cemento = 620.39 Kg
Masa del agua = 186.12 L 0.8500
Comprobando los volúmenes:

- Volumen del Cemento = 0.1988 m³
- Volumen del Agua = 0.1861 m³
- Volumen del Agregado Fino = 0.0930 m³
- Volumen del Agregado Grueso = 0.3720 m³
- Volumen de Vacíos = 0.1500 m³
- Volumen de Aditivo = 0.0000 m³

Volumen de Mezcla + % de Vacíos + % de Aditivos = 1.0000 m³
Presentación del diseño en estado seco

Material	Pesos Secos (Kg)	Peso E. (Kg/m ³)	Volumen (m ³)
Cemento	620.39	3120.00	0.1988
Agregado Fino	244.61	2630.00	0.0930
Agregado Grueso	1004.48	2700.00	0.3720
Agua	186.12	1000.00	0.1861
Vacíos			0.1500
Aditivo			0.0000
Total			1.0000



Diseño de Mezcla N°04

Corrección por humedad y absorción:

Peso corregido por humedad = Peso Seco x (1+h%)

Agregado Fino = 257.35 Kg

Agregado Grueso = 1008.40 Kg

Aporte de agua = (h%-abs%) * Peso Corregido Agregado

Aporte de agua del A.F. = 10.45 L

Aporte de agua del A.G. = -3.53 L

Presentación del diseño corregido

Material	Peso Corregido (Kg)	Peso E. (Kg/m3)	Volumen (m3)
Cemento	620.39	3120.00	0.1988
Agregado Fino	257.35	2630.00	0.0979
Agregado Grueso	1008.40	2700.00	0.3735
Agua	179.20	1000.00	0.1792

Factor cemento = 14.60

Dosificación del diseño en volumen:

Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua
1.00	0.49	1.88	12.28

Dosificación del diseño en peso:

Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua
1.00	0.41	1.63	0.29

ANEXO D
ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD



ESTUDIOS GEOTECNICOS Y CONSULTORIA

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD DE
MATERIALES.**

RUC N° 20602024196
INDECOPI REGISTRO N° 00114679

OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: S1122071
OSCE - BIENES CÓDIGO: 90593397

INFORME DE ENSAYO

NTP 339.034	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO		
ASTM C39/C39M-20			
PROYECTO :	"DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO EN PAVIMENTOS URBANOS QUE PERMITAN EL CONTROL DE AGUAS PLUVIALES EN LA CIUDAD DE HUARAZ"		
SOLICITA :	JOE ANDERSON ARROYO SUÁREZ		
UBICACIÓN :	DISTRITO DE HUARAZ, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ÁNCASH		
FECHA DE EMISIÓN :	26/10/2023		
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA			
TIPO DE MUESTRA :	CONCRETO PERMEABLE	PÁGINA :	1 DE 1
MUESTREADO POR :	LABORATORIO	ESPECÍMEN :	CILÍNDRICAS
RESISTENCIA (fc) :	210 kg/cm ²	INFORME :	EG-002-H01-2023

Fuente: ASTM C39

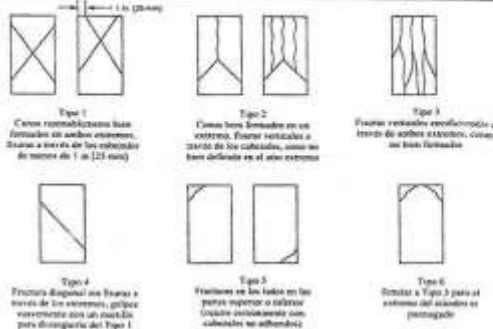


FIG. 1 Esquema de los Modelos de Fractura Típicos

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIÁMETRO (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	CARGA DE ROTURA (kN)	TIPO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (fc)		Fc% (%)
										(kg/cm ²)	(MPa)	
1	PROBETA DEL DISEÑO PATRÓN CON ADICIÓN DEL 5% DE AGREGADO FINO (P5-M1)	25/09/2023	02/10/2023	7	150	17671	18380	180.2	Tipo 2	104.0	10.2	49.5%
2	PROBETA DEL DISEÑO PATRÓN CON ADICIÓN DEL 5% DE AGREGADO FINO (P5-M2)	25/08/2023	02/10/2023	7	150	17671	23280	228.3	Tipo 3	131.7	12.9	62.7%
3	PROBETA DEL DISEÑO PATRÓN CON ADICIÓN DEL 5% DE AGREGADO FINO (P5-M3)	25/08/2023	02/10/2023	7	150	17671	21830	211.1	Tipo 3	121.8	11.9	58.0%

OBSERVACIONES:

- * Los testigos de concreto y sus datos correspondientes, fueron entregados al laboratorio por el solicitante.
- * Muestras elaboradas por el solicitante.
- * Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo.

EGEOS E.I.R.L.

Angel Alexander Sal y Rosas Cruz
DNI N° 70465528
JEFE DE LABORATORIO



MEMBER



LYNDA KAREM ADAMOR CASABUONTE
INGENIERA CIVIL
CIP N° 191424
ASTM N° 2415424

Jr. Dámaso Antúnez 756 - Belén - Huaraz

egeosprojects@gmail.com

(043) 234351

(+51) 937645700 - (+51) 927489091



ESTUDIOS GEOTECNICOS Y CONSULTORIA

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD DE
MATERIALES.**

RUC N° 20602024190
INDECOPi REGISTRO N° 00114079

OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: S1122071
OSCE - BIENES CÓDIGO: 8053397

INFORME DE ENSAYO

NTP 339.034	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO	
ASTM C39/C39M-20		
PROYECTO :	"DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO EN PAVIMENTOS URBANOS QUE PERMITAN EL CONTROL DE AGUAS PLUVIALES EN LA CIUDAD DE HUARAZ"	
SOLICITA :	JOE ANDERSON ARROYO SUÁREZ	
UBICACIÓN :	DISTRITO DE HUARAZ, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ÁNCASH	
FECHA DE EMISIÓN :	26/10/2023	
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		
TIPO DE MUESTRA :	CONCRETO PERMEABLE	PÁGINA : 1 DE 1
MUESTREADO POR :	LABORATORIO	ESPECÍMEN : CILÍNDRICAS
RESISTENCIA (fc) :	210 kg/cm ²	INFORME : EG-093-H02-2023

Fuente: ASTM C39

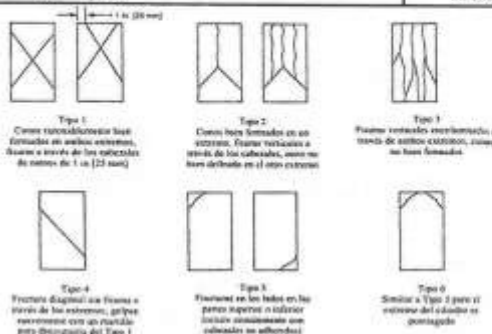


FIG. 3 Ejemplos de los Modos de Fractura Típicos

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIÁMETRO (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	CARGA DE ROTURA (kN)	TIPO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (fc)		Fu/c
										(kg/cm ²)	(MPa)	
1	PROBETA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL CON ADICIÓN DEL 10% DE AGREGADO FINO (P10-M1)	25/09/2023	02/10/2023	7	150	17671	22620	221.8	Tipo 2	138.0	12.6	61.0%
2	PROBETA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL CON ADICIÓN DEL 10% DE AGREGADO FINO (P10-M2)	25/09/2023	02/10/2023	7	150	17671	25450	249.6	Tipo 2	144.0	14.1	68.6%
3	PROBETA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL CON ADICIÓN DEL 10% DE AGREGADO FINO (P10-M3)	25/09/2023	02/10/2023	7	150	17671	34300	336.4	Tipo 2	154.1	18.0	82.4%

OBSERVACIONES:

- * Los testigos de concreto y sus datos correspondientes, fueron entregados al laboratorio por el solicitante.
- * Muestras elaboradas por el solicitante.
- * Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo.

EGEOS E.I.R.L.

Angel Alexander Sáiz y Rosas Cruz
DNI N° 70466528
JEFE DE LABORATORIO



MEMBER

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU
CONSEJO DEPARTAMENTAL ÁNCASH - Huaraz

LYNDA KAREN ALZAMORA CASTROMONTE
INGENIERA CIVIL
CIP N° 101424
ASTM N° 2413-92.2

Jr. Dámaso Antúnez 756 - Belén - Huaraz

egeosprojects@gmail.com

(043) 234351

(+51) 937645700 - (+51) 927489091



ESTUDIOS GEOTECNICOS Y CONSULTORIA

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD DE
MATERIALES.**

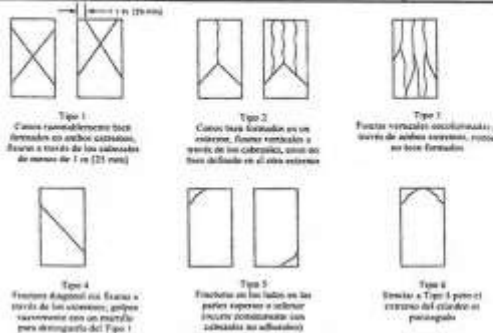
RUC N° 20602024190
INDECOPY REGISTRO N° 00114079

OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: S1122071
OSCE - BIENES CÓDIGO: 90593297

INFORME DE ENSAYO

NTP 339.034 ASTM C39/C39M-20	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO
<p>PROYECTO : "DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO EN PAVIMENTOS URBANOS QUE PERMITAN EL CONTROL DE AGUAS PLUVIALES EN LA CIUDAD DE HUARAZ"</p> <p>SOLICITA : JOE ANDERSON ARROYO SUÁREZ</p> <p>UBICACIÓN : DISTRITO DE HUARAZ, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ÁNCASH</p> <p>FECHA DE EMISIÓN : 26/10/2023</p>	
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	
<p>TIPO DE MUESTRA : CONCRETO PERMEABLE</p> <p>MUESTREO POR : LABORATORIO</p> <p>RESISTENCIA (F_{ck}) : 210 kg/cm²</p>	<p>PÁGINA : 1 DE 1</p> <p>ESPECÍMEN : CILÍNDRICAS</p> <p>INFORME : EG-002-H03-2023</p>

Formato: ASTM C39



N°	IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ENSAYO	EDAD	DIÁMETRO	ÁREA	CARGA DE ROTURA	CARGA DE ROTURA	TIPO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (F _{ck})		F _{ck}
				(Días)	(mm)	(mm ²)	(Kg)	(N)		(kg/cm ²)	(MPa)	(%)
1	PROBETA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL CON ADICIÓN DEL 15% DE AGREGADO FINO (P15-M1)	25/09/2023	02/10/2023	7	150	17671	38980	382.3	Tipo 2	220.6	21.6	105.0%
2	PROBETA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL CON ADICIÓN DEL 15% DE AGREGADO FINO (P15-M2)	25/09/2023	02/10/2023	7	150	17671	40140	393.8	Tipo 3	227.1	22.3	108.2%
3	PROBETA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL CON ADICIÓN DEL 15% DE AGREGADO FINO (P15-M3)	25/09/2023	02/10/2023	7	150	17671	40760	398.7	Tipo 2	230.7	22.8	109.8%

OBSERVACIONES:

- Los testigos de concreto y sus datos correspondientes, fueron entregados al laboratorio por el solicitante.
- Muestras elaboradas por el solicitante.
- Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo.

EGEOS E.I.R.L.



Angel Alexander Sal y Rosas Cruz
DNI N° 70455528
JEFE DE LABORATORIO



MEMBER

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
C.I.P. N° 191424
ÁNCASH - HUARAZ

LYNDA KAREVALZAMORA CASTROMONTE
INGENIERA CIVIL
C.I.P. N° 191424
ASTM N° 2431424

Jr. Dámaso Antúnez 756 - Belén - Huaraz

egeosprojects@gmail.com

(043) 234351

(+51) 937645700 - (+51) 927489091



ESTUDIOS GEOTECNICOS Y CONSULTORIA

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD DE
MATERIALES.**

RUC N° 20602024190
INDECOPI REGISTRO N° 00114079

OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: S1122671
OSCE - BIENES CÓDIGO: B0593397

INFORME DE ENSAYO

NTP 339.034	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO
ASTM C39/C39M-20	
<p>PROYECTO : "DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO EN PAVIMENTOS URBANOS QUE PERMITAN EL CONTROL DE AGUAS PLUVIALES EN LA CIUDAD DE HUARAZ"</p> <p>SOLICITA : JOE ANDERSON ARROYO SUÁREZ</p> <p>UBICACIÓN : DISTRITO DE HUARAZ, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ÁNCASH</p> <p>FECHA DE EMISIÓN : 25/10/2023</p>	
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	
<p>TIPO DE MUESTRA : CONCRETO PERMEABLE</p> <p>MUESTREADO POR : LABORATORIO</p> <p>RESISTENCIA (fc) : 210 kg/cm²</p>	<p>PÁGINA : 1 DE 1</p> <p>ESPECÍMEN : CILÍNDRICAS</p> <p>INFORME : EG-052-H04-2023</p>

Fuente: ASTM C39

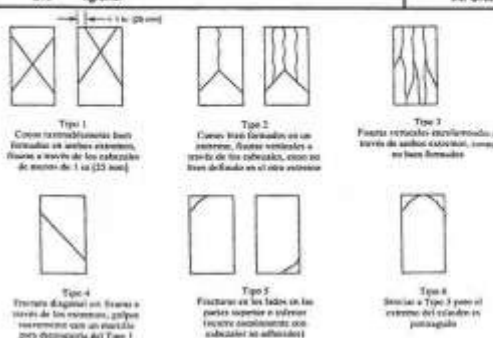


FIG. 1 Esquemas de los Muestras de Estructura Típicas

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIÁMETRO (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	CARGA DE ROTURA (kN)	TIPO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (fc)		fc/fc (%)
										(kg/cm ²)	(MPa)	
1	PROBETA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL CON ADICIÓN DEL 20% DE AGREGADO FINO (P20-M1)	25/09/2023	02/10/2023	7	150	17671	37610	368.8	Tipo 5	202.8	20.9	101.3%
2	PROBETA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL CON ADICIÓN DEL 20% DE AGREGADO FINO (P20-M2)	25/09/2023	02/10/2023	7	150	17671	44130	432.8	Tipo 5	249.7	24.5	118.9%
3	PROBETA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL CON ADICIÓN DEL 20% DE AGREGADO FINO (P20-M3)	25/09/2023	02/10/2023	7	150	17671	44240	433.8	Tipo 2	280.3	24.8	118.2%

OBSERVACIONES:

- * Los testigos de concreto y sus datos correspondientes, fueron entregados al laboratorio por el solicitante.
- * Muestras elaboradas por el solicitante.
- * Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo.

EGEOS E.I.R.L.



Angel Alexander Sal y Rosas Cruz
DNI N° 70166528
JEFE DE LABORATORIO





LYNDA KAREMY JAWORA CASTROMONTE
INGENIERA CIVIL
CIP N° 191624
ASTM N° 2415424

Jr. Dámaso Antúnez 756 - Belén - Huaraz

egeosprojects@gmail.com

(043) 234351

(+51) 937645700 - (+51) 927489091



ESTUDIOS GEOTECNICOS Y CONSULTORIA

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD DE
MATERIALES.**

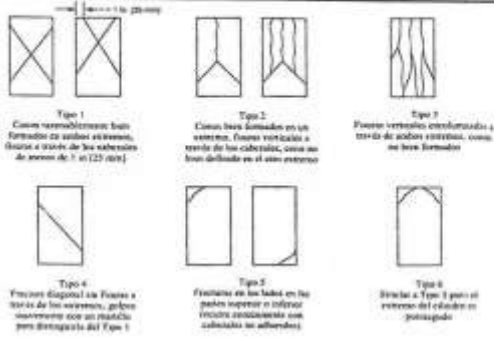
RUC N° 20602024190
INDICOPFI REGISTRO N° 00114079

OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: S1122071
OSCE - BIENES CÓDIGO: B0593397

INFORME DE ENSAYO

NTP 339.034	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO	
ASTM C39/C39M-20		
PROYECTO :	"DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO EN PAVIMENTOS URBANOS QUE PERMITAN EL CONTROL DE AGUAS PLUVIALES EN LA CIUDAD DE HUARAZ"	
SOLICITA :	JOE ANDERSON ARROYO SJÁREZ	
UBICACIÓN :	DISTRITO DE HUARAZ, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ÁNCASH	
FECHA DE EMISIÓN :	20/10/2023	
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		
TIPO DE MUESTRA :	CONCRETO PERMEABLE	PÁGINA : 1 DE 1
MUESTREADO POR :	LABORATORIO	ESPECIMEN : CILÍNDRICAS
RESISTENCIA (fc) :	210 kg/cm ²	INFORME : EG-002-H05-2023

Fuente: ASTM C39



N°	IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIÁMETRO (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	CARGA DE ROTURA (kN)	TIPO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (fc)		F _{cl} (%)
										(kg/cm ²)	(MPa)	
1	PROBETA DEL DISEÑO PATRÓN CON ADICIÓN DEL 5% DE AGREGADO FINO (P5-M4)	25/09/2023	09/10/2023	14	150	17671	20800	260.9	Tipo 2	150.5	14.8	71.7%
2	PROBETA DEL DISEÑO PATRÓN CON ADICIÓN DEL 5% DE AGREGADO FINO (P5-M5)	25/09/2023	09/10/2023	14	150	17671	18410	180.6	Tipo 3	104.2	10.2	49.8%
3	PROBETA DEL DISEÑO PATRÓN CON ADICIÓN DEL 5% DE AGREGADO FINO (P5-M6)	25/09/2023	09/10/2023	14	150	17671	24910	244.3	Tipo 2	141.0	13.8	67.1%

- OBSERVACIONES:**
- * Los testigos de concreto y sus datos correspondientes, fueron entregados al laboratorio por el solicitante.
 - * Muestras elaboradas por el solicitante.
 - * Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo.

EGEOS E.I.R.L.



Angel Alexander Sal y Rosas Cruz
DNI N° 70668525
JEFE DE LABORATORIO



MEMBER



CONSEJO DE INGENIEROS DEL PERU
Código 0200000001 Ancash - Tarma
LYNDA KAREN ALZAMORA CASTROMONTE
INGENIERA CIVIL
CIP N° 131424
ASTM N° 2415424

Jr. Dámaso Antúnez 756 - Belén - Huaraz

egoprojects@gmail.com

(043) 234351

(+51) 937645700 - (+51) 927489091



ESTUDIOS GEOTECNICOS Y CONSULTORIA

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD DE
MATERIALES.**

RUC N° 20602024190
INDECOPH REGISTRO N° 00114079

OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: S1122071
OSCE - BIENES CÓDIGO: B0593397

INFORME DE ENSAYO

NTP 339.034 ASTM C39/C39M-20	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO
<p>PROYECTO : "DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO EN PAVIMENTOS URBANOS QUE PERMITAN EL CONTROL DE AGUAS PLUVIALES EN LA CIUDAD DE HUARAZ"</p> <p>SOLICITA : JOE ANDERSON ARROYO SUÁREZ</p> <p>UBICACIÓN : DISTRITO DE HUARAZ, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ÁNCASH</p> <p>FECHA DE EMISIÓN : 25/10/2023</p>	
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	
<p>TIPO DE MUESTRA : CONCRETO PERMEABLE</p> <p>MUESTREADO POR : LABORATORIO</p> <p>RESISTENCIA (f_c) : 210 kg/cm²</p>	<p>PÁGINA : 1 DE 1</p> <p>ESPECÍMEN : CILÍNDRICAS</p> <p>INFORME : EG-092-H00-2023</p>

Fuente: ASTM C39

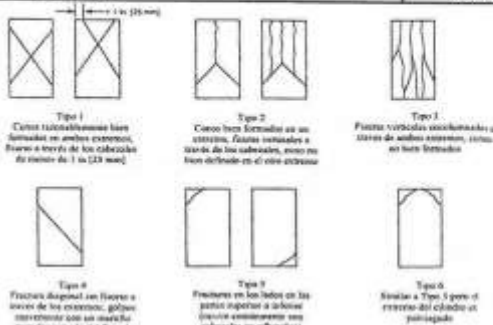


FIG. 3 Esquema de los Modos de Fractura Típicos

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ENSAYO	EDAD	DIÁMETRO	ÁREA	CARGA DE ROTURA	CARGA DE ROTURA	TIPO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (f _c)		F _{eff}
				(Días)	(mm)	(mm ²)	(Kg)	(kN)		(kg/cm ²)	(MPa)	
1	PROBETA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL CON ADICIÓN DEL 10% DE AGREGADO FINO (P10-M4)	25/09/2023	09/10/2023	14	150	17671	21720	213.0	Tipo 2	122.0	12.1	58.5%
2	PROBETA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL CON ADICIÓN DEL 10% DE AGREGADO FINO (P10-M5)	25/09/2023	09/10/2023	14	150	17671	28280	277.1	Tipo 3	159.9	15.7	75.2%
3	PROBETA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL CON ADICIÓN DEL 10% DE AGREGADO FINO (P10-M6)	25/09/2023	09/10/2023	14	150	17671	36130	354.3	Tipo 2	174.5	20.1	87.4%

OBSERVACIONES:

- Los testigos de concreto y sus datos correspondientes, fueron entregados al laboratorio por el solicitante.
- Muestras elaboradas por el solicitante.
- Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo.

EGEOS E.I.R.L.



Angel Alexander Sal y Rosas Cruz
DNI N° 70-15520
JEFE DE LABORATORIO





COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
Código Departamental: Áncash, Huaraz

LYNDA KAREN ALZAMORA CASTROMONTE
INGENIERA CIVIL
CIP N° 101424
ASTM N° 2119425

Jr. Dámaso Antón 756 - Belén - Huaraz

egeosprojects@gmail.com

(043) 234351

(+51) 937645700 - (+51) 927489091



ESTUDIOS GEOTECNICOS Y CONSULTORIA

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD DE
MATERIALES.**

RUC N° 20692024190
INDECOP REGISTRO N° 00114079

OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: 51122071
OSCE - BIENES CÓDIGO: 80593297

INFORME DE ENSAYO

NTP 338.034 ASTM C39/C39M-20	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO
<p>PROYECTO : "DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO EN PAVIMENTOS URBANOS QUE PERMITAN EL CONTROL DE AGUAS PLUVIALES EN LA CIUDAD DE HUARAZ"</p> <p>SOLICITA : JOE ANDERSON ARROYO SUÁREZ</p> <p>UBICACIÓN : DISTRITO DE HUARAZ, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ÁNCASH</p> <p>FECHA DE EMISIÓN : 26/10/2023</p>	
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	
<p>TIPO DE MUESTRA : CONCRETO PERMEABLE</p> <p>MUESTREO POR : LABORATORIO</p> <p>RESISTENCIA (Fc) : 210 kg/cm²</p>	<p>PÁGINA : 1 DE 1</p> <p>ESPECÍMEN : CILÍNDRICAS</p> <p>INFORME : EG-093-H07-2023</p>

Fuente: ASTM C39

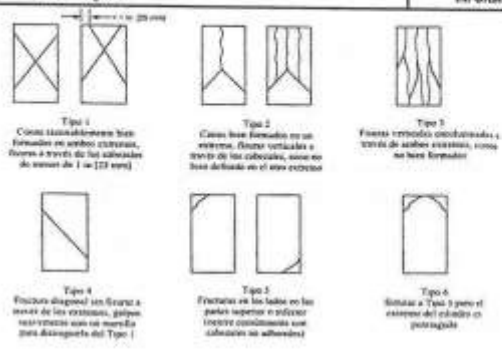


FIG. 3 Tipos de las Muestras de Fractura Típicas

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIÁMETRO (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	CARGA DE ROTURA (kN)	TIPO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (fc)		F _{ctc} (%)
										(kg/cm ²)	(MPa)	
1	PROBETA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL CON ADICIÓN DEL 15% DE AGREGADO FINO (P15-M4)	25/09/2023	09/10/2023	14	150	17871	80150	589.9	Tipo 2	340.4	33.4	162.1%
2	PROBETA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL CON ADICIÓN DEL 15% DE AGREGADO FINO (P15-M5)	25/09/2023	09/10/2023	14	150	17871	44580	437.2	Tipo 2	212.3	24.7	120.1%
3	PROBETA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL CON ADICIÓN DEL 15% DE AGREGADO FINO (P15-M6)	25/09/2023	09/10/2023	14	150	17871	33660	330.0	Tipo 2	180.4	18.7	90.7%

OBSERVACIONES:

- Los testigos de concreto y sus datos correspondientes, fueron entregados al laboratorio por el solicitante.
- Muestras elaboradas por el solicitante.
- Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo.

EGEOS E.I.R.L.

Angel Alexander Sañy Rosas Cruz
DNI N° 70466528
I.F.F.F. 26.11.04.04.2010





LYNDA KAREY ALVARO CASTROMONTE
INGENIERA CIVIL
COP N° 101424
ASTM N° 2115424

Jr. Dámaso Antúnez 756 - Belén - Huaraz

egeosprojects@gmail.com

(043) 224351

(+51) 927645700 - (+51) 927489091



ESTUDIOS GEOTECNICOS Y CONSULTORIA

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD DE
MATERIALES.**

RUC N° 20602024190
INDECOPI REGISTRO N° 00114079

OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: 5112071
OSCE - BIENES CÓDIGO: 9059397

INFORME DE ENSAYO

NTP 339.034	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO		
ASTM C39/C39M-20			
PROYECTO :	"DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO EN PAVIMENTOS URBANOS QUE PERMITAN EL CONTROL DE AGUAS PLUVIALES EN LA CIUDAD DE HUARAZ"		
SOLICITA :	JOE ANDERSON ARROYO SUÁREZ		
UBICACIÓN :	DISTRITO DE HUARAZ, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ÁNCASH		
FECHA DE EMISIÓN :	26/10/2023		
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA			
TIPO DE MUESTRA :	CONCRETO PERMEABLE	PÁGINA :	1 DE 1
MUESTREADO POR :	LABORATORIO	ESPECÍMEN :	CILÍNDRICAS
RESISTENCIA (fs) :	210 kg/cm ²	INFORME :	EG-092-H06-2023

Fuente: ASTM C39

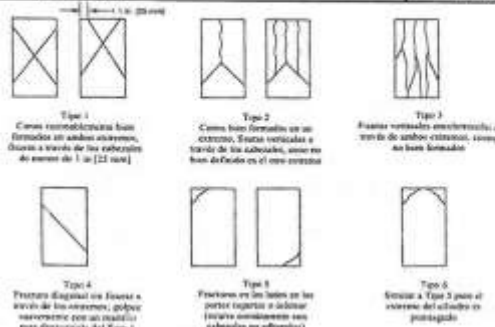


FIG. 3 Diagrama de los Modos de Fractura Típicos

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ENSAYO	EDAD	DIÁMETRO	ÁREA	CARGA DE ROTURA	CARGA DE ROTURA	TIPO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (fs)		f _o f _o
				(Días)	(mm)	(mm ²)	(kg)	(kN)		(kg/cm ²)	(MPa)	
1	PROBETA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL CON ADICIÓN DEL 20% DE AGREGADO FINO (P20-M4)	25/09/2023	09/10/2023	14	150	17671	41010	402.2	Tipo 2	232.1	22.8	110.6%
2	PROBETA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL CON ADICIÓN DEL 20% DE AGREGADO FINO (P20-M5)	23/09/2023	09/10/2023	14	160	17671	40130	393.5	Tipo 2	227.1	22.3	108.1%
3	PROBETA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL CON ADICIÓN DEL 20% DE AGREGADO FINO (P20-M6)	25/09/2023	09/10/2023	14	150	17871	63630	624.0	Tipo 2	380.1	35.3	171.5%

OBSERVACIONES:

- Los testigos de concreto y sus datos correspondientes, fueron entregados al laboratorio por el solicitante.
- Muestras elaboradas por el solicitante.
- Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo.

EGEOSE.I.R.L.



Angel Alexander Sal y Rosas Cruz
DNI N° 70466328
JEFE DE LABORATORIO





COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
Consejo Departamental Áncash - Huaraz

LYNDA KAREW ALZAMORA CASTROMONTE
INGENIERA CIVIL
CIP N° 101424
ASTM N° 2411024

 Jr. Dámaso Antúnez 756 - Belén - Huaraz

 egeosprojects@gmail.com

 (043) 234351

 (+51) 937645700 - (+51) 927489091



ESTUDIOS GEOTECNICOS Y CONSULTORIA

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD DE
MATERIALES.**

RUC N° 20602024190
INDECOPI REGISTRO N° 00114079

OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: 5112071
OSCE - BIENES CÓDIGO: 80693397

INFORME DE ENSAYO

NTP 339.034	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO		
ASTM C39/C39M-20			
PROYECTO :	"DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO EN PAVIMENTOS URBANOS QUE PERMITAN EL CONTROL DE AGUAS PLUVIALES EN LA CIUDAD DE HUARAZ"		
SOLICITA :	JOE ANDERSON ARROYO SUÁREZ		
UBICACIÓN :	DISTRITO DE HUARAZ, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ÁNCASH		
FECHA DE EMISIÓN :	26/10/2023		
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA			
TIPO DE MUESTRA :	CONCRETO PERMEABLE	PÁGINA :	1 DE 1
MUESTREO POR :	LABORATORIO	ESPECÍMEN :	CILÍNDRICAS
RESISTENCIA (fc) :	210 kg/cm ²	INFORME :	EG-002-H09-2023

Fuente: ASTM C39

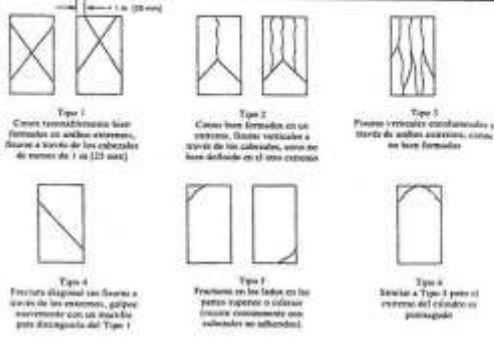


FIG. 1 Espectro de los Modos de Fractura Típicos

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIÁMETRO (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	CARGA DE ROTURA (kN)	TIPO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (fc)		Fallo (%)
										(kg/cm ²)	(MPa)	
1	PROBETA DEL DISEÑO PATRÓN CON ADICIÓN DEL 5% DE AGREGADO FINO (P5-M7)	25/09/2023	23/10/2023	28	150	17671	37150	364.3	Tipo 2	210.2	20.6	100.1%
2	PROBETA DEL DISEÑO PATRÓN CON ADICIÓN DEL 5% DE AGREGADO FINO (P5-M8)	25/09/2023	23/10/2023	28	160	17671	33810	331.6	Tipo 3	191.3	18.8	91.1%
3	PROBETA DEL DISEÑO PATRÓN CON ADICIÓN DEL 5% DE AGREGADO FINO (P5-M9)	25/09/2023	23/10/2023	28	150	17671	36220	355.2	Tipo 2	205.0	20.1	97.6%

- OBSERVACIONES:**
- * Los testigos de concreto y sus datos correspondientes, fueron entregados al laboratorio por el solicitante.
 - * Muestras elaboradas por el solicitante.
 - * Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo.

EGEOS E.I.R.L.



Angel Alexander Saly Rosas Cruz
DNI N° 70466528
JEFE DE LABORATORIO



MEMBER



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
Colegio de Ingenieros del Perú - Huáraz

LYNDA KAREN ALZAMORA CASTROMONTE
INGENIERA CIVIL
CIP N° 151434
ASTM N° 2.11.102.1

Jr. Dámaso Antúnez 756 - Belén - Huáraz

egeosprojects@gmail.com

(043) 234351

(+51) 937645700 - (+51) 927489091



ESTUDIOS GEOTECNICOS Y CONSULTORIA

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD DE
MATERIALES.**

RUC N° 20602024190
INDECOPI REGISTRO N° 00114079

OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: 51122071
OSCE - BIENES CÓDIGO: 80903397

INFORME DE ENSAYO

NTP 339.034	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO	
ASTM C39/C39M-20		
PROYECTO :	"DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO EN PAVIMENTOS URBANOS QUE PERMITAN EL CONTROL DE AGUAS PLUVIALES EN LA CIUDAD DE HUARAZ"	
SOLICITA :	JÓE ANDERSON ARROYO SUÁREZ	
UBICACIÓN :	DISTRITO DE HUARAZ, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ÁNCASH	
FECHA DE EMISIÓN :	26/10/2023	
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		
TIPO DE MUESTRA :	CONCRETO PERMEABLE	PÁGINA : 1 DE 1
MUESTREADO POR :	LABORATORIO	ESPECÍMEN : CILÍNDRICAS
RESISTENCIA (fc) :	218 kg/cm ²	INFORME : EG-092-H010-2023

Fuente: ASTM C39

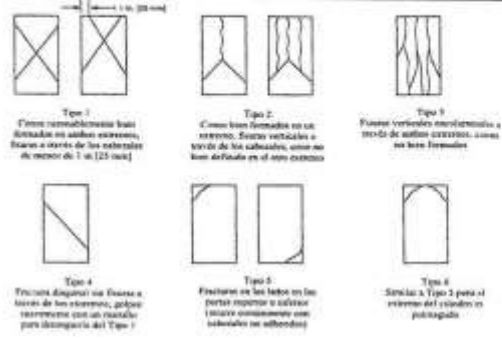


FIG. 1 Esquema de los Modos de Fractura Tipos

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIÁMETRO (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	CARGA DE ROTURA (kN)	TIPO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (fc)		Fctfc (%)
										(kg/cm ²)	(MPa)	
1	PROBETA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL CON ADICIÓN DEL 10% DE AGREGADO FINO (P10-M7)	25/09/2023	23/10/2023	28	150	17671	39780	390.1	Tipo 2	225.1	22.1	107.2%
2	PROBETA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL CON ADICIÓN DEL 10% DE AGREGADO FINO (P10-M8)	25/09/2023	23/10/2023	28	150	17671	33060	333.0	Tipo 3	192.2	18.8	91.6%
3	PROBETA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL CON ADICIÓN DEL 10% DE AGREGADO FINO (P10-M9)	25/09/2023	23/10/2023	28	150	17671	31110	306.1	Tipo 3	176.0	17.3	83.8%

OBSERVACIONES:

- * Los testigos de concreto y sus datos correspondientes, fueron entregados al laboratorio por el solicitante.
- * Muestras elaboradas por el solicitante.
- * Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo.

EGEOS E.I.R.L.



Angel Alexander Sal y Rosas Cruz
DNI N° 70488528
JEFE DE LABORATORIO





COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
Consorcio Departamental Áncash



LYNDA KAREN ZAMORA CASTROMONTE
INGENIERA CIVIL
CIP N° 193424
ASTM N° 2415434

Jr. Dámaso Antúnez 756 - Belén - Huaraz

egeosprojects@gmail.com

(043) 234351

(+51) 937645700 - (+51) 927489091



ESTUDIOS GEOTECNICOS Y CONSULTORIA

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD DE
MATERIALES.**

RUC N° 20902024190
INDECOPI REGISTRO N° 00114079

OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: 61122071
OSCE - BIENES CÓDIGO: 60593397

INFORME DE ENSAYO

NTP 339.034	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO		
ASTM C39/C39M-20			
PROYECTO :	"DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO EN PAVIMENTOS URBANOS QUE PERMITAN EL CONTROL DE AGUAS PLUVIALES EN LA CIUDAD DE HUARAZ"		
SOLICITA :	JOE ANDERSON ARROYO SUÁREZ		
UBICACIÓN :	DISTRITO DE HUARAZ, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ÁNCASH		
FECHA DE EMISIÓN :	26/10/2023		
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA			
TIPO DE MUESTRA :	CONCRETO PERMEABLE	PÁGINA :	1 DE 1
MUESTREADO POR :	LABORATORIO	ESPECÍMEN :	CILÍNDRICAS
RESISTENCIA (fc) :	210 kg/cm ²	INFORME :	EG-092-H012-2023

Fuente: ASTM C39

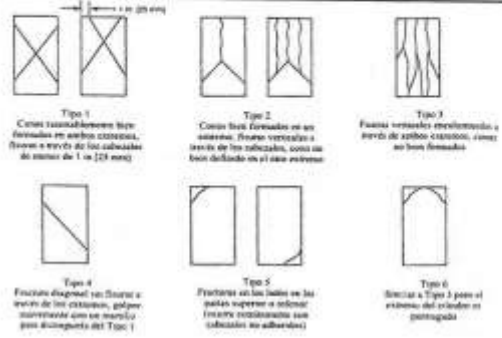


FIG. 1. Ejemplos de los Modos de Fractura Tipos

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	DIÁMETRO (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	CARGA DE ROTURA (kN)	TIPO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (fc)		F _{ct} (%)
										(kg/cm ²)	(MPa)	
1	PROBETA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL CON ADICIÓN DEL 20% DE AGREGADO FINO (P20-M7)	25/08/2023	23/10/2023	28	150	17671	66770	674.4	Tipo 2	389.2	38.2	185.3%
2	PROBETA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL CON ADICIÓN DEL 20% DE AGREGADO FINO (P20-M8)	25/09/2023	23/10/2023	28	150	17671	67420	683.1	Tipo 2	324.9	31.9	154.7%
3	PROBETA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL CON ADICIÓN DEL 20% DE AGREGADO FINO (P20-M5)	25/09/2023	23/10/2023	28	150	17671	61940	607.4	Tipo 2	350.5	34.4	166.9%

OBSERVACIONES:

- Los testigos de concreto y sus datos correspondientes, fueron entregados al laboratorio por el solicitante.
- Muestras elaboradas por el solicitante.
- Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo.

EGEOS I.R.L.

Angel Alexander Sal y Rosas Cruz
DNI N° 70456528
INFE DE LABORATORIO





LYNDA KAREN ALZAMORA CASTROMONTE
INGENIERA CIVIL
CIP Nº 191424
ASTM Nº 2415424

Jr. Dámaso Antúnez 756 - Belén - Huaraz

egeosprojects@gmail.com

(043) 234351

(+51) 937645700 - (+51) 927489091



ESTUDIOS GEOTECNICOS Y CONSULTORIA

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD DE
MATERIALES.**

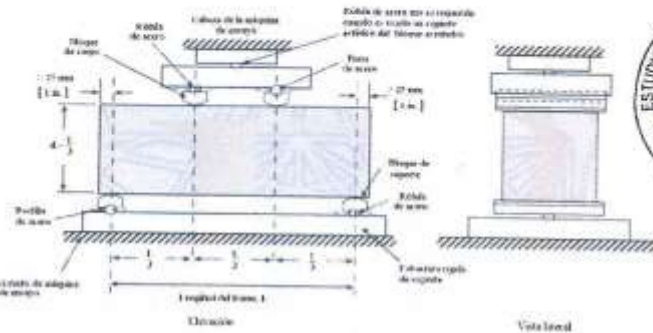
RUC N° 20602024190
INDECOPI REGISTRO N° 00114079

OSCE - SERVICIOS CÓDIGO: 51122071
OSCE - BIENES CÓDIGO: 80593397

INFORME DE ENSAYO

NTP 339.078	DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO		
ASTM C78			
<p>PROYECTO : "DISEÑO Y EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO EN PAVIMENTOS URBANOS QUE PERMITAN EL CONTROL DE AGUAS PLUVIALES EN LA CIUDAD DE HUARAZ"</p> <p>SOLICITA : JOE ANDERSON ARROYO SUÁREZ</p> <p>UBICACIÓN : DISTRITO DE HUARAZ, PROVINCIA DE HUARAZ, DEPARTAMENTO DE ÁNCASH</p> <p>FECHA DE EMISIÓN : 26/10/2023</p>			
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA			
TIPO DE MUESTRA : CONCRETO ENDURECIDO	PÁGINA : 1 DE 1		
ESPECÍMEN : VIGUETA	LUZ LIBRE (cm) : 45.0		
RESISTENCIA (f'c) : 210 kg/cm ²	INFORME : EG-092-H01-2023		

Fuente: NTP 339.078



N°	IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (Días)	ALTURA (mm)	ANCHO (mm)	UBICACIÓN DE FALLA	CARGA DE ROTURA	CARGA DE ROTURA	MÓDULO DE ROTURA	MÓDULO DE ROTURA
								(Kg)	(kN)	(kg/cm ²)	(MPa)
1	VIGUETA DEL DISEÑO PATRÓN CON ADICIÓN DEL 5% DE AGREGADO FINO (P5-V)	25/09/2023	23/10/2023	28	150	150	DENTRO DEL TERCIO CENTRAL	3280	32.2	43.7	4.3
2	VIGUETA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL CON ADICIÓN DEL 10% DE AGREGADO FINO (P10-V)	25/09/2023	23/10/2023	28	150	150	DENTRO DEL TERCIO CENTRAL	3080	30.2	41.1	4.0
3	VIGUETA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL CON ADICIÓN DEL 15% DE AGREGADO FINO (P15-V)	25/09/2023	23/10/2023	28	150	150	DENTRO DEL TERCIO CENTRAL	4030	39.5	53.7	5.3
4	VIGUETA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL CON ADICIÓN DEL 20% DE AGREGADO FINO (P20-V)	25/09/2023	23/10/2023	28	150	150	DENTRO DEL TERCIO CENTRAL	4520	44.3	60.3	5.9

OBSERVACIONES:

- Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.

EGEOS E.I.R.L.

Angel Alexander Salazar Losas Cruz
C.E.I. N° 271023
JEFE DEL LABORATORIO



MEMBER



INGENIERO EN CIENCIAS CIVILES
CIP N° 191624
ASTM N° 2415424

Jr. Dámaso Antúnez 756 - Belén - Huaraz

egeosprojects@gmail.com

(043) 234351

(+51) 937645700 - (+51) 927489091

ANEXO E
PANEL FOTOGRÁFICO



Dosificación de la mezcla según los diseños propuestos.



Vertido de concreto poroso en moldes metálicos para la elaboración de probetas.



Vertido y chuzado de concreto permeable en estado fresco.



Vertido de concreto permeable en moldes para vigas.



Probetas de concreto permeable en estado fresco según diseño.



Probetas de concreto poroso en estado endurecido según diseño.



Vigas de concreto poroso en estado endurecido.



Colocación de probetas de concreto poroso en poza de curado.



Rotura de probetas de concreto para verificar la resistencia a la compresión.



Rotura de vigas de concreto para verificar la tolerancia a la flexión.



Vertido de agua en la tubería principal luego de la colocación de probeta en la misma.



Abertura de la válvula para determinar la capacidad de infiltración con el uso del permeámetro de carga variable.