



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EFFECTO DEL EMPLEO DE FIBRA DE CAUCHO Y FIBRA DE ACERO
EN PROPORCIONES VARIABLES EN EL MEJORAMIENTO DE LAS
PROPIEDADES DE UN CONCRETO POROSO PARA VÍAS
PEATONALES EN EL DISTRITO DE POMATA 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. FREDY TICONA PARQUI

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

JULIACA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
EFFECTO DEL EMPLEO DE FIBRA DE CAUCHO Y FIBRA DE ACERO
EN PROPORCIONES VARIABLES EN EL MEJORAMIENTO DE LAS
PROPIEDADES DE UN CONCRETO POROSO PARA VÍAS
PEATONALES EN EL DISTRITO DE POMATA 2024

TESIS PRESENTADA POR:


Bach. FREDY TICONA PARQUI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

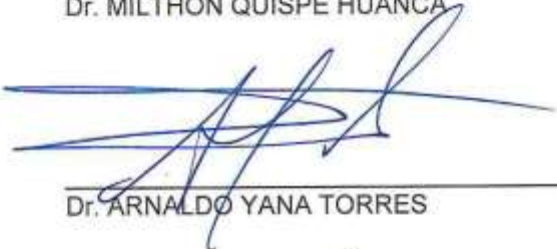
:



Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

PRIMER MIEMBRO

:



Dr. ARNALDO YANA TORRES

SEGUNDO MIEMBRO

:



Mgr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ASESOR DE TESIS

:



Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE MATERIALES – P17



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 983-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 11 de setiembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 011235 presentado por el (la) Bachiller: **FREDY TICONA PARQUI** estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **FREDY TICONA PARQUI**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **EFFECTO DEL EMPLEO DE FIBRA DE CAUCHO Y FIBRA DE ACERO EN PROPORCIONES VARIABLES EN EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO POROSO PARA VÍAS PEATONALES EN EL DISTRITO DE POMATA 2024**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
- * **1er Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES
- * **2do Miembro** : Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, Dr. **EFRAIN PARILLO SOSA.**

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **FREDY TICONA PARQUI**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **EFFECTO DEL EMPLEO DE FIBRA DE CAUCHO Y FIBRA DE ACERO EN PROPORCIONES VARIABLES EN EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO POROSO PARA VÍAS PEATONALES EN EL DISTRITO DE POMATA 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Jueves 19 de setiembre del 2024
- * **HORA** : 9:00 a.m.
- * **LUGAR** : Aula 406 - FICP

ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP 47780



Dr. Efrain Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Archivo



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 712-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 31 de julio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 9285 por el señor (a): **FREDY TICONA PARQUI** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 730 - 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 140 - 2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **FREDY TICONA PARQUI**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) **Titulado: EFECTO DEL EMPLEO DE FIBRA DE CAUCHO Y FIBRA DE ACERO EN PROPORCIONES VARIABLES EN EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO POROSO PARA VÍAS PEATONALES EN EL DISTRITO DE POMATA 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 140 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) **titulado: EFECTO DEL EMPLEO DE FIBRA DE CAUCHO Y FIBRA DE ACERO EN PROPORCIONES VARIABLES EN EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO POROSO PARA VÍAS PEATONALES EN EL DISTRITO DE POMATA 2024**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **FREDY TICONA PARQUI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema **Titulado: EFECTO DEL EMPLEO DE FIBRA DE CAUCHO Y FIBRA DE ACERO EN PROPORCIONES VARIABLES EN EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO POROSO PARA VÍAS PEATONALES EN EL DISTRITO DE POMATA 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) **la)**, **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Efrain Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
Intermedio (a)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 482-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 20 de junio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 6834, presentado el o (la) Bachiller FREDY TICONA PARQUI solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 491 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 151 -2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el o (la) Bachiller: FREDY TICONA PARQUI ha presentado su propuesta de investigación Titulado: EFECTO DEL EMPLEO DE FIBRA DE CAUCHO Y FIBRA DE ACERO EN PROPORCIONES VARIABLES EN EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO POROSO PARA VÍAS PEATONALES EN EL DISTRITO DE POMATA 2024, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 151 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: EFECTO DEL EMPLEO DE FIBRA DE CAUCHO Y FIBRA DE ACERO EN PROPORCIONES VARIABLES EN EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO POROSO PARA VÍAS PEATONALES EN EL DISTRITO DE POMATA 2024.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, presentado por el o (la) Bachiller: FREDY TICONA PARQUI, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: EFECTO DEL EMPLEO DE FIBRA DE CAUCHO Y FIBRA DE ACERO EN PROPORCIONES VARIABLES EN EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO POROSO PARA VÍAS PEATONALES EN EL DISTRITO DE POMATA 2024 correspondiente a la línea de investigación TECNOLOGÍA DE MATERIALES.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como ASESOR DE INVESTIGACIÓN de al (a la) docente Dr. EFRAIN PARILLO SOSA.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. MILTHON QUISEPUE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024



EFFECTO DEL EMPLEO DE FIBRA DE CAUCHO Y FIBRA DE ACERO EN PROPORCIONES VARIABLES EN EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO POROSO PARA VÍAS PEATONALES EN EL DISTRITO DE POMATA 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

14%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

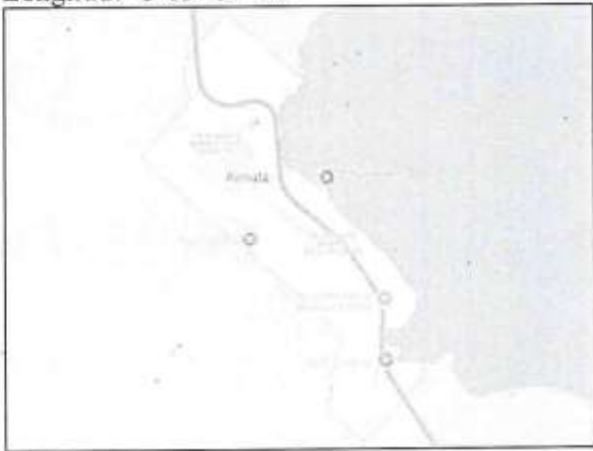
1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	11%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	1%
5	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
7	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1%



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
EFFECTO DEL EMPLEO DE FIBRA DE CAUCHO Y FIBRA DE ACERO EN PROPORCIONES VARIABLES EN EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO POROSO PARA VÍAS PEATONALES EN EL DISTRITO DE POMATA 2024	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	Fredy Ticona Parqui
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	74696881
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0000-4774-0856
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Efrain Parillo Sosa
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02416058
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-7567-039X
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Milthon Quispe Huanca
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Arnaldo Yana Torres
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Fritz Willy Mamani Apaza
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	02306659
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de Materiales - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: Chucuito Distrito: Pomata Latitud: S 16° 16' 27" Longitud: O 69° 17' 38"</p>  <p>https://maps.apn.goo.gl/gaSKh4inPhdWxcX9</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Junio 2024 - Setiembre 2024
URL de disciplinas OCDE	<p>Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.05.00</p> <p>Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</p>
- Librería	

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
OFICINA DE INVESTIGACIÓN

DIRECTOR

Dr. Efraín Barillo Sosa
DIRECCIÓN
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo FREDY TICONA PARQUI, identificado con DNI Nro. 74696881, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional**
- Programa de Segunda Especialidad,**
- Programa de Maestría o Doctorado**

INGENIERÍA CIVIL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico denominada:
EFFECTO DEL EMPLEO DE FIBRA DE CAUCHO Y FIBRA DE ACERO EN PROPORCIONES
VARIABLES EN EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO
POROSO PARA VÍAS PEATONALES EN EL DISTRITO DE POMATA 2024

Asesorado por: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 15 de octubre del 2024


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)


Huella



DEDICATORIA

La presente es hacer llegar desde el fondo de mi corazón, a toda mi familia principal mete a mi padre Ambrosio Ticona Q. y a mi madre Evangelina parqui a. por haberme forjado como la persona que soy actualmente; muchos de mis logros se los debo a ustedes en la cual me impulsaron para que pueda seguir y cumplir con este objetivo, que era ser un profesional y poder ser útil a la sociedad.



AGRADECIMIENTO

Primeramente, doy gracias a dios por permitirme la vida, gracias a mi familia por el apoyo brindado en las decisiones y proyectos, gracias a mis docentes de mi facultad quienes me brindaron sus conocimientos en toda mi etapa académica, gracias a mis jurados: Dr. Milthon Quispe Huanca, Dr. Arnaldo Yana Torres, Mgtr, Fritz Willy Mamani Apaza. por la oportunidad y los consejos que me brindaron en su oportunidad.

Y todas las personas que de alguna u otra manera me apoyaron en este en el camino de mi vida profesional.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE TABLAS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN.....	xi

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Análisis de la situación problemática	1
1.2. Planteamiento del problema	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Justificación de la investigación	4
1.4.1. Justificación técnica.....	4
1.4.2. Justificación práctica.....	4
1.4.3. Justificación social	4
1.4.4. Justificación ambiental.....	5
1.5. Hipótesis de la investigación	5
1.5.1. Hipótesis general	5
1.5.2. Hipótesis específicas	5
1.6. Variables e indicadores.....	5
1.6.1. Variable independiente	5
1.6.2. Variable dependiente.....	6
1.7. Operacionalización de variables	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO



2.1. Antecedentes de la investigación	8
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	8
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	12
2.1.3. Antecedentes locales.....	15
2.2. Bases teóricas	16
2.2.1. Concreto.....	16
2.2.2. Concreto poroso	20
2.2.3. Fibra de caucho.....	32
2.2.4. Fibra de acero	46
2.2.5. Diseño de mezclas	61
2.2.6. Propiedades mecánicas de un concreto	64
2.3. Marco conceptual	67

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de la investigación	70
3.2. Método de la investigación	70
3.3. Nivel y tipo de la investigación	71
3.1.1. Nivel de la investigación	71
3.1.2. Tipo de la investigación	71
3.4. Población y muestra	72
3.4.1. Población.....	72
3.4.2. Muestra	72
3.5. Técnicas e instrumentos	74
3.2.1. Técnicas.....	74
3.2.2. Instrumentos.....	74
3.6. Plan de recolección y procesamiento de datos	75
3.6.1. Desarrollo del plan de recolección de datos	75
3.6.2. Procesamiento y análisis de datos.....	85

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados obtenidos	86
4.1.1. Resultados sobre el empleo de fibra de caucho y fibra de acero en porciones variables en el asentamiento de la mezcla de concreto poroso	93



4.1.2. Resultados sobre la aplicación de fibra de caucho y fibra de acero en proporciones variables en la resistencia a compresión del concreto poroso	95
4.1.3. Comparación de resistencias a compresión del CPP + %FC y +%FA	116
4.1.4. Resultados de la incorporación de fibra de caucho y fibra de acero en el coeficiente de permeabilidad del concreto poroso	125
4.2. Discusión de Resultados	129
CONCLUSIONES.....	131
RECOMENDACIONES.....	132
BIBLIOGRAFÍA.....	133
ANEXOS	135



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de variables	7
Tabla 3	Clasificación de trabajabilidad	64
Tabla 4	Cantidad de muestra para el asentamiento del CPP, FC y FA.....	72
Tabla 5	Muestras para rotura de testigos del CPP, FC y FA.....	73
Tabla 6	Peso específico y absorción de agregados de cantera Pomata.....	86
Tabla 7	Granulometría del agregado grueso	87
Tabla 8	Granulometría del agregado fino	88
Tabla 9	Contenido de humedad de los agregados	89
Tabla 9	Pesos unitarios de los agregados	89
Tabla 10	Dosificación según diseño de mezcla	90
Tabla 15	Dosificación para diseño de mezcla del CP + 2.80% FC	90
Tabla 16	Dosificación para diseño de mezcla del CP + 3.80% FC	91
Tabla 17	Dosificación para diseño de mezcla del CP + 4.80% FC	91
Tabla 18	Dosificación para diseño de mezcla del CP + 0.85% FA.....	92
Tabla 19	Dosificación para diseño de mezcla del CP + 1.70% FA.....	92
Tabla 20	Dosificación para diseño de mezcla del CP + 2.55% FA.....	93
Tabla 21	Asentamiento del concreto patrón + fibra de caucho	93
Tabla 22	Asentamiento del concreto patrón + fibra de acero.....	94
Tabla 23	Resistencia del CPP a 7 días.....	95
Tabla 24	Resistencia del CPP a 14 días.....	96
Tabla 21	Resultados de la resistencia a la compresión del CPP a 28 días.....	97
Tabla 26	Resistencia del CPP + 2.8% FC	98
Tabla 27	Resistencia del CPP + 2.8% FC	99
Tabla 28	Resistencia del CPP + 2.8% FC	100
Tabla 29	Resistencia del CPP + 3.8% FC	101
Tabla 30	Resistencia del CPP + 3.8% FC	102
Tabla 31	Resistencia del CPP + 3.8% FC	103
Tabla 32	Resistencia del CPP + 4.8% FC	104
Tabla 33	Resistencia del CPP + 4.8% FC	105
Tabla 34	Resistencia del CPP + 4.8% FC	106
Tabla 35	Resistencia del CPP + 0.85% FA.....	107
Tabla 36	Resistencia del CPP + 0.85% FA.....	108
Tabla 37	Resistencia del CPP + 0.85% FA.....	109
Tabla 38	Resistencia del CPP + 1.70% FA.....	110



Tabla 39	Resistencia del CPP + 1.70% FA.....	111
Tabla 40	Resistencia del CPP + 1.70% FA.....	112
Tabla 41	Resistencia del CPP + 2.55% FA.....	113
Tabla 42	Resistencia del CPP + 2.55% FA.....	114
Tabla 43	Resistencia del CPP + 2.55% FA.....	115
Tabla 44	Resistencias de concreto + FC	116
Tabla 45	Resistencias de concreto + FC	117
Tabla 46	Resistencias de concreto + FC	119
Tabla 47	Resistencias de concreto + FA	120
Tabla 48	Resistencias del concreto + FA	122
Tabla 49	Resistencias del concreto + FA	123
Tabla 50	Permeabilidad del CPP	125
Tabla 51	Permeabilidad del CP + fibra de caucho	126
Tabla 52	Permeabilidad del CP + fibra de acero	127



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Componentes del concreto	18
Figura 2	Concreto poroso.....	21
Figura 3	Fibra de caucho	33
Figura 4	Fibras de acero	48
Figura 5	Prueba de Slump	64
Figura 6	Tipos de fracturas	66
Figura 7	Resistencia a la compresión	66
Figura 8	Ubicación de la cantera Pomata.....	75
Figura 9	Poliestireno	76
Figura 10	Plástico reciclado	77
Figura 11	Ensayo de asentamiento del concreto poroso.....	82
Figura 12	Resistencia a compresión del concreto poroso	84
Figura 13	Granulometría del agregado grueso.....	87
Figura 14	Granulometría del agregado fino.....	88
Figura 15	Variación del CPP – 7 días	95
Figura 16	Variación del CPP – 14 días.....	96
Figura 17	Variación del CPP – 28 días.....	97
Figura 18	Variación del CPP + 2.8% FC	98
Figura 19	Variación del CPP + 2.8% FC	99
Figura 20	Variación del CPP + 2.8%% FC	100
Figura 21	Variación de la resistencia de CPP + 3.8% FC a 7 días	101
Figura 22	Variación del CPP + 3.8% FC	102
Figura 23	Variación del CPP + 3.8% FC	103
Figura 24	Variación del CPP + 4.8% FC	104
Figura 25	Variación del CPP + 4.8% FC	105
Figura 26	Variación del CPP + 4.8% FC	106
Figura 27	Variación del CPP +0.85% FA	107
Figura 28	Variación del CPP + 0.85% FA	108
Figura 29	Variación del CPP + 0.85% FA	109
Figura 30	Variación del CPP + 1.70% FA	110
Figura 31	Variación del CPP + 1.70% FA	111
Figura 32	Variación del CPP + 1.70% FA	112
Figura 33	Variación de CPP + 2.55% FA	113
Figura 34	Variación del CPP + 2.55% FA	114



Figura 35	Variación del CPP + 2.55% FA	115
Figura 36	Comparativo de la resistencia del concreto + % FC	116
Figura 37	Variación de la resistencia CPP + % FC	117
Figura 38	Comparativo de la resistencia del concreto + % FC	118
Figura 39	Variación de la resistencia CPP + % FC	118
Figura 40	Comparativo de la resistencia del concreto + % FC	119
Figura 41	Variación de la resistencia CPP + % FC	120
Figura 42	Comparativo de la resistencia del concreto + % FA	121
Figura 43	Variación de la resistencia CPP + % FA.....	121
Figura 44	Comparativo de la resistencia del concreto + % FA	122
Figura 45	Variación de la resistencia CPP + % FA.....	123
Figura 46	Comparativo de la resistencia del concreto + % FA	124
Figura 47	Variación de la resistencia CPP + % FA.....	124
Figura 48	Permeabilidad "k" del CPP	125
Figura 49	Permeabilidad del CPP + fibra de caucho	126
Figura 50	Permeabilidad CPP + fibra de acero	128



RESUMEN

La presente investigación denominada "Efecto de la fibra de caucho y fibra de acero en proporciones variables en el mejoramiento de las propiedades de un concreto poroso para vías peatonales en el distrito de Pomata 2024", tiene como finalidad evaluar el efecto del empleo de la fibra de caucho y fibra de acero para mejorar las propiedades del concreto poroso para vías peatonales en el distrito de Pomata. La metodología presenta un diseño experimental, método cuantitativo, nivel explicativo y de tipo aplicada; asimismo, la muestra está conformada por probetas de concreto poroso, incorporándose fibra de caucho en 2.8%, 3.8% y 4.8% y la fibra de acero en 0.85%, 1.70% y 2.55%. Los resultados alcanzados en el asentamiento del concreto poroso para las vías peatonales influye en el asentamiento y la trabajabilidad de la mezcla. Las fibras de caucho aumentan mínimamente el asentamiento y mantienen una consistencia seca, mientras que las fibras de acero reducen el asentamiento, llegando a ser nulo en altas proporciones, con una consistencia seca. En seguida, se detallan los resultados alcanzados en la resistencia a la compresión a los 28 días de curado para el concreto patrón poroso de 178.36 kg/cm², para el empleo de 2.8%, 3.8% y 4.8% de FC la resistencia media es de 179.78 kg/cm², 184.14 kg/cm² y 172.87 kg/cm² para cada caso, con la adición de 0.85%, 1.70% y 2.55% de FA la resistencia promedio fue 182.80 kg/cm², 198.97 kg/cm² y 186.87 kg/cm² en cada caso. En cuanto a la permeabilidad para el concreto patrón poroso es 1.65 cm/seg, con la adición de 2.8%, 3.8% y 4.8% de FC se obtuvieron permeabilidades de 1.64 cm/seg., 1.74 cm/seg. y 1.79 cm/seg. para cada caso, y con la inclusión de 0.85%, 1.70% y 2.55% de FA se obtuvieron permeabilidades de 1.63 cm/seg., 1.57 cm/seg. y 1.53 cm/seg. para cada caso. Finalmente se **concluye** que, la aplicación de fibra de caucho aumenta levemente la resistencia a los 28 días con un promedio de 3.24%, Asimismo la inclusión de fibra de acero también aumenta la resistencia tras los 28 días de curado con un promedio de 9.31%; finalmente, la permeabilidad con menor variación es 1.64 cm/seg. (2.80% FC); y con la inclusión de fibra de acero la permeabilidad con menor variación es 1.53 cm/seg. (2.55% FA).



Palabras Clave: Concreto poroso, Fibra de caucho, Fibra de acero, Resistencia a compresión, Permeabilidad.



ABSTRACT

The present research called "Effect of rubber fiber and steel fiber in variable proportions on the improvement of the properties of a porous concrete for pedestrian paths in the district of Pomata 2024", aims to evaluate the effect of using the fiber of rubber and steel fiber to improve the properties of porous concrete for pedestrian paths in the Pomata district. The methodology presents an experimental design, quantitative method, explanatory level and applied type; Likewise, the sample is made up of porous concrete specimens, incorporating rubber fiber in 2.8%, 3.8% and 4.8% and steel fiber in 0.85%, 1.70% and 2.55%. The results achieved in the settlement of porous concrete for pedestrian paths influence the settlement and workability of the mixture. Rubber fibers minimally increase slump and maintain a dry consistency, while steel fibers reduce slump, reaching zero at high proportions, with a dry consistency. Below are the results obtained in the compressive strength at 28 days of curing for the porous standard concrete of 178.36 kg/cm², for the use of 2.8%, 3.8% and 4.8% of FC the average resistance is 179.78 kg/cm², 184.14 kg/cm² and 172.87 kg/cm² for each case, with the addition of 0.85%, 1.70% and 2.55% of FA the average resistance was 182.80 kg/cm², 198.97 kg/cm² and 186.87 kg/cm² in each case. Regarding the permeability for the porous pattern concrete, it is 1.65 cm/sec, with the addition of 2.8%, 3.8% and 4.8% of FC, permeabilities of 1.64 cm/sec., 1.74 cm/sec. and 1.79 cm/sec. for each case, and with the inclusion of 0.85%, 1.70% and 2.55% of FA, permeabilities of 1.63 cm/sec., 1.57 cm/sec. and 1.53 cm/sec. for each case. Finally, it is concluded that the application of rubber fiber slightly increases the resistance after 28 days with an average of 3.24%. Likewise, the inclusion of steel fiber also increases the resistance after 28 days of curing with an average of 9.31%; Finally, the permeability with the least variation is 1.64 cm/sec. (2.80% FC); and with the inclusion of steel fiber, the permeability with the least variation is 1.53 cm/sec. (2.55% FA).

Keywords: Porous concrete, Rubber fiber, Steel fiber, Compressive strength, Permeability.



INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la búsqueda de alternativas sostenibles en el sector de la construcción ha cobrado protagonismo al enfrentarse a la dificultad de identificar soluciones que integren eficiencia, durabilidad y cuidado del medio ambiente. El hormigón es un material ampliamente estudiado para mitigar su efecto medioambiental y mejorar su funcionalidad.

Actualmente, el uso de elementos reciclados como el caucho y la fibra de acero en las mezclas de hormigón es factible, ya que estos componentes tienden a mejorar las propiedades del hormigón, aumentando su resistencia.

Debido a la ausencia de alternativas para el concreto poroso surge el empleo de las fibras de caucho, que son filamentos o partículas elásticas derivadas, generalmente, de neumáticos reciclados. Estas fibras se utilizan como aditivos en diversas aplicaciones de construcción para mejorar las propiedades del concreto poroso. En tal caso las fibras de caucho pueden aportar beneficios significativos en la resistencia y la permeabilidad del concreto.

Asimismo la aplicación de las fibras de acero puede mejorar significativamente las propiedades mecánicas del concreto poroso, aumentando su durabilidad y resistencia a la fisuración. Sin comprometer su capacidad de permitir el paso del agua.

Este proyecto tiene por objeto investigar un enfoque diferente para mejorar las propiedades del hormigón poroso destinado a senderos peatonales en el barrio de Pomata. Se trata de añadir partículas de acero y fibra de caucho a una mezcla de hormigón poroso para examinar cómo afectan a las características mecánicas y físicas del material, especialmente la permeabilidad y la compresión. Determinar las proporciones ideales de estos productos químicos para mejorar el rendimiento del hormigón es otro de los objetivos del estudio.



El capítulo I, se enfoca en desarrollar de manera detallada el problema central de la investigación, detallando los objetivos, justificación e hipótesis. Estos elementos proporcionan las bases teóricas y prácticas del estudio, permitiendo estructurar y guiar el análisis de manera coherente en las siguientes etapas del estudio.

El capítulo II, presenta los antecedentes a nivel internacional, local y nacional, proporcionando el contexto del estudio. Luego, se expone el marco teórico que reúne las principales teorías, y finalmente se presenta el marco conceptual basado en autores recientes, asegurando la relevancia de los conceptos utilizados.

El capítulo III, describe detalladamente la metodología que se utilizó, especificando el diseño, método, nivel y tipo de investigación que se ha utilizado para abordar el estudio. También se explican los procedimientos para obtener los resultados del estudio.

El capítulo IV, expone los resultados obtenidos a partir de los cálculos y análisis realizados. Dichos resultados son presentados de forma clara mediante tablas y gráficos comparativos, facilitando la visualización y comprensión de los datos.

Posteriormente, se desarrolla una discusión en la que se analizan y contrastan los resultados obtenidos con las teorías y estudios previos presentados en los antecedentes, lo que permite contextualizar los hallazgos dentro del marco teórico y académico de la investigación.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Análisis de la situación problemática

Las vías peatonales son una parte esencial de la infraestructura urbana y rural, proporcionando seguridad y accesibilidad a los transeúntes. Sin embargo, en muchas zonas, estas vías enfrentan problemas relacionados con el estancamiento de agua, especialmente durante las lluvias. La acumulación de agua no solo dificulta el tránsito peatonal, sino que también contribuye al deterioro prematuro de las superficies y aumenta el riesgo de accidentes.

A nivel internacional, las vías peatonales enfrentan un desafío común relacionado con la acumulación de agua superficial, especialmente en áreas urbanas con alta impermeabilización del suelo. La falta de sistemas eficientes de drenaje en muchas ciudades provoca estancamientos de agua durante las lluvias, lo que puede generar superficies resbaladizas y riesgos de accidentes para los peatones. Además, el agua estancada deteriora las vías y aumenta el riesgo de inundaciones. La introducción del concreto poroso ha sido una solución propuesta en diversos países para mejorar la infiltración de agua, reducir el impacto de la escorrentía y promover el drenaje natural, pero



su efectividad depende de la correcta aplicación y mejoras tecnológicas en la mezcla. (Barrezueta, 2020)

En el ámbito nacional en Perú, las vías peatonales, especialmente en áreas urbanas y rurales, también sufren problemas de acumulación de agua durante la temporada de lluvias. La infraestructura peatonal no siempre cuenta con materiales adecuados para asegurar la permeabilidad del suelo, lo que genera deterioro prematuro, charcos y erosión del terreno en ciertos casos. En respuesta, las investigaciones sobre concreto poroso han empezado a ganar atención, ya que este material permite mejorar el drenaje superficial sin necesidad de sistemas de tuberías subterráneas costosos. Sin embargo, es crucial abordar aspectos como la durabilidad del concreto poroso y su resistencia a las condiciones climáticas variables del país. (Peña & Laguna, 2021).

El distrito de Pomata, enfrenta una situación particular debido a su clima y topografía. Durante la temporada de lluvias, las vías peatonales en Pomata presentan problemas de acumulación de agua debido a la falta de un sistema de drenaje adecuado y la permeabilidad limitada de los materiales de construcción utilizados. Esto no solo dificulta el tránsito de los peatones, sino que también contribuye a la erosión de las áreas circundantes y al deterioro de las infraestructuras existentes. Ante este panorama, surge la necesidad de buscar soluciones que mejoren la permeabilidad de las vías y reduzcan los problemas asociados al estancamiento de agua.

Por tal motivo, la presente investigación busca explorar alternativas para mejorar las características del concreto poroso aplicado en las vías peatonales del distrito de Pomata. Donde se busca evaluar la incorporación de diversos aditivos y materiales, como fibras de caucho y acero, para mejorar tanto la durabilidad como la capacidad de permeabilidad del concreto. El objetivo es investigar cómo estos materiales pueden optimizar las características físicas y mecánicas del concreto, con un enfoque en la resistencia a la compresión y la mejora del drenaje del agua, todo ello para asegurar vías más seguras y sostenibles.



1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. *Problema general*

¿Cuál es el efecto del empleo de fibra de caucho y fibra de acero en proporciones variables en el mejoramiento de las propiedades de un concreto poroso para vías peatonales en el distrito de Pomata 2024?

1.2.2. *Problemas específicos*

1. ¿De qué manera el empleo de fibra de caucho y fibra de acero en proporciones variables influye en el asentamiento de la mezcla de concreto poroso para vías peatonales en el distrito de Pomata 2024?
2. ¿De qué manera la aplicación de fibra de caucho y fibra de acero en proporciones variables incide en la resistencia a la compresión del concreto poroso para vías peatonales en el distrito de Pomata 2024?
3. ¿De qué manera la incorporación de fibra de caucho y fibra de acero en proporciones variables impacta en el coeficiente de permeabilidad del concreto poroso para vías peatonales en el distrito de Pomata 2024?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. *Objetivo general*

Analizar el efecto del empleo de fibra de caucho y fibra de acero en proporciones variables en el mejoramiento de las propiedades de un concreto poroso para vías peatonales en el distrito de Pomata 2024.

1.3.2. *Objetivos específicos*

1. Evaluar la manera en que el empleo de fibra de caucho y fibra de acero en proporciones variables influye en el asentamiento de la mezcla de concreto poroso para vías peatonales en el distrito de Pomata 2024.



2. Determinar la manera en que la aplicación de fibra de caucho y fibra de acero en proporciones variables incide en la resistencia a la compresión del concreto poroso para vías peatonales en el distrito de Pomata 2024.
3. Determinar la manera en que la incorporación de fibra de caucho y fibra de acero en proporciones variables impacta en el coeficiente de permeabilidad del concreto poroso para vías peatonales en el distrito de Pomata 2024.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. *Justificación técnica*

Se justifica técnicamente para crear métodos novedosos de mejora y optimización de las propiedades del hormigón poroso. Como resultado, se mejoran las técnicas de pavimentación de carreteras creadas especialmente para los pasos de peatones.

1.4.2. *Justificación práctica*

La fibra de caucho es un recurso fácilmente accesible y extraíble, ya que los neumáticos de caucho pueden reciclarse en varios sectores, lo que facilita su transformación en fibras finas. Para producir hormigón poroso de alta calidad, se realizará un examen cuidadoso y una medición precisa de las proporciones adecuadas.

1.4.3. *Justificación social*

La investigación está socialmente justificada, ya que puede influir positivamente en el sector de la construcción al demostrar la viabilidad técnica de las mezclas de hormigón que incorporan fibras de acero y caucho para aplicaciones en pasarelas peatonales, suelos industriales, subsuelos y pavimentos.



1.4.4. Justificación ambiental

La iniciativa está justificada desde el punto de vista medioambiental para mejorar y salvaguardar el ecosistema eliminando dos factores que conducen a la contaminación, ya que se integra en la industria de la construcción como una opción innovadora para las mezclas de hormigón, promoviendo así el equilibrio ecológico.

1.5. Hipótesis de la investigación

1.5.1. Hipótesis general

El efecto del empleo de fibra de caucho y fibra de acero en proporciones variables aportará positivamente en el mejoramiento de las propiedades de un concreto poroso para vías peatonales en el distrito de Pomata 2024.

1.5.2. Hipótesis específicas

1. El empleo de fibra de caucho y fibra de acero en proporciones variables influirá de manera positiva en el asentamiento de la mezcla de concreto poroso para vías peatonales en el distrito de Pomata 2024.
2. La aplicación de fibra de caucho y fibra de acero en proporciones variables incidirá de manera significativa en la resistencia a la compresión del concreto poroso para vías peatonales en el distrito de Pomata 2024.
3. La incorporación de fibra de caucho y fibra de acero en proporciones variables impactará de forma positiva en el coeficiente de permeabilidad del concreto poroso para vías peatonales en el distrito de Pomata 2024.

1.6. Variables e indicadores

1.6.1. Variable independiente

Fibra de caucho y Fibra de acero.



Dimensiones

- Dosificación de FC en 2.80%, 3.80% y 4.80%
- Dosificación de FA en 0.85%, 1.70% y 2.55%

1.6.2. Variable dependiente

Propiedades del concreto poroso

Dimensiones

- Asentamiento (Slump).
- Resistencia a la compresión.
- Coeficiente de permeabilidad.

1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
Fibra de caucho y fibra de acero	Las fibras de caucho son un material obtenido a partir del reciclaje de neumáticos, donde se puede reutilizar para mejorar las propiedades del concreto poroso.	Proporciones	FC+2.80% FA+0.85%	Ficha de control de calidad de laboratorio
	Las fibras de acero son diminutos componentes metálicos alargados que se utilizan como refuerzo en muchas aplicaciones estructurales. Estas fibras están compuestas principalmente de acero de alta resistencia, incluido el acero al carbono o el acero inoxidable, y pueden presentar diversas configuraciones, como rectas, onduladas o en forma de gancho, entre otras.		FC+3.80% FA+1.70%	
			FC+4.80% FA+2.55%	

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
Propiedades del concreto poroso	El hormigón poroso es una variante de hormigón caracterizada por una estructura permeable que facilita el paso del agua, reduciendo así la acumulación de lluvia en la superficie. Esta variante de hormigón se emplea en la construcción de pavimentos y superficies que requieren un drenaje y una resistencia a la compresión adecuados.	Asentamiento	Slump	Equipos y herramientas de laboratorio
		Resistencia a la compresión	Esfuerzo a la rotura (kg/cm ²)	
		Coefficiente de Permeabilidad	Tiempo y coeficiente de permeabilidad	Guías de laboratorio

Nota: Elaborado por el investigador.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Según, Cabrera y Peñafiel (2023) en su proyecto "Diseño de hormigón sustentable con fibras de caucho de neumáticos fuera de uso con una resistencia de 24 Mpa", tiene como objetivo investigar y crear una mezcla de hormigón que utilice caucho reciclado como ingrediente. El objetivo de este estudio es obtener la resistencia deseada de 24 MPa y evaluar su desempeño en comparación con el concreto de control. Este estudio realizó pruebas de resistencia en muestras de hormigón, centrándose específicamente en el efecto de diferentes proporciones de caucho reciclado. Se diseñaron diversas mezclas de concreto y se fabricaron probetas para ensayos de resistencia a la compresión. Los resultados indican que sustituir el 10% del volumen del árido fino por caucho es la opción más favorable. Los resultados de la resistencia indican que el hormigón de control alcanzó una resistencia de 20,9 MPa después de 7 días y de 30 MPa después de 28 días. Por otro lado, el hormigón que contenía 10% de caucho reciclado de neumáticos usados alcanzó una resistencia de 17,35 MPa después de 7 días y una resistencia prevista de 24 MPa a los 28 días.



En conclusión, este experimento demuestra la viabilidad de crear y producir hormigón utilizando un 10% de caucho derivado de neumáticos usados como sustituto del agregado fino, lo que da como resultado una resistencia de 24 MPa. Sin embargo, es crucial reconocer que estos resultados pueden diferir según los atributos y especificaciones de la mezcla empleada, las condiciones bajo las cuales se aplica y las demandas únicas del proyecto en cuestión. Cada caso individual requiere exámenes y evaluaciones personalizados para obtener resultados más precisos y pertinentes.

Además, Robayo (2022) en su proyecto "Hormigón con fibra de acero y caucho reciclado para mitigación ambiental en el sector de la construcción de guayaquil", este estudio pretende analizar el impacto medioambiental de los residuos de caucho y acero en Ecuador. En concreto, el estudio compara el hormigón tradicional con el hormigón que contiene fibra de acero y caucho reciclado en diferentes dosificaciones. La investigación es de naturaleza cuantitativa, empleando un enfoque experimental. Se utilizarán métodos inductivos, deductivos y estadísticos para obtener los resultados. Los experimentos se analizarán mediante técnicas de ensayo de laboratorio y pruebas experimentales. Los resultados obtenidos se evaluarán en función de las diferencias de compresión y dosificación de los cilindros de hormigón. Del análisis se desprende que las propiedades de la FA y el CR son comparables a las del hormigón tradicional. El intervalo recomendado para la incorporación de estos materiales se sitúa entre el 5% y el 10%. Comparando los materiales, se observa que la resistencia se ajusta a las especificaciones de diseño, con sólo una reducción del 3% del peso en comparación con el diseño original de la mezcla. Por lo tanto, es aconsejable utilizar estos ingredientes específicos en la producción de hormigón.

Asimismo, Páez y Prada (2020) en su proyecto "Implementación del concreto poroso en el barrio pardo rubio en la calle 47 con Cra 3 Este", este estudio pretende abordar cuestiones cruciales relacionadas con la sostenibilidad de los recursos de la Tierra y sus



habitantes. Abarca varios ámbitos, incluida la ingeniería civil, que debe desarrollar estructuras respetuosas con el medio ambiente que no sólo cumplan las normas de seguridad, sino también los fines previstos. El hormigón permeable ofrece la oportunidad de mejorar los sistemas de construcción gestionando eficazmente la escorrentía superficial durante las lluvias torrenciales. Esto no sólo mejora la experiencia del usuario durante tales eventos, sino que también proporciona un tratamiento más sostenible de las aguas pluviales, evitando que se dirijan al alcantarillado público. Comenzando por la carretera situada en la Calle 47ª con Cra3 Este es crucial debido a la importante cantidad de agua de lluvia que pasa a través de las cunetas de esta carretera durante los eventos de lluvia en la zona. La pendiente actual de diseño de la vía impide la evacuación eficiente de grandes caudales de agua, lo que supone un riesgo para la seguridad de los usuarios. Por ello, nuestro objetivo es implantar un nuevo modelo que mejore la escorrentía superficial de la carretera. Esto servirá de base para futuras mejoras del diseño vial en toda Bogotá.

Finalmente, Elizondo (2020) en su proyecto "Estudio de superficies urbanas multifuncionales de hormigón poroso", los pavimentos de hormigón poroso son una forma de pavimento permeable ampliamente considerado como uno de los Sistemas de Drenaje Urbano Sostenible (SUDS) más completos. La construcción está diseñada para dar cabida tanto al tráfico rodado como a los peatones, al tiempo que facilita la infiltración del agua de lluvia en los niveles inferiores hasta que llega al subsuelo o puede almacenarse para un uso futuro. Este sistema gestiona la escorrentía superficial y mitiga la contaminación del agua, al tiempo que reduce los posibles accidentes de tráfico provocados por la presencia de agua en la superficie. Este atributo se logra debido a la alta porosidad y los huecos vinculados presentes en estos pavimentos. El análisis de la literatura realizado en esta tesis doctoral ha revelado que los pavimentos de hormigón poroso poseen varios beneficios y características suplementarias que los califican como pavimentos multifuncionales. Sin embargo, debido al elevado contenido de vacantes de los pavimentos, su estructura es comparativamente débil y menos maleable. Se han realizado



investigaciones para desarrollar una nueva metodología que mejore la resistencia mecánica sin comprometer la infiltración de agua. Se han utilizado varios tipos de agregados, incluidos ofita, pórfido, basalto y piedra caliza. Se han empleado diferentes granulometrías tales como 2-4 mm, 4-8 mm, 5-10 mm, 4-12 mm y 8-12 mm. Adicionalmente se han incorporado aditivos y fibras como FA y dióxido de titanio. También se han considerado materiales alternativos al cemento, como los geopolímeros a base de metacaolín. Estos materiales han sido evaluados mediante diversas pruebas mecánicas que incluyen tracción indirecta, compresión y módulo de rigidez. Además, se han evaluado propiedades hidráulicas como permeabilidad y porosidad, así como características superficiales como resistencia al deslizamiento, macrotextura mediante círculo de arena y absorción acústica. Además, estoy examinando varias técnicas de compactación, como compresión axial, impacto, rotación, seccionamiento y varilla apisonadora. Luego analizaré y compararé los hallazgos utilizando herramientas de análisis estadístico y de criterios múltiples para determinar las dosis más efectivas. Empleando esta metodología se han determinado los parámetros de diseño que establecen la correlación más óptima entre los diferentes ensayos realizados. Se comparó la viabilidad del enfoque ideado (PCD) con la referencia de las reglas ACI. Además, el examen de aditivos y fibras permitió mejorar tanto la maleabilidad como la resistencia estructural de las mezclas. Sin embargo, al analizar varios procesos de compactación, pudimos determinar el proceso óptimo y la carga requerida para lograr los resultados deseados de resistencia y permeabilidad para el pavimento específico que se estaba construyendo. Finalmente, se examinaron materiales novedosos y respetuosos con el medio ambiente, utilizando material de metacaolín y activados por una mezcla de silicato de sodio e hidróxido de sodio. Esto confirmó el importante potencial para el avance y la utilización de materiales alternativos en lugar del cemento tradicional. Los hallazgos nos han permitido establecer la viabilidad del novedoso enfoque descrito en esta tesis doctoral, mejorando las propiedades mecánicas de las mezclas de un 30% en comparación con los métodos ACI. A pesar de una disminución del 40% en las mediciones de permeabilidad, se mantuvieron por encima del umbral mínimo

estipulado por el NCAT, que es de 100 m/día (0,012 cm/s). La viabilidad de crear un pavimento de hormigón poroso versátil ha quedado demostrada mediante la utilización del enfoque sugerido, incorporando aditivos superplastificantes, incorporadores de aire.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Según, Lopez y Portocarrero (2023) en su proyecto "Diseño de concreto poroso $f'c=175$ Kg/cm² reemplazando fibra de caucho para mejorar la permeabilidad y compresión, Morales 2023", pretende desarrollar un hormigón poroso adecuado ($f'c=175$ kg/cm²) mediante la incorporación de distintas proporciones de fibra de caucho para mejorar sus características tanto mecánicas como hidráulicas. El objetivo de este estudio fue utilizado para crear superficies que posean tanto una capacidad de drenaje eficiente como una durabilidad duradera. El estudio empleó un enfoque cuantitativo con una metodología experimental. Se manipuló la variable independiente, la fibra de caucho, mientras que las variables dependientes fueron la resistencia a la compresión y la permeabilidad. La muestra consistió en 36 especímenes cilíndricos, y también se tuvo en cuenta la población. La grava se sustituyó por FC en 1,50%, 2,50% y 3,50%. Las resistencias a se determinaron a los 7, 14 y 28 días siguiendo las directrices de la NTP. Los resultados indicaron que la proporción óptima de sustitución es del 2,50% de FC. Con ello se consiguió una mejora de la resistencia a 28 días, que alcanzó un valor de 183,41 kg/cm², así como una permeabilidad de 0,524 cm/s. finalmente, consideran el costo por metro cúbico es de S/. 337,25, lo que lo convierte en un precio favorable para su utilización.

Además, Aguilar y Dipaz (2021) en su proyecto "Efecto de la incorporación de fibras de acero reciclado de neumáticos y microsílíce en el concreto para el uso en pavimento rígido en la av. Javier Pérez de Cuéllar, Ayacucho", las técnicas de investigación empleadas fueron; enfoque cuantitativo, es decir, un diseño cuasiexperimental con análisis descriptivo y transversal. El diseño de la mezcla de concreto se realizó utilizando la metodología de agregados globales. Para ello se desarrolló un grupo de patrones llamado



MDE. Posteriormente se agregaron fibras de acero reciclado de neumáticos en proporciones variables, las cuales se determinaron en función del peso del cemento. El estudio implicó la formación de nueve grupos, denominados MD1, MD2, MD3, MD4, MD5, MD6, MD7, MD8 y MD9. Cada grupo fue sometido a pruebas de compresión, tensión y flexión a los 7, 14 y 28 días. Para estos ensayos se prepararon probetas y vigas prismáticas. El objetivo era analizar la progresión de las propiedades mecánicas a lo largo del tiempo. El estudio encontró que la inclusión de FAR de neumáticos, cortadas en trozos de 60 mm, y microsílíce tuvo un impacto positivo y significativo en el concreto. Después de 28 días, la resistencia del MD9 se midió en $f'c=610,39 \text{ kg/cm}^2$, lo que representa un aumento del 170,66% respecto al hormigón estándar. De manera similar, la resistencia a la tracción de $44,99 \text{ kg/cm}^2$ representa un aumento del 144,63% y la resistencia a la flexión $M'r=68,49 \text{ kg/cm}^2$ el representa un aumento del 169,38% en comparación con el patrón de hormigón. Sin embargo, cabe señalar que incrementa el porcentaje de estos aditivos en la mezcla conduce a una disminución de la trabajabilidad. Por el contrario, se ha determinado que aumentar la cantidad de acero en la combinación mejora la resistencia a la flexión de las losas.

Asimismo, Estela y Vásquez (2020) en su proyecto "Influencia de la incorporación de partículas de caucho reciclado en concreto poroso, en la ciudad de Jaén - Cajamarca", el presente estudio pretendía evaluar el comportamiento del hormigón permeable mediante la incorporación de tres dosis diferentes de partículas de caucho reciclado. La evaluación se centró en medir la resistencia y la permeabilidad del hormigón, utilizando tres porcentajes variables de partículas de CR. Se evaluaron cuatro mezclas para ensayos de compresión axial. La mezcla se formuló con 17% y asentamiento 0. Los tres tratamientos incluyeron partículas de CR en concentraciones de 5%, 10% y 15%, mientras que la cuarta mezcla sirvió de referencia sin partículas de caucho. Se crearon un total de 18 especímenes para cada muestra, y estos especímenes se probaron a los 7, 14 y 28 días de curado, siguiendo las directrices de ASTM C 39. Esto dio como resultado un total de 72



especímenes. El resultado fue un total de 74 muestras. Además, para la permeabilidad, se tomaron 6 especímenes para cada muestra y se probaron a los 14 y 28 días, lo que dio como resultado un total de 48 especímenes. Los resultados indican que la inclusión de partículas de CR altera las características del hormigón permeable. Concretamente, aumenta en gran medida la permeabilidad, al tiempo que se reduce la resistencia con cantidades crecientes de partículas de CR.

Finamente, Vega (2021) en su proyecto "Mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto con fibra de acero para pavimento rígido, Lima 2020", el objetivo de este estudio fue evaluar las características mecánicas del hormigón con fibras en comparación con un hormigón estándar con una resistencia de $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$. Para ello, se realizaron ensayos que se ajustan a las (NTP, ASTM). El objetivo era determinar si la adición de fibras podía mejorar la resistencia y la durabilidad de las estructuras de hormigón. El estudio siguió el método científico y el diseño experimental. La población consistió en un diseño de mezcla con una resistencia de 280 kg/cm^2 . Se realizó una muestra de 36 especímenes, incluyendo ensayos de tracción y compresión, a los 7, 14 y 28 días. Además, se ensayaron 8 vigas a 28 días. Los resultados mostraron que la adición de fibra aumentaba la resistencia a la tracción en un 0,8%, 1,1% y 1,4% a los 7, 14 y 28 días para cada caso. La resistencia a la compresión experimentó una reducción del 5,4%, 1,8% y 5,1% a los 7, 14 y 28 días, para cada caso. Además, la resistencia a la flexión experimentó una mejora del 1,2% a los 28 días. Las pruebas se realizaron en un laboratorio con condiciones controladas, siguiendo criterios establecidos, lo que dio lugar a resultados representativos e ideales.

Peña y Laguna (2021), en su proyecto "Propuesta de diseño de concreto poroso, con distintas relaciones agua cemento y aditivo plastificante, de uso en vías peatonales, como alternativa para reducir el encharcamiento pluvial en calles de Huaraz – Áncash" El objetivo de este estudio es hallar la relación agua/cemento óptima para la construcción de

concreto poroso, específicamente para su aplicación en zonas peatonales y vías de bajo tránsito. Además, pretende ilustrar que su aplicación en regiones lluviosas disminuye la cantidad de precipitación y mitiga las consecuencias que experimentan comunidades urbanas, como Huaraz, que enfrenta frecuentemente inundaciones como resultado de prácticas y abordajes que conducen a la impermeabilidad del suelo. Se sometieron a pruebas de laboratorio tres muestras, cada una con diferentes relaciones de 0,30, 0,35 y 0,40. Luego de realizar pruebas de compresión, flexión y permeabilidad, se determinó que el diseño con una relación agua/cemento de 0.30 presenta las propiedades más favorables. Con base en la situación antes mencionada, se puede determinar que es factible el uso de un concreto poroso con la relación especificada, siempre y cuando tenga un coeficiente de permeabilidad (k) de 0.44 mm/s o 0.44×10^{-3} m/s. Este coeficiente es comparable al de un suelo de arena limpio con una combinación de grava, y el hormigón exhibirá características similares a las de un suelo granular. En consecuencia, ayudará en la absorción de la escorrentía, incluso en regiones caracterizadas por una pendiente significativa.

2.1.3. Antecedentes locales

Según, Alejo y Quispe (2024) en su proyecto "Influencia del porcentaje de agregado reciclado en el comportamiento físico - mecánico del concreto poroso en la ciudad de Puno", El experimento se llevó a cabo en el laboratorio de pruebas y materiales del EPIT. El objetivo fue evaluar la influencia de la proporción de árido reciclado sobre las características físico-mecánicas del hormigón permeable. Esto se logró formulando ocho mezclas de concreto poroso distintas que contienen proporciones variables de agregado grueso reciclado, incluidos 100 %, 75 %, 50 % y 25 % de los agregados No. 8 y No. 67. Además, se incorporaron dos diseños convencionales, siguiendo el enfoque marcado en la norma ACI 522R-10. Las muestras de estudio consistieron en 30 testigos que se utilizaron para obtener el coeficiente de permeabilidad y la resistencia. El tamaño de partícula del agregado fino y grueso se analizó utilizando la norma NTP 400.012. El peso

unitario se determinó utilizando las normas NTP 400.017. El peso específico y la absorción del agregado grueso se midieron utilizando la norma NTP 400.021. El peso específico y la absorción del agregado fino se determinaron utilizando la norma NTP 400.022. Por último, el contenido se determinó utilizando la norma NTP 339.185. El texto especifica dos métricas distintas: la humedad general y la resistencia del hormigón. El contenido de humedad no se especifica, aunque la resistencia a compresión del concreto se especifica como NTP 339.034. El análisis encontró que el coeficiente de permeabilidad promedio del asfalto-caucho de vidrio (AGR) del Número de mezcla de prueba (TMN) No. 8 es de 1.084 cm/s, mientras que el coeficiente de permeabilidad promedio del AGR del TMN No. 67 es de 2.458 cm/s. Estos hallazgos sugieren que la adición de TMN No. 67 al concreto mejora su permeabilidad. Además, elevar la proporción de AGR en el hormigón da como resultado un aumento de las permeabilidades. El análisis ANOVA muestra que el TMN (nitrógeno mineral total) del AGR (residuo agrícola) tiene un efecto mucho mayor sobre la permeabilidad del hormigón, como lo demuestra el valor del índice F de 15.548,47. En comparación, el porcentaje de AGR tiene el valor de F-Ratio más bajo de 413,89.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Concreto

Es un material que está conformado por una mezcla de agregados (como arena, grava o piedras trituradas), un aglutinante (generalmente cemento Portland), y agua. Esta mezcla se combina en proporciones específicas y, al endurecerse, forma un material sólido, resistente y durable. Según (Neville, 2011) el concreto está conformado por la mezcla de un aglomerante (cemento), agua y agregados, y en muchos casos, aditivos químicos y minerales. La combinación de estos materiales da como resultado una mezcla trabajable para formar un material de construcción resistente.

En conclusión, el concreto es un material esencialmente conformado por una mezcla de cemento, agua y agregados, que mediante el proceso de hidratación, se



convierte en un material de construcción altamente resistente y duradero. La comprensión de su composición y comportamiento es fundamental para su uso eficaz en la industria de la construcción. Las definiciones de diversos autores coinciden en resaltar estos elementos fundamentales, proporcionando una visión integral y detallada del material.

2.2.1.1. Componentes del concreto

El concreto se compone de muchas partes que se combinan para proporcionarle resistencia, durabilidad y otras cualidades deseadas.

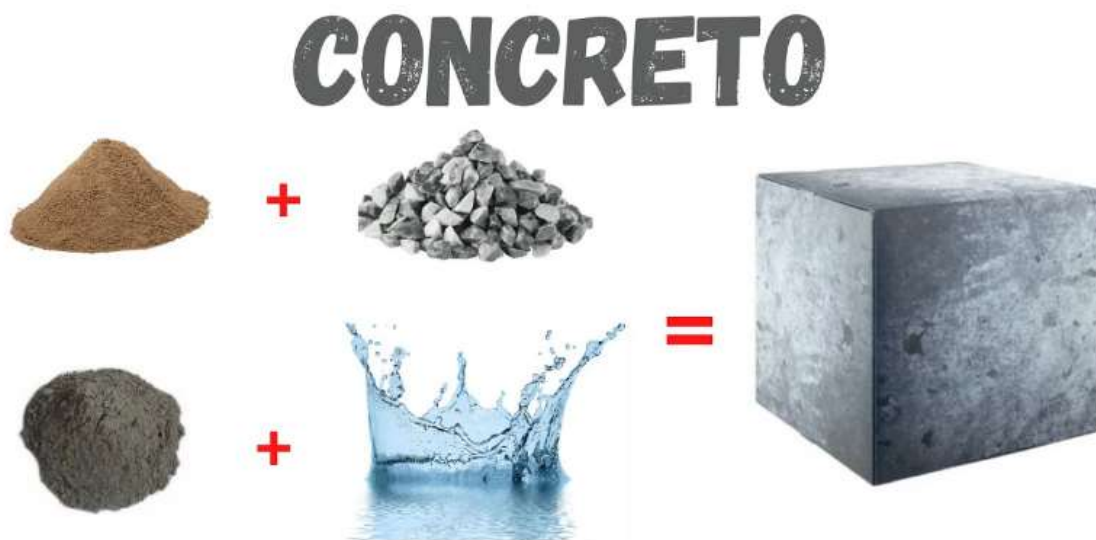
1. **El cemento portland:** Es un material finamente pulverizado que, al mezclarse con agua, forma una lechada viscosa que se adhiere a los áridos y se solidifica, dándoles una forma sólida. Esta pasta de cemento es responsable de unir los agregados y proporcionar resistencia al concreto.
2. **Agregados:**
 - **Agregado grueso:** Está compuesto principalmente por grava o piedra triturada. Ya que Proporciona resistencia y estabilidad estructural al concreto.
 - **Agregado fino:** Consiste principalmente en arena. Rellena los espacios entre los agregados gruesos y la pasta de cemento, mejorando la trabajabilidad.
3. **Agua:** Para crear la pasta de hormigón, sirve de medio de reacción química con el cemento. Es esencial para la hidratación del cemento y el proceso de fraguado del concreto.
4. **Aditivos:** Se trata de sustancias adicionales que pueden utilizarse con el hormigón para potenciar cualidades específicas. Algunos aditivos comunes incluyen:
 - **Aditivos aceleradores de fragua:** Para acelerar el tiempo de fraguado y endurecimiento del concreto.
 - **Aditivos retardadores:** Para retrasar el fraguado del concreto, útiles en climas cálidos o cuando se requiere un tiempo de manipulación prolongado.
 - **Aditivos reductores de agua:** Son aditivos que mejoran la trabajabilidad del concreto sin comprometer su resistencia.

- **Aditivos impermeabilizantes:** Para aumentar la resistencia del hormigón al agua y disminuir su permeabilidad.

El proceso de mezcla consiste en combinar estos componentes en cantidades precisas para crear un hormigón que posea las cualidades deseadas para una serie de aplicaciones de construcción, como cimientos, losas, pilares, muros y pavimentos. Elegir y equilibrar correctamente los componentes del hormigón es crucial para garantizar la calidad y eficacia del material en la obra.

Figura 1

Componentes del concreto



Nota: Adaptación de la norma NTP 339.088

2.2.1.2. Propiedades del concreto

El concreto tiene diversas propiedades que son cruciales para su desempeño y aplicación en la construcción. Estas propiedades pueden clasificarse en propiedades físicas, mecánicas, y durabilidad. A continuación, se describen las principales propiedades del concreto:



Propiedades físicas.

1. Densidad:

La densidad del concreto suele estar en el rango de 2200 a 2500 kg/m³. La densidad afecta la resistencia del concreto.

2. Trabajabilidad:

Mide lo sencillo que es mezclar, verter y comprimir hormigón fresco sin que se separe. El ensayo de asentamiento se utiliza con frecuencia para evaluar la trabajabilidad.

3. Absorción del agua:

Indica la capacidad del concreto para absorber agua. Menor absorción generalmente significa mayor durabilidad y resistencia a la intemperie.

4. Permeabilidad:

La capacidad del concreto para permitir el paso de fluidos. Un concreto de baja permeabilidad es más resistente a la penetración de sustancias agresivas.

Propiedades mecánicas.

a) Resistencia a compresión:

Resistencia del hormigón a los esfuerzos de compresión. Es una de las características más cruciales y se evalúa mediante ensayos comunes. El intervalo habitual para el hormigón de alta resistencia oscila entre 20 MPa y más de 50 MPa.

b) Resistencia a la tracción:

El concreto posee una importante resistencia, pero su resistencia a la tracción es mínima. La resistencia directa a la tracción rara vez se mide, sino que se emplean evaluaciones indirectas como el límite elástico.

c) Resistencia a la flexión:

Capacidad del hormigón para aguantar fuerzas de flexión. Se valora mediante la evaluación de vigas de hormigón.



d) Módulo de elasticidad:

Indica la rigidez del hormigón y la facilidad con la que puede doblarse elásticamente bajo tensión. Se calcula utilizando la relación tensión-deformación del ensayo de compresión y es esencial para el diseño estructural.

Propiedades de durabilidad.

A. Resistencia al congelamiento y deshielo:

Soporta ciclos repetidos de congelamiento y deshielo sin deterioro significativo. Esto es importante en climas fríos.

B. Resistencia al sulfato:

Resiste el ataque de los sulfatos presentes en el agua o el suelo. Los compuestos de cemento y los sulfatos pueden reaccionar, provocando dilataciones y grietas.

C. Resistencia a la carbonatación:

Resistencia al dióxido de carbono del aire que reacciona con el hidróxido de calcio del hormigón, que puede reducir la alcalinidad y comprometer la protección contra la corrosión del acero.

D. Resistencia a la permeabilidad de cloruros:

Los cloruros pueden penetrar el concreto y causar corrosión en el refuerzo de acero. La resistencia a esta permeabilidad es importante para la estructuras en ambientes marinos o donde se usan sales descongelantes.

E. Resistencia a la abrasión:

Importante para superficies de concreto que estarán sometidas a desgaste mecánico, como pavimentos y pisos industriales.

2.2.2. Concreto poroso

El concreto poroso, comúnmente llamado concreto poroso, es una forma específica de hormigón diseñado para el paso del agua a través de su composición. Esto se logra

mediante la creación de una red interconectada de vacíos que permite que el agua fluya libremente. A continuación, se presenta una definición más detallada del concreto poroso.

El cemento Portland y otros ingredientes se combinan para crear hormigón poroso, agregados gruesos (generalmente sin o con una mínima cantidad de agregados finos), agua y, a veces, aditivos específicos que mejoran su trabajabilidad y resistencia. La característica distintiva del concreto poroso es su alta porosidad, que le permite tener una capacidad de drenaje significativamente mayor en comparación con el concreto convencional.

Figura 2

Concreto poroso



Nota: Concreto poroso tomado de ecocret.

El ACI define el concreto poroso como un material de construcción compuesto de cemento Portland, agregados gruesos, una cantidad mínima de agregados finos (o sin ellos), agua y, a veces, aditivos que mejoran la trabajabilidad y las características de resistencia. La característica principal de este concreto es su alta porosidad, que permite una rápida infiltración de agua.



2.2.2.1. Propiedades del concreto poroso.

El hormigón poroso, denominado hormigón poroso o permeable, es un material de construcción hecho para dejar pasar el agua. Esta característica se logra mediante la creación de una matriz de vacíos interconectados que facilitan la infiltración del agua. A continuación, se detallan las propiedades clave del concreto poroso.

1. Permeabilidad:

- La capacidad del hormigón para dejar fluir el agua a través de su matriz se conoce como permeabilidad. Es la propiedad más distintiva del concreto poroso.
- Las tasas de infiltración pueden variar entre 80 a 720 litros/min/m² (2 a 18 gal/min/pie²).
- Reduce la escorrentía superficial, ayuda a rellenar los acuíferos y facilita la gestión de las aguas pluviales.

2. Resistencia a compresión:

- La capacidad del hormigón para soportar cargas sin fallar se conoce como resistencia a la compresión.
- Generalmente oscila entre 3.5 a 28 MPa (500 a 4000 psi).
- Aunque es menor que la del concreto convencional debido a la porosidad, es suficiente para muchas aplicaciones como pavimentos y aceras.

3. Densidad:

- La masa de hormigón por unidad de volumen se conoce como densidad.
- Varía entre 1600 a 2000 kg/m³ (100 a 125 lb/ft³), comparado con 2200 a 2500 kg/m³ del concreto convencional.
- La menor densidad contribuye a su permeabilidad y es adecuada para aplicaciones que requieren drenaje.

4. Durabilidad:

- La capacidad del hormigón para resistir el deterioro, las reacciones químicas y los ciclos de hielo-deshielo se conoce como durabilidad.
- **Resistencia a congelación y deshielo:** La alta permeabilidad reduce el riesgo de daños causados por la expansión del agua al congelarse.
- **Resistencia química:** Dependiendo de los materiales utilizados, puede ser necesario considerar el entorno de exposición para evitar la degradación.

5. Absorción de agua:

- La absorción de agua es el término utilizado para describir la capacidad del hormigón para absorber agua.
- Es significativamente alta debido a la estructura porosa.
- Beneficia en la gestión de aguas pluviales, pero requiere mantenimiento para prevenir la obstrucción de los vacíos.

6. Resistencia a la abrasión:

- La capacidad del hormigón para soportar el desgaste superficial se conoce como resistencia a la abrasión.
- Puede ser menor que en el concreto convencional, lo que limita su uso en áreas con tráfico pesado.

2.2.2.2. Características del concreto poroso

El hormigón poroso, denominado hormigón permeable o drenante, es una variante del hormigón diseñada para permitir el paso del agua a través de su composición.

○ **Alta permeabilidad**

La capacidad del hormigón poroso para permitir el paso del agua a través de su estructura es su principal característica. Esto se debe a la presencia de grandes vacíos o poros interconectados que facilitan la infiltración de agua de lluvia,

permitiendo que esta se absorba en el suelo subyacente, en lugar de formar charcos o escorrentía superficial.

- **Baja proporción de finos.**

El concreto poroso tiene una proporción muy baja de agregados finos (como la arena) o, en algunos casos, no se utilizan en absoluto. Esto crea una estructura de vacío entre los agregados gruesos, lo que resulta en una superficie porosa que permite el paso del agua.

- **Reducción de la escorrentía.**

Gracias a su capacidad para absorber agua, el concreto poroso reduce la escorrentía superficial y, por lo tanto, ayuda a minimizar la carga sobre los sistemas de drenaje y a prevenir inundaciones urbanas. Esto es especialmente beneficioso en áreas propensas a lluvias intensas o donde el sellado del suelo ha reducido la capacidad de infiltración natural.

- **Mejora en la recarga de acuíferos.**

Al permitir que las precipitaciones se filtren en la tierra y lleguen a las capas subterráneas, el hormigón poroso favorece la recarga de las aguas subterráneas. Esto contribuye a la reposición de las reservas de agua subterránea, un recurso crucial en muchas zonas urbanas.

- **Reducción del efecto isla de calor.**

El concreto poroso, al tener una mayor capacidad para absorber y evaporar el agua, ayuda a reducir el efecto isla de calor en áreas urbanas. Las superficies tradicionales impermeables, como el asfalto o el concreto convencional, tienden a acumular calor, mientras que el concreto poroso, gracias a su capacidad para retener humedad, puede mantener temperaturas más bajas.

- **Menor resistencia mecánica que el concreto tradicional.**

El hormigón poroso tiene una resistencia a la compresión inferior a la del hormigón normal debido a su naturaleza porosa. Si bien puede soportar cargas moderadas, no es idóneo para aplicaciones que requieren alta resistencia estructural, como en



carreteras con tráfico pesado. Sin embargo, es adecuado para aplicaciones como pavimentos peatonales, estacionamientos, caminos de acceso y áreas con tráfico vehicular ligero.

- **Necesidad de mantenimiento.**

Debido a la acumulación de partículas finas en los poros, el concreto poroso requiere mantenimiento regular para evitar la obstrucción de los vacíos que permiten el drenaje. El mantenimiento puede incluir la limpieza de la superficie para eliminar sedimentos y escombros que podrían reducir su permeabilidad con el tiempo.

- **Aplicaciones sostenibles.**

El concreto poroso es una solución ideal para proyectos de infraestructura verde y de manejo de aguas pluviales, ya que permite un enfoque sostenible en el diseño de pavimentos, reduciendo la necesidad de sistemas de drenaje tradicionales y contribuyendo a la conservación del agua y la mitigación de inundaciones.

- **Mejora en la calidad del agua.**

El concreto poroso actúa como un filtro natural, ayudando a eliminar ciertos contaminantes del agua de escorrentía a medida que esta se filtra a través del material. Al retener el limo y los contaminantes superficiales antes de que lleguen a los acuíferos o masas de agua adyacentes, se puede mejorar la calidad de las aguas subterráneas.

- **Textura y apariencia rugosa.**

El concreto poroso tiene una textura más rugosa y menos pulida en comparación con el concreto tradicional debido a su estructura porosa y la falta de agregados finos. Esto le da una apariencia diferente, pero también lo hace antideslizante, lo que es beneficioso para superficies peatonales y de baja velocidad.

En resumen, el concreto poroso es un material altamente eficaz para el manejo de aguas pluviales, contribuyendo a la sostenibilidad urbana mediante la reducción de escorrentías y el apoyo a la recarga de acuíferos. Aunque su resistencia es menor que la del concreto

tradicional, es ideal para aplicaciones en pavimentos peatonales, estacionamientos y otras áreas con tráfico ligero.

2.2.2.3. Dosificación del concreto poroso

La dosificación del concreto poroso, también conocido como concreto poroso, es un proceso crítico para garantizar sus propiedades específicas, como alta permeabilidad y adecuada resistencia a compresión. En seguida, se presenta una guía sobre la dosificación del concreto poroso basada en las recomendaciones del ACI 522R y otras prácticas comunes.

COMPONENTES DEL CONCRETO POROSO:

a) Cemento portland:

- Actúa como aglutinante y proporciona resistencia.
- Tipo recomendado: Generalmente se usa cemento Portland Tipo I o II.

b) Agregados gruesos:

- Generalmente grava o piedra triturada de tamaño uniforme.
- Tamaño típico: 9.5 mm (3/8 pulg) a 19 mm (3/4 pulg).
- Proporción: Constituyen la mayor parte del volumen total del concreto.

c) Agregados finos:

- Generalmente se eliminan o se usan en cantidades mínimas para mantener la porosidad.

d) Agua:

- Proporción crítica para asegurar una mezcla trabajable sin comprometer la porosidad.
- Relación agua-cemento (a/c): Generalmente entre 0.27 a 0.34.

e) Aditivos (opcionales):

- Superplastificantes, estabilizadores de mezcla, fibras y otros aditivos que pueden mejorar la trabajabilidad y las propiedades del concreto.

2.2.2.4. Aplicaciones del concreto poroso

El concreto poroso, es conocido como concreto poroso o poroso, tiene aplicaciones específicas que aprovechan sus características únicas, especialmente su capacidad para permitir la infiltración del agua. A continuación, se describen las principales aplicaciones del concreto poroso:

1. Pavimentos y aceras:

El concreto poroso es ideal para pavimentos y aceras en áreas de bajo a moderado tráfico peatonal y vehicular. Permite la infiltración de agua de lluvia, reduciendo la escorrentía y el riesgo de inundaciones urbanas.

- **Aplicación:** Pavimentos peatonales, senderos, vías peatonales, carriles para bicicletas.
- **Beneficios:** Disminuye la acumulación de aguas superficiales y mejora la gestión de las precipitaciones.

2. Estacionamientos:

Los estacionamientos hechos con concreto poroso ayudan a manejar las aguas pluviales de manera más eficiente, permitiendo que el agua se filtre a través del pavimento.

- **Aplicación:** Estacionamientos comerciales y residenciales.
- **Beneficios:** Reduce la necesidad de sistemas de drenaje adicionales, previene la formación de charcos y mejora la calidad del agua al filtrar contaminantes.

3. Calles residenciales y áreas de bajo tráfico:

En calles residenciales y otras áreas con tráfico vehicular ligero, el concreto poroso puede ser utilizado para reducir la escorrentía y mejorar la gestión de aguas pluviales.

- **Aplicación:** Calles residenciales, callejones, caminos de servicio.
- **Beneficios:** Disminuye el riesgo de inundaciones locales, facilita la recarga de acuíferos.



4. Zonas verdes y parques:

El concreto poroso se usa en zonas verdes y parques para mejorar la infiltración de agua, lo que es beneficioso para la vegetación y el medio ambiente en general.

- **Aplicación:** Caminos en parques, áreas de juego, plazas.
- **Beneficios:** Mejora la infiltración de agua, reduce la erosión del suelo, promueve un entorno más verde y saludable.

5. Piscinas y áreas recreacionales:

Alrededor de piscinas y áreas de recreo, el concreto poroso ayuda a mantener la superficie seca y segura al permitir que el agua se filtre rápidamente.

- **Aplicación:** Decks de piscinas, áreas de juego acuáticas.
- **Beneficios:** Reduce el riesgo de resbalones, mejora la seguridad.

6. Infraestructuras verdes y gestión de aguas pluviales:

El concreto poroso se integra bien con infraestructuras verdes, como jardines de lluvia y sistemas de bio-retención, para manejar las aguas pluviales.

- **Aplicación:** Zanjas de infiltración, sistemas de bio-retención.
- **Beneficios:** Mejora la calidad del agua, reduce la carga en sistemas de alcantarillado, apoya la gestión sostenible de aguas pluviales.

7. Áreas industriales:

En áreas industriales donde la gestión de aguas pluviales es crítica, el concreto poroso puede ayudar a controlar el flujo de agua y minimizar el impacto ambiental.

- **Aplicación:** Áreas de carga y descarga, patios industriales.
- **Beneficios:** Reduce la escorrentía, mejora la gestión de aguas pluviales.

El concreto poroso es una solución versátil y eficaz para una variedad de aplicaciones que requieren una gestión eficiente de las aguas pluviales y una reducción de la escorrentía. Sus beneficios medioambientales y funcionales lo hacen ideal para proyectos de infraestructura sostenible, mejorando tanto el entorno construido como el natural. Implementar el concreto poroso en estos contextos no solo aborda problemas de drenaje

y gestión del agua, sino que también contribuye a la creación de espacios urbanos más sostenibles y resilientes.

2.2.2.5. Ventajas y desventajas del concreto poroso

El concreto poroso ofrece una serie de ventajas y desventajas que lo hacen adecuado para ciertas aplicaciones, pero también limitan su uso en otras. A continuación se detallan los principales beneficios y desafíos de este material:

Ventajas del concreto poroso:

- ✓ Gestión eficiente de aguas pluviales.

Debido a su naturaleza porosa, las precipitaciones pueden filtrarse a través del hormigón poroso, reduciendo la escorrentía superficial y la probabilidad de inundaciones en las áreas metropolitanas. Esto es especialmente útil en zonas donde el drenaje convencional es insuficiente o la impermeabilización del suelo es alta.

- ✓ Recarga de acuíferos.

El hormigón poroso contribuye a la recarga de las aguas subterráneas, esencial para preservar los niveles freáticos en zonas metropolitanas muy pavimentadas, al permitir que el agua se filtre en el suelo subyacente.

- ✓ Reducción del efecto isla de calor.

El concreto poroso ayuda a mitigar el efecto isla de calor urbano, ya que su capacidad para retener humedad y permitir la evaporación del agua contribuye a mantener la temperatura superficial más baja que las superficies impermeables, como el asfalto.

- ✓ Filtración de contaminantes.

El concreto poroso actúa como un filtro, eliminando ciertos contaminantes (como sedimentos y aceites) del agua que pasa a través de él. Esto ayuda a mejorar la



calidad del agua que se infiltra hacia los cuerpos de agua subterráneos y superficiales.

- ✓ Mejora en la seguridad vial.

Debido a su textura porosa y rugosa, el concreto poroso tiene propiedades antideslizantes, lo que mejora la seguridad en superficies peatonales y pavimentos expuestos a la lluvia, reduciendo el riesgo de accidentes por resbalones.

- ✓ Disminución de la necesidad de drenaje adicional.

El concreto poroso puede reducir la necesidad de costosos sistemas de drenaje, alcantarillado y tuberías, ya que el agua de lluvia se infiltra en el suelo, aliviando la carga sobre la infraestructura de drenaje tradicional.

- ✓ Ahorro en costos de infraestructura.

Al reducir la necesidad de sistemas de drenaje y la gestión de aguas pluviales, el uso de concreto poroso puede generar ahorros en proyectos de infraestructura, especialmente en urbanizaciones y desarrollos que buscan minimizar las soluciones convencionales para el control del agua.

Desventajas del concreto poroso:

- ✓ Menor resistencia.

El concreto poroso tiene una resistencia baja frente al concreto convencional, debido a su estructura porosa y la reducción en el uso de agregados finos. Esto limita su uso en áreas que soportan cargas pesadas o tráfico de vehículos pesados, como carreteras o autopistas.

- ✓ Mayor necesidad de mantenimiento.

El concreto poroso puede obstruirse con el tiempo debido a la acumulación de sedimentos y partículas finas en los poros. Para mantener su permeabilidad, se requiere un mantenimiento regular, que incluye la limpieza con sistemas de vacío o agua a presión para evitar la reducción de su capacidad de drenaje.

- ✓ Durabilidad limitada en ciertos ambientes.



En zonas frías, el hormigón poroso puede ser más vulnerable a los daños provocados por los ciclos de congelación y descongelación, lo que a la larga podría provocar el deterioro del material. El agua que se congela dentro de los poros expande el material, lo que genera fisuras y roturas en condiciones climáticas extremas.

✓ Limitaciones en su aplicación.

Debido a su menor resistencia estructural, el concreto poroso está limitado a aplicaciones donde las cargas son relativamente ligeras, como pavimentos peatonales, estacionamientos, aceras y caminos de acceso. No es adecuado para áreas con tráfico pesado o altas exigencias estructurales.

✓ Mayor costo inicial.

El concreto poroso puede tener un costo inicial más alto en comparación con el concreto, debido a los requisitos adicionales de diseño, la mezcla especializada y las técnicas de instalación. Aunque puede ofrecer ahorros a largo plazo, los costos iniciales pueden ser un factor limitante en ciertos proyectos.

✓ Problemas de durabilidad en contacto con ciertos productos químicos.

El concreto poroso puede ser más susceptible a la degradación en contacto con productos químicos agresivos, como aceites o combustibles, lo que puede comprometer su integridad y durabilidad, especialmente en áreas donde el tráfico vehicular ligero puede implicar derrames.

✓ Absorción de agua limitada en ciertas condiciones.

En casos de lluvias extremadamente intensas o prolongadas, el concreto poroso puede no ser capaz de manejar todo el volumen de agua, lo que puede generar acumulación superficial si el suelo subyacente no tiene suficiente capacidad de drenaje o si el sistema no está diseñado adecuadamente.



2.2.3. Fibra de caucho

El término «fibra de caucho reciclado» describe una sustancia fabricada a partir de neumáticos reciclados u otros productos de caucho. Este proceso implica la descomposición mecánica de los neumáticos en componentes más pequeños, como el polvo de caucho y fibras textiles, que pueden ser recuperados y reutilizados en diferentes aplicaciones. La fibra de caucho reciclado se obtiene principalmente a través de la molienda de neumáticos, donde se separan las fibras textiles presentes en la estructura del neumático. Estas fibras son, en su mayoría, de poliéster o nylon y son extremadamente resistentes, lo que las hace útiles en diversas aplicaciones industriales y de construcción.

Este material reciclado se utiliza en la fabricación de productos como alfombras, materiales de aislamiento acústico y térmico, y en la construcción de mezclas asfálticas para pavimentación, donde las fibras de caucho ayudan a mejorar la durabilidad y flexibilidad del asfalto. Además, la fibra de caucho reciclado también se ha explorado como aditivo en la producción de concreto, con el objetivo de mejorar ciertas propiedades. La utilización de esta fibra reduciendo los residuos sólidos, sino que también ofrece una alternativa frente a los materiales vírgenes, promoviendo así la economía circular.

En resumen, la fibra de caucho derivada del reciclaje de neumáticos se obtiene a través de un proceso que incluye la separación, clasificación y purificación de los componentes de los neumáticos fuera de uso, y se utiliza en diversas aplicaciones que requieren propiedades elásticas y resistentes.

Figura 3*Fibra de caucho*

Nota: Fibra de caucho reciclado de neumáticos para el concreto poroso

2.2.5.1. Características de las fibras de caucho

Las fibras de caucho, generalmente fabricadas a partir de caucho reciclado de neumáticos o caucho sintético, son materiales con características únicas que las hacen valiosas para diversas aplicaciones industriales, especialmente en la construcción y fabricación de productos de ingeniería.

❖ **Elasticidad.**

La extrema flexibilidad de las fibras de caucho es una de sus cualidades más notables. Bajo tensión, estas fibras pueden estirarse mucho y, cuando se libera la carga, recuperan su forma anterior. Gracias a esta característica, son útiles en aplicaciones que requieren flexibilidad y absorción de impactos, como la fabricación de componentes resistentes a vibraciones y golpes.

❖ **Resistencia a la abrasión.**

Las fibras de caucho poseen una alta resistencia a la abrasión, lo que significa que pueden soportar fricción continua sin degradarse rápidamente. Esto las hace ideales para aplicaciones en las que se necesita un material duradero que soporte

desgaste, como en suelos, pavimentos de alto tráfico o componentes expuestos a movimientos repetitivos.

❖ **Absorción de impactos y vibraciones.**

Gracias a su capacidad para absorber impactos y vibraciones, las fibras de caucho son adecuadas para su uso en productos que requieren amortiguación, como en la fabricación de suelos deportivos, pistas de atletismo o materiales de aislamiento acústico y antivibratorio.

❖ **Resistencia a la intemperie.**

La fibra de caucho, tienen una buena resistencia a la intemperie, lo que significa que pueden soportar condiciones climáticas adversas como lluvia, exposición prolongada a los rayos UV y variaciones de temperatura sin perder sus propiedades. Esto las hace ideales para aplicaciones al aire libre, como en superficies de parques infantiles, pistas y revestimientos.

❖ **Aislamiento acústico.**

Las fibras de caucho también tienen excelentes propiedades de aislamiento acústico. Gracias a su estructura flexible y porosa, pueden absorber el sonido y reducir la transmisión de ruido. Esto es útil en la construcción de suelos insonorizados, paneles acústicos y barreras de sonido.

❖ **Resistencia química.**

El caucho utilizado para fabricar estas fibras tiene buena resistencia a productos químicos como aceites, ácidos diluidos y bases, lo que les permite ser utilizadas en ambientes industriales donde pueden estar expuestas a sustancias potencialmente dañinas sin deteriorarse rápidamente.

❖ **Resistencia al desgarro.**

Aunque son elásticas, las fibras de caucho también tienen una notable resistencia al desgarro. Esto significa que pueden soportar tensiones sin rasgarse fácilmente, lo que es esencial en aplicaciones que involucran movimientos repetitivos o tensiones prolongadas.

❖ **Flexibilidad a bajas y altas temperaturas.**

Las fibras de caucho mantienen su flexibilidad incluso a bajas temperaturas, lo que las hace adecuadas para aplicaciones en climas fríos. Asimismo, también soportan bien las altas temperaturas sin perder sus propiedades mecánicas, lo que las hace útiles en una amplia gama de condiciones ambientales.

❖ **Inercia térmica.**

Gracias a su baja conductividad térmica, las fibras de caucho pueden actuar como aislantes térmicos, reduciendo la transferencia de calor. Esta característica es útil en aplicaciones de aislamiento en edificaciones y en la fabricación de productos que requieren resistencia al calor o frío extremo.

❖ **Reciclabilidad.**

Las fibras de caucho, especialmente aquellas hechas de caucho reciclado, como el procedente de neumáticos, son una opción sostenible, ya que contribuyen a reducir los residuos al reutilizar materiales desechados. Esta característica fomenta la economía circular y hace que el uso de fibras de caucho sea atractivo desde el punto de vista medioambiental.

❖ **Permeabilidad limitada.**

Las fibras de caucho tienen una baja permeabilidad al agua, lo que las hace útiles en aplicaciones donde es necesario evitar la acumulación de humedad, como en capas de protección contra filtraciones o en suelos deportivos que requieren drenaje eficiente.

❖ **Baja densidad.**

El caucho tiene una baja densidad, lo que permite que las fibras sean ligeras en comparación con otros materiales. Esto las convierte en una opción ideal cuando se busca reducir el peso de los productos o estructuras sin comprometer la resistencia o durabilidad.

Las fibras de caucho son un material versátil con propiedades como la elasticidad, resistencia a la abrasión, absorción de impactos y resistencia a condiciones climáticas

extremas, lo que las hace adecuadas para aplicaciones en la construcción, el aislamiento acústico y térmico, así como en productos que requieren flexibilidad y durabilidad. Además, su capacidad de ser recicladas las convierte en una opción ecológica en la gestión de residuos y en proyectos sostenibles.

2.2.5.2. Comportamiento del caucho en mezclas de concreto

El uso de caucho en mezclas de concreto poroso tiene un impacto significativo en el comportamiento del material, afectando tanto sus propiedades mecánicas como sus características de permeabilidad y durabilidad. El caucho, generalmente en forma de grano o fibras recicladas de neumáticos, se incorpora a la mezcla como un sustituto parcial de los agregados finos o gruesos. A continuación se describen las principales características del comportamiento del caucho:

- **Aumento de la elasticidad y flexibilidad.**

El caucho es conocido por su alta elasticidad, y cuando se incorpora al concreto poroso, confiere al material una mayor flexibilidad y capacidad para absorber impactos. Esto es útil en aplicaciones donde el pavimento está sujeto a cargas, como en estacionamientos, aceras o superficies deportivas. La adición de caucho ayuda a reducir la rigidez del concreto poroso, mejorando su comportamiento frente a tensiones o deformaciones.

- **Mejora en la absorción de impactos y vibraciones.**

El caucho en el concreto poroso proporciona una mayor capacidad de absorción de impactos y vibraciones. Esta propiedad es beneficiosa en superficies donde se requiere una mayor amortiguación, como en pistas de atletismo, áreas peatonales o parques infantiles. La absorción de impactos también ayuda a prolongar la vida útil del concreto, ya que disminuye la fatiga del material ante esfuerzos repetidos.



- **Pérdida de la resistencia.**

Una de las principales desventajas de la inclusión de caucho en el concreto poroso disminuye la resistencia. El caucho, al ser un material más blando y flexible que los agregados minerales tradicionales, reduce la capacidad del concreto. Esto significa que el concreto poroso con caucho es más adecuado para aplicaciones donde las cargas son ligeras o moderadas, como aceras, pavimentos peatonales y estacionamientos de vehículos ligeros.

- **Mejora en la permeabilidad.**

El uso de caucho en el concreto poroso puede aumentar la permeabilidad del material, ya que el caucho tiene menor densidad que los agregados tradicionales y tiende a formar una estructura más abierta y porosa. Esto permite que el agua de lluvia fluya más fácilmente a través del pavimento, lo que es beneficioso para la gestión de aguas pluviales y la reducción de la escorrentía superficial en áreas urbanas. Sin embargo, la proporción adecuada de caucho en la mezcla debe ser cuidadosamente controlada para evitar que el exceso de permeabilidad comprometa otras propiedades.

- **Resistencia a la abrasión y durabilidad.**

El caucho es altamente resistente a la abrasión, y esta propiedad se transfiere al concreto poroso cuando se incorpora en la mezcla. El concreto poroso con caucho tiende a ser más resistente al desgaste en comparación con el concreto, lo que es particularmente beneficioso en áreas de alto tráfico peatonal o donde hay fricción constante. Además, el caucho ayuda a mejorar la resistencia a las condiciones climáticas, como la exposición a los rayos UV y las fluctuaciones de temperatura, lo que incrementa la durabilidad en aplicaciones al aire libre.

- **Reducción de la contracción por secado.**

La inclusión de caucho en el concreto poroso puede ayudar a reducir la contracción por secado, lo que disminuye el riesgo de aparición de fisuras durante el proceso



de curado. Esta característica es importante para mejorar la estabilidad dimensional del concreto a largo plazo, ya que las fisuras pueden comprometer la integridad estructural y aumentar la permeabilidad de manera no controlada.

- **Mejoras en las propiedades acústicas.**

El caucho, debido a su capacidad para absorber sonido, mejora las propiedades acústicas del concreto poroso. Las mezclas con caucho pueden reducir la transmisión del ruido, lo que es beneficioso en áreas urbanas, caminos peatonales o estaciones de transporte, donde se busca minimizar el ruido generado por el tráfico peatonal o vehicular.

- **Resistencia a la fatiga y mayor vida útil.**

El concreto poroso con caucho tiene mejor comportamiento frente a la fatiga, lo que significa que puede resistir más ciclos de carga y descarga antes de fallar. La elasticidad del caucho permite que el material se deforme sin sufrir daños estructurales, lo que prolonga su vida útil.

- **Propiedades antideslizantes.**

El caucho en el concreto poroso mejora las propiedades antideslizantes de la superficie, lo que incrementa la seguridad en condiciones húmedas o mojadas. Esto es beneficioso en áreas peatonales, parques, superficies deportivas y otras aplicaciones donde se requiere evitar accidentes por deslizamiento.

- **Reducción del peso.**

El caucho tiene una densidad menor que los agregados convencionales, por lo que su inclusión en la mezcla de concreto poroso resulta en una reducción del peso total del material. Esto puede ser ventajoso en proyectos de construcción donde se busca minimizar las cargas sobre estructuras subyacentes o donde se requiere una solución más ligera para pavimentos elevados o techos.

- **Consideraciones medioambientales.**

Desde una perspectiva medioambiental, añadir CR al hormigón poroso también beneficia al medio ambiente al fomentar el reciclaje de neumáticos usados y reducir la cantidad de basura que acaba en los vertederos. Esto contribuye a la sostenibilidad del proyecto y a la conservación de recursos naturales.

2.2.5.3. Efecto de la fibra de caucho en las propiedades mecánicas del concreto

La incorporación de fibras de caucho en el concreto tiene un impacto notable en sus propiedades mecánicas, mejorando algunas características clave, pero también introduciendo ciertos desafíos.

a) Disminución de la resistencia a la compresión.

Uno de los efectos más notables de la inclusión de FC en el concreto. El caucho es un material menos rígido y más elástico que los agregados tradicionales, lo que resulta en una menor capacidad del concreto para soportar cargas de compresión. Dependiendo de la cantidad y el tipo de caucho incorporado, la reducción en la resistencia a la compresión puede oscilar entre un 10% y un 50%. Esta disminución limita el uso del concreto con fibras de caucho en aplicaciones estructurales donde se requiere alta capacidad de carga.

b) Mejora en la ductilidad.

La inclusión de fibras de caucho mejora la ductilidad del concreto, lo que significa que el material puede deformarse más bajo carga antes de romperse. Esto se debe a la capacidad elástica del caucho, que actúa como un amortiguador de tensiones, permitiendo que el concreto absorba más energía antes de fallar. Esta característica es ventajosa en aplicaciones como pavimentos, barreras de seguridad y componentes de amortiguación de vibraciones en las que el hormigón puede estar expuesto a tensiones dinámicas o impactos.



c) Incremento en la capacidad de absorción de energía.

Las fibras de caucho en el concreto aumentan su capacidad para absorber energía bajo cargas de impacto, lo que mejora la resistencia a golpes y vibraciones. Esta propiedad hace que el concreto con fibras de caucho sea adecuado para aplicaciones en superficies expuestas a tráfico vehicular o peatonal intenso, así como en áreas donde se requiere mayor resistencia a los impactos, como parques infantiles o pistas deportivas.

d) Reducción de la rigidez y el módulo de elasticidad.

El módulo de elasticidad del concreto con fibras de caucho tiende a ser más bajo que el del concreto convencional. Esto significa que el material es menos rígido y se deforma más bajo una carga determinada. Aunque esto reduce su capacidad de carga en aplicaciones estructurales, puede ser beneficioso en situaciones donde se desea mayor flexibilidad y capacidad de deformación sin fallos, como en pavimentos o estructuras sometidas a vibraciones.

e) Mejora en la resistencia a la fisuración.

La adición de fibras de caucho puede mejorar la resistencia a la fisuración del concreto, especialmente en términos de fisuración por contracción plástica y fisuración por secado. Las fibras de caucho ayudan a distribuir las tensiones en el concreto y evitan la propagación de microfisuras, lo que mejora la durabilidad del material. Esto es especialmente importante ya que el concreto está expuesto a condiciones que favorecen la contracción o el secado rápido.

f) Mejora en la resistencia a la fatiga.

El concreto con fibras de caucho presenta mayor resistencia a la fatiga, lo que significa que puede soportar más ciclos de carga repetitiva antes de fallar. Esta mejora se debe a la capacidad del caucho para absorber y redistribuir las tensiones generadas por cargas repetitivas, lo que reduce el desgaste del material a lo largo del tiempo. Esta propiedad es beneficiosa en aplicaciones como pavimentos de carreteras o pistas de aeropuertos, donde las cargas cíclicas son comunes.



g) Reducción de la resistencia a la tracción.

La resistencia con fibras de caucho también tiende a ser inferior a la del concreto convencional, debido a la menor adherencia entre las fibras de caucho y la matriz de cemento. Esta reducción de la tracción puede afectar negativamente la capacidad del concreto para soportar cargas de tensión, limitando su uso en aplicaciones donde se requieren propiedades de tracción elevadas.

h) Aumento de la resistencia al impacto.

El concreto con fibras de caucho muestra una mayor resistencia al impacto debido a la capacidad del caucho para disipar energía. Esto lo convierte en un material ideal para aplicaciones donde se requiere resistencia a fuerzas dinámicas y a impactos, como en barreras de contención, pavimentos de alto tráfico y suelos industriales.

i) Reducción del peso del concreto.

El caucho es más ligero que los agregados minerales tradicionales, por lo que su incorporación en el concreto puede reducir el peso total de la mezcla. Este efecto es beneficioso en aplicaciones donde se busca reducir la carga sobre las estructuras subyacentes, como en techos o pavimentos elevados.

j) Mayor capacidad de deformación.

Las fibras de caucho aumentan la capacidad del hormigón para flexionarse sin romperse, lo que resulta útil en situaciones en las que el material debe ser capaz de tolerar una cantidad específica de deformación sin fallar, como en pavimentos sometidos a expansión y contracción térmica o en estructuras que deben soportar movimientos sísmicos.

k) Mayor resistencia a la abrasión.

Comparado con el hormigón normal, el hormigón con fibras de caucho tiene mayor resistencia a la abrasión. Esta propiedad es útil en superficies sometidas a desgaste constante, como caminos, estacionamientos o áreas industriales, donde el caucho puede actuar como una capa protectora contra el desgaste superficial.

El uso de fibras de caucho tiene efectos mixtos en sus propiedades mecánicas. Aunque se produce una disminución en la resistencia a la compresión y tracción, el concreto con caucho presenta mejoras significativas en términos de ductilidad, resistencia al impacto, absorción de energía, resistencia a la fisuración y durabilidad. Estas características hacen que el concreto con fibras de caucho sea adecuado para aplicaciones donde se busca mayor flexibilidad, resistencia a impactos o capacidad de deformación, como en pavimentos, suelos industriales y áreas sometidas a tráfico peatonal o vehicular moderado. Sin embargo, sus limitaciones en la resistencia a la compresión restringen su uso en aplicaciones estructurales pesadas.

2.2.5.4. Ventajas de la fibra de caucho

La fibra de caucho reciclado ofrece varias ventajas cuando se incorpora en concreto poroso, un tipo de concreto caracterizado por su alta permeabilidad, lo que permite la filtración del agua a través de su estructura. Algunas de las principales ventajas son:

1. **Mejora de la resistencia al desgaste:** La adición de fibra de caucho al concreto poroso puede mejorar su resistencia al desgaste y la abrasión. Esto es particularmente útil en aplicaciones como pavimentos, donde el concreto está sujeto a un tráfico constante y a condiciones ambientales adversas. Las fibras de caucho actúan como refuerzos dentro de la matriz del concreto, distribuyendo mejor las tensiones y aumentando la durabilidad del material.
2. **Mayor flexibilidad y tenacidad:** La fibra de caucho aporta una mayor flexibilidad al concreto poroso, lo que puede mejorar su capacidad para absorber y distribuir cargas. Esto resulta en un material más tenaz, capaz de resistir mejor los impactos y las vibraciones sin agrietarse, lo cual es beneficioso en estructuras expuestas a movimientos o variaciones térmicas.
3. **Reducción del agrietamiento:** Al integrar fibra de caucho reciclado, se puede reducir la tendencia del concreto poroso a agrietarse debido a la contracción o a las tensiones internas. Las fibras actúan como puentes dentro del material,

previniendo la propagación de grietas y mejorando la integridad estructural del concreto.

4. **Mejora en la absorción de energía:** Este material es capaz de disipar la energía generada por impactos o cargas dinámicas, lo que puede aumentar la vida útil del concreto en aplicaciones que involucran vibraciones o fuerzas repetitivas.
5. **Contribución a la sostenibilidad:** Utilizar fibra de CR en el concreto poroso no solo mejora sus propiedades físicas, sino que también representa una solución sostenible. Se reduce el consumo de recursos naturales al reemplazar parte de los agregados vírgenes con materiales reciclados, y se contribuye a la gestión de residuos al reutilizar caucho que de otro modo sería desechado.
6. **Aislamiento acústico y térmico:** El concreto poroso con fibra de caucho también puede ofrecer mejores propiedades de aislamiento acústico y térmico en comparación con el concreto. Esto se debe a la naturaleza elástica del caucho, que ayuda a amortiguar las vibraciones sonoras y a reducir la conductividad térmica del material.

2.2.5.5. Desventajas de la fibra de caucho

Aunque la fibra de caucho reciclado ofrece varias ventajas cuando se incorpora en concreto poroso, también presenta algunas desventajas que deben considerarse:

- **Reducción de la resistencia a la compresión:** Una de las principales desventajas de agregar FC al concreto poroso es la posible reducción de la resistencia. El caucho es un material más flexible y menos rígido que los agregados tradicionales, lo que puede disminuir la capacidad del concreto para soportar cargas compresivas altas, limitando su uso en aplicaciones estructurales que requieren alta resistencia.
- **Dificultad en la uniformidad de la mezcla:** Puede resultar difícil distribuir las fibras de caucho uniformemente por la mezcla de hormigón. Si las fibras no se distribuyen homogéneamente, pueden formarse conglomerados o zonas de debilidad en el



concreto, afectando negativamente sus propiedades mecánicas y la calidad general del material.

- **Aumento en la porosidad no controlada:** Aunque el concreto poroso está diseñado para ser permeable, la adición de fibra de caucho puede incrementar la porosidad de manera no controlada, afectando la durabilidad del material. Un exceso de porosidad puede llevar a una mayor absorción de agua y una mayor vulnerabilidad, lo que puede acelerar la degradación del concreto.
- **Compatibilidad con otros materiales:** La compatibilidad de la fibra de caucho con otros componentes del concreto, como los aditivos químicos, puede ser limitada. Esto puede resultar en dificultades para optimizar las propiedades de la mezcla, como el tiempo de fraguado, la trabajabilidad y la cohesión de la mezcla.
- **Posible contaminación química:** Dado que el caucho reciclado proviene de neumáticos usados, existe el riesgo de que la fibra contenga contaminantes químicos residuales, como aceites, metales pesados o productos químicos añadidos durante la fabricación del neumático. Estos contaminantes podrían potencialmente afectar las propiedades del concreto o el medio ambiente a largo plazo.
- **Costo adicional:** La inclusión de fibra de caucho en el concreto poroso puede implicar un costo adicional en comparación con el uso de agregados tradicionales. Esto se debe a los procesos de reciclaje y tratamiento necesarios para preparar la fibra de caucho, así como a la posible necesidad de ajustes en la mezcla para compensar las desventajas técnicas.
- **Variabilidad en las propiedades del caucho reciclado:** La calidad y las propiedades de la fibra de caucho reciclado pueden variar significativamente dependiendo de la fuente de los neumáticos y el proceso de reciclaje utilizado. Esta variabilidad puede dificultar el control de calidad del concreto poroso, afectando la consistencia del producto final.



2.2.5.6. Propiedades de las fibras de caucho

Las fibras de caucho reciclado poseen una serie de propiedades físicas, mecánicas y químicas que las hacen útiles en diversas aplicaciones industriales, especialmente en la construcción. A continuación se describen muchas de las características fundamentales de estas fibras:

- **Elasticidad y flexibilidad:** Una de las propiedades más notables de las fibras de caucho es su alta elasticidad y flexibilidad. Estas fibras pueden estirarse y deformarse bajo tensión, recuperando su forma original una vez que la tensión se libera. Esta elasticidad es particularmente útil en aplicaciones donde se requiere resistencia a impactos o vibraciones.
- **Resistencia a la Abrasión:** Las fibras de caucho tienen una excelente resistencia al desgaste y a la abrasión, lo que las hace apropiadas para situaciones sometidas a fricción continua o degradación mecánica. Esta propiedad es ventajosa en aplicaciones como pavimentos y superficies sometidas a tráfico.
- **Capacidad de absorción de impactos:** Gracias a su elasticidad, las fibras de caucho son excelentes para absorber y disipar la energía de los impactos, lo que contribuye a la durabilidad de los materiales compuestos en los que se incorporan, como el concreto o el asfalto.
- **Resistencia química:** El caucho reciclado suele mostrar una buena resistencia a ciertos productos químicos, como aceites, grasas y combustibles. Sin embargo, su resistencia a otros químicos puede variar dependiendo de su composición y del proceso de reciclaje. Por lo general, las fibras de caucho son resistentes a la degradación química en ambientes moderadamente agresivos.
- **Resistencia a la intemperie:** Las fibras de caucho reciclado tienen una buena resistencia a los elementos, como la radiación ultravioleta (UV), el ozono y el envejecimiento térmico.
- **Baja conductividad térmica:** El caucho es un buen aislante térmico, lo que significa que las fibras de caucho tienen una baja conductividad térmica. Esto les



- permite mejorar las propiedades de aislamiento térmico en materiales compuestos, reduciendo la transferencia de calor.
- **Densidad relativamente baja:** En comparación con otros materiales de refuerzo, las fibras de caucho reciclado tienen una densidad comparativamente baja, lo que puede ayudar a reducir el peso total de los productos acabados que las emplean.
 - **Propiedades de aislamiento acústico:** El caucho es conocido por su capacidad de amortiguar el sonido, y las fibras de caucho reciclado pueden mejorar las propiedades de aislamiento acústico de los materiales en los que se incorporan. Esto es útil en aplicaciones que requieren reducción de ruido.
 - **Absorción de agua:** Las fibras de caucho reciclado tienden a tener una baja absorción de agua, lo que ayuda a prevenir la degradación por ciclos de congelación y descongelación en materiales compuestos expuestos a ambientes húmedos o a la intemperie.
 - **Variabilidad en la composición:** Las propiedades exactas de las fibras de caucho reciclado pueden variar significativamente según la fuente de los neumáticos y el proceso de reciclaje. Esta variabilidad puede afectar la uniformidad y el rendimiento de los productos que las contienen, lo que requiere un control de calidad cuidadoso en su aplicación.

Estas propiedades hacen que las fibras de caucho reciclado sean un material versátil, especialmente en aplicaciones donde se busca mejorar la resistencia al desgaste, la flexibilidad, y la capacidad de absorción de impactos en productos compuestos como el concreto poroso o los asfaltos modificados.

2.2.4. Fibra de acero

Las fibras de acero recuperadas de neumáticos desechados constituyen un importante subproducto del proceso de reciclado de neumáticos al final de su ciclo de vida. Estos neumáticos, que están compuestos por varios materiales, incluyen una malla de refuerzo de acero que se utiliza para mejorar la resistencia estructural y la durabilidad del



neumático. Durante el proceso de reciclaje, los neumáticos se trituran para separar sus componentes, como el caucho, las fibras textiles, y el acero. Las fibras de acero extraídas se recuperan y se procesan para su reutilización en diversas aplicaciones, en particular en la construcción.

La fibra de acero, conocidas por su alta resistencia a la tracción, conservan sus propiedades mecánicas incluso después de haber sido recicladas. Se presentan en forma de filamentos finos, generalmente con un diámetro y longitud reducidos, lo que les permite integrarse fácilmente en diferentes matrices de materiales, como el concreto. En el concreto, estas fibras actúan como refuerzos, mejorando la capacidad del material para resistir tensiones, reducir la propagación de grietas y aumentar la durabilidad general de la estructura. Además, debido a su origen reciclado, las fibras de acero de neumáticos usados representan una opción ecológica y sostenible en comparación con las fibras de acero nuevas.

La utilización de fibras de acero recicladas mejora la economía circular al conceder una segunda vida a un material que, de otro modo, podría eliminarse en vertederos. Además, la disminución de la necesidad de fibras de acero derivadas de materias primas vírgenes mitiga el efecto medioambiental vinculado a la extracción y el procesamiento del acero. La incorporación de estas fibras a los materiales de construcción puede mejorar la resistencia al impacto, la tenacidad y la capacidad de absorción de energía, lo que resulta especialmente beneficioso en aplicaciones que requieren resistencia a cargas dinámicas.

En resumen, las fibras de acero son un material reforzado de alta resistencia que se obtiene a partir del reciclaje de neumáticos fuera de uso. Su uso en la construcción no solo mejora las propiedades mecánicas del concreto y otros materiales compuestos, sino que también ofrece beneficios ambientales significativos, alineándose con los principios de sostenibilidad y reducción de residuos.

Figura 4*Fibras de acero*

Nota: Se muestra la presentación de la extracción de la fibra de acero.

2.2.6.1. Características de las fibras de acero

Las fibras de acero recicladas de neumáticos usados presentan una serie de características que las hacen útiles en diversas aplicaciones, especialmente en construcción. En seguida, se describen sus principales características:

- a) **Rigidez y durabilidad:** Debido a su naturaleza metálica, estas fibras son rígidas y duraderas, lo que les permite soportar condiciones adversas y mantener su integridad estructural a lo largo del tiempo. Son capaces de resistir deformaciones y proporcionar refuerzo en aplicaciones de alto impacto.
- b) **Forma y tamaño variado:** Las fibras de acero recicladas suelen ser filamentos delgados, con longitudes y diámetros variables dependiendo del proceso de reciclaje. Estas fibras pueden tener forma recta, ondulada o con extremos anclados, lo que influye en su capacidad de refuerzo en diferentes materiales.
- c) **Capacidad de refuerzo de grietas:** Una de las características más importantes de estas fibras es su capacidad para actuar como puentes que refuerzan las grietas en el concreto y otros materiales. Al distribuirse uniformemente dentro de la matriz,



- las fibras ayudan a prevenir la propagación de grietas, mejorando la resistencia y la cohesión del material.
- d) Compatibilidad con materiales de construcción:** Las fibras de acero recicladas son compatibles con una amplia variedad de materiales de construcción, incluyendo concretos convencionales y de alto rendimiento, mezclas de mortero, y otros compuestos. Pueden mezclarse eficazmente en la matriz del material sin comprometer su integridad.
 - e) Sostenibilidad:** Estas fibras representan una opción ecológica, ya que son producidas a partir de materiales reciclados. En consonancia con los objetivos de sostenibilidad en la construcción, su uso ayuda a ahorrar recursos naturales y a reducir los residuos.
 - f) Resistencia al calor y a la corrosión:** Aunque el acero es propenso a la corrosión, las fibras de acero reciclado pueden tratarse o recubrirse para mejorar su resistencia a la corrosión y el óxido, lo que resulta especialmente crucial en entornos húmedos o corrosivos. Además, el acero tiene una alta resistencia al calor, lo que permite que las fibras mantengan sus propiedades en aplicaciones de alta temperatura.
 - g) Aumento de la tenacidad y la ductilidad:** La incorporación de estas fibras en el concreto o en otros materiales compuestos aumenta su tenacidad y ductilidad, permitiendo que el material absorba mejor las cargas dinámicas y se deforme sin fracturarse bajo condiciones extremas.
 - h) Conductividad eléctrica y magnética:** Como todas las fibras metálicas, las fibras de acero recicladas tienen propiedades conductoras de electricidad y pueden influir en el comportamiento electromagnético del material compuesto. Esto puede ser un factor a considerar en aplicaciones específicas donde la conductividad eléctrica o la interacción con campos magnéticos sea relevante.
 - i) Costo-efectividad:** Al provenir de materiales reciclados, estas fibras suelen ser más económicas que las fibras de acero fabricadas a partir de materia prima virgen,

lo que las convierte en una alternativa atractiva desde el punto de vista económico, especialmente en proyectos de gran envergadura.

Estas características hacen que las fibras de acero sean un componente eficiente y sostenible para mejorar las propiedades de los materiales, al tiempo que contribuyen a la gestión responsable de residuos.

2.2.6.2. Propiedades físicas y mecánicas de las fibras de acero

Las fibras de acero son un material ampliamente utilizado para reforzar el concreto, mejorando sus propiedades tanto físicas como mecánicas. Se agregan a la mezcla de concreto para mejorar su resistencia, ductilidad y durabilidad, ofreciendo una alternativa al refuerzo tradicional con barras de acero. A continuación se detallan las principales:

Propiedades físicas de las fibras de acero.

- **Dimensiones.**

La longitud de las fibras de acero oscila entre 10 mm y 60 mm y su diámetro entre 0,25 mm y 1 mm, según la aplicación. La relación longitud-diámetro, conocida como relación de aspecto (aspect ratio), es un factor clave en su desempeño como refuerzo, y generalmente se sitúa entre 20 y 100. Una mayor relación de aspecto tiende a mejorar la capacidad de refuerzo de las fibras.

- **Forma.**

Las fibras de acero vienen en varias formas: rectas, onduladas o con extremos acoplados. Las fibras con ganchos en los extremos o de formas deformadas tienden a mejorar la adherencia entre la fibra y la matriz de concreto, lo que aumenta su capacidad de refuerzo. Las formas onduladas o con ganchos ayudan a prevenir el deslizamiento de las fibras dentro del concreto.

- **Densidad.**

El acero tiene una alta densidad, aproximadamente 7.85 g/cm^3 , lo que contribuye a incrementar ligeramente el peso del concreto. Sin embargo, debido a que se

añaden en pequeñas cantidades (generalmente entre un 0.5% y 2% en volumen), el impacto en el peso del concreto es mínimo.

- **Conductividad térmica.**

Las fibras de acero tienen una alta conductividad térmica, lo que puede influir en el comportamiento térmico del concreto reforzado con fibra de acero, especialmente en ambientes expuestos a cambios extremos de temperatura.

- **Resistencia a la corrosión.**

Dependiendo del tipo de acero, las fibras pueden estar más o menos expuestas a la corrosión. Aunque el acero común tiende a corroerse en ambientes agresivos o húmedos, existen fibras de acero inoxidable o galvanizadas que ofrecen mayor resistencia a la corrosión, lo que las hace más adecuadas para aplicaciones en ambientes altamente corrosivos.

Propiedades mecánicas de las fibras de acero.

- **Alta resistencia a la tracción.**

Las fibras de acero tienen una alta resistencia a la tracción, que generalmente oscila entre 1000 MPa y 2600 MPa, dependiendo del tipo de acero utilizado. Esta alta resistencia es lo que permite que las fibras mejoren significativamente las propiedades mecánicas del concreto, particularmente en su capacidad para resistir esfuerzos de tensión, tracción y flexión.

- **Ductilidad.**

Las fibras de acero son altamente dúctiles, lo que significa que pueden soportar grandes deformaciones antes de fracturarse. Esta propiedad es crucial para mejorar la ductilidad del concreto reforzado con fibras de acero, permitiendo que el material soporte deformaciones significativas bajo carga sin romperse de manera abrupta.

- **Capacidad de refuerzo en tracción y flexión.**

El concreto es inherentemente débil en tracción y flexión, pero la adición de fibras de acero mejora considerablemente estas propiedades. Las fibras actúan como un refuerzo distribuido en todo el volumen de concreto, lo que mejora su resistencia a la tracción indirecta y su capacidad para resistir cargas de flexión. Esto es especialmente útil en aplicaciones como pavimentos, losas y elementos prefabricados, donde las cargas de flexión son comunes.

- **Mejora de la resistencia al impacto.**

El hormigón reforzado con fibras de acero es más resistente a los impactos que el hormigón normal. Las fibras distribuyen la energía de impacto a lo largo del material, evitando la formación de grietas y mejorando la capacidad del concreto para absorber energía sin fallar bruscamente.

- **Resistencia a la fatiga.**

Las fibras de acero mejoran la resistencia a la fatiga del concreto, lo que significa que el material puede soportar un mayor número de ciclos de carga repetitiva antes de sufrir una falla. Esto es particularmente útil en aplicaciones como pavimentos de carreteras, pistas de aeropuertos o estructuras sometidas a cargas dinámicas.

- **Control de fisuración.**

Una de las principales ventajas de las fibras de acero es su capacidad para controlar las fisuras en el concreto. Las fibras de acero actúan como un refuerzo en miniatura distribuido a lo largo de la matriz de concreto, deteniendo o ralentizando la propagación de las grietas una vez que estas comienzan a formarse. Esto mejora la durabilidad del concreto y su resistencia a la degradación por factores ambientales.

- **Mejora en la resistencia a la abrasión.**

El concreto reforzado con fibras de acero muestra una mayor resistencia a la abrasión y al desgaste superficial. Esta propiedad es valiosa en aplicaciones industriales o pavimentos donde el concreto está expuesto a movimientos repetitivos o fricción, como en suelos de fábricas, depósitos o estacionamientos.

- **Mayor capacidad de carga después de la fisuración (post-fisuración).**

Después de que el concreto se fisura, las fibras de acero aún pueden soportar cargas, actuando como puentes a través de las fisuras. Esto es conocido como comportamiento post-fisuración, y es una propiedad clave que ayuda a mantener la integridad estructural del concreto incluso después de que se han formado grietas.

- **Mejora en la resistencia al fuego.**

En algunas aplicaciones, las fibras de acero pueden mejorar la resistencia al fuego del concreto al reducir la velocidad de deterioro cuando está expuesto a altas temperaturas. Sin embargo, a temperaturas muy altas, el acero puede perder resistencia, por lo que no es una solución completa para situaciones de incendio sin otras medidas adicionales.

2.2.6.3. Ventajas de la fibra de acero

Las fibras de acero, tanto recicladas como nuevas, ofrecen numerosas ventajas en aplicaciones de construcción y materiales compuestos.

- ❖ **Mejora de la resistencia a la tracción y flexión:** Las fibras de acero refuerzan la matriz del concreto o de otros materiales compuestos, mejorando significativamente su resistencia a la tracción y flexión. Esto permite que el material soporte cargas más elevadas sin fracturarse, lo que es especialmente útil en aplicaciones estructurales.
- ❖ **Control y prevención de grietas:** Una de las ventajas más importantes de las fibras de acero es su capacidad para controlar y prevenir la formación de grietas en el concreto. Las fibras actúan como puentes en las grietas incipientes, impidiendo su propagación y mejorando la durabilidad general del material.
- ❖ **Aumento de la tenacidad y ductilidad:** Las fibras de acero mejoran la tenacidad y la ductilidad del concreto, permitiendo que el material absorba energía y se



deforme bajo carga sin fracturarse de manera abrupta. Esto es beneficioso en estructuras sometidas a impactos, vibraciones o cargas dinámicas.

- ❖ **Durabilidad a largo plazo:** El uso de fibras de acero contribuye a la durabilidad a largo plazo de las estructuras, ya que ayuda a mantener la integridad del material frente a tensiones, impactos, y condiciones ambientales adversas, como ciclos de congelación y descongelación.
- ❖ **Resistencia al desgaste y a la abrasión:** La capacidad del hormigón para resistir el desgaste y la abrasión se ve reforzada por las fibras de acero, lo que resulta esencial para usos como pavimentos, suelos industriales y superficies de tráfico intenso.
- ❖ **Reducción de la necesidad de refuerzos convencionales:** Las fibras de acero aumentan la resistencia del hormigón a la abrasión y el desgaste. En algunas situaciones, la incorporación de fibras de acero puede reducir o eliminar la necesidad de refuerzos tradicionales como mallas de acero o barras de refuerzo, lo que agiliza la construcción y puede ahorrar dinero y tiempo.
- ❖ **Compatibilidad con diferentes matrices:** Las fibras de acero son compatibles con una amplia gama de matrices, incluyendo concretos convencionales, concretos autocompactantes, mezclas de mortero y otros materiales compuestos, lo que las hace versátiles para diversas aplicaciones.
- ❖ **Eficiencia en la distribución de cargas:** Al distribuirse uniformemente dentro de la matriz, las fibras de acero ayudan a distribuir las cargas de manera más eficiente a lo largo de la estructura, lo que mejora la estabilidad y la resistencia del material.
- ❖ **Resistencia al calor:** Las fibras de acero mantienen sus propiedades a altas temperaturas, lo que las hace adecuadas para aplicaciones en ambientes de alta temperatura o en situaciones donde se requiere resistencia al fuego.
- ❖ **Reducción de la contracción por secado:** La contracción por secado del hormigón puede reducirse con fibras de acero, lo que disminuye las posibilidades

de rotura tanto durante el proceso de curado como durante la vida útil de la estructura.

- ❖ **Sostenibilidad:** Al reciclar los recursos residuales, reducir la necesidad de acero nuevo y disminuir la huella de carbono relacionada con la fabricación de acero, el uso de fibras de acero recicladas fomenta la sostenibilidad.
- ❖ **Aumento de la vida útil de las estructuras:** Con las mejoras en resistencia, tenacidad, y durabilidad proporcionadas por las fibras de acero, las estructuras pueden tener una vida útil más larga y requerir menos mantenimiento a lo largo del tiempo, lo que genera ahorros significativos a largo plazo.

2.2.6.4. Sostenibilidad y uso de materiales reciclados en concretos porosos

El uso de materiales reciclados en concretos permeables está cobrando relevancia dentro del campo de la construcción sostenible. Esta práctica permite no solo mejorar el rendimiento del concreto, sino también contribuir a la sostenibilidad ambiental. Los concretos permeables son ideales para la gestión de aguas pluviales y la reducción de la escorrentía en áreas urbanas, y al incorporar materiales reciclados, como caucho triturado, agregados reciclados o fibras de acero recicladas, se incrementa su valor ambiental. En seguida, se detallan los aspectos clave de la sostenibilidad y el uso de materiales reciclados en concretos permeables:

1. Reducción de la huella ambiental.

El concreto poroso, en sí mismo, ya es una solución favorable para la sostenibilidad, ya que ayuda a gestionar el agua de lluvia al permitir su infiltración en el suelo, reduciendo la escorrentía superficial y mitigando el riesgo de inundaciones urbanas. Al incorporar materiales reciclados en su composición, se reduce aún más su huella de carbono al disminuir la necesidad de extraer recursos naturales vírgenes y evitar la disposición de residuos en vertederos.

- **Caucho reciclado:** Además de reducir la cantidad de caucho que acaba en los vertederos, el uso de caucho triturado procedente de neumáticos reciclados

como sustituto parcial de los áridos en el hormigón poroso mejora la durabilidad y la absorción de impactos del hormigón.

- **Agregados reciclados:** Los agregados reciclados durante la demolición de edificios de hormigón, pueden reemplazar parcialmente los agregados naturales en el concreto poroso. Esto reduce la demanda de extracción de agregados vírgenes y promueve la reutilización de materiales de desecho, contribuyendo a la economía circular.
- **Vidrio reciclado:** En algunos casos, el vidrio reciclado se puede utilizar como agregado en el concreto poroso, reduciendo el uso de agregados naturales y reutilizando residuos que de otro modo serían difíciles de gestionar.

2. Conservación de recursos naturales.

El uso de materiales reciclados en concreto poroso ayuda a conservar los recursos naturales, como la arena, la grava y las rocas trituradas, que tradicionalmente se utilizan como agregados. Al sustituir estos materiales por agregados reciclados, se disminuye la demanda de recursos no renovables, reduciendo el impacto ambiental asociado con la extracción y el transporte de estos materiales.

3. Gestión sostenible de aguas pluviales.

El concreto poroso permite que el agua de lluvia se infiltre directamente al suelo, promoviendo la recarga de acuíferos y reduciendo la presión sobre los sistemas de drenaje urbano. Esta característica hace que el concreto poroso sea un componente clave en proyectos de infraestructura verde. Cuando se combinan con materiales reciclados, estos concretos permiten un enfoque doble en la sostenibilidad: gestionan el agua de manera eficiente y reutilizan materiales de desecho, disminuyendo la carga ambiental.

4. Reducción de emisiones de CO₂.

La producción de concreto tradicional genera una gran cantidad de emisiones de dióxido de carbono (CO₂), en gran parte debido a la fabricación del cemento. Al reducir la cantidad de agregados vírgenes mediante el uso de agregados



recicladados, y al utilizar técnicas de mezcla más sostenibles, es posible disminuir significativamente las emisiones de CO₂ asociadas con la construcción.

Además, en algunos casos, los materiales reciclados como el caucho de neumáticos pueden mejorar la durabilidad del concreto poroso, lo que significa que las estructuras durarán más tiempo, reduciendo la necesidad de reparaciones frecuentes y, por ende, las emisiones futuras relacionadas con la reposición o el mantenimiento.

5. Fomento de la economía circular.

El uso de materiales reciclados en el concreto poroso fomenta una economía circular, en la cual los desechos de otras industrias, como la construcción, la automotriz o la manufactura de vidrio, son reutilizados como insumos para la producción de nuevas estructuras. Esto fomenta la recuperación de materiales que pueden utilizarse eficazmente en nuevos proyectos de infraestructuras, además de reducir la cantidad de basura que acaba en los vertederos.

6. Mejora en la durabilidad y rendimiento del concreto poroso.

Incorporar materiales reciclados, como fibras de acero recicladas o caucho triturado, puede mejorar la durabilidad del concreto poroso. Por ejemplo:

- **Caucho reciclado:** Mejora la resistencia al desgaste y la capacidad de absorción de impactos, lo que es especialmente útil en superficies peatonales y pavimentos de bajo tráfico vehicular. Además, ayuda a reducir la fisuración del concreto, prolongando su vida útil.
- **Fibras de acero recicladas:** Ayudan a reforzar la estructura del concreto poroso, mejorando su resistencia a la tracción y flexión, así como su resistencia al impacto y su capacidad para soportar cargas dinámicas sin comprometer la permeabilidad.

7. Reducción de costos a largo plazo.

El uso de materiales reciclados puede reducir los costos a largo plazo en términos de mantenimiento y reemplazo. Los materiales reciclados, como el caucho

triturado, tienden a mejorar la durabilidad del concreto poroso, lo que significa que las superficies construidas con estos materiales pueden requerir menos mantenimiento y durar más tiempo sin necesidad de reparaciones importantes.

8. Cumplimiento de normativas ambientales.

Cada vez más, los proyectos de construcción están sujetos a regulaciones ambientales que fomentan la sostenibilidad y la reducción de residuos. El uso de concreto poroso con materiales reciclados permite a los constructores cumplir con estas normativas, promoviendo prácticas de construcción respetuosas con el medio ambiente. Además, puede otorgar puntos adicionales en certificaciones ambientales como LEED, que reconocen el uso de materiales sostenibles y técnicas de construcción ecoamigables.

El uso de materiales reciclados en concretos permeables no solo mejora las propiedades del concreto, sino que también juega un papel crucial en la sostenibilidad del sector de la construcción. Al reducir la necesidad de extracción de recursos naturales, disminuir las emisiones de CO₂ y promover la reutilización de residuos, los concretos permeables reforzados con materiales reciclados se alinean con las tendencias actuales hacia una infraestructura más verde y sostenible. Además, la capacidad del concreto poroso para gestionar las aguas pluviales de manera eficiente, junto con la durabilidad mejorada por los materiales reciclados, lo convierte en una solución innovadora y ecológica para la construcción moderna.

2.2.6.5. Impacto ambiental del uso de fibras recicladas

El uso de fibras recicladas en la construcción, particularmente en concreto y otros materiales, tiene un impacto ambiental significativo y positivo. Al aprovechar materiales que de otro modo terminarían como residuos, el uso de fibras recicladas contribuye a la sostenibilidad y la reducción de la huella ecológica de la construcción. A continuación, se detallan los principales aspectos del impacto ambiental del uso de fibras recicladas:

a) Reducción de residuos en vertederos.



El uso de fibras recicladas, como las provenientes de neumáticos de caucho o fibras de acero recuperadas de productos desechados, reduce la cantidad de residuos que llegan a los vertederos. Los neumáticos y otros materiales de caucho son especialmente difíciles de degradar y ocupan grandes volúmenes en los vertederos, lo que representa un desafío ambiental importante. Al emplear estos residuos en la fabricación de fibras para concreto y otros materiales, se reduce significativamente la cantidad de desechos que deben ser gestionados.

- **Caucho reciclado:** Los neumáticos usados, que son una fuente común de fibras de caucho recicladas, son materiales difíciles de manejar en los vertederos. Su reciclaje y reutilización en aplicaciones de construcción evita la acumulación de estos residuos, que de otro modo podrían durar siglos en descomponerse.
- **Fibras de acero recicladas:** El reciclaje de acero es una práctica establecida que permite reducir la cantidad de chatarra de acero en los vertederos. El uso de estas fibras en la construcción mejora la sostenibilidad del material sin sacrificar su rendimiento.

b) Conservación de recursos naturales.

Al utilizar fibras recicladas en lugar de fibras vírgenes, se reduce la demanda de recursos naturales necesarios para producir nuevos materiales. Por ejemplo, la producción de fibras vírgenes, ya sea de acero, plástico o caucho, implica la extracción de materias primas y el uso de energía en procesos industriales intensivos. Al reciclar materiales ya existentes, se conservan recursos como el petróleo, minerales y otras materias primas utilizadas en la producción de fibras.

c) Reducción de emisiones de CO₂.

El uso de fibras recicladas ayuda a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, en particular el dióxido de carbono (CO₂), asociadas con la fabricación de nuevos materiales. La producción de acero, plástico y caucho virgen genera



grandes cantidades de CO₂ debido a la energía necesaria para extraer, procesar y transportar los materiales.

- **Acero reciclado:** La fabricación de acero a partir de chatarra reciclada requiere hasta un 70% menos de energía que la producción de acero a partir de mineral virgen, lo que se traduce en una reducción considerable de las emisiones de CO₂.
- **Caucho reciclado:** Al utilizar caucho reciclado en lugar de producir caucho virgen, se reduce la necesidad de extraer petróleo y los procesos químicos intensivos que generan emisiones contaminantes.

d) **Disminución de la demanda energética.**

El proceso de reciclaje de materiales, como el acero y el caucho, generalmente requiere menos energía que la producción de materiales vírgenes. La fabricación de fibras recicladas implica menos procesos industriales intensivos y menos consumo energético en comparación con la producción desde cero, lo que contribuye a una reducción en el uso de combustibles fósiles y la generación de electricidad.

e) **Promoción de la economía circular.**

La economía circular, en la que las cosas se reutilizan y reciclan constantemente en lugar de tirarse tras su primer uso, se fomenta con el uso de fibras recicladas en la construcción. Este enfoque minimiza los residuos y maximiza la eficiencia de los recursos, contribuyendo a un sistema de producción más sostenible y alineado con los principios de minimización de residuos y reutilización de materiales.

f) **Reducción de la contaminación del suelo y el agua.**

El caucho y otros materiales no biodegradables, cuando se acumulan en vertederos o se desechan de manera inadecuada, pueden causar contaminación del suelo y del agua. Por ejemplo, los neumáticos desechados pueden liberar sustancias químicas tóxicas que contaminan el suelo y las fuentes de agua. Al reciclar estos

materiales para fabricar fibras, se previene la liberación de contaminantes, contribuyendo a la protección de los ecosistemas locales.

g) Mejora de la sostenibilidad en la construcción.

El uso de fibras recicladas en la construcción de concretos y otros materiales contribuye directamente a la sostenibilidad del sector de la construcción. Esta industria contribuye significativamente a la producción de basura y es una de las mayores consumidoras de recursos naturales. Incorporar materiales reciclados reduce el impacto ambiental global de la construcción y ayuda a cumplir con las crecientes demandas de prácticas de edificación más sostenibles.

h) Cumplimiento con regulaciones ambientales.

Cada vez más, las regulaciones y normativas ambientales requieren que las industrias reduzcan su impacto ambiental mediante la adopción de prácticas sostenibles y el uso de materiales reciclados. El empleo de fibras recicladas en la construcción permite a las empresas cumplir con estas normativas, lo que puede ser crucial en términos de licencias, permisos y certificaciones ambientales, como LEED.

i) Contribución a la innovación y desarrollo de nuevas tecnologías.

El uso de fibras recicladas fomenta la innovación en materiales de construcción. La necesidad de desarrollar procesos eficientes de reciclaje y la integración de estos materiales en productos como el concreto han impulsado la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías. Esto no solo mejora el desempeño de los materiales reciclados, sino que también abre nuevas oportunidades para su aplicación en proyectos de infraestructura sostenible

2.2.5. Diseño de mezclas

El diseño de mezclas es un proceso fundamental en la ingeniería de materiales que implica la formulación y la optimización de la composición de mezclas para obtener un material con propiedades específicas y adecuadas para una aplicación particular. En el



contexto del concreto y otros materiales compuestos, el diseño de mezclas se refiere a la selección y combinación de los ingredientes principales—cemento, agua, agregados (como arena y grava), y aditivos—para lograr un producto que cumpla con los requisitos.

El proceso comienza con la definición de las propiedades deseadas del material final, como la resistencia a la compresión y tracción, la densidad, la durabilidad, y la manejabilidad. Estos requisitos son establecidos en función de las especificaciones del proyecto y las condiciones de servicio a las que estará expuesto el material. Con base en estos requisitos, se seleccionan los tipos y las proporciones de los ingredientes que se utilizarán en la mezcla.

Una vez definidos los requisitos y seleccionados los ingredientes, se realiza una serie de pruebas y ensayos para determinar la proporción óptima de cada componente. Esto incluye pruebas de laboratorio para evaluar la trabajabilidad de la mezcla, como el asentamiento del concreto, y pruebas para medir sus propiedades mecánicas y durabilidad, como la resistencia y la permeabilidad. Los resultados de estas pruebas permiten ajustar las proporciones de los ingredientes para lograr el equilibrio deseado entre las propiedades del material y sus costos.

El diseño de mezclas también puede involucrar el uso de aditivos o modificadores que alteran las propiedades del material de manera controlada. Los aditivos pueden cambiar la textura y el aspecto del material, aumentar la resistencia a la corrosión, acelerar o ralentizar el tiempo de fraguado y mejorar la trabajabilidad. La selección de aditivos y su dosificación se ajusta en función de las necesidades específicas del proyecto y las condiciones ambientales.

Además, el diseño de mezclas debe considerar aspectos prácticos como la disponibilidad y el costo de los materiales, la facilidad de manejo y colocación, y los requisitos de seguridad. La implementación adecuada del diseño de mezclas asegura que el material no solo cumpla con los requisitos técnicos del proyecto, sino que también sea económico y factible en términos de construcción.



En resumen, el diseño de mezclas es un proceso complejo y multifacético que busca optimizar la composición de mezclas para cumplir con requisitos específicos de rendimiento y calidad. Implica la selección de ingredientes, la formulación de proporciones, la realización de pruebas y ajustes, y la integración de aditivos, todo ello con el objetivo de obtener un material que sea efectivo, duradero y económico para las aplicaciones previstas.

2.2.5.1. Asentamiento del concreto

El asentamiento del concreto poroso es un parámetro que mide la consistencia y la trabajabilidad del concreto durante su estado fresco. Al igual que en otros tipos de concreto, el asentamiento en el concreto poroso se refiere al grado en que la mezcla se desplaza o hunde cuando es descargada de un molde estándar, como el cono de Abrams. Sin embargo, dado que el concreto poroso está diseñado para permitir el paso de agua a través de su estructura, su mezcla es considerablemente más rígida en comparación con el concreto, lo que resulta en un asentamiento significativamente menor. Esto se debe a que la mezcla contiene menos agua y una mayor proporción de agregados gruesos.

En términos prácticos, el asentamiento del concreto poroso es un indicador de la facilidad con la que puede ser colocado y compactado en el sitio de construcción. A diferencia del concreto convencional, que requiere una consistencia fluida para garantizar una buena trabajabilidad, el concreto poroso se caracteriza por tener una mezcla más seca y rígida, lo que permite la creación de una red de poros interconectados dentro de la matriz del concreto. Estos poros son responsables de su principal propiedad: la capacidad de permitir que el agua, lo que lo convierte en un material adecuado para pavimentos, estacionamientos y otras aplicaciones donde se busca reducir la escorrentía superficial.

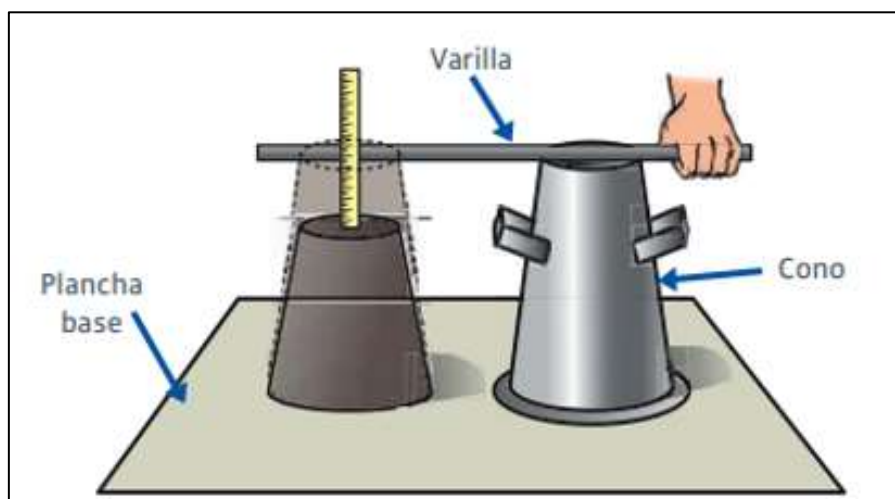
Tabla 2

Clasificación de trabajabilidad

Método de Compactación	Trabajabilidad	Consistencia	Slump
Vibración normal	Poca trabajable	Estado seco	0"-2"
Vibración ligera	Trabajable	Estado plástico	3"- 4"
Chuseado	Muy trabajable	Fluida	> 5"

Nota: Clasificación del asentamiento del concreto.

Figura 5

Prueba de Slump

2.2.6. Propiedades mecánicas de un concreto

El concreto poroso, también conocido como concreto poroso o drenante, tiene características particulares debido a su estructura abierta y alta porosidad. Aunque su principal ventaja es la capacidad de permitir el paso del agua, también presenta propiedades mecánicas que son importantes para su uso en aplicaciones estructurales específicas.

- **Resistencia a la compresión**

El concreto poroso tiene una resistencia a la compresión considerablemente menor en comparación con el concreto convencional. Esta disminución se debe a su alta porosidad y al menor contenido de pasta cementicia, que reduce la capacidad del material para soportar cargas compresivas. Generalmente, la resistencia del concreto poroso oscila entre 3 y 28 MPa, dependiendo de la mezcla utilizada, el tipo de agregados y la relación agua-cemento. Sin embargo, esta resistencia puede ser suficiente para aplicaciones en pavimentos ligeros o estructuras donde no se requiere una alta capacidad portante.

- **Resistencia a la tracción.**

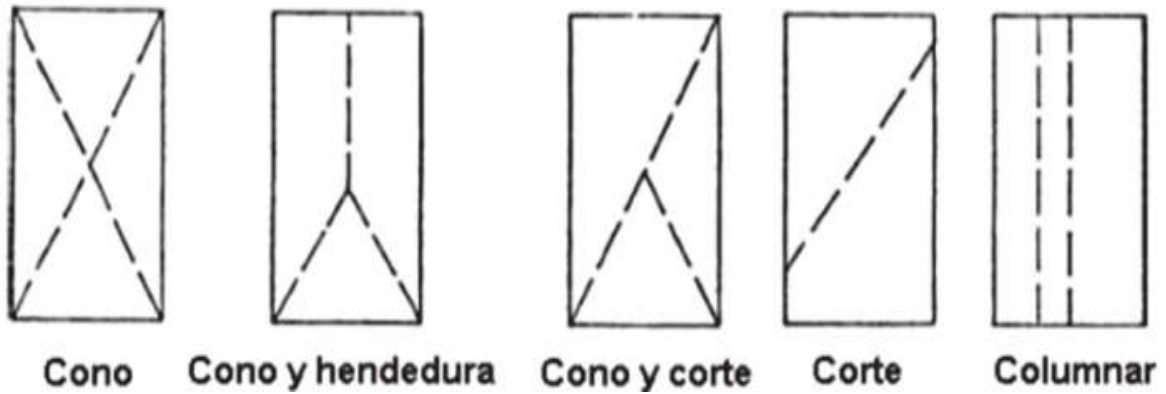
La resistencia a la tracción del concreto poroso también es relativamente baja en comparación con el concreto tradicional. Dado que el concreto es intrínsecamente un material frágil, su capacidad para resistir fuerzas de tracción es limitada. La presencia de vacíos en su estructura reduce aún más esta capacidad. Para mejorar la resistencia a la tracción, es común el uso de fibras reforzantes, como fibras de vidrio o polímeros, que ayudan a distribuir mejor las tensiones y reducir la posibilidad de agrietamiento.

- **Resistencia a la abrasión.**

La resistencia a la abrasión del concreto poroso suele ser menor que la del concreto convencional, lo que limita su uso en áreas donde se espera un tráfico intenso o cargas pesadas. La presencia de grandes vacíos en su estructura lo hace más vulnerable al desgaste superficial, especialmente cuando se somete a la acción de vehículos o cargas puntuales. Por ello, en aplicaciones donde se requiere una mayor resistencia a la abrasión, se suele utilizar una capa de desgaste adicional o un sellador para proteger la superficie.

Figura 6

Tipos de fracturas



Nota. Vista referencial de los tipos de fallas de briquetas.

Figura 7

Resistencia a la compresión



Nota: Se muestra la resistencia a compresión.



2.3. Marco conceptual

a. Abrasión.

La abrasión es el proceso de desgaste o deterioro de un material causado por la fricción o el roce constante con superficies duras o rugosas, lo que resulta en la pérdida de su superficie o en la reducción de su grosor.

b. Absorción.

La absorción se refiere a la capacidad del material para captar y retener agua u otros líquidos. Específicamente, para las briquetas de construcción, como las de arcilla o adobe, la absorción indica cuánto agua puede ser absorbida por la briqueta cuando se sumerge en agua.

c. Agregados.

Para crear hormigón y mortero, los áridos -materiales granulares como arena, grava, piedra o material reciclado- se combinan con cemento y agua. Su función principal es proporcionar volumen, estabilidad y resistencia a la mezcla, actuando como un refuerzo que distribuye las cargas y mejora las propiedades mecánicas.

d. Asentamiento.

LA trabajabilidad del concreto es una medida de la fluidez de una mezcla de concreto, que se evalúa mediante una prueba en la que se mide el descenso de un cono de ensayo (conocido como el cono de Abrams) después de retirar el molde del concreto recién mezclado.

e. Concreto poroso.

Es un tipo de mezcla de concreto que está diseñado para pasar el agua a través de sus poros, facilitando la infiltración y reducción de escorrentía superficial. Esta característica se logra mediante una combinación específica de agregados



gruesos y una baja proporción de cemento y finos, lo que crea una estructura de poros interconectados que absorbe y filtra el agua de lluvia, contribuyendo a la gestión sostenible del agua y a la reducción del riesgo de inundaciones urbanas.

f. Contenido de humedad.

Es la cantidad de agua presente en un material en relación con su peso total, expresado generalmente como un porcentaje. En el contexto de materiales de construcción, como agregados, el contenido de humedad se refiere a la cantidad de agua que un material granular, como arena o grava, retiene en su estado natural.

g. Fibra de caucho.

La fibra de caucho es un tipo de material de refuerzo obtenido a partir del reciclaje de neumáticos usados, en el que el caucho es procesado para producir fibras finas y flexibles. Estas fibras tienen propiedades únicas como alta elasticidad, resistencia al desgaste y capacidad de absorción de impactos.

h. Fibra de acero.

Son filamentos finos de acero que se incorporan en mezclas de concreto y otros materiales compuestos para mejorar sus propiedades mecánicas. Estas fibras, que pueden tener diferentes formas y longitudes, se distribuyen de manera uniforme en la mezcla para proporcionar refuerzo adicional. Entre sus principales ventajas se encuentran el aumento de la resistencia a la tracción y a la flexión, el control de la formación y propagación de grietas, y la mejora de la durabilidad y tenacidad del material.



i. Permeabilidad.

La capacidad del hormigón para permitir la intrusión de aire y agua se conoce como permeabilidad. Un concreto con alta permeabilidad tiene más poros interconectados, lo que facilita el paso de agua y puede aumentar el riesgo de degradación debido a la entrada de humedad y la expansión por ciclos de congelación y descongelación.

j. Vías peatonales.

Las vías peatonales son áreas designadas para el tránsito exclusivo de peatones, que pueden incluir aceras, senderos, pasarelas y caminos en parques o áreas urbanas. Su diseño se centra en proporcionar un espacio seguro y cómodo para caminar, separado del tráfico vehicular y otras actividades. Las características clave de las vías peatonales incluyen una superficie adecuada para caminar, señalización y delimitación claras, accesibilidad para personas con movilidad reducida, y un entorno libre de obstáculos.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de la investigación

El diseño es el plan que guía la recolección, medición y análisis de datos. Un diseño de investigación bien elaborado asegura la validez y confiabilidad de los resultados, permitiendo que las conclusiones sean precisas y generalizables (Creswell & Creswell, 2017).

Este estudio emplea un diseño **experimental**, manipulando las variables independientes de partículas de fibra de caucho y fibras de acero en porcentajes variables junto al hormigón poroso, permitiendo así el análisis de variables dependientes como el asentamiento, la resistencia a la compresión y la permeabilidad.

3.2. Método de la investigación

El método cuantitativo se centra en la medición y el análisis de variables numéricas, utilizando procedimientos estadísticos para identificar patrones, relaciones y diferencias entre los datos. Este método busca establecer relaciones causales o correlacionales. (Hernandez & Baptista, 2014).



El presente estudio presenta un enfoque **cuantitativo**, para recopilar datos empíricos mediante pruebas de laboratorio que permitan verificar la primera hipótesis propuesta. Los datos de laboratorio se analizarán estadísticamente para obtener conclusiones precisas.

3.3. Nivel y tipo de la investigación

3.1.1. Nivel de la investigación

Este método proporciona la estructura necesaria para asegurar que los resultados obtenidos sean válidos, confiables y replicables. Según Creswell y Creswell (2017), el método de la investigación abarca desde la formulación del problema hasta la interpretación de resultados, pasando por la recolección y análisis de datos.

Este estudio proporciona un nivel **explicativo** mediante el empleo de marcos teóricos y métodos para examinar la conexión causa-efecto entre la fibra de caucho y la fibra de acero sobre las cualidades del hormigón poroso en el distrito de Pomata. El estudio pretende dar una explicación de la influencia o efecto de estos materiales en las propiedades del concreto.

3.1.2. Tipo de la investigación

Los tipos de investigación se distinguen principalmente por su propósito, enfoque y las técnicas utilizadas para recolectar y analizar datos. Según Hernández et al., (2014, pág. 198), los tipos de investigación se pueden agrupar en función de su finalidad, alcance temporal, naturaleza de los datos y el grado de control que el investigador tiene sobre las variables.

El presente estudio presenta un tipo de investigación **aplicada**, para poder llevar a cabo una correcta preparación del concreto poroso con la adición de fibra de caucho y fibras de acero en distintos porcentajes y procedimientos adecuados, con el fin de obtener resultados con respecto a los ensayos a los que serán sometido.



3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La identificación y definición clara de la población es crucial para asegurar la validez y relevancia de los hallazgos de la investigación. Según Creswell (2014), una definición precisa de la población permite a los investigadores diseñar estudios que sean representativos y que proporcionen información significativa.

Para este estudio, la población se compone del concreto poroso fabricado en el distrito de Pomata, con una resistencia de 175 kg/cm² y materiales procedentes de la cantera de Pomata.

3.4.2. Muestra

Se denomina muestra de investigación a un subconjunto de la población elegida para participar en un estudio con el fin de extraer conclusiones sobre toda la población. Elegir una muestra adecuada es esencial para la validez de los resultados y su generalización a la población objetivo. Hernández et al., (2014, pág. 198).

Para este estudio, la muestra está conformada por briquetas de concreto poroso, incluyendo el concreto patrón sin ningún material adicional, así como el concreto poroso con la inclusión de fibra de caucho (FC) y fibra de acero (FA), en función del volumen del concreto.

Tabla 3

Cantidad de muestra para el asentamiento del CPP, FC y FA

Slump – CPP, FC y FA	
Adición	Cantidad
CP Poroso	2
CPP + 2.80% FC	1
CPP + 3.80% FC	1
CPP + 4.80% FC	1

CPP + 0.85% FA	1
CPP + 1.70% FA	1
CPP + 2.55% FA	1
Total	8

Nota: CPP (Concreto Patrón Poroso), FC (Fibra de Caucho) y FA (Fibra de Acero)

Tabla 4

Muestras para rotura de testigos del CPP, FC y FA

Cemento (Tipo I)	Número de probetas			Cantidad de probetas
	7 días	14 días	28 días	
F'c =175 kg/cm ²	5	5	5	15
Con incorporación	7 días	14 días	28 días	-
CPP + 2.80%FC	5	5	5	15
CPP + 3.80%FC	5	5	5	15
CPP + 4.80%FC	5	5	5	15
CPP + 0.85%FA	5	5	5	15
CPP + 1.70%FA	5	5	5	15
CPP + 2.55%FA	5	5	5	15
Total				105

Nota: Cantidad total para rotura de briquetas de concreto poroso

La tabla 4, presenta la cantidad total de muestras para mediciones del CPP se necesita un total de 15 testigos para el CP con la inclusión de fibras de caucho y fibras de acero requieren un total de 90 testigos.



3.5. Técnicas e instrumentos

3.2.1. Técnicas

Según Creswell (2014) las técnicas son herramientas esenciales que los investigadores utilizan para recolectar, analizar e interpretar datos. La elección de la técnica adecuada depende del tipo de investigación, los objetivos del estudio, y la naturaleza de las preguntas de investigación.

Las técnicas empleadas y desarrollados en este estudio son las siguientes:

- Muestreo de material (agregados).
- Diseño de mezcla para el concreto poroso y con la aplicación fibra de caucho y fibra de acero.
- Asentamiento.
- Resistencia a la compresión del concreto.
- Ensayo de coeficiente de permeabilidad.

3.2.2. Instrumentos

Según Hernández et al., (2014, pág. 198) los instrumentos de la investigación son herramientas esenciales que permiten a los investigadores recolectar datos de manera sistemática y organizada. Estos instrumentos pueden variar ampliamente dependiendo del tipo de estudio, la naturaleza de los datos a recolectar y los objetivos específicos de la investigación.

Los instrumentos empleados y desarrollados en este estudio son las siguientes:

- Equipos y herramientas.
- Fichas para recolectar datos de campo.
- Software.

3.6. Plan de recolección y procesamiento de datos

3.6.1. Desarrollo del plan de recolección de datos

Con el fin de cumplir con los objetivos establecidos y asegurar un progreso efectivo, esta investigación se organizó en diversas etapas. En las secciones siguientes, se detalla cada una de estas fases y su respectiva ejecución.

Fase I: Procedencia de los materiales.

- a) **Obtención de muestras de agregados naturales.** Los recursos de la cantera de Pomata, situada en las laderas del río Pomata, se utilizan para la evaluación y fabricación de bloques de hormigón. Esta cantera proporciona recursos vitales, como arena y grava, utilizados para la producción de hormigón y la fabricación de bloques de cemento. Los áridos procedentes de esta cantera se sometieron a un procedimiento de selección y tratamiento para garantizar el cumplimiento de las cualidades y criterios específicos requeridos para la fabricación de briquetas de hormigón poroso.

Figura 8

Ubicación de la cantera Pomata



Nota: Cantera isla, tomado de Google Maps.

b) Obtención de la fibra de caucho: La fibra de caucho derivada del reciclaje de neumáticos es un material obtenido a partir de la separación de los componentes de los neumáticos fuera de uso (NFU). Los componentes comprenden caucho granulado o en polvo, metales y fibras de plástico. El proceso de reciclado industrial de NFU produce tres categorías de materiales: caucho granulado o en polvo, metales y fibras de plástico. Estos materiales son obtenidos por máquinas en instalaciones de reciclaje capaces de triturar y segregar los componentes de los neumáticos.

Figura 9

Poliestireno



Nota: Fibra de caucho reciclado para la elaboración del concreto poroso

c) Obtención de la fibra de acero: Derivada del reciclaje de neumáticos es un material obtenido a partir de la separación y extracción del acero presente en los neumáticos fuera de uso (NFU). Este acero recuperado es de calidad superior y es buscado por la industria siderúrgica como materia prima para fabricar nuevos productos de acero.

Figura 10*Plástico reciclado*

Nota: Fibra de acero reciclado para la elaboración del concreto poroso.

Fase II: Ensayos en laboratorio.

Durante esta fase se llevaron a cabo los ensayos y pruebas diseñados para los áridos fabricados en la cantera de Pomata, haciendo especial hincapié en la realización de pruebas de calidad.

a) Ensayo de granulometría:

Para el diseño y control de calidad de un concreto poroso, el ensayo de granulometría es crucial para garantizar que los agregados utilizados cumplan con las especificaciones necesarias para la correcta permeabilidad y resistencia del concreto. A continuación, se detalla un procedimiento simplificado para el ensayo de granulometría adaptado específicamente para el concreto poroso:

Procedimiento:

- Para obtener una masa homogénea, secar la muestra agregada en un horno a una temperatura regulada de unos 110 ± 5 °C. Antes de continuar, déjela enfriar a temperatura ambiente.



- Seleccionar una serie de tamices que abarquen el rango completo de tamaños de partículas del agregado grueso y fino según las especificaciones del diseño del concreto poroso.
- La muestra global debe colocarse en el tamiz superior de la serie.
- Agitar los tamices durante un tiempo especificado para garantizar una separación adecuada de las partículas. El tiempo de agitación puede variar, pero se recomienda un mínimo de 5 minutos.
- Pesar la cantidad de material que pasa por el tamiz más fino y la cantidad que se mantiene en cada tamiz después del tamizado (usualmente el tamiz N° 200 o 75 μm).
- Registrar las masas de cada fracción retenida.
- Determine el porcentaje retenido en cada tamiz, así como el porcentaje total retenido y superado para cada tamaño de tamiz.
- Utilizar los resultados para evaluar la distribución granulométrica del agregado y asegurarse de que cumple con las especificaciones del diseño del concreto poroso.

b) Contenido de humedad.

Es fundamental en la preparación y control de calidad del concreto poroso. Este ensayo permite determinar la cantidad de agua presente en el agregado antes de su uso en la mezcla de concreto, lo que es crucial para ajustar la cantidad de agua añadida y lograr la consistencia y permeabilidad deseadas del concreto poroso.

Procedimiento:

- Tomar una muestra representativa del agregado que se utilizará en el concreto poroso. Asegurarse de que la muestra sea suficientemente grande para representar adecuadamente el material.
- Pesar un recipiente vacío y registrar su masa (M_0).
- Pesar de nuevo la muestra global después de colocarla en el recipiente. Anote la masa de la muestra en el recipiente (M_1).

- Para secar la muestra, introduzca el recipiente de la muestra en el horno.
- Secar la muestra a 110 ± 5 °C hasta alcanzar masa constante. Esto generalmente implica dejar la muestra en el horno durante al menos 24 horas.
- Sacar el recipiente del horno utilizando pinzas o guantes resistentes al calor y dejar enfriar a temperatura ambiente.
- Determinar la masa final pesando el recipiente que contiene la muestra seca. (M_2).
- Cálculo del contenido de humedad con la siguiente formula:

Cálculo:

Formula del % de humedad:

$$W(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Donde:

W : Contenido de humedad (%)

Ww: Peso del agua

Ws : Peso seco del material

c) Ensayo de abrasión.

Es una prueba esencial para evaluar la durabilidad del concreto poroso, especialmente su resistencia al desgaste por fricción y el tráfico vehicular. La norma más comúnmente utilizada para el ensayo de abrasión en concreto es la ASTM C944, pero para agregados puede ser la ASTM C131 (ensayo de abrasión de Los Ángeles).

Aquí, vamos a describir el ensayo de abrasión para concreto poroso basado en el procedimiento de ASTM C944, que puede adaptarse para este tipo de concreto.

Procedimiento:

- La muestra de concreto poroso debe estar completamente curada y tener una superficie lisa y plana.



- Se debe limpiar cualquier residuo o partícula suelta de la superficie de la muestra antes del ensayo.
- Montar la muestra en la máquina de abrasión de manera que la superficie a ensayar esté en contacto con el disco abrasivo.
- Asegurarse de que la muestra esté bien sujeta para evitar cualquier movimiento durante el ensayo.
- Colocar el disco abrasivo en contacto con la superficie de la muestra.
- Aplicar una carga vertical al disco abrasivo mediante los pesos estándar.
- Encender la máquina y permitir que el disco gire y desgaste la superficie de la muestra durante el tiempo especificado o el número de ciclos establecidos (generalmente 500 a 1000 ciclos).
- Después de completar el número de ciclos, detener la máquina y retirar la muestra.
- Limpiar la superficie de la muestra para eliminar cualquier residuo suelto.
- Medir la profundidad del desgaste producido por el disco abrasivo utilizando un calibrador.
- Registrar la profundidad del desgaste en milímetros.
- Calcular el índice de abrasión como la profundidad promedio del desgaste para las diferentes posiciones de medición en la superficie de la muestra.

Cálculo:

Fórmula de desgaste de la muestra:

$$(\%)Desgaste = \frac{P1 - P2}{P1} * 100$$

d) Diseño de mezclas.

Es un procedimiento esencial que garantiza que el hormigón cumple las especificaciones de permeabilidad, resistencia y durabilidad requeridas para su uso

previsto. A continuación se describe un procedimiento habitual para diseñar mezclas de hormigón celular, que incluye la elección de los materiales adecuados, el cálculo de las proporciones de la mezcla y la realización de pruebas para confirmar las propiedades.

Procedimiento:

- Mezclar los agregados y el cemento en seco para asegurar una distribución uniforme.
- Añadir agua y mezclar hasta obtener una consistencia homogénea.
- Agregar aditivos según sea necesario y continuar mezclando hasta obtener una mezcla homogénea.
- Realizar pruebas de consistencia (Slump test) y ajuste de la cantidad de agua y aditivos según sea necesario para lograr la trabajabilidad deseada.

e) Ensayo de asentamiento.

El ensayo de asentamiento, comúnmente conocido como "Slump test", no es generalmente aplicable a concretos porosos debido a su naturaleza específica. El concreto poroso tiene una baja trabajabilidad y una consistencia muy diferente del concreto convencional, lo que hace que el Slump test tradicional no sea adecuado. Sin embargo, se puede evaluar la consistencia y la trabajabilidad del concreto poroso utilizando otros métodos.

A continuación, se describe un método adaptado para evaluar la trabajabilidad del concreto poroso.

Procedimiento:

- Molde Slump es un molde cónico truncado estándar conforme a ASTM C143, si se quiere adaptar para una referencia visual.
- Humedecer ligeramente el interior del molde de Slump para evitar la adherencia del concreto.
- Colocar el molde sobre la plataforma de ensayo.

- Llenar el molde en tres capas iguales, utilizando la barra de compactación para compactar cada capa con 25 golpes uniformemente distribuidos.
- La compactación debe ser suficiente para llenar los vacíos grandes, pero no tanto como para eliminar la porosidad necesaria para la permeabilidad.
- Retirar el molde verticalmente de manera suave para evitar cualquier perturbación en la muestra.
- Evaluar visualmente la forma y estabilidad del concreto después de retirar el molde.
- En el caso del concreto poroso, la mezcla debe mantener su forma sin colapsar significativamente.

Figura 11

Asentamiento del concreto poroso



Nota: Slump del concreto poroso, según la ASTM C-143.

f) Ensayo de resistencia a la compresión.

La resistencia a compresión es esencial para evaluar la capacidad de carga y la durabilidad del hormigón poroso. Este documento describe la técnica para realizar el ensayo de conformidad con las normas ASTM C39/C39M para conocer la resistencia de los cilindros de hormigón.

Procedimiento:

- Preparar la mezcla de concreto poroso según el diseño especificado, asegurándose de mantener una distribución uniforme de los agregados y una relación agua/cemento adecuado.
- Llenar los moldes cilíndricos con la mezcla de concreto poroso en capas de aproximadamente 1/3 de la altura del molde.
- Compactar cada capa con 25 golpes uniformemente distribuidos usando la varilla de compactación.
- Repetir el proceso para las tres capas hasta llenar el molde, asegurándose de compactar adecuadamente cada capa sin eliminar la porosidad necesaria.
- Después de llenar y compactar el molde, nivelar la superficie superior del concreto con una herramienta de enrasado.
- Cubrir las muestras con una lámina de plástico o una cubierta húmeda y dejarlas en un ambiente controlado ($20 \pm 3^{\circ}\text{C}$) durante 24 horas.
- Después de 24 horas, desmoldar las muestras y sumergirlas en agua de curado a una temperatura controlada ($23 \pm 2^{\circ}\text{C}$) hasta el momento del ensayo, normalmente a los 7, 14 y 28 días.
- Retirar las muestras del agua de curado poco antes del ensayo y limpiarlas para eliminar cualquier residuo superficial.
- Asegúrese de que la muestra está correctamente centrada antes de introducirla en la máquina de compresión.
- Aplicar la carga de compresión a una tasa constante ($0.25 \pm 0.05 \text{ MPa/s}$) hasta la falla de la muestra.

- Registrar la carga máxima (P) soportada por la muestra antes de la falla.
- Calcular la resistencia a compresión con la siguiente fórmula:

$$F'c = \frac{P}{A}$$

Figura 12

Resistencia a compresión del concreto poroso



Nota: El concreto poroso sometido a la resistencia a compresión, según la AST C39

g) Ensayo de coeficiente de permeabilidad.

El ensayo de permeabilidad para concreto poroso es fundamental para evaluar su capacidad de permitir el paso del agua. Existen varios métodos para medir el coeficiente de permeabilidad, pero uno de los más comunes es el ensayo de carga constante.



Procedimiento:

- Curar las muestras de concreto poroso según el procedimiento estándar, asegurándose de que estén completamente saturadas antes del ensayo.
- Colocar la muestra de concreto poroso en el permeámetro de carga constante. Asegurarse de que las juntas estén bien selladas para evitar fugas de agua.
- Aplicar una carga constante de agua sobre la muestra, manteniendo un nivel constante de agua sobre la superficie superior del concreto.
- Utilizando el recipiente de medición y el cronómetro, anota cuánta agua pasa por la muestra en un tiempo determinado.
- Medir el flujo de agua durante un período suficiente para obtener datos precisos, generalmente varios minutos.

Fase III: Evaluación de los resultados

Los hallazgos se presentarán mediante tablas comparativas, que reflejarán los resultados de las evaluaciones realizadas entre diferentes grupos etarios y sus respectivas proporciones.

3.6.2. *Procesamiento y análisis de datos*

El análisis y tratamiento de los datos se realizará utilizando diversas herramientas, como gráficos, cálculos y tablas. Los datos serán recolectados a través de ensayos basados en metodologías confiables que aseguren una recopilación sistemática y precisa de la información.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados obtenidos

Las tablas presentadas a continuación, se especifican los resultados obtenidos de las evaluaciones realizadas a los agregados finos y gruesos provenientes de la cantera ubicada en Pomata.

a) Peso específico y absorción de la muestra

Se analizan los agregados extraídos de la cantera de Pomata junto con su peso específico y sus datos de absorción:

Tabla 5

Agregados de la cantera Pomata.

Peso específico y absorción		
	Peso específico (gr/cm³)	Absorción (%)
Arena	2.53	2.97
Grava	2.32	3.02

b) Ensayo de granulometría

Tabla 6

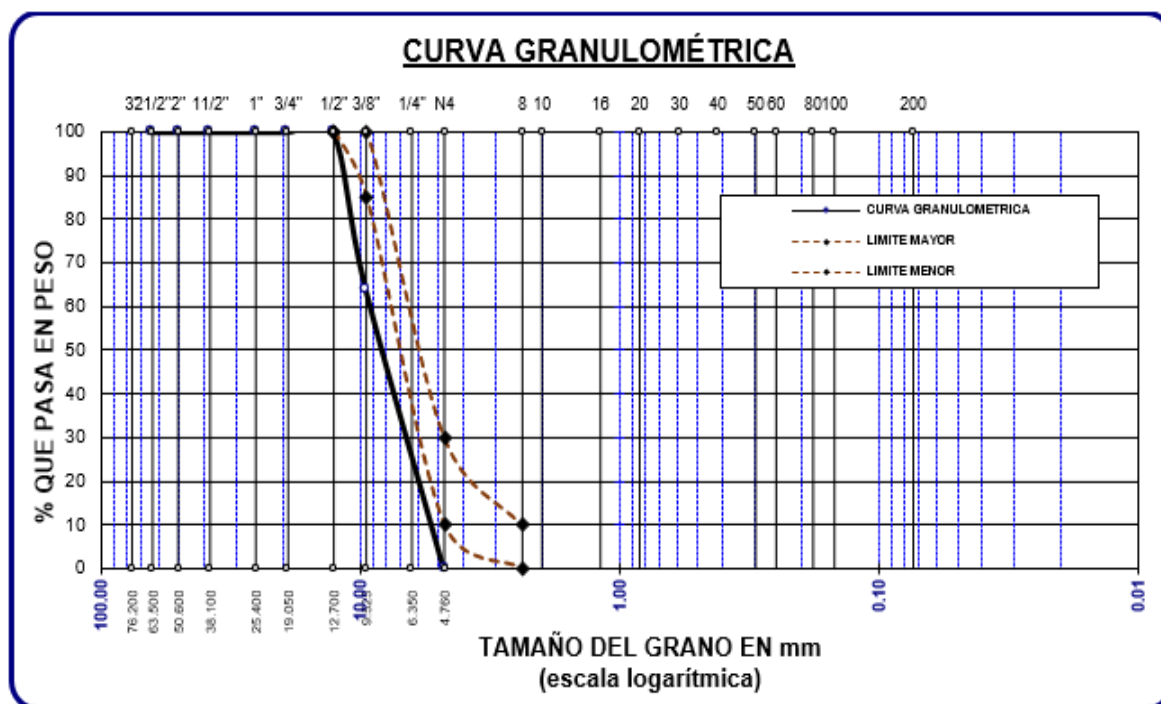
Granulometría del agregado grueso

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especif.
3"	76.200					
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	-
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	-
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	-
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	-
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	100%
3/8"	9.525	1253.00	35.80	35.80	64.20	85 - 100 %
1/4"	6.350	-	-	-		-
No4	4.760	2247.00	64.20	100.00	0.00	10 - 30 %
Base		0.00	0.00	100.0	0.0	
Total		3500.00	100.00			
% Perdida		0.00				

Nota: Adaptado de la evaluación realizada en el laboratorio

Figura 13

Granulometría del agregado grueso



La gradación del árido grueso se representa en la imagen, proporcionando una gradación insuficiente fuera del rango necesario.

Tabla 7

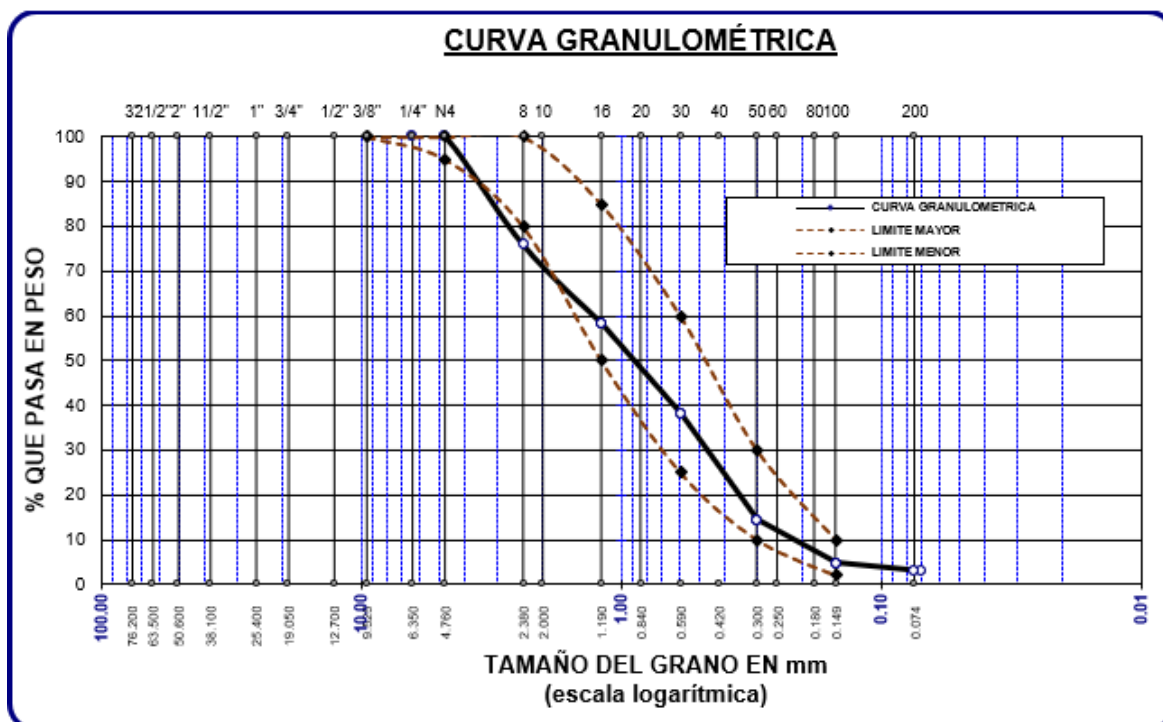
Granulometría del agregado fino

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especif.
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100%
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	95 - 100%
No8	2.380	121.26	24.25	24.25	75.75	80 - 100%
No10	2.000					
No16	1.190	87.48	17.50	41.75	58.25	50 - 85%
No20	0.840					
No30	0.590	100.51	20.10	61.85	38.15	25 - 60%
No40	0.420					
No 50	0.300	118.72	23.74	85.59	14.41	10 - 30%
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.149	48.15	9.63	95.22	4.78	2 - 10%
No200	0.074	9.36	1.87	97.10	2.90	
Base		14.52	2.90	100	0.00	
Total		500.00	100.00			
% Perdida		2.90				

Nota: Tomado de los resultados en el laboratorio

Figura 14

Granulometría del agregado fino



La gradación del árido fino se representa en la imagen, donde se sitúa sistemáticamente dentro del intervalo permitido con la excepción de la malla N° 8, que está fuera de él.

c) Contenido de humedad

Tabla 8

Humedad de los agregados

Muestra: agregados	Agregado fino	Agregado grueso
Peso de la muestra húmeda + tarro (gr.)	504.03	640.58
Peso de la muestra seca + tarro (gr.)	478.15	614.21
Peso del tarro (gr.)	43.55	43.64
Peso de la muestra húmeda (gr.)	460.48	596.94
Peso de la muestra seco (gr.)	434.60	570.57
Peso del agua (gr.)	25.88	26.37
% humedad	5.95	4.62

Nota: Resultados obtenidos del laboratorio

La tabla 8, presenta las humedades de los agregados naturales extraídos de la cantera Pomata, donde el agregado fino tiene una humedad de 5.95%, mientras el agregado grueso tiene 4.62%.

d) Ensayo de pesos unitarios:

Tabla 9

Pesos unitarios de los agregados

	Pesos unitarios de los agregados	
	Suelto (gr/cm ³)	Compactado (gr/cm ³)
Agregado fino	2.106	2.282
Agregado grueso	1.662	1.815

Nota: Adaptado de la evaluación en laboratorio

La tabla 9, presenta los pesos unitarios de los agregados en sus condiciones suelto y compactado, observando que los valores más altos corresponden al material compactado.

e) Proporciones para el diseño de mezclas del concreto poroso

Basándose en los datos de control de calidad del laboratorio, se explican las proporciones de material utilizadas para construir mezclas para un CP con una resistencia de 175 kg/cm².

Tabla 10*Dosificación del diseño de mezcla*

Agregado	Dosificación en Peso seco	Proporción en Volumen	Dosificación en Peso húmedo
	(Kg/m ³)	Peso Seco	(Kg/m ³)
Cemento	309.120	0.115	309.120
Agua	123.470	0.124	73.321
A. Grueso	1402.330	0.554	1469.642
A. Fino	73.690	0.027	74.206
Aire	18.0%		18.0%

La Tabla 10, expone las proporciones en peso y volumen de los materiales utilizados para la producción del concreto poroso, considerando también un 18.0% de aire en la mezcla.

f) Proporciones para el diseño de mezcla del CP + 2.80% Fibra de Caucho**Tabla 11***Dosificación para diseño de mezcla del CP + 2.80% FC*

Agregado	Dosificación en Peso seco	Proporción en Volumen	Dosificación en Peso húmedo
	(Kg/m ³)	Peso Seco	(Kg/m ³)
Cemento	309.120	0.115	309.120
Agua	123.470	0.124	73.321
A. Grueso	1402.330	0.554	1469.642
A. Fino	73.690	0.027	74.206
Aire	18.0%		18.0%
2.80% FC	8.655	0.0280	8.655

La tabla 11, expone los resultados del diseño de mezclas de CP + 2.80% FC, con cantidades de fibra de caucho de 8.66 kg para la adición de 2.80%.

g) Proporciones para el diseño de mezcla del CP + 3.80% Fibra de Caucho**Tabla 12***Dosificación para diseño de mezcla del CP + 3.80% FC*

Agregado	Dosificación en Peso seco	Proporción en Volumen	Dosificación en Peso húmedo
	(Kg/m ³)	Peso Seco	(Kg/m ³)
Cemento	309.120	0.115	309.120
Agua	123.470	0.124	73.321
A. Grueso	1402.330	0.554	1469.642
A. Fino	73.690	0.027	74.206
Aire	18.0%		18.0%
3.80% FC	11.747	0.0380	11.747

La tabla 12, presenta los resultados del diseño de mezclas de CP + 3.80% FC, con cantidades de fibra de caucho de 11.75 kg para la adición de 3.80%.

h) Proporciones para el diseño de mezcla del CP + 4.80% Fibra de Caucho**Tabla 13***Dosificación para diseño de mezcla del CP + 4.80% FC*

Agregado	Dosificación en Peso seco	Proporción en Volumen	Dosificación en Peso húmedo
	(Kg/m ³)	Peso Seco	(Kg/m ³)
Cemento	309.120	0.115	309.120
Agua	123.470	0.124	73.321
A. Grueso	1402.330	0.554	1469.642
A. Fino	73.690	0.027	74.206
Aire	18.0%		18.0%
4.80% FC	14.838	0.0300	14.838

La tabla 13, presenta los resultados del diseño de mezclas de CP + 4.80% FC, con cantidades de fibra de caucho de 14.84 kg para la adición de 4.80%.

i) Proporciones para el diseño de mezcla del CP + 0.85% Fibra de Acero**Tabla 14***Dosificación para diseño de mezcla del CP + 0.85% FA*

Agregado	Dosificación en Peso seco	Proporción en Volumen	Dosificación en Peso húmedo
	(Kg/m ³)	Peso Seco	(Kg/m ³)
Cemento	309.120	0.115	309.120
Agua	123.470	0.124	73.321
A. Grueso	1402.330	0.554	1469.642
A. Fino	73.690	0.027	74.206
Aire	18.0%		18.0%
0.85% FA	2.628	0.0085	2.628

La tabla 14, presenta los resultados del diseño de mezclas de CP + 0.85% FA, con cantidades de fibra de acero de 2.63 kg para la adición de 0.85%.

j) Proporciones para el diseño de mezcla del CP + 1.70% Fibra de Acero**Tabla 15***Dosificación para diseño de mezcla del CP + 1.70% FA*

Agregado	Dosificación en Peso seco	Proporción en Volumen	Dosificación en Peso húmedo
	(Kg/m ³)	Peso Seco	(Kg/m ³)
Cemento	309.120	0.115	309.120
Agua	123.470	0.124	73.321
A. Grueso	1402.330	0.554	1469.642
A. Fino	73.690	0.027	74.206
Aire	18.0%		18.0%
1.70% FA	5.255	0.0170	5.255

La tabla 15, presenta los resultados del diseño de mezclas de CP + 1.70% FA, con cantidades de fibra de acero de 5.26 kg para la adición de 1.70%.

k) Proporciones para el diseño de mezcla del CP + 2.55% Fibra de Acero**Tabla 16***Dosificación para diseño de mezcla del CP + 2.55% FA*

Agregado	Dosificación en	Proporción en	Dosificación en
	Peso seco	Volumen	Peso húmedo
	(Kg/m ³)	Peso Seco	(Kg/m ³)
Cemento	309.120	0.115	309.120
Agua	123.470	0.124	73.321
A. Grueso	1402.330	0.554	1469.642
A. Fino	73.690	0.027	74.206
Aire	18.0%		18.0%
2.55% FA	7.883	0.0255	7.883

La tabla 16, presenta los resultados del diseño de mezclas de CP + 2.55% FA, con cantidades de fibra de acero de 7.88 kg para la adición de 2.55%.

4.1.1. Resultados sobre el empleo de fibra de caucho y fibra de acero en porciones variables en el asentamiento de la mezcla de concreto poroso**4.1.1.1. Medición del asentamiento (ASTM C-143)****Tabla 17***Asentamiento del concreto patrón + fibra de caucho*

Descripción	Medida de asentamiento con Cono de Abrams			
	Asentamiento		Consistencia	Trabajabilidad
	In	cm		
Concreto Patrón	0.2	0.5	Seca	Poco trabajable
CPP + 2.8% FC	0.4	1.00	Seca	Poco trabajable
CPP + 3.8% FC	0.5	1.27	Seca	Poco trabajable
CPP + 4.8% FC	0.8	2.03	Seca	Poco trabajable

La Tabla 17, presenta los asentamientos para el CP con la inclusión de 2.8%, 3.8% y 4.8%, fueron 0.2", 0.4" y 0.5", podemos decir que el Slump aumenta al adicionar las fibras de caucho en la muestra del CPP, por lo tanto se puede decir que el hormigón se vuelve poco trabajable con el incremento de FC.



Tabla 18

Asentamiento del concreto patrón + fibra de acero

Descripción	Medida de asentamiento con Cono de Abrams		Consistencia	Trabajabilidad
	Asentamiento			
	In	cm		
Concreto Patrón	0.2	0.5	Seca	Poco trabajable
CP + 0.85% FA	0.6	1.5	Seca	Poco trabajable
CP + 1.70% FA	0.2	0.5	Seca	Poco trabajable
CP + 2.55% FA	0.0	0.0	seca	Poco trabajable

La Tabla 18, presenta los asentamientos para el CP con la inclusión de 0.85%, 1.70% y 2.55%, fueron 0.6", 0.2" y 0.0", podemos decir que el Slump disminuye al incrementar la fibra de acero en la muestra de CPP. Por lo tanto, puede decirse que el hormigón se vuelve más estable con el aumento de la AF.

4.1.2. Resultados sobre la aplicación de fibra de caucho y fibra de acero en proporciones variables en la resistencia a compresión del concreto poroso

Resistencia a la compresión del CPP– 7 días

Tabla 19

Resistencia del CPP a 7 días

Resistencia a la compresión CPP – 7 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
B-1	114.38		0.55
B-2	115.44		1.49
B-3	117.02	113.75	2.87
B-4	116.78		2.66
B-5	114.07		0.28
\bar{X}	115.54	-	1.57

La tabla 19, expone los resultados para la resistencia del CPP, mostrando tensiones de rotura que superan el 65% tras 7 días de curado. Además, se observa una variación media del 1.57%. lo que indica una consistencia relativa en el comportamiento del material.

Figura 15

Variación del CPP – 7 días



La figura 15, muestra cómo varía la resistencia del CPP, con un promedio de 115.54 kg/cm². Este valor supera el 65% de la resistencia proyectada del diseño, que es de 113.75 kg/cm², tras 7 días. Estos resultados indican una mejora en el comportamiento del material.

Resistencia a la compresión del CPP – 14 días

Tabla 20

Resistencia del CPP a 14 días

Resistencia a la compresión CPP – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
B-1	155.84		0.06
B-2	157.85		1.35
B-3	159.63	155.75	2.49
B-4	159.14		2.18
B-5	161.14		3.46
\bar{X}	158.72	-	1.91

La tabla 20, expone los resultados para la resistencia del CPP, mostrando tensiones de rotura que superan el 89% tras 14 días de curado. Además, se observa una variación media del 1.91%. lo que indica una consistencia relativa en el comportamiento del material.

Figura 16

Variación del CPP – 14 días



La figura 16, muestra cómo varía la resistencia del CPP, con un promedio de 158.72 kg/cm². Este valor supera el 89% de la resistencia proyectada del diseño, que es de 155.75 kg/cm², tras 14 días. Estos resultados indican una mejora en el comportamiento del material.

Resistencia a la compresión del CPP – 28 días

Tabla 21

Resistencias del CPP a 28 días

Resistencia a la compresión CPP – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
B-1	178.37		2.96
B-2	181.11		4.54
B-3	173.91	173.25	0.38
B-4	175.73		1.47
B-5	177.67		2.55
\bar{X}	177.36	-	2.37

La tabla 21, expone los resultados para la resistencia del CPP, mostrando tensiones de rotura que superan el 99% tras 28 días de curado. Además, se observa una variación media del 2.37%. lo que indica una consistencia relativa en el comportamiento del material.

Figura 17

Variación del CPP – 28 días



La figura 17, muestra cómo varía la resistencia del CPP, con un promedio de 177.36 kg/cm². Este valor supera el 99% de la resistencia proyectada del diseño, que es de 173.25 kg/cm², tras 28 días. Estos resultados indican una mejora en el comportamiento del material.

4.1.2.1. Resistencia a compresión del CPP + Fibra de Caucho

1) Resistencia a la compresión del CPP + 2.8% FC a 7 días

Tabla 22

Resistencia del CPP + 2.8% FC

Resistencia a la compresión CPP + 2.8% FC – 7 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
B-1	101.92		-10.40
B-2	97.28		-14.48
B-3	98.32	113.75	-13.56
B-4	100.13		-11.97
B-5	95.00		-16.48
\bar{X}	98.53	-	-13.38

La tabla 22, expone los resultados para la resistencia del CPP con la inclusión de 2.8% FC, mostrando tensiones de rotura que superan el 65% tras 7 días de curado. Además, se observa una variación media del -13.38%.

Figura 18

Variación del CPP + 2.8% FC



La figura 18, expone cómo varía la resistencia del CPP tras la adición de un 2.8% de fibra de caucho, evidenciando una disminución en la resistencia respecto al diseño original, que establece un valor de 113.75 kg/cm² tras los 7 días.

2) Resistencia a la compresión de CPP + 2.8% FC a 14 Días

Tabla 23

Resistencia del CPP + 2.8% FC

Resistencia a la compresión CPP + 2.8% FC – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
B-1	145.51		-6.57
B-2	138.67		-10.97
B-3	141.40	155.75	-9.21
B-4	146.31		-6.06
B-5	148.03		-4.96
\bar{X}	143.98	-	-7.55

La tabla 23, expone los resultados para la resistencia del CPP con la inclusión de 2.8% FC, mostrando tensiones de rotura que superan el 90% tras 14 días de curado. Además, se observa una variación media del -7.55%.

Figura 19

Variación del CPP + 2.8% FC



La figura 19, expone cómo varía la resistencia del CPP tras la adición de un 2.8% de fibra de caucho, evidenciando una disminución en la resistencia respecto al diseño original, que establece un valor de 155.75 kg/cm² tras los 14 días.

3) Resistencia a la compresión de CPP + 2.8% FA a 28 Días

Tabla 24

Resistencia del CPP + 2.8% FC

Resistencia a la compresión CPP + 2.8% FC – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
B-1	178.28		2.90
B-2	176.74		2.01
B-3	182.63	173.25	5.41
B-4	174.05		0.46
B-5	187.19		8.07
\bar{X}	179.78	-	3.77

La tabla 24, expone los resultados para la resistencia del CPP con la inclusión de 2.8% FC, mostrando tensiones de rotura que superan el 99% tras 28 días de curado. Además, se observa una variación media del 3.77%.

Figura 20

Variación del CPP + 2.8% FC



La figura 20, expone cómo varía la resistencia del CPP tras la adición de un 2.8% de fibra de caucho, evidenciando resistencias superiores respecto al diseño original, que establece un valor de 173.25 kg/cm² tras los 28 días.

4) Resistencia a la compresión de CPP + 3.8% FC a 7 Días

Tabla 25

Resistencia del CPP + 3.8% FC

Resistencia a la compresión CPP + 3.8% FC – 7 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
B-1	124.71		9.64
B-2	115.26		1.33
B-3	121.25	113.75	6.59
B-4	125.10		9.98
B-5	119.66		5.20
\bar{X}	121.20	-	6.55

La tabla 25, expone los resultados para la resistencia del CPP con la inclusión de 3.8% FC, mostrando tensiones de rotura que superan el 65% tras 7 días de curado. Además, se observa una variación media del 6.55%.

Figura 21

Variación de la resistencia de CPP + 3.8% FC a 7 días



La figura 21, expone cómo varía la resistencia del CPP tras la adición de un 3.8% de fibra de caucho, evidenciando resistencias superiores respecto al diseño original, que establece un valor de 113.75 kg/cm² tras los 7 días.

5) Resistencia a la compresión de CPP + 3.8% FC a 14 Días

Tabla 26

Resistencia del CPP + 3.8% FC

Resistencia a la compresión CPP + 3.8% FC – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
B-1	161.46		3.67
B-2	170.32		9.35
B-3	164.36	155.75	5.53
B-4	162.70		4.46
B-5	159.64		2.50
\bar{X}	163.69	-	5.10

La tabla 26, expone los resultados para la resistencia del CPP con la inclusión de 3.8% FC, mostrando tensiones de rotura que superan el 90% tras 14 días de curado. Además, se observa una variación media del 5.10%.

Figura 22

Variación del CPP + 3.8% FC



La figura 22, expone cómo varía la resistencia del CPP tras la adición de un 3.8% de fibra de caucho, evidenciando resistencias superiores respecto al diseño original, que establece un valor de 155.75 kg/cm² tras los 14 días.

6) Resistencia a la compresión de CPP + 3.8% FC a 28 Días

Tabla 27

Resistencia del CPP + 3.8% FC

Resistencia a la compresión CPP + 3.8% FC – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
B-1	189.07		9.13
B-2	180.44		4.15
B-3	183.07	173.25	5.67
B-4	187.30		8.11
B-5	180.81		4.36
\bar{X}	184.14	-	6.28

La tabla 27, expone los resultados para la resistencia del CPP con la inclusión de 3.8% FC, mostrando tensiones de rotura que superan el 99% tras 28 días de curado. Además, se observa una variación media del 6.28%.

Figura 23

Variación del CPP + 3.8% FC



La figura 23, expone cómo varía la resistencia del CPP tras la adición de un 3.8% de fibra de caucho, evidenciando resistencias superiores respecto al diseño original, que establece un valor de 173.25 kg/cm² tras los 28 días.

7) Resistencia a la compresión de CPP + 4.8% FC a 7 Días

Tabla 28

Resistencia del CPP + 4.8% FC

Resistencia a la compresión CPP + 4.8% FC – 7 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
B-1	111.06		-2.36
B-2	105.79		-7.00
B-3	112.07	113.75	-1.48
B-4	103.02		-9.43
B-5	104.29		-8.32
\bar{X}	107.25	-	-5.72

La tabla 28, expone los resultados para la resistencia del CPP con la inclusión de 4.8% FC, mostrando tensiones de rotura que superan el 65% tras 7 días de curado. Además, se observa una variación media del -5.72%.

Figura 24

Variación del CPP + 4.8% FC



La figura 24, expone cómo varía la resistencia del CPP tras la adición de un 4.8% de fibra de caucho, evidenciando una disminución en la resistencia respecto al diseño original, que establece un valor de 113.75 kg/cm² tras los 7 días.

8) Resistencia a la compresión de CPP + 4.8% FC a 14 Días

Tabla 29

Resistencia del CPP + 4.8% FC

Resistencia a la compresión CPP + 4.8% FC – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
B-1	155.76		0.01
B-2	147.80		-5.10
B-3	151.90	155.75	-2.47
B-4	146.31		-6.06
B-5	148.41		-4.71
\bar{X}	150.04	-	-3.67

La tabla 29, expone los resultados para la resistencia del CPP con la inclusión de 4.8% FC, mostrando tensiones de rotura que superan el 90% tras 14 días de curado. Además, se observa una variación media del -3.67%.

Figura 25

Variación del CPP + 4.8% FC



La figura 25, expone cómo varía la resistencia del CPP tras la adición de un 4.8% de fibra de caucho, evidenciando una disminución en la resistencia respecto al diseño original, que establece un valor de 155.75 kg/cm² tras los 14 días.

9) Resistencia a la compresión de CPP + 4.8% FC a 28 Días

Tabla 30

Resistencia del CPP + 4.8% FC

Resistencia a la compresión CPP + 4.8% FC – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
B-1	176.68		1.98
B-2	170.26		-1.73
B-3	168.81	173.25	-2.56
B-4	172.93		-0.18
B-5	175.67		1.40
\bar{X}	172.87	-	-0.22

La tabla 30, expone los resultados para la resistencia del CPP con la inclusión de 4.8% FC, mostrando tensiones de rotura que superan el 99% tras 28 días de curado. Además, se observa una variación media del -0.22%.

Figura 26

Variación del CPP + 4.8% FC



La figura 26, expone cómo varía la resistencia del CPP tras la adición de un 4.8% de fibra de caucho, evidenciando una disminución en la resistencia respecto al diseño original, que establece un valor de 173.25 kg/cm² tras los 28 días.

4.1.2.2. Resistencia a compresión del CPP + Fibra de Acero

a) Resistencia a la compresión de CPP + 0.85% FA a 7 Días

Tabla 31

Resistencia del CPP + 0.85% FA

Resistencia a la compresión CPP + 0.85% FA – 7 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
B-1	127.99		12.52
B-2	118.25		3.96
B-3	124.73	113.75	9.65
B-4	114.24		0.43
B-5	125.56		10.38
\bar{X}	122.16	-	7.39

La tabla 31, expone los resultados para la resistencia del CPP con la inclusión de 0.85% FA, mostrando tensiones de rotura que superan el 65% tras 7 días de curado. Además, se observa una variación media del 7.39%.

Figura 27

Variación del CPP +0.85% FA



La figura 27, expone cómo varía la resistencia del CPP tras la adición de un 0.85% de fibra de acero, evidenciando resistencias superiores respecto al diseño original, que establece un valor de 113.75 kg/cm² tras los 7 días.

b) Resistencia a la compresión de CPP + 0.85% FA a 14 Días

Tabla 32

Resistencia del CPP + 0.85% FA

Resistencia a la compresión CPP + 0.85% FA – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
B-1	161.43		3.65
B-2	156.85		0.71
B-3	166.22	155.75	6.72
B-4	163.58		5.03
B-5	155.84		0.06
\bar{X}	160.78	-	3.23

La tabla 32, expone los resultados para la resistencia del CPP con la inclusión de 0.85% FA, mostrando tensiones de rotura que superan el 90% tras 14 días de curado. Además, se observa una variación media del 3.23%.

Figura 28

Variación del CPP + 0.85% FA



La figura 28, expone cómo varía la resistencia del CPP tras la adición de un 0.85% de fibra de acero, evidenciando resistencias superiores respecto al diseño original, que establece un valor de 155.75 kg/cm² tras los 14 días.

c) Resistencia a la compresión de CPP + 0.85% FA a 28 Días

Tabla 33

Resistencia del CPP + 0.85% FA

Resistencia a la compresión CPP + 0.85% FA – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
B-1	187.29		8.10
B-2	176.03		1.60
B-3	184.26	173.25	6.35
B-4	188.65		8.89
B-5	177.77		2.61
\bar{X}	182.80	-	5.51

La tabla 33, expone los resultados para la resistencia del CPP con la inclusión de 0.85% FA, mostrando tensiones de rotura que superan el 99% tras 28 días de curado. Además, se observa una variación media del 5.51%.

Figura 29

Variación del CPP + 0.85% FA



La figura 29, expone cómo varía la resistencia del CPP tras la adición de un 0.85% de fibra de acero, evidenciando resistencias superiores respecto al diseño original, que establece un valor de 173.25 kg/cm² tras los 28 días.

d) Resistencia a la compresión de CPP + 1.70% FA a 7 Días

Tabla 34

Resistencia del CPP + 1.70% FA

Resistencia a la compresión CPP + 1.70% FA – 7 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
B-1	125.53		10.36
B-2	131.22		15.36
B-3	131.95	113.75	16.00
B-4	127.00		11.65
B-5	131.16		15.31
\bar{X}	129.37	-	13.73

La tabla 34, expone los resultados para la resistencia del CPP con la inclusión de 1.70% FA, mostrando tensiones de rotura que superan el 65% tras 7 días de curado. Además, se observa una variación media del 13.73%.

Figura 30

Variación del CPP + 1.70% FA



La figura 30, expone cómo varía la resistencia del CPP tras la adición de un 1.70% de fibra de acero, evidenciando resistencias superiores respecto al diseño original, que establece un valor de 113.75 kg/cm² tras los 7 días.

e) Resistencia a la compresión de CPP + 1.70% FA a 14 Días

Tabla 35

Resistencia del CPP + 1.70% FA

Resistencia a la compresión CPP + 1.70% FA – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
B-1	178.53		14.63
B-2	168.86		8.42
B-3	175.10	155.75	12.42
B-4	175.32		12.57
B-5	169.56		8.87
\bar{X}	173.47	-	11.38

La tabla 35, expone los resultados para la resistencia del CPP con la inclusión de 1.70% FA, mostrando tensiones de rotura que superan el 90% tras 14 días de curado. Además, se observa una variación media del 11.38%.

Figura 31

Variación del CPP + 1.70% FA



La figura 31, expone cómo varía la resistencia del CPP tras la adición de un 1.70% de fibra de acero, evidenciando resistencias superiores respecto al diseño original, que establece un valor de 155.75 kg/cm² tras los 14 días.

f) Resistencia a la compresión de CP + 1.70% FA a 28 Días

Tabla 36

Resistencia del CPP + 1.70% FA

Resistencia a la compresión CPP + 1.70% FA – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
B-1	204.42		17.99
B-2	190.19		9.78
B-3	195.20	173.25	12.67
B-4	199.79		15.32
B-5	205.26		18.48
\bar{X}	198.97	-	14.85

La tabla 36, expone los resultados para la resistencia del CPP con la inclusión de 1.70% FA, mostrando tensiones de rotura que superan el 99% tras 28 días de curado. Además, se observa una variación media del 14.85%.

Figura 32

Variación del CPP + 1.70% FA



La figura 32, expone cómo varía la resistencia del CPP tras la adición de un 1.70% de fibra de acero, evidenciando resistencias superiores respecto al diseño original, que establece un valor de 173.25 kg/cm² tras los 28 días.

g) Resistencia a la compresión de CP + 2.55% FA a 7 Días

Tabla 37

Resistencia del CPP + 2.55% FA

Resistencia a la compresión CPP + 2.55% FA – 7 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
B-1	122.92		8.06
B-2	125.67		10.48
B-3	121.70	113.75	6.99
B-4	129.56		13.90
B-5	120.53		5.96
\bar{X}	124.08	-	9.08

La tabla 37, expone los resultados para la resistencia del CPP con la inclusión de 2.55% FA, mostrando tensiones de rotura que superan el 65% tras 7 días de curado. Además, se observa una variación media del 9.08%.

Figura 33

Variación de CPP + 2.55% FA



La figura 33, expone cómo varía la resistencia del CPP tras la adición de un 2.55% de fibra de acero, evidenciando resistencias superiores respecto al diseño original, que establece un valor de 113.75 kg/cm² tras los 7 días.

h) Resistencia a la compresión de CP + 2.55% FA a 14 Días

Tabla 38

Resistencia del CPP + 2.55% FA

Resistencia a la compresión CPP + 2.55% FA – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
B-1	167.10		7.29
B-2	173.86		11.63
B-3	160.20	155.75	2.86
B-4	166.96		7.20
B-5	170.34		9.37
\bar{X}	167.69	-	7.67

La tabla 38, expone los resultados para la resistencia del CPP con la inclusión de 2.55% FA, mostrando tensiones de rotura que superan el 90% tras 14 días de curado. Además, se observa una variación media del 7.67%.

Figura 34

Variación del CPP + 2.55% FA



La figura 34, expone cómo varía la resistencia del CPP tras la adición de un 2.55% de fibra de acero, evidenciando resistencias superiores respecto al diseño original, que establece un valor de 155.75 kg/cm² tras los 14 días.

i) Resistencia a la compresión de CP + 2.55% FA a 28 Días

Tabla 39

Resistencia del CPP + 2.55% FA

Resistencia a la compresión CPP + 2.55% FA – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
B-1	189.84		9.58
B-2	179.42		3.56
B-3	191.55	173.25	10.56
B-4	185.77		7.23
B-5	187.77		8.38
\bar{X}	186.87	-	7.86

La tabla 39, expone los resultados para la resistencia del CPP con la inclusión de 2.55% FA, mostrando tensiones de rotura que superan el 99% tras 28 días de curado. Además, se observa una variación media del 7.86%.

Figura 35

Variación del CPP + 2.55% FA

La figura 35, expone cómo varía la resistencia del CPP tras la adición de un 2.55% de fibra de acero, evidenciando resistencias superiores respecto al diseño original, que establece un valor de 173.25 kg/cm² tras los 28 días.

4.1.3. Comparación de resistencias a compresión del CPP + %FC y +%FA

4.1.3.1. Comparativo de la compresión del concreto poroso + FC a los 7 Días

Tabla 40

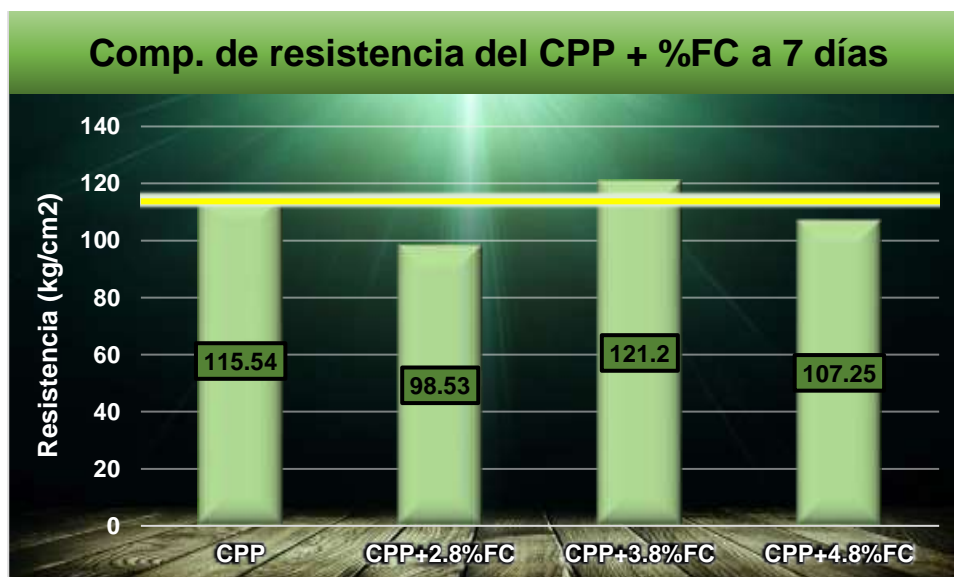
Resistencias de concreto + FC

Comparación de Resistencia – 7 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
CPP	115.54		1.57
CPP + 2.8%FC	98.53	113.75	-13.38
CPP + 3.8%FC	121.20		6.55
CPP + 4.8%FC	107.25		-5.72

La Tabla 40 muestra una comparación detallada de las resistencias obtenidas tras 7 días de curado. Los resultados indican un incremento progresivo en la resistencia del material, con un aumento del 6,55% en relación con el concreto patrón.

Figura 36

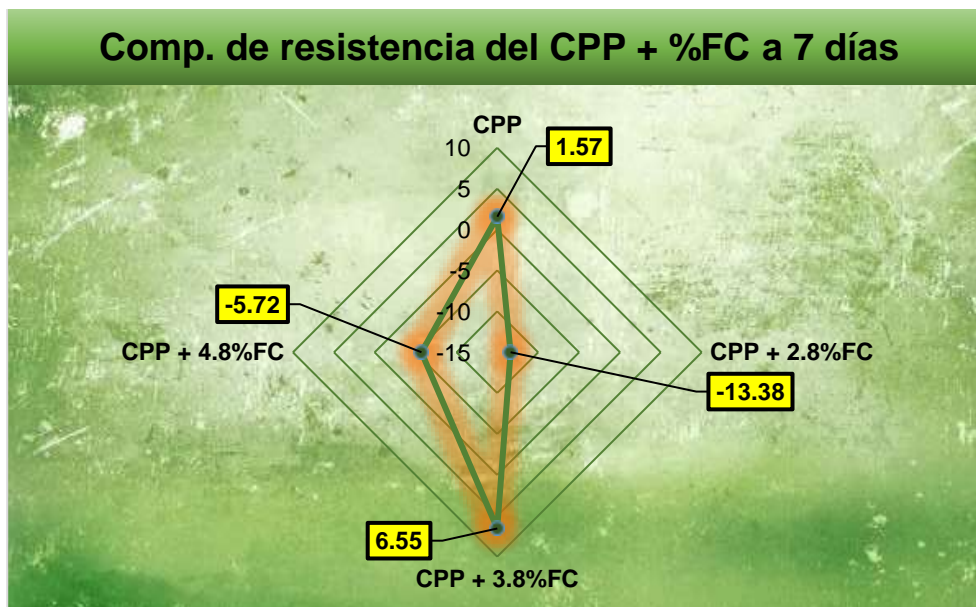
Comparativo de la resistencia del concreto + % FC



La figura 36, contiene el comparativo de las resistencias alcanzadas tras los 7 días de curado, obteniendo la mayor resistencia de 121.20 kg/cm² alcanzado con la adición del CPP + 3.8% FC.

Figura 37

Variación de la resistencia CPP + % FC



La figura 37, expone cómo varía las resistencias alcanzadas tras los 7 días de curado, dando un crecimiento en la resistencia del 6.55% frente a la resistencia de diseño (65%).

4.1.3.2. Comparativo de la compresión del concreto poroso + FC a los 14 Días

Tabla 41

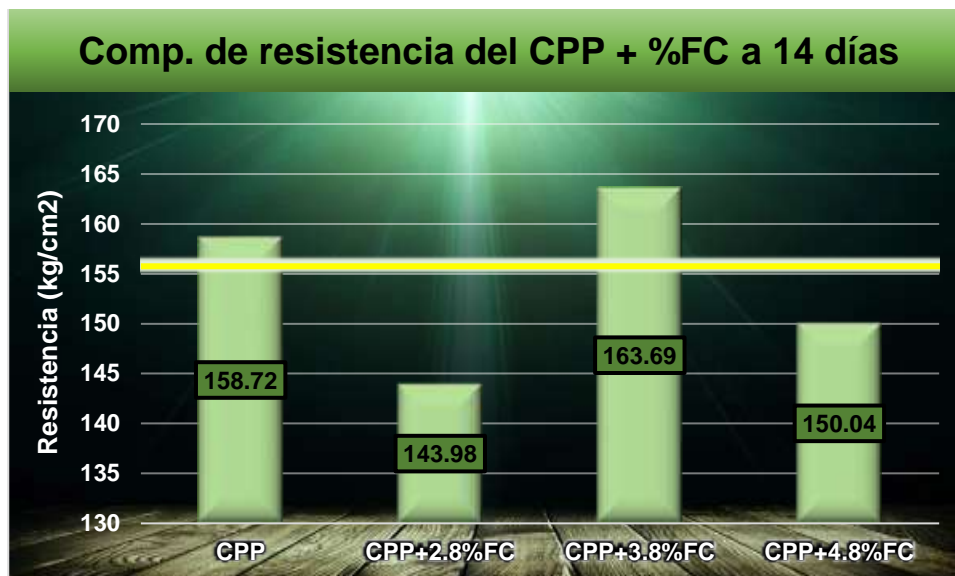
Resistencias de concreto + FC

Comparación de Resistencia – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
CPP	158.72	155.75	1.91
CPP + 2.8%FC	143.98		-7.55
CPP + 3.8%FC	163.69		5.10
CPP + 4.8%FC	150.04		-3.67

La Tabla 41 muestra una comparación detallada de las resistencias obtenidas tras 14 días de curado. Los resultados indican un incremento progresivo en la resistencia del material, con un aumento del 5.10% en relación con el concreto patrón.

Figura 38

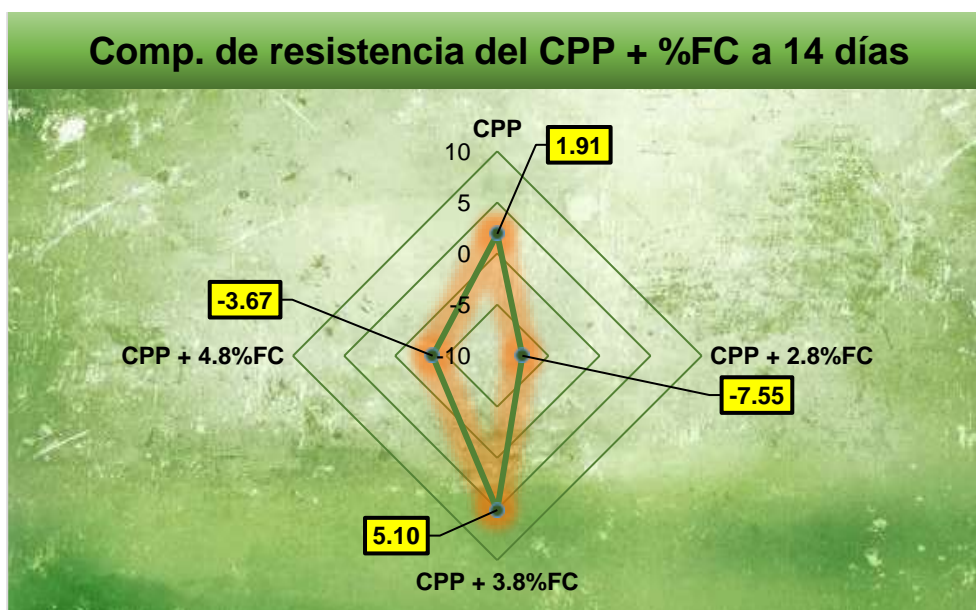
Comparativo de la resistencia del concreto + % FC



La figura 38, contiene el comparativo de las resistencias alcanzadas tras los 14 días de curado, obteniendo la mayor resistencia de 163.69 kg/cm² alcanzado con la adición del CPP + 3.8% FC.

Figura 39

Variación de la resistencia CPP + % FC



La figura 39, expone cómo varía las resistencias alcanzadas tras los 14 días de curado, dando un crecimiento en la resistencia del 5.10% frente a la resistencia de diseño (90%).

4.1.3.3. Comparativo de la compresión del concreto poroso + FC a los 28 Días

Tabla 42

Resistencias de concreto + FC

Comparación de Resistencia – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
CPP	177.36		2.37
CPP + 2.8%FC	179.78	173.25	3.77
CPP + 3.8%FC	184.14		6.28
CPP + 4.8%FC	172.87		-0.22

La Tabla 42 muestra una comparación detallada de las resistencias obtenidas tras 28 días de curado. Los resultados indican un incremento progresivo en la resistencia del material, con un aumento del 6.28% en relación con el concreto patrón.

Figura 40

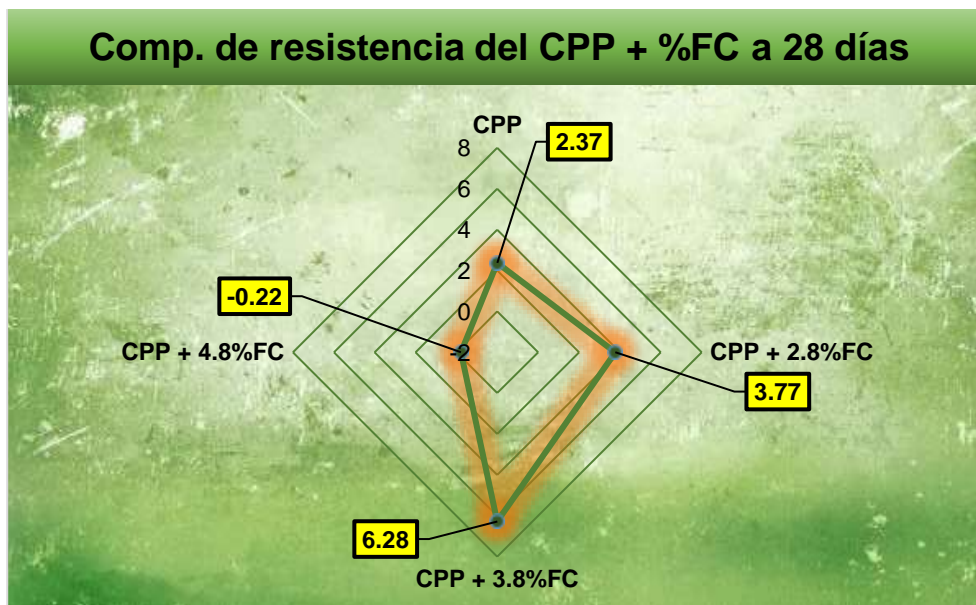
Comparativo de la resistencia del concreto + % FC



La figura 40, contiene el comparativo de las resistencias alcanzadas tras los 28 días de curado, obteniendo la mayor resistencia de 184.14 kg/cm² alcanzado con la adición del CPP + 3.8% FC.

Figura 41

Variación de la resistencia CPP + % FC



La figura 41, expone cómo varía las resistencias alcanzadas tras los 28 días de curado, dando un crecimiento en la resistencia del 6.28% frente a la resistencia de diseño (100%).

4.1.3.4. Comparativo de la compresión del concreto poroso + FA a los 7 Días

Tabla 43

Resistencias de concreto + FA

Comparación de Resistencia – 7 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
CPP	115.54		1.57
CPP + 0.85%FA	122.16		7.39
CPP + 1.70%FA	129.37	113.75	13.73
CPP + 2.55%FA	124.08		9.08

La Tabla 43 muestra una comparación detallada de las resistencias obtenidas tras 7 días de curado. Los resultados indican un incremento progresivo en la resistencia del material, con un aumento del 13.73% en relación con el concreto patrón.

Figura 42

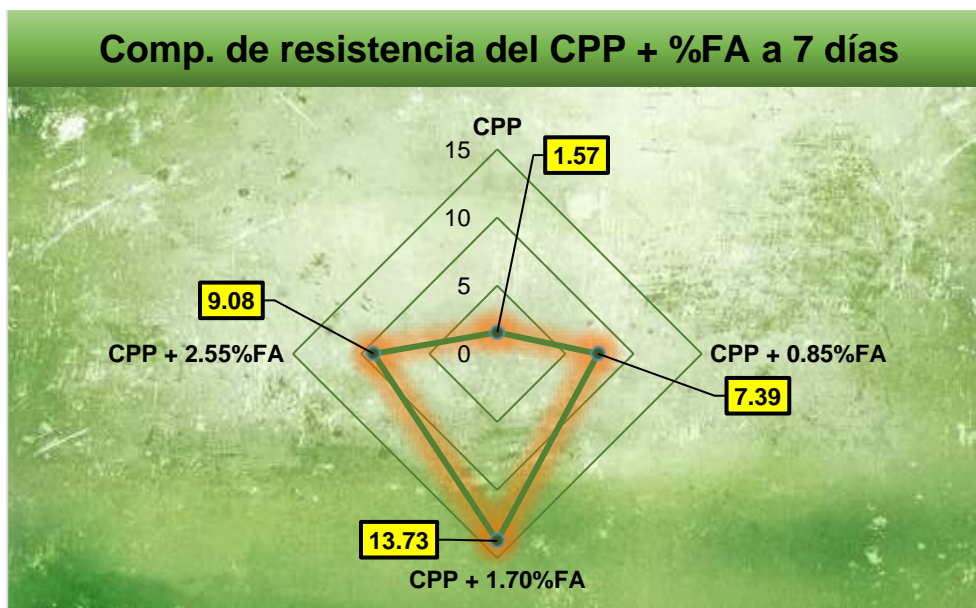
Comparativo de la resistencia del concreto + % FA



La figura 42, contiene el comparativo de las resistencias alcanzadas tras los 7 días de curado, obteniendo la mayor resistencia de 129.37 kg/cm² alcanzado con la adición del CPP + 1.70% FA.

Figura 43

Variación de la resistencia CPP + % FA



La figura 43, expone cómo varía las resistencias alcanzadas tras los 7 días de curado, dando un crecimiento en la resistencia del 13.73% frente a la resistencia de diseño (65%).

4.1.3.5. Comparativo de la compresión del concreto poroso + FA a los 14 Días

Tabla 44

Resistencias del concreto + FA

Comparación de Resistencia – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
CPP	158.72		1.91
CPP + 0.85%FA	160.78	155.75	3.23
CPP + 1.70%FA	173.47		11.38
CPP + 2.55%FA	167.69		7.67

La Tabla 44 muestra una comparación detallada de las resistencias obtenidas tras 14 días de curado. Los resultados indican un incremento progresivo en la resistencia del material, con un aumento del 11.38% en relación con el concreto patrón.

Figura 44

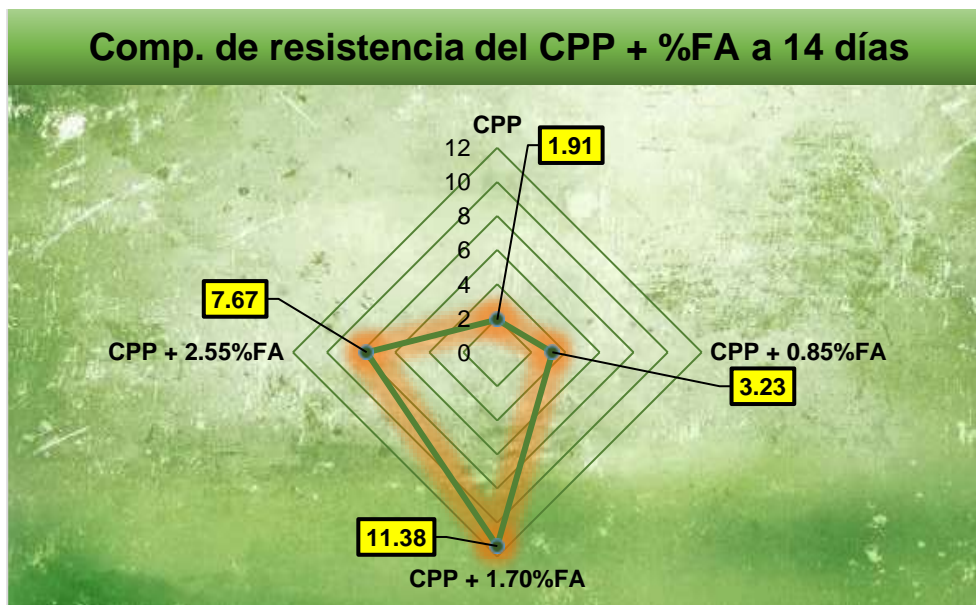
Comparativo de la resistencia del concreto + % FA



La figura 44, contiene el comparativo de las resistencias alcanzadas tras los 14 días de curado, obteniendo la mayor resistencia de 173.47 kg/cm² alcanzado con la adición del CPP + 1.70% FA.

Figura 45

Variación de la resistencia CPP + % FA



La figura 45, expone cómo varía las resistencias alcanzadas tras los 14 días de curado, dando un crecimiento en la resistencia del 11.38% frente a la resistencia de diseño (90%).

4.1.3.6. Comparativo de la compresión del concreto poroso + FA a los 28 Días

Tabla 45

Resistencias del concreto + FA

Comparación de Resistencia – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm2)	Diseño (kg/cm2)	% Variación
CPP	177.36		2.37
CPP + 0.85%FA	182.80	173.25	5.51
CPP + 1.70%FA	198.97		14.85
CPP + 2.55%FA	186.87		7.86

La Tabla 45 muestra una comparación detallada de las resistencias obtenidas tras 7 días de curado. Los resultados indican un incremento progresivo en la resistencia del material, con un aumento del 14.85% en relación con el concreto patrón.

Figura 46

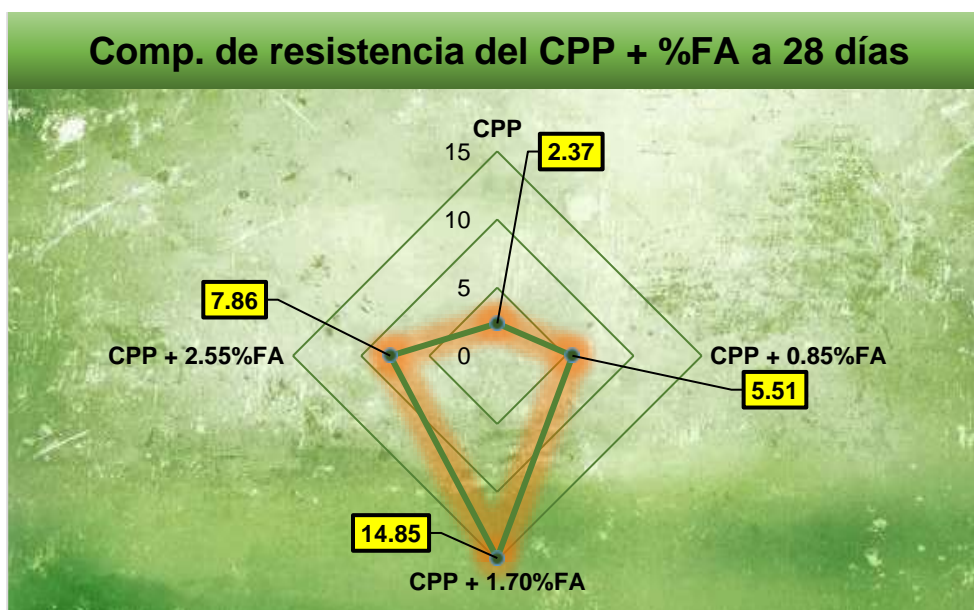
Comparativo de la resistencia del concreto + % FA



La figura 46, contiene el comparativo de las resistencias alcanzadas tras los 28 días de curado, obteniendo la mayor resistencia de 198.97 kg/cm² alcanzado con la adición del CPP + 1.70% FA.

Figura 47

Variación de la resistencia CPP + % FA



La figura 47, expone cómo varía las resistencias alcanzadas tras los 28 días de curado, dando un crecimiento en la resistencia del 14.85% frente a la resistencia de diseño (100%).

4.1.4. Resultados de la incorporación de fibra de caucho y fibra de acero en el coeficiente de permeabilidad del concreto poroso

Tabla 46

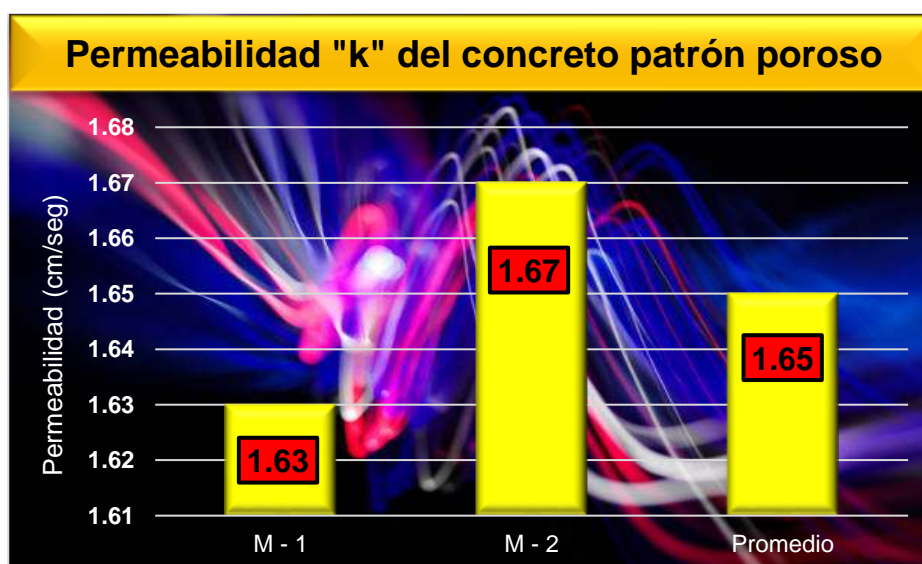
Permeabilidad del CPP

Permeabilidad concreto patrón poroso		
Muestra	Tiempo (seg.)	Coefficiente de Permeabilidad (cm/seg)
M-1	10	1.63
M-2	10	1.67
\bar{X}	10	1.65

La tabla 46, expone los resultados de la permeabilidad del CPP, obteniendo un tiempo de 10 seg y permeabilidades de las muestras 1 y 2 siendo 1.63 y 1.67 cm/seg. para cada caso.

Figura 48

Permeabilidad "k" del CPP



La Figura 48 presenta los valores correspondientes a la permeabilidad del CP, destacando un promedio de 1,65 cm/seg. Este resultado refleja las características específicas de permeabilidad del material bajo las condiciones evaluadas.

4.1.3.1. Coeficiente de permeabilidad del concreto patrón + Fibra de caucho

Tabla 47

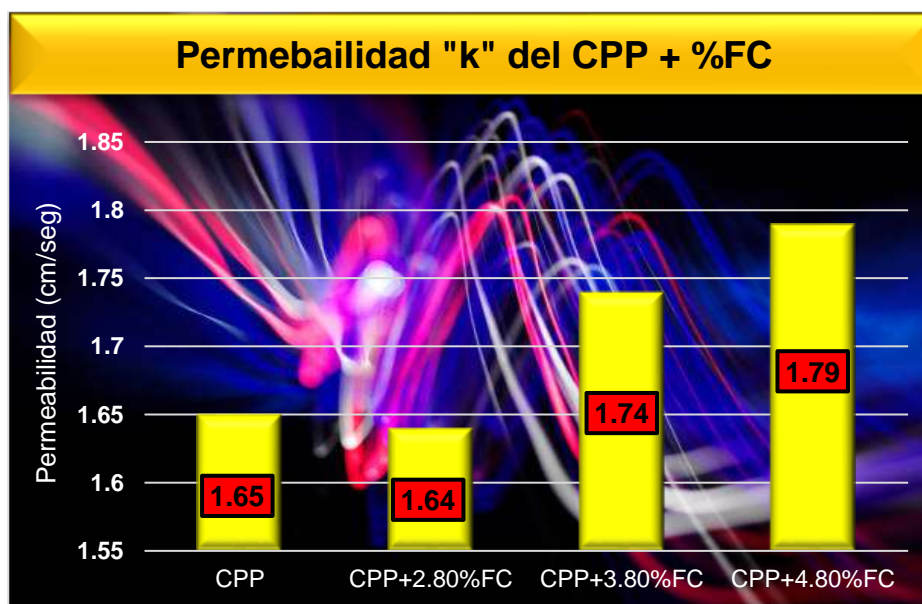
Permeabilidad del CP + fibra de caucho

Permeabilidad de CPP + FC				
Combinación	Muestra	Tiempo (seg.)	C. Perm. "k" (cm/seg)	Media "k" (cm/seg)
CPP	M-1	10	1.63	1.65
	M-2	10	1.67	
CPP + 2.80%FC	M-3	13	1.64	1.64
	M-4	12	1.63	
CPP + 3.80%FC	M-5	14	1.75	1.74
	M-6	13	1.73	
CPP + 4.80%FC	M-7	13	1.77	1.79
	M-8	15	1.80	

La tabla 47, expone los resultados correspondientes a la permeabilidad del CPP con la inclusión de fibra de caucho, obteniendo una permeabilidad que se incrementa conforme se va aumentando las fibra de caucho.

Figura 49

Permeabilidad del CPP + fibra de caucho



La figura 49, ilustra cómo varía la permeabilidad del CPP con una inclusión de fibra de caucho, obteniéndose variaciones que aumentan con la inclusión de la fibra de caucho en 1.64 cm/seg., 1.74 cm/seg. y 1.79 cm/seg., donde la permeabilidad más alto conseguido es 1.79 cm/seg logrado con la adición del CPP + 4.80% FC.

4.1.3.2. Coeficiente de permeabilidad del concreto patrón + fibra de acero

Tabla 48

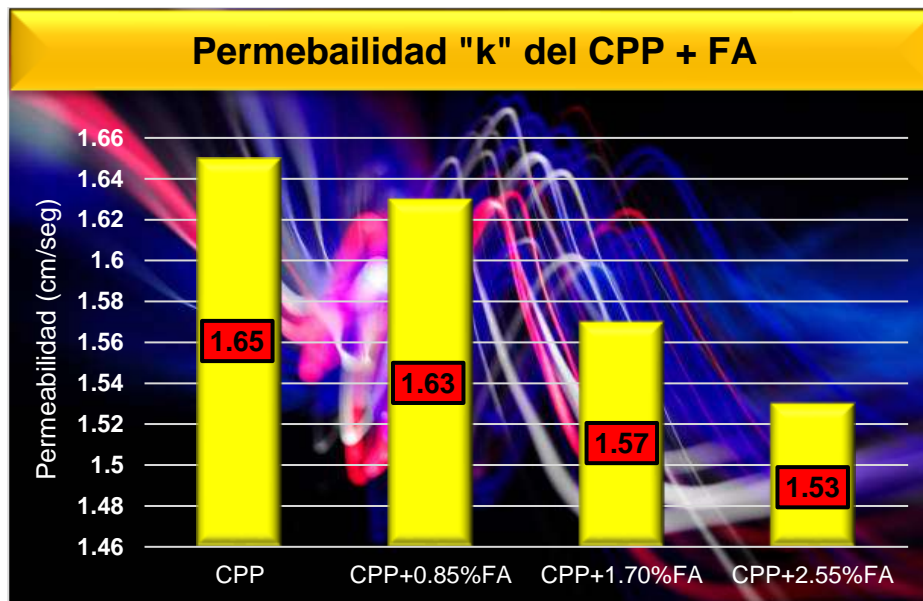
Permeabilidad del CP + fibra de acero

Permeabilidad de CPP + FA				
Combinación	Muestra	Tiempo (seg.)	C. Perm. "k" (cm/seg)	Media "k" (cm/seg)
CP Poroso	M-1	10	1.63	1.65
	M-2	10	1.67	
CPP + 0.85%FA	M-3	13	1.62	1.63
	M-4	12	1.64	
CPP + 1.70%FA	M-5	11	1.57	1.57
	M-6	12	1.56	
CPP + 2.55%FA	M-7	11	1.54	1.53
	M-8	10	1.52	

La tabla 48, expone los resultados correspondientes a la permeabilidad del CPP con una inclusión de fibra de acero, obteniendo permeabilidades que se reducen conforme se van aumentando las fibra de acero.

Figura 50

Permeabilidad CPP + fibra de acero



La figura 50, ilustra cómo varía la permeabilidad del CPP con una inclusión de fibra de acero, obteniéndose variaciones que se reducen con la inclusión de fibras de acero en 1.63 cm/seg., 1.57 cm/seg. y 1.53 cm/seg., donde la permeabilidad más alto conseguido es 1.63 cm/seg alcanzado con la adición del CPP + 0.85% FA.

4.2. Discusión de Resultados

Las investigaciones mencionadas en el Capítulo II sirven de base para el análisis de los resultados, lo que permite comparar exhaustivamente los datos recogidos por esos autores con las conclusiones del presente estudio. Mediante esta comparación, se pueden detectar tanto las similitudes como las diferencias entre las investigaciones anteriores y los hallazgos actuales, lo cual ayuda a realizar un análisis más exhaustivo sobre las posibles causas y factores que afectan a estas discrepancias.

El propósito central de esta investigación fue evaluar el impacto del uso de fibras de caucho y acero en el concreto poroso empleado en vías peatonales del distrito de Pomata para el año 2024. Los resultados obtenidos indican que al incorporar fibras en proporciones de 0.85%, 1.70% y 2.55%, se alcanzó una resistencia de 175 kg/cm². Este hallazgo es coherente con el estudio de Aguilar y Dipaz (2021), quienes también observaron un incremento en la resistencia a 210 kg/cm² al añadir entre 6% y 12% de FA al concreto. La aplicación de metodologías y procedimientos similares a estudios previos ha arrojado resultados comparables. El trabajo de Aguilar y Dipaz apoya esta tendencia, aunque investigaciones posteriores, como la de Vega (2021), al utilizar fibras metálicas, no encontraron mejoras significativas en la resistencia (280 kg/cm²) del concreto, incluso usando la misma metodología. Este contraste podría deberse a las diferencias en las proporciones y en la disposición de las fibras. En este caso, la investigación actual utilizó fibras recicladas de acero de 2 mm x 60 mm en proporciones de 0.85%, 1.70% y 2.55% respecto al volumen del concreto, lo que permitió corroborar los hallazgos de otros estudios y aportar evidencia adicional a las conclusiones de Vega (2021).

El asentamiento de la muestra patrón fue de 0.2 pulgadas, mientras que al agregar 0.85%, 1.70% y 2.55% de fibras de acero, los valores fueron de 0.6 pulg, 0.2 pulg y 0.0 pulg, para cada caso, en comparación con el modelo de concreto personalizado que utilizó un porcentaje reducido de fibras de acero reciclado. De igual manera, la permeabilidad del concreto patrón poroso alcanzó 1.65 cm/seg, y al añadir las mismas proporciones de fibra



de acero (0.85%, 1.70% y 2.55%), la permeabilidad se redujo a 1.63, 1.57 y 1.53 cm/seg, respectivamente. Este resultado es consistente con el estudio de Estela y Vásquez (2020), quienes concluyeron que las fibras de acero reciclado no influyen significativamente en el rendimiento del concreto cuando se agregan en proporciones del 2%, 4% y 6%. En su investigación, observaron un asentamiento de 3 pulg en la muestra del modelo y valores cercanos de 3.25, 2.97 y 2.85 pulgadas cuando se incorporó FAR en esas mismas proporciones. De igual forma, la permeabilidad de la muestra patrón fue de 1.70 cm/seg, y con la adición de FA reciclado en proporciones similares, los valores de permeabilidad fueron de 1.70, 1.60 y 1.80 cm/seg, respectivamente. Estas coincidencias pueden explicarse por el uso de métodos y procedimientos similares, lo que facilitó la comparación directa y la confirmación de los resultados observados por Estela y Vásquez (2020).



CONCLUSIONES

Primera, el empleo de fibras de caucho y de acero en el concreto poroso para vías peatonales influye en el asentamiento, la trabajabilidad de la mezcla. Las fibras de caucho aumentan mínimamente el asentamiento y mantienen una consistencia seca, mientras que las FA reducen el asentamiento, llegando a ser nulo en altas proporciones, con una consistencia seca.

Segunda, se determinó que la aplicación de fibras de caucho y acero influye de manera positiva en la resistencia del concreto poroso. La adición de un 3.8% de fibra de caucho a los 28 días resultó en una resistencia de 184.14 kg/cm². De forma similar, la incorporación de un 1.70% de fibra de acero incrementó la resistencia a 198.97 kg/cm², evidenciando la eficacia de ambos materiales en mejorar las propiedades mecánicas del concreto.

Tercera, el coeficiente de permeabilidad para el CPP es de 1.65 cm/seg. Para el concreto poroso con la adición de fibra de caucho, la permeabilidad más bajo registrado es de 1.64 cm/seg, obtenido con una adición de 2.80% de fibra de caucho. Asimismo, para el concreto poroso con la adición de fibra de acero, la permeabilidad más bajo fue de 1.53 cm/seg, alcanzado con la adición de 2.55% de fibra de acero.



RECOMENDACIONES

Primera, Se recomienda realizar el ensayo de asentamiento (Slump) en conjunto con los materiales y aditivos utilizados en la elaboración del concreto. Esta combinación permitirá evaluar de manera más precisa el comportamiento del concreto fresco, garantizando que las propiedades obtenidas durante el ensayo reflejen las condiciones reales del material en su aplicación final.

Segunda, se sugiere el uso de fibras de acero en la elaboración de concreto poroso, ya que su aplicación es fundamental para mejorar la durabilidad y resistencia de las vías peatonales, especialmente en condiciones de humedad y durante temporadas de lluvias. Este tipo de refuerzo permite que el concreto mantenga su integridad estructural y capacidad de drenaje, reduciendo el deterioro asociado a la acumulación de agua.

Tercera, Se recomienda llevar a cabo una evaluación exhaustiva de los tiempos máximos y mínimos de permeabilidad en concretos porosos, especialmente en aquellos que han sido fabricados con aditivos o elementos diseñados para mejorar la impermeabilidad. Este análisis permitirá determinar con mayor precisión la eficacia de dichos componentes en la reducción de la permeabilidad, y contribuirá a optimizar el desempeño de los concretos en aplicaciones que requieran un control riguroso de la absorción de agua.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, D., & Dipaz, Y. (2021). *Efecto de la incorporación de fibras de acero reciclado de neumáticos y microsílíce en el concreto para el uso en pavimento rígido en la av. Javier Pérez de Cuéllar, Ayacucho, 2021*. Ayacucho - Perú: Universidad Continental. Obtenido de [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/___IV_FIN_105_TE_Aguilar_Dipaz_2021%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/___IV_FIN_105_TE_Aguilar_Dipaz_2021%20(1).pdf)
- Alejo, M., & Quispe, M. (2024). *Influencia del porcentaje de agregado reciclado en el comportamiento físico - mecánico del concreto permeable en la ciudad de Puno*. Puno - Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/21416/Alejo_Mariluz_Quispe_Miriam.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Barrezueta, M. (2020). *Propuesta de diseño de firmes permeables para calles urbanas en la ciudad de machala*. Ecuador: Universidad Técnica de Machala. Obtenido de <https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16098/1/TTFIC-2020-IC-DE00007.pdf>
- Cabrera, K., & Peñafiel, D. (2023). *Diseño de hormigón sustentable con fibras de caucho de neumáticos fuera de uso con una resistencia de 24 Mpa*. Cuenca - Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/25481/4/UPS-CT010674.pdf>
- Creswell, J., & Creswell, D. (2017). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Sage Publications. Obtenido de https://spada.uns.ac.id/pluginfile.php/510378/mod_resource/content/1/creswell.pdf
- Creswell, John. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. SAGE Publications. Obtenido de https://www.ucg.ac.me/skladiste/blog_609332/objava_105202/fajlovi/Creswell.pdf
- Elizondo, E. (2020). *Estudio de superficies urbanas multifuncionales de hormigón poroso*. Santander - España: Universidad de Cantabria. Obtenido de <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/19256/Tesis%20EJEM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Estela, J., & Vásquez, J. (2020). *Influencia de la incorporación de partículas de caucho reciclado en concreto poroso, en la ciudad de Jaén - Cajamarca*. Jaén - Perú: Universidad de Jaén. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/337273746.pdf>



- Hernandez & Baptista. (2014). *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill. Mexico. Obtenido de <https://www.icmujeres.gob.mx/wp-content/uploads/2020/05/Sampieri.Met.Inv.pdf>
- Isidro, J. (2018). *Influencia de la adición de fibras de acero en las propiedades del concreto empleado para pavimentos en la construcción de pistas en la ciudad de Puno*. Puno - Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/Isidro_Chagua_Jhonson%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/Isidro_Chagua_Jhonson%20(1).pdf)
- Lopez, L. F., & Portocarrero, C. A. (2023). *Diseño de concreto poroso $f'c=175$ Kg/cm² reemplazando fibra de caucho para mejorar la permeabilidad y compresión, Morales 2023*. Tarapoto - Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de file:///C:/Users/INTEL/Downloads/Lopez_CLF-Potocarrero-RCA-SD.pdf
- Páez, D., & Prada, I. (2020). *Implementación del concreto permeable en el barrio pardo rubio en la calle 47 con Cra 3 Este*. Bogotá - Colombia: Universidad Antonio Nariño. Obtenido de <https://repositorio.uan.edu.co/server/api/core/bitstreams/0b99f2cf-16f6-460b-858c-e9197cd7039f/content>
- Peña, M., & Laguna, R. (2021). *Propuesta de diseño de concreto permeable, con distintas relaciones agua cemento y aditivo plastificante, de uso en vías peatonales, como alternativa para reducir el encharcamiento pluvial en calles de Huaraz – Áncash*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de https://upc.aws.openrepository.com/bitstream/handle/10757/657846/Pe%c3%b1a_PM.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Robayo, M. C. (2022). *Hormigón con fibra de acero y caucho reciclado para mitigación ambiental en el sector de la construcción de guayaquil*. Guayaquil - Ecuador: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/5289/1/T-ULVR-4282.pdf>
- Vega, D. (2021). *Mejoramiento de las propiedades mecánicas del concreto con fibra de acero para pavimento rígido, Lima 2020*. Lima - Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/81861/Vega_ADA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y



ANEXOS



Anexo A. Matriz de Consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es el efecto del empleo de fibra de caucho y fibra de acero en proporciones variables en el mejoramiento de las propiedades de un concreto poroso para vías peatonales en el distrito de Pomata 2024?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Analizar el efecto del empleo de fibra de caucho y fibra de acero en proporciones variables en el mejoramiento de las propiedades de un concreto poroso para vías peatonales en el distrito de Pomata 2024.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>El efecto del empleo de fibra de caucho y fibra de acero en proporciones variables aportará positivamente en el mejoramiento de las propiedades de un concreto poroso para vías peatonales en el distrito de Pomata 2024.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>FIBRA DE CAUCHO Y FIBRA DE ACERO</p> <p>Dimensiones: <i>Fibra de caucho</i> M+2.80%FC M+3.80% FC M+4.80%FC</p> <p><i>Fibra de acero</i> M+ 0.85%FA M+ 1.70%FA M+2.55%FA</p> <p>Variable Dependiente</p> <p>PROPIEDADES DEL CONCRETO POROSO</p> <p>Dimensiones: <i>Asentamiento</i> <i>Resistencia a la compresión</i> <i>Coefficiente de permeabilidad</i></p>	<p>Fichas y Herramientas de Laboratorio</p> <p>Equipos y herramienta de Laboratorio de concretos.</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>¿De qué manera el empleo de fibra de caucho y fibra de acero en proporciones variables influye en el asentamiento de la mezcla de concreto poroso para vías peatonales en el distrito de Pomata 2024?</p> <p>¿De qué manera la aplicación de fibra de caucho y fibra de acero en proporciones variables incide en la resistencia a la compresión del concreto poroso para vías peatonales en el distrito de Pomata 2024?</p> <p>¿De qué manera la incorporación de fibra de caucho y fibra de acero en proporciones variables impacta en el coeficiente de permeabilidad del concreto poroso para vías peatonales en el distrito de Pomata 2024?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>Evaluar la manera en que el empleo de fibra de caucho y fibra de acero en proporciones variables influye en el asentamiento de la mezcla de concreto poroso para vías peatonales en el distrito de Pomata 2024.</p> <p>Determinar la manera en que la aplicación de fibra de caucho y fibra de acero en proporciones variables incide en la resistencia a la compresión del concreto poroso para vías peatonales en el distrito de Pomata 2024.</p> <p>Determinar la manera en que la incorporación de fibra de caucho y fibra de acero en proporciones variables impacta en el coeficiente de permeabilidad del concreto poroso para vías peatonales en el distrito de Pomata 2024.</p>	<p>Hipótesis Específicas</p> <p>El empleo de fibra de caucho y fibra de acero en proporciones variables influirá de manera positiva en el asentamiento de la mezcla de concreto poroso para vías peatonales en el distrito de Pomata 2024.</p> <p>La aplicación de fibra de caucho y fibra de acero en proporciones variables incidirá de manera significativa en la resistencia a la compresión del concreto poroso para vías peatonales en el distrito de Pomata 2024.</p> <p>La incorporación de fibra de caucho y fibra de acero en proporciones variables impactará de forma positiva en el coeficiente de permeabilidad del concreto poroso para vías peatonales en el distrito de Pomata 2024.</p>		

Anexo B. Panel Fotográfico

Fotografía N° 01: Ensayo de análisis granulométrico



Fotografía N° 02: Pesado de la muestra



Fotografía N° 03: Secado de la muestra



Fotografía N° 04: Secado de la muestra



Fotografía N° 05: Absorción con el método de Picnómetro



Fotografía N° 06: Pesado del Picnómetro



Fotografía N° 07: Pesado del molde para peso unitario



Fotografía N° 08: Llenado de la muestra seca para peso unitario



Fotografía N° 09: Varillado de muestra para peso unitario



Fotografía N° 10: Resistencia a compresión



Fotografía N° 11: Cantidad de muestra evaluadas



Fotografía N° 12: Rotura de la briqueta



Fotografía N° 13: Medición del diámetro de la briqueta con vernier



Fotografía N° 14: Ensayo de resistencia a la compresión



Fotografía N° 15: Vigas de concreto



Fotografía N° 16: Ensayo de resistencia a flexión



Fotografía N° 17: Rotura de la viga





Anexo C. Certificados de Calidad de Laboratorio



PROYECTO : EFECTO DEL EMPLEO DE FIBRA DE CAUCHO Y FIBRA DE ACERO EN PROPORCIONES VARIABLES EN EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO POROSO PARA VÍAS PEATONALES EN EL DISTRITO DE POMATA 2024

SOLICITANTE : Bach. FREDY TICONA PARQUI

CANTERA : POMATA

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV

FECHA : 24 DE JUNIO DEL 2024

ANÁLISIS MECÁNICO Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

AGREGADO FINO

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro	
3/8"	0	0.00	0.00	100.00	A	-Peso de muestra secada al horno <u>485.57</u>
N° 4	0.00	0.00	0.00	100.00	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) <u>500.00</u>
N° 8	64.83	12.97	12.97	87.03	Wc	-Peso del picnómetro con agua <u>1319.46</u>
N° 16	86.35	17.27	30.24	69.76	W	-Peso del Pic. + muestra + agua <u>1621.58</u>
N° 30	161.38	32.28	62.51	37.49	PESO ESPECÍFICO	
N° 50	130.75	26.15	88.66	11.34	Wc+B =	<u>1819</u> Wc+B-W = <u>198</u>
N° 100	35.96	7.19	95.85	4.15	Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = \frac{500.00}{1621.58 - 1819} = 2.53 \text{ gr/cm}^3$
N° 200	7.96	1.59	97.45	2.55	ABSORCIÓN	
FONDO	12.77	2.55	100.00	0.00	B =	<u>500.00</u> B-A = <u>14.43</u>
SUMA	500.00	100.00			Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = \frac{14.43 \times 100}{500.00} = 2.97 \%$
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico						
Mf = MODULO DE FINEZA					2.90	

AGREGADO GRUESO

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro	
2"	0	0.00	0.00	100.00	A	-Peso de muestra secada al horno <u>776.54</u>
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) <u>800.00</u>
1"	49	1.40	1.40	98.60	Wc	-Peso del picnómetro con agua <u>1319.46</u>
3/4"	483	13.80	15.20	84.80	W	-Peso del Pic. + muestra + agua <u>1775.32</u>
1/2"	1038	29.66	44.86	55.14	PESO ESPECÍFICO	
3/8"	652	18.63	63.49	36.51	Wc+B =	<u>2119</u> Wc+B-W = <u>344</u>
1/4"					Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = \frac{800.00}{1775.32 - 2119} = 2.32 \text{ gr/cm}^3$
N° 4	1262	36.06	99.54	0.46	ABSORCIÓN	
FONDO	16.00	0.46	100.00	0.00	B =	<u>800.00</u> B-A = <u>23.46</u>
SUMA	3500.00	100.00			Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = \frac{23.46 \times 100}{800.00} = 3.02 \%$
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico						

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



INVESTIGACIÓN INVESTIGACIONES Y ASISTENCIA TÉCNICA
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

Mgr. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103257

BIE: 0006-00303124



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : EFECTO DEL EMPLEO DE FIBRA DE CAUCHO Y FIBRA DE ACERO EN PROPORCIONES VARIABLES EN EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO POROSO PARA VÍAS PEATONALES EN EL DISTRITO DE POMATA 2024

SOLICITANTE : Bach. FREDY TICONA PARQUI

CANTERA : POMATA

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV

FECHA : 24 DE JUNIO DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD

A. FINO	
P.T. M. HUM	504.03
P.T.M. SECA	478.15
P.TARRO	43.55
P AGUA	25.88
P.S.SECO	434.60
% HUMEDAD	5.95

A. GRUESO	
P.T. M. HUM	640.58
P.T.M. SECA	614.21
P.TARRO	43.64
P AGUA	26.37
P.S.SECO	570.57
% HUMEDAD	4.62

PESOS UNITARIOS

AGREGADO FINO

SUELTO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
5984	1597	2722	1612
5967	1597	2722	1605
5965	1597	2722	1605
			1607

AGREGADO GRUESO

SUELTO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
7191	1860	3524	1513
7172	1860	3524	1507
7169	1860	3524	1507
			1509

VARILLADO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
6347	1597	2722	1745
6335	1597	2722	1741
6329	1597	2722	1738
			1741

VARILLADO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
7685	1860	3524	1653
7673	1860	3524	1650
7651	1860	3524	1643
			1649

OBSERVACIONES: LOS ENSAYOS FUERON REALIZADAS POR LOS TESISISTAS EN LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL

[Handwritten Signature]
Metr. Arnaldo Yana Torres
CIP 10395

BIE : 8006-00303124



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



DISEÑO DE MEZCLA F'c = 175 Kg./cm.²

PROYECTO : EFECTO DEL EMPLEO DE FIBRA DE CAUCHO Y FIBRA DE ACERO EN PROPORCIONES VARIABLES EN EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO POROSO PARA VÍAS PEATONALES EN EL DISTRITO DE POMATA 2024

SOLICITANTE : Bach. FREDY TICONA PARQUI

CANTERA : POMATA

UBICACIÓN : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV

FECHA : 24 DE JUNIO DEL 2024

PROCESO DE DISEÑO:

NORMAS: ACI-R522r-10

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión F'c = 175 Kg./cm.² a los 28 días
entonces la resistencia promedio F'cr = 259 Kg./cm.²

Las condiciones de colocación permiten un asentamiento de 0"

SE UTILIZARA EL CEMENTO RUMI PORTLAND TIPO IP

Dado el uso del agregado grueso, se utilizará el único agregado de calidad satisfactoria y económicamente disponible, el cual cumple con las especificaciones. Cuya graduación para el diámetro máximo nominal es de: 1 " (25.40mm)

Además se indica las pruebas de laboratorio para los agregados realizadas previamente:

RESULTADOS DE LABORATORIO

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
P.e de Sólidos		
P.e SSS	2.32	2.53
P.e Bulk		
P.U. Varillado	1649	1741
P.U. Suelto	1509	1607
% de Absorción	3.02	2.97
% de Humedad Natural	4.62	5.95
Modulo de Fineza	-	2.90

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

- La relación agua cemento se obtiene de las tablas proporcionadas por el ACI 522: 0.40
- Se usará el agregado disponible en la localidad, el cual posee un DMN: 1 " (25.40mm)
- Contenido de vacíos: USO N° 8 Cv = 19 %
- Determinación de volumen de pasta: = 0.23 Ligeramente compactado
- Cálculo de volúmenes

$$\text{Vol. A. Grueso (Vag)} = 1 - (\text{Vp} + \text{Cv})$$

$$\text{Vol. A. Grueso (Vag)} = 0.58$$

$$\text{A. grueso} = 1448.506 \text{ kg}$$



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAR. INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

BIE : B006-00303124



6. Cantidad de cemento

Cemento	=	306.31	kg
Volumen de cemento	=	0.107	m ³
Cont. de Agua	=	122.52	kg
Vol. de Agua	=	0.123	m ³
Volumen total de sólidos	=	0.81	m ³

7. Considerando un Porcentaje de Finos

Porcentaje de Finos:		5	%
Vol. A. Grueso (Vag)	=	0.551	Vol. A. Grueso (Vag): = 0.029
A grueso	=	1376.081	kg
A fino	=		73.57 kg

Confirmar porcentajes de vacíos

19 % OK

8. Corrección por absorción, humedad y aportes

Aporte A. Grueso	1376	*	0.012	=	16.51
Aporte A. Fino	73.57	*	0.041	=	3.02
Total Aportes				=	19.528
Agua Efectiva					103.121 lt/m ³

Valores de diseño corregidos por humedad:

A Grueso Húmedo	1376	*	1.046	=	1439.381	kg/m ³
A Grueso Fino	73.57	*	1.008	=	74.159	kg/cm ³

DOSIFICACIÓN

AGREGADO	DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (Kg/m ³)	PROPORCIÓN EN VOLUMEN PESO SECO	DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO (Kg/m ³)
Cemento	306.308	1.000	306.308
Agua	122.523	0.400	103.121
Agreg. Grueso	1376.081	4.492	1439.381
Agreg. Fino	73.570	0.240	74.159
Aire	19.0 %		19.0 %

7.21 BOLSAS / m³ DE CEMENTO

OBSERVACIONES:

LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
FICP - O.P. INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. Anayaldo Yana Torres

BIE : B006-00303124



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

PROYECTO : EFECTO DEL EMPLEO DE FIBRA DE CAUCHO Y FIBRA DE ACERO EN PROPORCIONES VARIABLES EN EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO POROSO PARA VÍAS PEATONALES EN EL DISTRITO DE POMATA 2024

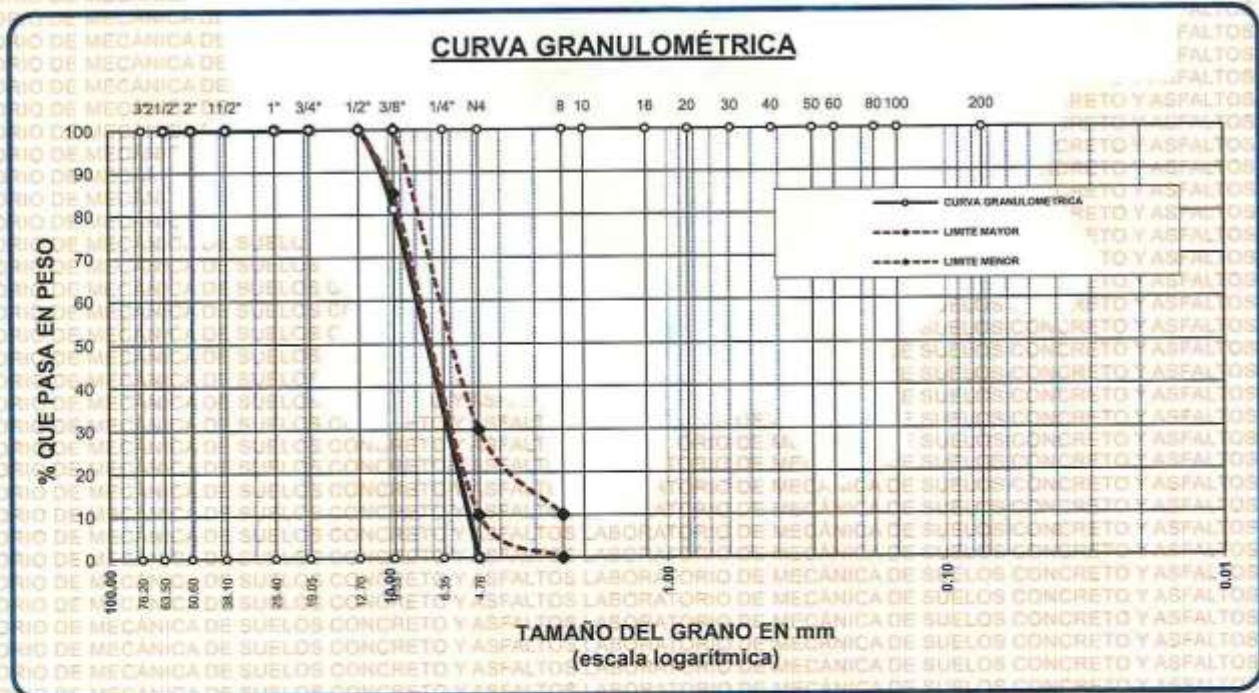
SOLICITANTE : Bach. FREDY TICONA PARQUI

CANERA : POMATA

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV

FECHA : 24 DE JUNIO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						Peso Inicial = 3500 gr. Tamaño máx. nominal = 3/8" OBSERVACIONES:
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100%T	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00		
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/8"	9.525	652.00	18.63	18.63	81.37		
1/4"	6.350						
N#4	4.760	1262.00	36.06	54.69	45.31		
BASE		16.00	3.20	57.9	42.1	10 - 30 %	
TOTAL		3500.00	100.00				
% PERDIDA		0.46					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

M.S.C.A. JEFATURA

Mgtr. Arnoldo Yana Torres
CIVIL 1073257

BIE : B006-00303124



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

PROYECTO : EFECTO DEL EMPLEO DE FIBRA DE CAUCHO Y FIBRA DE ACERO EN PROPORCIONES VARIABLES EN EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO POROSO PARA VÍAS PEATONALES EN EL DISTRITO DE POMATA 2024

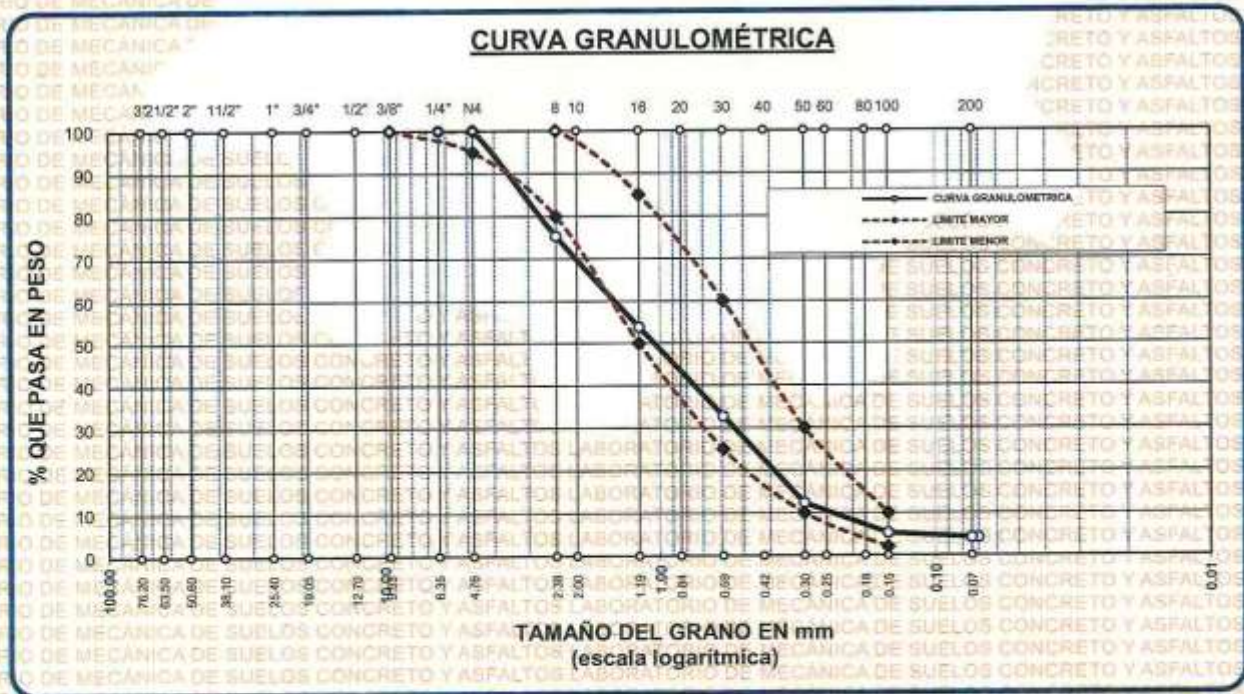
SOLICITANTE : Bach. FREDY TICONA PARQUI

CANTERA : POMATA

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV

FECHA : 24 DE JUNIO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	%RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100%	Peso Inicial = 500 gr. Módulo de Fineza = 2.90
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	95 - 100 %	
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	80 - 100 %	
No8	2.380	123.46	24.69	24.69	75.31		
No10	2.000						
No16	1.190	107.56	21.51	46.20	53.80	50 - 85 %	
No20	0.840						
No30	0.590	105.23	21.05	67.25	32.75	25 - 60 %	
No40	0.420						
No50	0.300	102.14	20.43	87.68	12.32	10 - 30 %	
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	35.32	7.06	94.74	5.26	2-10%	OBSERVACIONES:
No200	0.074	5.65	1.13	95.87	4.13		
BASE		12.77	2.55	98	1.57		
TOTAL		500.00	100.00				
% PERDIDA		2.55					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
Mgtr. Arnaldo Toro Torres
C.I. 103257

BIE : 8006-00303124



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

PROYECTO : EFECTO DEL EMPLEO DE FIBRA DE CAUCHO Y FIBRA DE ACERO EN PROPORCIONES VARIABLES EN EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO POROSO PARA VÍAS PEATONALES EN EL DISTRITO DE POMATA 2024

SOLICITANTE : Bach. FREDY TICONA PARQUI

CANTERA : POMATA

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV

FECHA : 24 DE JUNIO DEL 2024

DENSIDAD MINIMA AGREGADO FINO (SUELTO)			
PESO DEL MOLDE	1597 gr	1597 gr	1597 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2077 cm ³	2077 cm ³	2077 cm ³
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	5984.00 gr	5967.00 gr	5965.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	4387.00 gr	4370.00 gr	4368.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	2.112 gr/cm ³	2.104 gr/cm ³	2.103 gr/cm ³
PROMEDIO	2.106 gr/cm ³		

DENSIDAD MINIMA AGREGADO FINO (VARILLADO)			
PESO DEL MOLDE	1597 gr	1597 gr	1597 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2077 cm ³	2077 cm ³	2077 cm ³
N° DE CAPAS	3	3	3
N° DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	6347.00 gr	6335.00 gr	6329.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	4750.00 gr	4738.00 gr	4732.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	2.286 gr/cm ³	2.281 gr/cm ³	2.278 gr/cm ³
PROMEDIO	2.282 gr/cm ³		

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE


 UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - CAL INGENIERÍA CIVIL
 Mgtr. Arnaldo Yano Torres
 CIP 103257

BIE : B006-00303124



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

PROYECTO : EFECTO DEL EMPLEO DE FIBRA DE CAUCHO Y FIBRA DE ACERO EN PROPORCIONES VARIABLES EN EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO POROSO PARA VÍAS PEATONALES EN EL DISTRITO DE POMATA 2024

SOLICITANTE : Bach. FREDY TICONA PARQUI

CANTERA : POMATA

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV

FECHA : 24 DE JUNIO DEL 2024

DENSIDAD MINIMA AGREGADO GRUESO(SUELTO)			
PESO DEL MOLDE	1860 gr	1860 gr	1860 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3200 cm ³	3200 cm ³	3200 cm ³
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	7191.00 gr	7172.00 gr	7169.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	5331.00 gr	5312.00 gr	5309.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.666 gr/cm ³	1.660 gr/cm ³	1.659 gr/cm ³
PROMEDIO	1.662 gr/cm ³		

DENSIDAD MINIMA AGREGADO GRUESO(VARILLADO)			
PESO DEL MOLDE	1860 gr	1860 gr	1860 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3200 cm ³	3200 cm ³	3200 cm ³
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	7685.00 gr	7673.00 gr	7651.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	5825.00 gr	5813.00 gr	5791.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.820 gr/cm ³	1.816 gr/cm ³	1.810 gr/cm ³
PROMEDIO	1.815 gr/cm ³		

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - DPA INGENIERÍA CIVIL

[Firma]

Mgr. Arnaldo Yano 19/788
CIF 103257

16.S.C.A. JEFATURA

BIE : B006-00303124



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216 MTC E108-2000

PROYECTO : EFECTO DEL EMPLEO DE FIBRA DE CAUCHO Y FIBRA DE ACERO EN PROPORCIONES VARIABLES EN EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO POROSO PARA VÍAS PEATONALES EN EL DISTRITO DE POMATA 2024

SOLICITANTE : Bach. FREDY TICONA PARQUI

CANTERA : POMATA

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV

FECHA : 24 DE JUNIO DEL 2024

MUESTRA : AGREGADO FINO	
N° DE TARRO	1
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	504.03
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	478.15
PESO DEL TARRO (gr.)	43.55
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	460.48
PESO DE LA MUESTRA SECO (gr.)	434.60
PESO DEL AGUA (gr.)	25.88
% HUMEDAD	5.95

MUESTRA : AGREGADO GRUESO	
N° DE TARRO	2
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	640.58
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	614.21
PESO DEL TARRO (gr.)	43.64
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	596.94
PESO DE LA MUESTRA SECO (gr.)	570.57
PESO DEL AGUA (gr.)	26.37
% HUMEDAD	4.62

OBSERVACIONES:

* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.


 Mgr. Yanina Yana Lampa
 C.I. 103257

BIE : B006-00303124



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

NTP 339.034

TEMA : EFECTO DEL EMPLEO DE FIBRA DE CAUCHO Y FIBRA DE ACERO EN PROPORCIONES VARIABLES EN EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO POROSO PARA VÍAS PEATONALES EN EL DISTRITO DE POMATA 2024

SOLICITANTE : Bach. FREDY TICONA PARQUI

LUGAR : LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA

FECHA : JULIO 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A COMPRESION DEL CONCRETO POROSO

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	20158	14.98	176.24	114.38	175	25/06/2024	02/07/2024	7	65.36
2	BRIQUETA DE PRUEBA	20345	14.98	176.24	115.44	175	25/06/2024	02/07/2024	7	65.96
3	BRIQUETA DE PRUEBA	20707	15.01	176.95	117.02	175	25/06/2024	02/07/2024	7	66.87
4	BRIQUETA DE PRUEBA	20582	14.98	176.24	116.78	175	25/06/2024	02/07/2024	7	66.73
5	BRIQUETA DE PRUEBA	20104	14.98	176.24	114.07	175	25/06/2024	02/07/2024	7	65.18
Promedio De Esf. Rotura					115.54					66.02

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	27465	14.98	176.24	155.84	175	25/06/2024	09/07/2024	14	89.05
2	BRIQUETA DE PRUEBA	27820	14.98	176.24	157.85	175	25/06/2024	09/07/2024	14	90.20
3	BRIQUETA DE PRUEBA	28247	15.01	176.95	159.63	175	25/06/2024	09/07/2024	14	91.22
4	BRIQUETA DE PRUEBA	28159	15.01	176.95	159.14	175	25/06/2024	09/07/2024	14	90.93
5	BRIQUETA DE PRUEBA	28399	14.98	176.24	161.14	175	25/06/2024	09/07/2024	14	92.06
Promedio De Esf. Rotura					158.72					90.70

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	31562	15.01	176.95	178.37	175	25/06/2024	23/07/2024	28	101.92
2	BRIQUETA DE PRUEBA	32048	15.01	176.95	181.11	175	25/06/2024	23/07/2024	28	103.49
3	BRIQUETA DE PRUEBA	30651	14.98	176.24	173.91	175	25/06/2024	23/07/2024	28	99.38
4	BRIQUETA DE PRUEBA	30972	14.98	176.24	175.73	175	25/06/2024	23/07/2024	28	100.42
5	BRIQUETA DE PRUEBA	31439	15.01	176.95	177.67	175	25/06/2024	23/07/2024	28	101.53
Promedio De Esf. Rotura					177.38					101.35

BSERVACIONE:
1- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADOS POR EL BACHILLER


 Néstor Arnelo Yana Turiso
 FICP - CAR. INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA

BIE : B006-00303124



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

NTP 339.034

TEMA : EFECTO DEL EMPLEO DE FIBRA DE CAUCHO Y FIBRA DE ACERO EN PROPORCIONES VARIABLES EN EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO POROSO PARA VÍAS PEATONALES EN EL DISTRITO DE POMATA 2024
SOLICITANTE : Bach. FREDY TICONA PARQUI
LUGAR : LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
FECHA : JULIO 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN CON ADICIÓN DE FIBRAS DE CAUCHO AL 2.8%

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	18034	15.01	176.95	101.92	175	25/06/2024	02/07/2024	7	58.24
2	BRIQUETA DE PRUEBA	17145	14.98	176.24	97.28	175	25/06/2024	02/07/2024	7	55.59
3	BRIQUETA DE PRUEBA	17328	14.98	176.24	98.32	175	25/06/2024	02/07/2024	7	56.18
4	BRIQUETA DE PRUEBA	17647	14.98	176.24	100.13	175	25/06/2024	02/07/2024	7	57.22
5	BRIQUETA DE PRUEBA	16810	15.01	176.95	95.00	175	25/06/2024	02/07/2024	7	54.28
Promedio De Esf. Rotura					98.53					56.30

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	25748	15.01	176.95	145.51	175	25/06/2024	09/07/2024	14	83.15
2	BRIQUETA DE PRUEBA	24538	15.01	176.95	138.67	175	25/06/2024	09/07/2024	14	79.24
3	BRIQUETA DE PRUEBA	24920	14.98	176.24	141.40	175	25/06/2024	09/07/2024	14	80.80
4	BRIQUETA DE PRUEBA	25786	14.98	176.24	146.31	175	25/06/2024	09/07/2024	14	83.61
5	BRIQUETA DE PRUEBA	26194	15.01	176.95	148.03	175	25/06/2024	09/07/2024	14	84.59
Promedio De Esf. Rotura					143.98					82.28

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	31547	15.01	176.95	178.28	175	25/06/2024	23/07/2024	28	101.88
2	BRIQUETA DE PRUEBA	31149	14.98	176.24	176.74	175	25/06/2024	23/07/2024	28	100.99
3	BRIQUETA DE PRUEBA	32187	14.98	176.24	182.63	175	25/06/2024	23/07/2024	28	104.36
4	BRIQUETA DE PRUEBA	30675	14.98	176.24	174.05	175	25/06/2024	23/07/2024	28	99.46
5	BRIQUETA DE PRUEBA	33124	15.01	176.95	187.19	175	25/06/2024	23/07/2024	28	106.97
Promedio De Esf. Rotura					179.78					102.73

OBSERVACIONES
1- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADOS POR EL BACHILLER



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL

Ing. Arnoldo Lema Torres
C.P. 103252

BIE : B006-00303124



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

NTP 339.034

TEMA : EFECTO DEL EMPLEO DE FIBRA DE CAUCHO Y FIBRA DE ACERO EN PROPORCIONES VARIABLES EN EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO POROSO PARA VÍAS PEATONALES EN EL DISTRITO DE POMATA 2024

SOLICITANTE : Bacht. FREDY TICONA PARQUI

LUGAR : LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA

FECHA : JULIO 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN CON ADICIÓN DE FIBRAS DE CAUCHO AL 3.8%

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	22067	15.01	176.95	124.71	175	25/06/2024	02/07/2024	7	71.26
2	BRIQUETA DE PRUEBA	20314	14.98	176.24	115.26	175	25/06/2024	02/07/2024	7	65.86
3	BRIQUETA DE PRUEBA	21369	14.98	176.24	121.25	175	25/06/2024	02/07/2024	7	69.28
4	BRIQUETA DE PRUEBA	22048	14.98	176.24	125.10	175	25/06/2024	02/07/2024	7	71.49
5	BRIQUETA DE PRUEBA	21174	15.01	176.95	119.66	175	25/06/2024	02/07/2024	7	68.38
Promedio De Esf. Rotura					121.20					69.25

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	28456	14.98	176.24	161.46	175	25/06/2024	09/07/2024	14	92.26
2	BRIQUETA DE PRUEBA	30018	14.98	176.24	170.32	175	25/06/2024	09/07/2024	14	97.33
3	BRIQUETA DE PRUEBA	29083	15.01	176.95	164.36	175	25/06/2024	09/07/2024	14	93.92
4	BRIQUETA DE PRUEBA	28674	14.98	176.24	162.70	175	25/06/2024	09/07/2024	14	92.97
5	BRIQUETA DE PRUEBA	28136	14.98	176.24	159.64	175	25/06/2024	09/07/2024	14	91.22
Promedio De Esf. Rotura					163.69					93.54

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	33456	15.01	176.95	189.07	175	25/06/2024	23/07/2024	28	108.04
2	BRIQUETA DE PRUEBA	31928	15.01	176.95	180.44	175	25/06/2024	23/07/2024	28	103.11
3	BRIQUETA DE PRUEBA	32265	14.98	176.24	183.07	175	25/06/2024	23/07/2024	28	104.61
4	BRIQUETA DE PRUEBA	33011	14.98	176.24	187.30	175	25/06/2024	23/07/2024	28	107.03
5	BRIQUETA DE PRUEBA	31994	15.01	176.95	180.81	175	25/06/2024	23/07/2024	28	103.32
Promedio De Esf. Rotura					184.14					105.22

OBSERVACIONE

1.- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUÉRON MOLDEADOS POR EL BACHILLER

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 MSc. A. TICONA PARQUI
 Ing. Arnoldo Yano Torres

BIE : B006-00303124



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

NTP 339.034

TEMA

EFFECTO DEL EMPLEO DE FIBRA DE CAUCHO Y FIBRA DE ACERO EN PROPORCIONES VARIABLES EN EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO POROSO PARA VÍAS PEATONALES EN EL DISTRITO DE POMATA 2024

SOLICITANTE

Bach. FREDY TICONA PARQUI

LUGAR

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA

FECHA

JULIO 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN CON ADICIÓN DE FIBRAS DE CAUCHO AL 4.8%

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	19652	15.01	176.95	111.06	175	25/06/2024	02/07/2024	7	63.46
2	BRIQUETA DE PRUEBA	18645	14.98	176.24	105.79	175	25/06/2024	02/07/2024	7	60.45
3	BRIQUETA DE PRUEBA	19752	14.98	176.24	112.07	175	25/06/2024	02/07/2024	7	64.04
4	BRIQUETA DE PRUEBA	18157	14.98	176.24	103.02	175	25/06/2024	02/07/2024	7	58.87
5	BRIQUETA DE PRUEBA	18454	15.01	176.95	104.29	175	25/06/2024	02/07/2024	7	59.59
Promedio De Esf. Rotura					107.25					61.28

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	27451	14.98	176.24	155.76	175	25/06/2024	09/07/2024	14	89.00
2	BRIQUETA DE PRUEBA	26048	14.98	176.24	147.80	175	25/06/2024	09/07/2024	14	84.45
3	BRIQUETA DE PRUEBA	26879	15.01	176.95	151.90	175	25/06/2024	09/07/2024	14	86.80
4	BRIQUETA DE PRUEBA	25786	14.98	176.24	146.31	175	25/06/2024	09/07/2024	14	83.61
5	BRIQUETA DE PRUEBA	26157	14.98	176.24	148.41	175	25/06/2024	09/07/2024	14	84.81
Promedio De Esf. Rotura					150.04					85.73

19	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	31264	15.01	176.95	176.68	175	25/06/2024	23/07/2024	28	100.96
2	BRIQUETA DE PRUEBA	30127	15.01	176.95	170.26	175	25/06/2024	23/07/2024	28	97.29
3	BRIQUETA DE PRUEBA	29751	14.98	176.24	168.81	175	25/06/2024	23/07/2024	28	96.46
4	BRIQUETA DE PRUEBA	30478	14.98	176.24	172.93	175	25/06/2024	23/07/2024	28	98.82
5	BRIQUETA DE PRUEBA	31084	15.01	176.95	175.67	175	25/06/2024	23/07/2024	28	100.36
Promedio De Esf. Rotura					172.87					98.78

OBSERVACIONE

1- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADOS POR EL BACHILLER



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
Matr. Arnaldo Yana Torres
DPI: 103257

BIE : B006-00303124



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

NTP 339.034

TEMA : EFECTO DEL EMPLEO DE FIBRA DE CAUCHO Y FIBRA DE ACERO EN PROPORCIONES VARIABLES EN EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO POROSO PARA VÍAS PEATONALES EN EL DISTRITO DE POMATA 2024

SOLICITANTE : Bach. FREDY TICONA PARQUI

LUGAR : LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA

FECHA : JULIO 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN CON ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO AL 0.85%

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	22648	15.01	176.95	127.99	175	25/06/2024	02/07/2024	7	73.14
2	BRIQUETA DE PRUEBA	20841	14.98	176.24	118.25	175	25/06/2024	02/07/2024	7	67.57
3	BRIQUETA DE PRUEBA	21983	14.98	176.24	124.73	175	25/06/2024	02/07/2024	7	71.27
4	BRIQUETA DE PRUEBA	20215	15.01	176.95	114.24	175	25/06/2024	02/07/2024	7	65.28
5	BRIQUETA DE PRUEBA	22130	14.98	176.24	125.56	175	25/06/2024	02/07/2024	7	71.75
Promedio De Esf. Rotura					122.16					69.80

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	28451	14.98	176.24	161.43	175	25/06/2024	09/07/2024	14	92.25
2	BRIQUETA DE PRUEBA	27643	14.98	176.24	156.85	175	25/06/2024	09/07/2024	14	89.63
3	BRIQUETA DE PRUEBA	29412	15.01	176.95	166.22	175	25/06/2024	09/07/2024	14	94.98
4	BRIQUETA DE PRUEBA	28945	15.01	176.95	163.58	175	25/06/2024	09/07/2024	14	93.47
5	BRIQUETA DE PRUEBA	27465	14.98	176.24	155.84	175	25/06/2024	09/07/2024	14	89.05
Promedio De Esf. Rotura					160.78					91.87

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	33009	14.98	176.24	187.29	175	25/06/2024	23/07/2024	28	107.02
2	BRIQUETA DE PRUEBA	31025	14.98	176.24	176.03	175	25/06/2024	23/07/2024	28	109.59
3	BRIQUETA DE PRUEBA	32648	15.02	177.19	184.26	175	25/06/2024	23/07/2024	28	105.29
4	BRIQUETA DE PRUEBA	33249	14.98	176.24	188.65	175	25/06/2024	23/07/2024	28	107.80
5	BRIQUETA DE PRUEBA	31456	15.01	176.95	177.77	175	25/06/2024	23/07/2024	28	101.58
Promedio De Esf. Rotura					182.80					104.46

OBSERVACIONES:

1- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADOS POR EL BACHILLER


 Mery Arnoldo Yanc
 C.I. 107257

BIE : B006-00303124



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERÓN VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

NTP 339.034

TEMA : EFECTO DEL EMPLEO DE FIBRA DE CAUCHO Y FIBRA DE ACERO EN PROPORCIONES VARIABLES EN EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO POROSO PARA VÍAS PEATONALES EN EL DISTRITO DE POMATA 2024

SOLICITANTE : Bach. FREDY TIGONA PARQUI

LUGAR : LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA

FECHA : JULIO 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN CON ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO AL 1.70%

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	22213	15.01	176.95	125.53	175	25/06/2024	02/07/2024	7	71.73
2	BRIQUETA DE PRUEBA	23127	14.98	176.24	131.22	175	25/06/2024	02/07/2024	7	74.98
3	BRIQUETA DE PRUEBA	23256	14.98	176.24	131.95	175	25/06/2024	02/07/2024	7	75.40
4	BRIQUETA DE PRUEBA	22472	15.01	176.95	127.00	175	25/06/2024	02/07/2024	7	72.57
5	BRIQUETA DE PRUEBA	23116	14.98	176.24	131.16	175	25/06/2024	02/07/2024	7	74.95
Promedio De Esf. Rotura					129.37					73.93

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	31464	14.98	176.24	178.53	175	25/06/2024	09/07/2024	14	102.01
2	BRIQUETA DE PRUEBA	29761	14.98	176.24	168.86	175	25/06/2024	09/07/2024	14	96.49
3	BRIQUETA DE PRUEBA	30984	15.01	176.95	175.10	175	25/06/2024	09/07/2024	14	100.06
4	BRIQUETA DE PRUEBA	31023	15.01	176.95	175.32	175	25/06/2024	09/07/2024	14	100.18
5	BRIQUETA DE PRUEBA	29884	14.98	176.24	169.56	175	25/06/2024	09/07/2024	14	96.89
Promedio De Esf. Rotura					173.47					99.13

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	36027	14.98	176.24	204.42	175	25/06/2024	23/07/2024	28	116.81
2	BRIQUETA DE PRUEBA	33520	14.98	176.24	190.19	175	25/06/2024	23/07/2024	28	108.68
3	BRIQUETA DE PRUEBA	34586	15.02	177.19	195.20	175	25/06/2024	23/07/2024	28	111.54
4	BRIQUETA DE PRUEBA	35212	14.98	176.24	199.79	175	25/06/2024	23/07/2024	28	114.17
5	BRIQUETA DE PRUEBA	36320	15.01	176.95	205.26	175	25/06/2024	23/07/2024	28	117.29
Promedio De Esf. Rotura					198.97					113.70

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADOS POR EL BACHILLER



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERÓN VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Meir Arnaldo Yana Torres
 10127

BIE : B006-00303124



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

NTP 338.034

TEMA : EFECTO DEL EMPLEO DE FIBRA DE CAUCHO Y FIBRA DE ACERO EN PROPORCIONES VARIABLES EN EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO POROSO PARA VIAS PEATONALES EN EL DISTRITO DE POMATA 2024.

SOLICITANTE : Bach. FREDY TICONA PARQUI

LUGAR : LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA

FECHA : JULIO 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN CON ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO AL 2.55%

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	21750	15.01	176.95	122.92	175	25/06/2024	02/07/2024	7	70.24
2	BRIQUETA DE PRUEBA	22149	14.98	176.24	125.67	175	25/06/2024	02/07/2024	7	71.81
3	BRIQUETA DE PRUEBA	21448	14.98	176.24	121.70	175	25/06/2024	02/07/2024	7	69.54
4	BRIQUETA DE PRUEBA	22926	15.01	176.95	129.56	175	25/06/2024	02/07/2024	7	74.04
5	BRIQUETA DE PRUEBA	21243	14.98	176.24	120.53	175	25/06/2024	02/07/2024	7	68.88
Promedio De Esf. Rotura					124.08					70.90

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	29451	14.98	176.24	167.10	175	25/06/2024	09/07/2024	14	95.49
2	BRIQUETA DE PRUEBA	30642	14.98	176.24	173.86	175	25/06/2024	09/07/2024	14	99.35
3	BRIQUETA DE PRUEBA	28347	15.01	176.95	160.20	175	25/06/2024	09/07/2024	14	91.54
4	BRIQUETA DE PRUEBA	29543	15.01	176.95	166.96	175	25/06/2024	09/07/2024	14	95.40
5	BRIQUETA DE PRUEBA	30021	14.98	176.24	170.34	175	25/06/2024	09/07/2024	14	97.34
Promedio De Esf. Rotura					167.69					95.82

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	33458	14.98	176.24	189.84	175	25/06/2024	23/07/2024	28	108.48
2	BRIQUETA DE PRUEBA	31621	14.98	176.24	179.42	175	25/06/2024	23/07/2024	28	102.52
3	BRIQUETA DE PRUEBA	33940	15.02	177.19	191.55	175	25/06/2024	23/07/2024	28	109.46
4	BRIQUETA DE PRUEBA	32741	14.98	176.24	185.77	175	25/06/2024	23/07/2024	28	106.16
5	BRIQUETA DE PRUEBA	33226	15.01	176.95	187.77	175	25/06/2024	23/07/2024	28	107.30
Promedio De Esf. Rotura					186.87					106.78

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADOS POR EL BACHILLER

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
JULIACA

[Firma]
Mtro. Freddy Yane Jarama
CIP 101257

BIE : 0006-00303124



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

PERMEABILIDAD

PROYECTO : EFECTO DEL EMPLEO DE FIBRA DE CAUCHO Y FIBRA DE ACERO EN PROPORCIONES VARIABLES EN EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO POROSO PARA VÍAS PEATONALES EN EL DISTRITO DE POMATA 2024

SOLICITANTE : Bach. FREDY TICOMA PARQUÍ

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV

FECHA : 24 DE JULIO DEL 2024

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	F/C	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Longitud de la muestra (cm)	Área de la muestra (cm ²)	Área del cilindro de carga (cm ²)	Alt. De la columna de agua (cm)	Alt. De la tubería de salida (cm)	Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)		Coeficiente de permeabilidad (mm/seg)	
												h1	h2	k	k
1	MUESTRA 1 CONCRETO PATRÓN POROSO	14/09/2023	21/09/2023	175	14.45	10.00	30.00	163.99	19.63	94	1	1.63	16.32		
2	MUESTRA 2 CONCRETO PATRÓN POROSO	14/09/2023	21/09/2023	175	14.33	10.00	30.00	161.28	19.63	96	1	1.67	16.67		
3	MUESTRA 3 CPP + 2.80% FC	14/09/2023	21/09/2023	175	14.55	13.00	30.00	166.27	19.63	414	1	1.64	16.42		
4	MUESTRA 4 CPP + 2.80% FC	14/09/2023	21/09/2023	175	15.25	12.00	30.00	182.65	19.63	428	1	1.63	16.28		
5	MUESTRA 5 CPP + 3.80% FC	14/09/2023	21/09/2023	175	13.80	14.00	30.00	149.57	19.63	499	1	1.75	17.47		
6	MUESTRA 6 CPP + 3.80% FC	14/09/2023	21/09/2023	175	14.31	13.00	30.00	160.83	19.63	468	1	1.73	17.32		
7	MUESTRA 7 CPP + 4.80% FC	14/09/2023	21/09/2023	175	14.24	13.00	30.00	159.26	19.63	505	1	1.77	17.71		
8	MUESTRA 8 CPP + 4.80% FC	14/09/2023	21/09/2023	175	13.18	15.00	30.00	136.43	19.63	527	1	1.80	18.03		

(Firma manuscrita)
 Mtro. Amador Yane Jarrín
 INGENIERO EN INGENIERÍA CIVIL
 UANCV



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

PERMEABILIDAD

PROYECTO : EFECTO DEL EMPLEO DE FIBRA DE CAUCHO Y FIBRA DE ACERO EN PROPORCIONES VARIABLES EN EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO POROSO PARA VÍAS PEATONALES EN EL DISTRITO DE POMATA 2024

SOLICITANTE : Bach. FREDY TICOMA PARQUI

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV

FECHA : 24 DE JULIO DEL 2024

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	F'C	Diámetro de la muestra	Tiempo (Seg)	Longitud de la muestra (cm)	Área de la muestra (cm ²)	Área del cilindro de carga (cm ²)	Alt. De la columna de agua (cm)	Alt. De la tubería de salida (cm)	Coeficiente de permeabilidad	
												(cm/seg)	(mm/seg)
				Kg/cm ²	Ø	t	L	A	a	h1	h2	k	k
1	MUESTRA 1 CONCRETO PATRÓN POROSO	14/09/2023	21/09/2023	175	14.45	10.00	30.00	163.99	19.63	94	1	1.63	16.32
2	MUESTRA 2 CONCRETO PATRÓN POROSO	14/09/2023	21/09/2023	175	14.33	10.00	30.00	161.28	19.63	96	1	1.67	16.67
3	MUESTRA 3 CPP + 0.85% FA	14/09/2023	21/09/2023	175	14.12	13.00	30.00	156.59	19.63	268	1	1.62	16.17
4	MUESTRA 4 CPP + 0.85% FA	14/09/2023	21/09/2023	175	14.48	12.00	30.00	164.67	19.63	248	1	1.64	16.43
5	MUESTRA 5 CPP + 1.70% FA	14/09/2023	21/09/2023	175	15.38	11.00	30.00	185.78	19.63	234	1	1.57	15.72
6	MUESTRA 6 CPP + 1.70% FA	14/09/2023	21/09/2023	175	15.02	12.00	30.00	177.19	19.63	276	1	1.56	15.57
7	MUESTRA 7 CPP + 2.55% FA	14/09/2023	21/09/2023	175	15.33	11.00	30.00	184.58	19.63	202	1	1.54	15.40
8	MUESTRA 8 CPP + 2.55% FA	14/09/2023	21/09/2023	175	16.02	10.00	30.00	201.56	19.63	181	1	1.52	15.19

00000303124
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 UANCV
 Ing. Arnoldo Tiana Torres

BIE: B006-00303124



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 15-10-2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: FREDY TICONA PARQUI

Dirección: Jr. MOLLENDO Mz. N3 Lt.3

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 74696881

Teléfono: 952 820 226 email: fredyticona.06@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Asesor: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: EFEECTO DEL EMPLEO DE FIBRA DE CAUCHO Y FIBRA DE ACERO EN PROPORCIONES
VARIABLES EN EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO
POROSO PARA VÍAS PEATONALES EN EL DISTRITO DE POMATA 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): CONCRETO POROSO, FIBRA DE CAUCHO, FIBRA DE ACERO, RESISTENCIA A
COMPRESIÓN, PERMEABILIDAD

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2}?

1

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo

Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral. Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGIA DE MATERIALES - P17

Firma de Autor



huella digital

Fecha