

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y
CIVIL**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

**“Influencia de la Adición de Fibras de Bambú en el Comportamiento
Físico Mecánico del Concreto $F'_c=210 \text{ Kg/Cm}^2$ con Cemento
Puzolánico Tipo IP para Pavimentos Rígidos de Mediano Tránsito
Ayacucho, 2024”**

Para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. Jean Carlo SURCO BELLIDO

ASESOR:

Dr. Ing. Hemerson LIZARBE ALARCÓN

AYACUCHO - PERÚ

2025

RESUMEN

El concreto constituye uno de los materiales de construcción de mayor uso a nivel mundial. En los últimos años, ha crecido el interés por la incorporación de materiales sostenibles, como las fibras naturales, para mejorar sus propiedades. La investigación tuvo por objetivo, estudiar la influencia de la adición de fibras de bambú en el comportamiento físico-mecánico del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ aplicado a pavimentos rígidos de mediano tránsito, se usó cemento puzolánico tipo IP. Metodológicamente, se prepararon muestras con adición de fibras de bambú en proporciones de 1%, 3% y 5%. Estas muestras fueron sometidas a pruebas de trabajabilidad, exudación en estado fresco, y a ensayos de compresión, flexión y abrasión en estado endurecido, siguiendo las normas ASTM y NTP. Los resultados refieren que, ante una adición del 3% de fibra de bambú, se logra una combinación óptima para una mejor resistencia (compresión y flexión), así mismo, se demuestra una mejora en la durabilidad. Se observó una reducción de la exudación y un incremento en la cohesión de la mezcla, lo que mejoró su aplicabilidad en pavimentos de mediano tránsito. En conclusión, la proporción de 3% de fibra de bambú mejora las propiedades del concreto para fines de pavimentación rígida, lo cual propone una alternativa para la mejora de la durabilidad de las infraestructuras viales en la región de Ayacucho.

Palabras clave: *Fibras de bambú, Concreto puzolánico, Pavimentos rígidos, Propiedades físico-mecánicas.*

INTRODUCCIÓN

El concreto constituye el material de construcción por excelencia, sus propiedades en términos de resistencia en condiciones controladas han aportado un avance en la durabilidad de las estructuras modernas. Respecto a la pavimentación rígida, donde la durabilidad, a la par de la sostenibilidad en la construcción, son imprescindibles, ha surgido el interés sobre la adición de aditivos naturales con la finalidad de reducir la huella de carbono sin comprometer el rendimiento mecánico y físico del material.

En este contexto, las fibras de bambú se presentan como una opción prometedora. Dado que, el bambú, una planta abundante en muchas regiones de América Latina y Asia, se caracteriza por su rápido crecimiento, alta resistencia mecánica a la compresión y flexibilidad. En general, la aplicación de adiciones de fibras naturales, también busca reducir el uso de fibras sintéticas.

En todo caso, la investigación tiene por objetivo la evaluación de los efectos ante la incorporación de fibras de bambú en las propiedades físico-mecánicas de un concreto $f'_c=210$ kg/cm² elaborado con cemento puzolánico tipo IP.

Para ello, se busco evaluar y caracterizar los efectos sobre propiedades mecánicas del concreto, tales como, compresión simple, flexión y durabilidad; así mismo, las propiedades físicas para el estado fresco como la trabajabiliad. Por lo tanto, se aplicaron ensayos de laboratorio en condiciones controladas, y, de acuerdo a las normativas vigentes ASTM y NTP.

DEDICATORIA

A mis padres REYNA ERACILDA BELLIDO MEDINA y JUAN SURCO QUICHCA, gracias por su esfuerzo y siempre estar conmigo, ser mi guía en cada proyecto que tengo e inculcarme siempre los buenos valores, sé que este logro es su mayor orgullo, y a mis hermanos Yesenia, Roy y Ruth, tios y tias familiares en general, por siempre brindarme sus apoyos incondicionales. Lloqllasqa, el pueblo que me vio nacer, crecer y salir en busca de una superación para seguir contribuyendo con tu desarrollo.

Jean Carlo SURCO BELLIDO

AGRADECIMIENTO

A Dios, por derramar sus bendiciones sobre mí, para poder superar cada obstáculo, que siempre es mi ayuda y la guía desde el principio de mi vida.

A la Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga, por haberme permitido ser parte de esta prestigiosa casa de estudios superior.

Gracias al Dr. Ing. Hemerson Lizarbe Alarcón, quién asumió el reto, como mi asesor de esta tesis y por su apoyo, como también brindarme sus conocimientos para poder lograr el objetivo trazado.

Jean Carlo SURCO BELLIDO

Índice general

PORTADA.....	i
RESUMEN	ii
INTRODUCCIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
Índice general.....	vi
Índice de tablas	ix
Índice de figuras.....	xiii
Glosario.....	xv
Acronimos.....	xvi
Capítulo I	1
Planteamiento del problema.....	1
1.1. Descripción del problema	1
1.2. Delimitación del problema.....	2
1.2.1. Espacial (geográfica).....	2
1.2.2. Temporal.....	3
1.2.3. Tematica y unidad de análisis.....	4
1.3. Formulación del problema	6
1.3.1. Problema general.....	6
1.3.2. Problemas específicos.....	6
1.4. Justificación e importancia.....	6
1.5. Limitaciones de la investigacion.....	9
1.6. Objetivos.....	9
1.6.1. Objetivo general.....	9
1.6.2. Objetivos específicos	10
CAPITULO II	11
MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. Antecedentes del problema	11
2.1.1 Antecedentes internacionales.....	11
2.1.2 Antecedentes nacionales	13
2.2. Bases teóricas.....	16
2.2.1. Concreto.....	16

2.2.2.	Composicion del concreto.....	17
2.2.2.3.1.	Clasificación	22
2.2.2.3.2.	Husos Granulométricos para Concreto de 210 kg/cm ² en Pavimentos	24
2.2.2.3.3.	Normas Técnicas y Requerimientos en los Ensayos.....	26
2.2.2.4.	Tipos de concreto	28
2.2.2.4.1.	Concreto simple	28
2.2.2.4.2.	Concreto ciclópeo	29
2.2.2.4.3.	Concreto armado.....	29
2.2.2.5.	Funciones del agregado en el concreto	30
2.2.3.1.	Razones de empleo de los aditivos en el concreto	31
2.2.4.	Propiedades del concreto	32
2.2.4.1.	Propiedades del concreto en estado fresco.....	32
2.2.4.2.	Propiedades del concreto en estado endurecido.....	35
2.2.7.	Diseño de mezclas de concreto	42
2.2.8.	Diseño de pavimentos	43
2.2.8.1.	Cargas de diseño	43
2.2.8.2.	Cargas vehiculares	44
2.2.8.3.	Método AASHTO 1986/1993	44
2.2.8.4.	Mediano transito	44
2.2.8.5.	Elementos que definen el Mediano Tránsito.....	45
2.3.	Marco conceptual.....	46
CAPITULO III.....		48
METODO DE LA INVESTIGACION.....		48
3.1.	Tipo de investigación	50
3.2.	Nivel de investigación.....	51
3.3.	Enfoque	52
3.4.	Alcance	52
3.5.	Diseño de la investigación	53
3.6.	Población y muestra	55
3.7.	Hipotesis	57
3.7.1.	Hipotesis general.....	57
3.7.2.	Hipotesis especifica.....	57
3.8.	Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional	59

3.9. Técnicas e instrumentos	60
3.10. Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información.	63
3.10.1. Equipos utilizados en la recolección de datos	64
3.11. Desarrollo de la investigación.....	70
3.11.1. Procesamiento del Aditivo Natural	70
3.11.2. Diseño de mezcla	73
3.11.2.1. Ensayos al agregado grueso y fino.....	74
3.11.2.2. Elaboración del diseño de mezcla	78
3.11.3. Determinación de la trabajabilidad del concreto en estado fresco	84
3.11.4. Elaboración y curado de especímenes de concreto	86
3.11.5. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto.....	88
CAPITULO IV.....	90
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	90
4.1. Contratacion de hipótesis	90
4.2. Resultados	93
4.3. Discusión de resultados.....	122
CONCLUSIONES	124
RECOMENDACIONES	126
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	127
ANEXOS	130
Anexo 1: Matriz de consistencia	130
Anexo 2: Diseños de Mezcla	131
Anexo 3: Fichas de Validación	136
Anexo 4: Resultados de los ensayos	136
Resistencia a la compresión y flexion.....	137

Índice de tablas

Tabla 1	19
Cuadro comparativo de cemento portland Tipo I vs IP.	19
Tabla 2	21
Límites Máximos Permisibles para el Agua de Mezcla según NTP 339.088	21
Tabla 3	21
Análisis del agua potable Ayacucho	21
Tabla 4	27
Requisitos de Granulometría para Agregados Finos y Gruesos según NTP 400.037	27
Tabla 5	28
Distribución de Agregados por m ³ de Concreto.....	28
Tabla 6	43
Asentamientos para tipos de construcción	43
Tabla 7	55
Tratamientos de dosificaciones de fibras de Bambú.....	55
Tabla 8	57
Número de especímenes por tipo de tratamiento y días de rotura	57
Tabla 9	59
Matriz de operacionalización	59
Tabla 10	79
Características de los Elementos en el Diseño de Mezcla	79
Tabla 11	80
Definición de la relación A/C	80
Tabla 12	81
Resumen de volumen de elementos sin considerar los agregados	81
Tabla 13	83
Resumen de pesos y volumen de los elementos.....	83
Tabla 14	84
Resumen de la corrección de pesos debido al porcentaje de absorción y contenido de humedad presente en los agregados	84
Tabla 15	86
Tolerancias para rangos de asentamientos	86

Tabla 16	87
Moldes cilíndricos y moldes viga	87
Tabla 17	89
Diámetro máximo de espécimen de ensayo en relación al diámetro máximo de cara de la carga	89
Tabla 18	89
Tabla de tolerancias de tiempo permisibles para roturar probetas cilíndricas.....	90
Tabla 19	90
Resultados de la prueba de normalidad.....	90
Tabla 20	91
Prueba no paramétrica: Kruskal-Wallis	91
Tabla 21	92
Resultados de la prueba de normalidad.....	92
Tabla 22	92
Prueba no paramétrica: Kruskal-Wallis	92
Tabla 23	93
Ta Resultado del Ensayo de Temperatura.....	93
Tabla 24	95
Resultados del ensayo de trabajabilidad del diseño patron y con adiciones de fibra de Bambú.....	95
Tabla 25	96
Resultados del ensayo de exudación del diseño patron.	96
Tabla 26	97
Resultados del ensayo de exudación con adición de fibras de bambu al 1%.....	97
Tabla 27	98
Resultados del ensayo de exudación con adición de fibras de bambu al 3%.....	98
Tabla 28	99
Resultados del ensayo de exudación con adición de fibras de bambu al 5%.....	99
Tabla 29	99
Resultados del ensayo de exudación con adición de fibras de bambu al 5%.....	99
Tabla 30	101
Resultados del ensayo de compresión del concreto patron con cemento puzolánico tipo IP	101
Tabla 31	102
Resultados del ensayo de compresión del concreto con adición de 1% de fibra de bambu con cemento puzolánico tipo IP	102
Tabla 32	104

Resultados del ensayo de compresión del concreto con adición de 3% de fibra de bambu con cemento puzolánico tipo IP	104
Tabla 33	105
Resultados del ensayo de compresión del concreto con adición de 5% de fibra de bambu con cemento puzolánico tipo IP	105
Tabla 34	106
Resumen de resultados de resistencia a la compresión (Kgf/cm ²)	106
Tabla 35	108
Resultados de Resistencia a la Flexión - Concreto Patrón (0% Fibras de Bambú).....	108
Tabla 36	109
Resultados de Resistencia a la Flexión - Concreto + (1% Fibras de Bambú).....	109
Tabla 37	110
Resultados de Resistencia a la Flexión - Concreto + (3% Fibras de Bambú).....	110
Tabla 38	111
Resultados de Resistencia a la Flexión - Concreto + (5% Fibras de Bambú).....	111
Tabla 39	112
Resumen de resultados de resistencia a la flexión (Kgf/cm ²)	112
Tabla 40	114
Resultados de Resistencia al desgaste- Concreto Patron	114
Tabla 41	115
Resultados de Resistencia al desgaste - Concreto + (1% Fibras de Bambú)	115
Tabla 42	116
Resultados de Resistencia al desgaste - Concreto + (3% Fibras de Bambú)	116
Tabla 43	117
Resultados de Resistencia al desgaste - Concreto + (5% Fibras de Bambú)	117
Tabla 44	118
Resumen de resultados de resistencia al desgaste (Kgf/cm ²).....	118
Tabla 45	119
Parámetros del Diseño del Pavimento (Espesores 6.7", 7.0" y 7.5")	119
Tabla 46	120
Resultados de Pruebas a compresión realizadas (Espesores 6.7", 7.0" y 7.5").....	120
Tabla 47	121
Resultados de Pruebas a flexión realizadas (Espesores 6.7", 7.0" y 7.5")	121
Tabla 48	121

Resultados de Pruebas al desgaste realizadas (Espesores 6.7", 7.0" y 7.5")	121
--	-----

Índice de figuras

Figura 1: Mapa de ubicación Regional	3
Figura 3: Composición básica del concreto	17
Figura 4: Agregado fino (cantera – chillico)	23
Figura 5: Agregado grueso (cantera – chillico)	24
Figura 6: Huso Granulométrico del Agregado Fino	25
Figura 13: Bambusoideae (Bambú)	41
Figura 14: Moldes para probetas de concreto	64
Figura 15: Equipo para ensayo de granulometría	65
Figura 16: Equipo para ensayo de slump	66
Figura 17: Prensa hidráulica para ensayo de resistencia a la compresión	67
Figura 18: Equipo para ensayo de resistencia a la flexión	68
Figura 19: Cámara de curado	69
Figura 20: Balanza de precisión	70
Figura 21: Ubicación de la zona de extracción de bambú.	71
Figura 22: Fibras de bambú.	73
Figura 23: Ensayo de análisis granulométrico del agregado grueso	75
Figura 24: Ensayo de trabajabilidad del concreto fresco. Equipo de laboratorio geolab EIRL.	84
Figura 25: Retirado del cono para determinar el asentamiento. Equipo de laboratorio geolab EIRL.	85
Figura 26: Curado estándar de probetas cilíndricas y vigas	88
Figura 27: Temperatura del concreto con adición de fibras de bambú	94
Figura 28: Trabajabilidad del concreto con adición de fibras de bambú	95
Figura 29: Comportamiento de la exudación del concreto con adición de fibras de bambú	100
Figura 30: Comportamiento de la exudación del concreto con adición de fibras de bambú	101
Figura 31: Comportamiento de la exudación del concreto con adición de fibras de bambú	103
Figura 32: Comportamiento de la exudación del concreto con adición de fibras de bambú	104
Figura 33: Comportamiento de la exudación del concreto con adición de fibras de bambú	105
Figura 34: Comportamiento de la exudación del concreto con adición de fibras de bambú	106
Figura 35: Comportamiento de la exudación del concreto con adición de fibras de bambú	108
Figura 36: Comportamiento de la exudación del concreto con adición de fibras de bambú	109
Figura 37: Comportamiento de la exudación del concreto con adición de fibras de bambú	110
Figura 38: Comportamiento de la exudación del concreto con adición de fibras de bambú	112
Figura 39: Comportamiento de la exudación del concreto con adición de fibras de bambú	113

Figura 40 Comportamiento de la resistencia al desgaste- Concreto Patron.....	114
Figura 41 Comportamiento de la Resistencia al desgaste - Concreto + (1% Fibras de Bambú)	116
Figura 42 Comportamiento de la Resistencia al desgaste - Concreto + (3% Fibras de Bambú)	117
Figura 43 Comportamiento de la Resistencia al desgaste - Concreto + (5% Fibras de Bambú)	118
Figura 44 Comportamiento de la resultados de resistencia al desgaste (Kgf/cm ²)	119

Glosario

Concreto Puzolánico: Tipo de concreto elaborado con cemento que contiene puzolana, una sustancia que mejora la durabilidad y reduce la permeabilidad del concreto.

Fibras de Bambú: Material natural utilizado como refuerzo en el concreto, que incrementa la resistencia a la compresión y flexión, y mejora del material.

Resistencia a la Compresión: Capacidad del concreto para soportar cargas que tienden a reducir su tamaño. Es una de las propiedades más importantes en la construcción de pavimentos rígidos.

Resistencia a la Flexión: Habilidad del concreto para resistir deformaciones bajo cargas transversales, crucial en pavimentos y losas.

Aditivos Naturales: Sustancias de origen natural que se añaden a las mezclas de concreto para mejorar sus propiedades físico-mecánicas, como la trabajabilidad y la durabilidad.

Trabajabilidad: Facilidad con la que el concreto fresco puede ser mezclado, transportado, colocado y compactado sin segregar los componentes de la mezcla.

Exudación: Proceso mediante el cual el agua asciende a la superficie del concreto fresco, lo que puede afectar la resistencia y durabilidad si es excesiva.

Pavimentos Rígidos: Superficies de concreto diseñadas para soportar cargas pesadas y tráfico, conocidas por su alta durabilidad y resistencia a la compresión.

Normas ASTM: Conjunto de normas técnicas internacionales establecidas por la American Society for Testing and Materials, utilizadas para garantizar la calidad de los materiales de construcción.

Cemento Tipo IP: Cemento Puzolánico Portland utilizado en aplicaciones donde se requiere mayor durabilidad, debido a su resistencia a ambientes agresivos como los sulfatos.

Acronimos

IP - Cemento Portland Puzolánico

NTP - Norma Técnica Peruana

ACI - Instituto Americano del Hormigón

RNE - Reglamento Nacional de Edificaciones

SOP - Sulfato de Sodio (SO_4^{2-})

CaCO₃ - Carbonato de calcio

SEM - Microscopía Electrónica de Barrido

FIB - Fibras de Bambú

MTC - Ministerio de Transportes y Comunicaciones

CE - Composición Estructural (en pavimentos)

ISO - Organización Internacional de Normalización

F'C - Resistencia a la Compresión del Concreto

kg/cm²-Kilogramos por centímetro cuadrado

pH - Potencial de Hidrógeno (Medida de acidez o alcalinidad)

MgSO₄ - Sulfato de Magnesio (Componente químico)

MPa - Megapascales (Unidad de presión para medir la resistencia del concreto)

Capítulo I

Planteamiento del problema

1.1. Descripción del problema

Desde tiempos antiguos, los constructores han buscado optimizar las características del concreto. En este sentido, los antecedentes más influyentes a nivel global se remontan al periodo del Imperio romano, época en la cual se incorporaron sustancias al concreto con el objetivo de potenciar sus propiedades físico-mecánicas, especialmente en estructuras de ingeniería. Se estima que los primeros aditivos empleados en el hormigón fueron componentes orgánicos como la sangre y la clara de huevo (Rivera, 2008). En épocas recientes, la evolución de la tecnología del concreto se ha enfocado en fortalecer sus propiedades mecánicas mediante la incorporación de aditivos químicos, aunque se ha identificado que muchos de estos generan impactos negativos en el medio ambiente. Por esta razón, ha surgido un interés creciente por encontrar alternativas de origen natural que contribuyan a reducir dichos efectos adversos en la producción de concreto destinado a diversas obras de infraestructura civil a nivel global.

Otras investigaciones realizadas en nuestro país, a nivel de tesis destacan el uso de fibras recicladas, tales como fibras de pet o de acero reciclado, dando como resultados, valores superiores a los esperados en el comportamiento mecánico de las muestras de concreto (Soto, 2022), por otro lado, no se acostumbra en el país a investigar el comportamiento del concreto fabricado con un cemento Tipo IP, debido a la costumbre de utilizar este material en los proyectos de construcción (Martínez, 2019).

A nivel regional, la escasa información disponible y el uso limitado de aditivos naturales en el concreto han impedido que estos materiales de origen natural se integren de manera significativa en el diseño de mezclas de concreto. Aunque algunos estudios preliminares han

investigado su potencial, hasta el momento no se han implementado en proyectos concretos ni se ha reconocido plenamente su beneficio para mejorar las propiedades del concreto. En la región de Ayacucho, caracterizada por una notable concentración de construcciones, se ha identificado una inclinación por el empleo de aditivos químicos con el fin de mejorar la calidad del concreto. Sin embargo, el presente estudio se propone analizar las ventajas que ofrece la incorporación de fibras de bambú en combinación con cemento puzolánico tipo IP.

Se anticipa que la incorporación de fibras de bambú tiene un efectos significativo en las propiedades mecánicas del concreto $f'_c=210 \text{ kgf/cm}^2$, además de mejorar la resistencia al desgaste. En la actualidad, los pavimentos rígidos en la ciudad de Ayacucho experimentan un deterioro considerable antes de alcanzar su vida útil proyectada, lo que obliga a seguir utilizándolos por necesidad. La presente investigación se orienta a la evaluación del concreto en dos fases: en estado fresco, considerando parámetros como la trabajabilidad y la exudación, y en estado endurecido, mediante el análisis de su resistencia a la compresión, a la flexión y a la abrasión. El objetivo principal es identificar el efecto que ejercen las fibras de bambú en el desempeño de los pavimentos.

Se espera que los resultados de esta investigación contribuyan a optimizar la producción de pavimentos rígidos más sostenibles a partir del uso de fibras naturales.

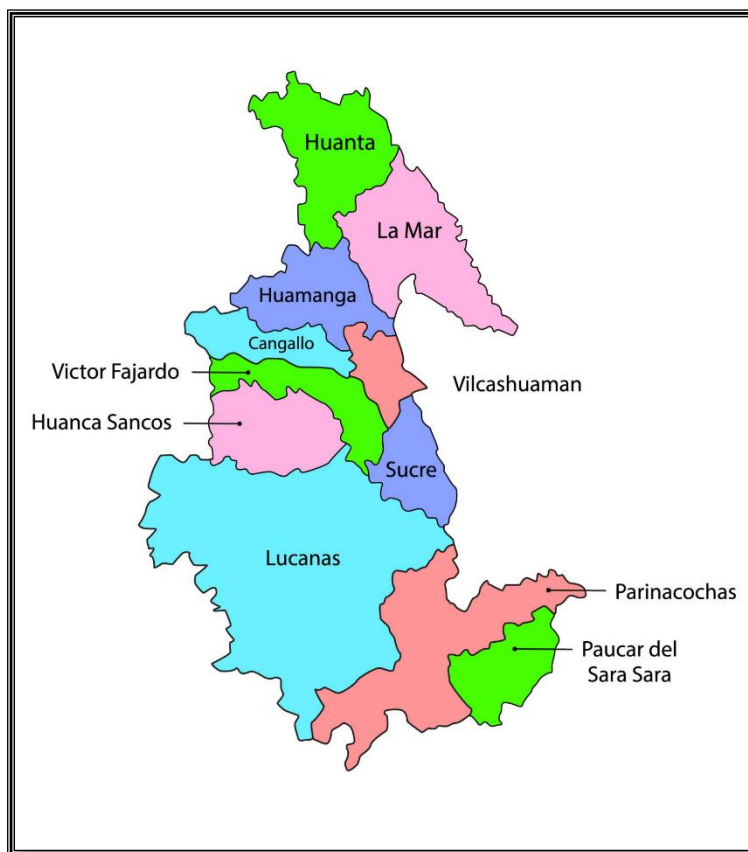
1.2. Delimitación del problema

1.2.1. Espacial (geográfica).

La investigación se desarrolló en el espacio geográfico correspondiente a la Ciudad de Ayacucho, en la provincia de Huamanga, Esta provincia está situado a una altitud promedio de 2761.00 metros sobre el nivel del mar, en la región andina del Perú. El clima de la zona es

templado, con una temperatura media anual que oscila entre los 11°C y los 17°C. Durante los meses de invierno, las temperaturas pueden descender significativamente, alcanzando mínimos cercanos a los 5°C, mientras que en verano, las temperaturas máximas pueden superar los 20°C.

Figura 1: Mapa de ubicación (Ámbito Regional).



Nota: Mapa departamental

1.2.2. Temporal.

Los datos considerados para la realización del trabajo de investigación se enmarcaron dentro del periodo 2024, concentrándose específicamente en las temáticas relacionadas con el diseño de concreto utilizando cemento puzolánico tipo IP y la adición de fibras de bambú como aditivo natural. Durante este periodo, se llevaron a cabo experimentos y análisis que permitieron evaluar los efectos sobre las propiedades mecánicas y físicas del concreto $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ con fines de pavimentación rígida.

El enfoque temporal se centró en este año debido a la relevancia de las condiciones climáticas y ambientales específicas de 2024, que influenciaron directamente los resultados obtenidos en la investigación. Este marco temporal también permitió la recolección y análisis de datos bajo condiciones controladas, lo que facilitó la validación de los resultados y su aplicabilidad en proyectos futuros dentro de la región..

1.2.3. Tematica y unidad de análisis.

Tematica

La investigación se enfocó en el estudio (análisis y evaluación de propiedades físico-mecánicas) de un concreto con resistencia a la compresión $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, elaborado con cemento puzolánico tipo IP, las especificaciones técnicas mínimas del cemento cumplieron con los lineamientos indicados en el código nacional de diseño de concreto simple y armado (especificaciones técnicas para el cemento). Por otro lado, la Norma Técnica Peruana (NTP 400.037:2001) y la norma internacional ASTM C 595 “cementos hidráulicos mixtos”, fueron guías metodológicas para el control experimental.

Las adiciones manejadas para el control experimental fueron del 1%, 3%, y 5% de fibra de bambú, las fibras cumplieron con ASTM C 1116/C 1116M sobre el uso de fibras en mezclas de concreto. Estas fibras se seleccionaron por sus propiedades mecánicas favorables y su carácter sostenible, en línea con las recomendaciones de la ACI 544.1R sobre el uso de fibras en concreto.

El análisis incluyó la evaluación tanto en estado fresco (control de asentamiento según ASTM C 143/C 143M) y endurecido (pruebas de resistencia para cargas de compresión, flexión y abrasión, según ASTM C 39/C 39M, ASTM C 78/C 78M y ASTM C 944/C 944M).

Los resultados experimentales pudieron ser replicados para el diseño de mezcla y construcción de losas rígidas que soportarán un mediano tránsito en la ciudad de Ayacucho, con ello, se buscó generar alternativas sostenibles locales, lo cual es consistente con las políticas de desarrollo sostenible y el uso de materiales ecoeficientes promovidas por las normativas peruanas y estándares internacionales..

Unidad de analisis

La unidad de análisis estuvo constituida por especímenes de concreto, diseñados y fabricados conforme a normativas técnicas precisas:

- Muestra cilíndrica: $D = 6 \text{ in}$, $H = 12 \text{ in}$, según ASTM C 31/C 31M para la elaboración y curado de especímenes en campo. Estas probetas fueron evaluadas para determinar la resistencia a la compresión, conforme a la ASTM C 39/C 39M.
- Viguetas prismáticas: $B = 6 \text{ in}$, $L = 24 \text{ in}$, $H = 6 \text{ in}$, según NTP 339.033 para la caracterización de la resistencia a la flexión simple, y ASTM C 31/C 31M para la fabricación y tratamiento de la muestra en campo. Las viguetas fueron ensayadas para determinar su resistencia a la flexión, de acuerdo con lo establecido en la norma ASTM C 78/C 78M, así como su resistencia a la abrasión, conforme a los lineamientos de la norma ASTM C 944/C 944M.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Como influye la adición de fibras de bambú en el comportamiento físico mecánico del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento puzolánico tipo IP para pavimentos rígidos de mediano tránsito, Ayacucho, 2024?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Como influye la adición de fibras de bambú en proporciones de 1%, 3% y 5% en las propiedades físicas del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento puzolánico tipo IP para pavimentos rígidos de mediano tránsito, Ayacucho, 2024?
- ¿En qué medida influye la adición de fibras de bambú en proporciones de 1%, 3% y 5% en las propiedades mecánicas del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento puzolánico tipo IP para pavimentos rígidos de mediano tránsito, Ayacucho, 2024?
- ¿De que manera la adición de fibras de bambú en proporciones de 1%, 3% y 5% en el comportamiento físico mecánico del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento puzolánico tipo IP garantiza optimizados en términos de factibilidad.

1.4. Justificación e importancia

Justificación teórica

Teóricamente, la adición de fibras de bambú en proporciones de 1%, 3%, y 5% en el concreto se justifica a partir de la necesidad de innovar en la mejora de las propiedades físico-mecánicas del concreto, un material crucial en la infraestructura vial. Esta investigación propone la utilización de un aditivo natural, como las fibras de bambú, en conjunto con cemento puzolánico tipo IP. Esto no solo obedece al propósito de incrementar la resistencia del concreto, sino también a la búsqueda de opciones constructivas que sean ambientalmente sostenibles.

La justificación de las proporciones seleccionadas se basa en estudios previos, como el de Fuentes (2014), quien demostró que una concentración del 1% de fibras de bambú incrementa significativamente la resistencia a la compresión del concreto a los 28 días. Sin embargo, estos estudios no han abordado de manera exhaustiva el rango de concentraciones superiores, lo que deja un vacío en la literatura científica que esta investigación pretende llenar. Al evaluar concentraciones de 1%, 3%, y 5%, se busca no solo confirmar la efectividad de la adición de fibras, sino también identificar una posible mejora en otras propiedades como la trabajabilidad en estado fresco, la resistencia a la flexión, y la resistencia a la abrasión.

Justificación práctica

La relevancia práctica de este estudio se fundamenta en su aplicación directa en la construcción y optimización de pavimentos rígidos en la región de Ayacucho. Mediante el análisis del comportamiento del concreto modificado con fibras de bambú, se obtendrán datos técnicos que facilitarán la determinación de la dosificación más adecuada del aditivo, con el fin de mejorar la resistencia estructural y la vida útil del pavimento frente a las condiciones específicas de clima y tránsito propias de la zona.

Justificación metodológica

Metodológicamente, el estudio se sustenta en la preparación y evaluación experimental rigurosa para la adición en proporciones de fibras de bambú (1%, 3%, y 5%). Las probetas serán evaluadas mediante ensayos normalizados de resistencia a la compresión, flexión y abrasión, los cuales resultan esenciales para establecer el comportamiento del concreto en obras destinadas al tránsito vehicular. Además, se realizarán análisis microestructurales para comprender la distribución y la interacción de las fibras dentro de la matriz de concreto, lo que permitirá

identificar los mecanismos a través de los cuales las fibras de bambú mejoran las propiedades del material.

Esta metodología también incluirá estudios in situ, donde se validarán los resultados de laboratorio bajo condiciones reales de campo en pavimentos de la región de Ayacucho. La combinación de pruebas de laboratorio y estudios de campo garantiza que los hallazgos de esta investigación sean aplicables en contextos reales, proporcionando una base sólida para la implementación de estos métodos en la construcción vial.

Importancia

La importancia de esta investigación radica en su potencial para transformar las prácticas de construcción vial en Ayacucho y otras regiones con condiciones similares. Al comprender cómo la adición de fibras de bambú influye en las propiedades mecánicas del concreto, como la resistencia a la compresión, flexión y abrasión, se podrán desarrollar mezclas de concreto más resistentes y duraderas. Esto no solo contribuirá a mejorar la calidad y la durabilidad de las infraestructuras viales, sino que también permitirá una mayor adaptación a las condiciones locales específicas, lo que es crucial para garantizar la calidad y la eficiencia de los proyectos de pavimentación.

Asimismo, el empleo de fibras de bambú, un recurso renovable y natural, como aditivo en el concreto favorece la incorporación de materiales más sostenibles en el sector de la construcción. Esto es especialmente relevante en el contexto actual de cambio climático, donde la reducción del impacto ambiental y el uso de recursos renovables son prioridades globales.

1.5. Limitaciones de la investigación

En el presente estudio, no se identificaron limitaciones significativas que impidieran el cumplimiento de los objetivos planteados. La investigación fue diseñada y ejecutada de manera que se abordaron de forma integral todos los aspectos críticos relacionados con la incorporación de la fibra natural (fibra de bambú) en el concreto utilizando cemento puzolánico tipo IP.

Gracias a una planificación rigurosa y a la disponibilidad de recursos adecuados, se pudieron realizar todos los ensayos y análisis propuestos, tanto en laboratorio como in situ, asegurando la validez y fiabilidad de los resultados obtenidos. La metodología utilizada facilitó un análisis detallado de las propiedades físico-mecánicas del concreto, logrando cumplir con el objetivo de evaluar el impacto de las fibras de bambú en el diseño de pavimentos rígidos destinados a vías de tránsito medio en la región de Ayacucho.

Asimismo, la selección de la región y el periodo de estudio se adecuaron perfectamente a las necesidades de la investigación, lo que permitió obtener resultados relevantes y aplicables en un contexto real. Por lo tanto, se concluye que la investigación se desarrolló sin restricciones que pudieran haber comprometido la calidad o la exhaustividad del estudio.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Evaluar cómo influye la adición de fibras de bambú en el comportamiento físico mecánico del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento tipo puzolánico IP para pavimentos rígidos de mediano tránsito, Ayacucho, 2024.

1.6.2. Objetivos específicos

- Determinar cómo influye la adición de fibras de bambú en proporciones de 1%, 3% y 5% en las propiedades físicas del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento tipo puzolánico IP para pavimentos rígidos de mediano tránsito, Ayacucho, 2024.
- Evaluar en medida influye la adición de fibras de bambú en proporciones de 1%, 3% y 5% en las propiedades mecánicas del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento tipo puzolánico IP para pavimentos rígidos de mediano tránsito, Ayacucho, 2024.
- Conocer de qué manera la adición de fibras de bambú en proporciones de 1%, 3% y 5% en el comportamiento físico mecánico del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento tipo puzolánico IP garantiza optimizados en términos de factibilidad.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1 Antecedentes internacionales

Althoey, F., et al (2022), en su artículo titulado ***"Strength and Microscale Properties of Bamboo Fiber-Reinforced Concrete Modified with Natural Rubber Latex"***, desarrollado en la Universidad de Najran, Arabia Saudita, con el objetivo de evaluar las propiedades físicas y mecánicas del concreto reforzado con fibras de bambú y modificado con látex de caucho natural. La metodología utilizada incluyó la incorporación de fibras de bambú y látex en proporciones del 1% y 1.5% en mezclas de concreto, seguidas de pruebas de resistencia a la compresión, tracción por división, y flexión, así como un análisis morfológico mediante microscopía electrónica de barrido (SEM). Los resultados indicaron que las muestras con igual proporción de fibras de bambú y látex presentaron la mayor resistencia a la compresión y tracción, además de una mejor densidad microestructural con menor porosidad. La conclusión resalta la viabilidad de utilizar fibras de bambú y látex como refuerzos sostenibles en la producción de concreto, especialmente en aplicaciones que requieren alta durabilidad y resistencia. Este estudio es relevante para mi investigación, ya que demuestra cómo la adición de fibras naturales puede mejorar significativamente las propiedades mecánicas del concreto, lo cual es aplicable en la formulación de pavimentos rígidos para vías de mediano tránsito en Ayacucho.

Sen y Ankit (2018), en su estudio titulado ***"An experimental study of concrete mix by adding natural fiber (Zucchini fiber/Luffa fiber)"***, publicado en el International Journal of Civil Engineering and Technology de la Universidad de Chandigarh, llevaron a cabo una investigación experimental sobre las propiedades mecánicas del concreto convencional (M30) con la adición de

fibras de zucchini y fibras de luffa, con el objetivo de mejorar las características del concreto de cemento. En relación con la fibra de luffa, se utilizó para incrementar la ductilidad y la resistencia a la tracción del material. Este estudio fue de naturaleza experimental, en el cual se emplearon fibras de luffa de diferentes longitudes y se analizaron en tres tiempos de curado: 7, 21 y 28 días. Las fibras fueron sumergidas en agua durante 28 días a una temperatura de 25°C. Como resultado, se observó un incremento de hasta un 3% en la fuerza, en comparación con el peso del cemento, aunque también se presentó una reducción en la resistencia del concreto.

Hirde, S.K., et al (2016), en su artículo titulado ***"Review on Polymer Modified Concrete and its Application to Concrete Structures"***, desarrollado en India, con el objetivo de revisar y analizar las aplicaciones del concreto modificado con polímeros, incluyendo fibras naturales como el bambú. La metodología empleada consistió en una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre mezclas de concreto reforzadas con diferentes tipos de polímeros y fibras naturales, así como estudios experimentales sobre las propiedades mecánicas mejoradas de estas mezclas. Los resultados mostraron que la adición de fibras naturales junto con polímeros mejoró significativamente la resistencia a la tracción y flexión del concreto, haciéndolo más resistente a las cargas cíclicas y condiciones ambientales severas. La conclusión subraya el potencial de las fibras naturales en combinación con polímeros para aplicaciones en estructuras donde la durabilidad es crucial. Este estudio es relevante para mi investigación, ya que aporta evidencias sobre cómo las fibras de bambú pueden ser eficientemente utilizadas en concreto para mejorar sus propiedades mecánicas, aplicable en el diseño de pavimentos rígidos.

Kumarasamy, K., et al (2020), en su artículo titulado ***"Strength Properties of Bamboo Fiber Reinforced Concrete"***, realizado en el IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, con el objetivo de investigar las propiedades de resistencia del concreto reforzado

con fibras de bambú. La metodología incluyó la preparación de diferentes mezclas de concreto con variaciones en el contenido de fibras de bambú, seguidas de pruebas de resistencia a la compresión, flexión y tracción. Los resultados indicaron que la adición de un 1.5% de fibras de bambú incrementó la resistencia a la flexión en un 25%, mientras que la resistencia a la compresión se mantuvo comparable al concreto convencional. La conclusión destaca la eficacia de las fibras de bambú como un material de refuerzo sostenible que mejora la resistencia mecánica del concreto. Este estudio es relevante para mi investigación, ya que demuestra el impacto positivo de las fibras de bambú en las propiedades físicas del concreto, lo cual es crucial para la formulación de pavimentos en Ayacucho.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Chapoñan y Quispe (2017), en su tesis titulada *“Análisis del comportamiento en las propiedades del concreto hidráulico para el diseño de pavimentos rígidos adicionando fibras de polipropileno en el A.A.H.H. Villa María - Nuevo Chimbote”*, se propusieron analizar cómo las propiedades del concreto hidráulico se comportaban en el diseño de pavimentos rígidos al incorporar fibras de polipropileno. Este estudio se justificó debido a las características del suelo en la región y las cargas proyectadas, lo que hizo necesario desarrollar un concreto óptimo para obtener un mejor desempeño de los pavimentos rígidos. Se realizaron los ensayos correspondientes para los agregados, conforme a la norma CE.010 sobre Pavimentos Urbanos y al Manual de Carreteras. Luego, se elaboró un concreto patrón con una resistencia de diseño de 280 kg/cm², siguiendo la metodología ACI-211. Además, se prepararon cuatro mezclas adicionales con la misma resistencia, a las cuales se les adicionó fibra en proporciones del 75%, 100%, 115% y 125% respecto al valor recomendado por el fabricante, con el objetivo de realizar una comparación entre ellas. Posteriormente, se obtuvieron probetas de concreto que fueron sometidas a ensayos de

compresión, y vigas que se probaron a flexión, conforme a las normas ASTM, MTC y NTP. Los resultados de estos ensayos permitieron evaluar la calidad de las mezclas tanto en su estado fresco como endurecido. Finalmente, se concluyó que el porcentaje óptimo de fibra fue el 115% de la cantidad sugerida por el fabricante.

Monge y Huamaní (2018), en su trabajo de tesis denominado ***“Estudio de la influencia de la fibra de cabuya en concretos de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y 210 kg/cm^2 en el distrito de Lircay, provincia de Angaraes”***, llevaron a cabo una investigación orientada a determinar el efecto que tiene la incorporación de fibra de cabuya sobre el comportamiento mecánico del concreto con dichas resistencias características. El propósito principal consistió en analizar cómo esta fibra natural podía contribuir al incremento de la resistencia a la tracción del concreto, además de valorar su posible aplicación como recurso sostenible para mitigar el impacto ambiental asociado a la construcción. El estudio se basó en un diseño aplicado, donde se utilizaron sondas con un 4% de fibra de cabuya en volumen, seleccionadas mediante un muestreo probabilístico aleatorio estratificado en zonas donde se encuentra esta planta. Entre los instrumentos empleados para la recolección de datos se incluyen bolsas de conservación, balanzas y herramientas básicas. Los resultados revelaron que el mortero reforzado con fibra de cabuya no solo incrementa la resistencia a la tracción del concreto, sino que también contribuye a reducir el impacto ambiental. Esto se debe a que el uso de esta fibra permite disminuir la cantidad de mezcla de concreto necesaria, lo que a su vez reduce las emisiones de dióxido de carbono producidas durante la fabricación del cemento, un proceso que genera emisiones significativas debido a las altas temperaturas. que requiere. Además, se concluyó que la fibra de cabuya, al ser un material orgánico y renovable, ofrece una alternativa más sostenible en la construcción, generando ahorros importantes y promoviendo prácticas más ecológicas en el sector.

Castillo y Farinango (2019), en su artículo titulado ***“Durabilidad del hormigón con fibras de yute”***, centraron su investigación en analizar uno de los factores más relevantes del hormigón: su durabilidad, directamente vinculada con la vida útil de las estructuras. Dado que el hormigón se enfrenta a diferentes tipos de agresiones físicas y químicas, es esencial evaluar cómo responden sus propiedades bajo condiciones adversas. En su estudio, expusieron las muestras de hormigón a sulfato de calcio y sulfoaluminato de calcio después de 28 días de curado, lo que provocó deformaciones en la estructura del material al incrementar su volumen. Posteriormente, se analizaron los resultados, comparándolos con un patrón de muestra. Los hallazgos indicaron un aumento del 36.33% en la resistencia de las muestras expuestas a sulfatos, mientras que las muestras reforzadas con fibra de yute mostraron un incremento del 20.77%. Este fenómeno fue atribuido a la formación de cristales en los poros del hormigón, ya que las partículas, al estar algunas veces a ciclos de secado e inmersión en una solución de sulfato de sodio, lograron llenar dichos poros, incrementando así la resistencia del material en comparación con las muestras que no contienen fibra de yute. Esta investigación sugiere que el uso de fibras de yute puede mejorar la durabilidad del hormigón, lo que resulta especialmente útil en ambientes donde las estructuras están expuestas a agentes agresivos.

Sánchez, J., et al (2020), en su artículo titulado ***“Evaluación del Uso de Fibras Naturales en la Mejora de las Propiedades Mecánicas del Concreto en la Región Andina del Perú”***, desarrollado en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Lima, Perú, con el objetivo de investigar la efectividad del uso de fibras de origen natural, específicamente de bambú, en la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del concreto utilizado en la construcción de carreteras en regiones de alta montaña. La metodología aplicada incluyó la elaboración de diferentes mezclas de concreto con variaciones en el porcentaje de fibras de bambú, las cuales fueron sometidas a

pruebas de resistencia a la compresión, flexión y tracción, además de un análisis de durabilidad en condiciones ambientales adversas propias de la región andina. Los resultados mostraron que la inclusión de un 2% de fibras de bambú en el concreto incrementó en un 30% la resistencia a la tracción y en un 20% la resistencia a la flexión, demostrando una mejora significativa en la durabilidad del concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo. La conclusión del estudio resalta la viabilidad de utilizar fibras de bambú como una alternativa sostenible y eficiente en la construcción de pavimentos en zonas rurales del Perú, lo cual es relevante para mi investigación, ya que proporciona evidencia concreta del potencial de estas fibras en la mejora de pavimentos rígidos en Ayacucho.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Concreto

El concreto es uno de los materiales más utilizados en la industria de la construcción debido a su resistencia, durabilidad y versatilidad. Este material, compuesto por una mezcla de cemento, agregados, agua y aditivos, ha evolucionado significativamente a lo largo del tiempo, adaptándose a las crecientes demandas de eficiencia. En este ensayo, se exploran las características fundamentales del concreto, su composición y el papel crucial que desempeñan los aditivos en la mejora de sus propiedades, con un enfoque particular en la integración de soluciones sostenibles como los aditivos naturales (Rivva, 2013).

Composición y Estructura del Concreto

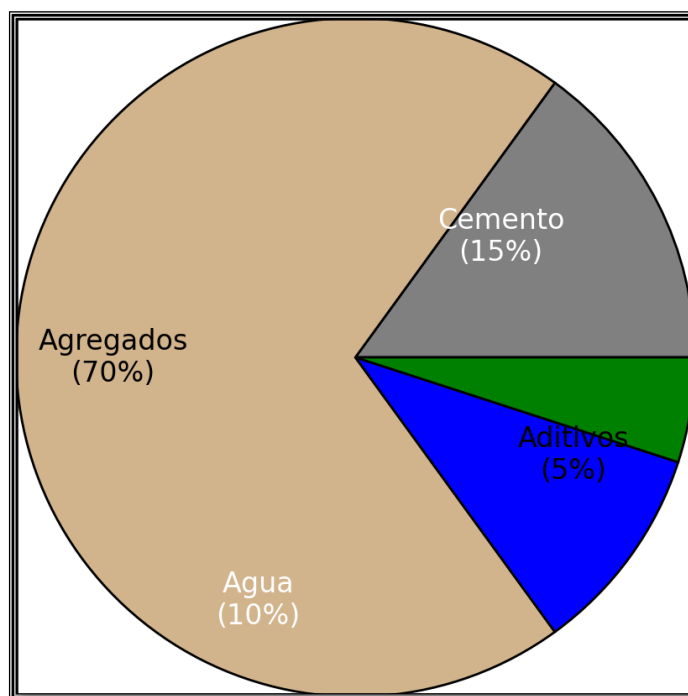
El concreto es esencialmente una piedra artificial formada por materiales heterogéneos. Su estructura está compuesta por fases continuas y discontinuas que, una vez endurecidas, reaccionan de manera uniforme bajo la aplicación de cargas. Según Rivva (2013), esta capacidad de reacción

homogénea frente a impactos es una característica clave que define al concreto como un material mixto hecho por el hombre. Dentro de esta estructura, las partículas de agregado, que incluyen materiales granulares como arena y grava, están suspendidas en una matriz o aglomerante que las envuelve y solidifica, creando una masa compacta y resistente.

Entonces se puede esquematizar al concreto como:

$$\text{CONCRETO} = \text{CEMENTO} + \text{AGREGADOS} + \text{AGUA (ACTIVOS)} + \text{AIRE (PASIVO)}$$

Figura 2: Composición básica del concreto



Nota: Elaboración propia.

2.2.2. Composición del concreto

El concreto es un material compuesto cuya calidad depende de la interacción y proporción adecuada de sus componentes fundamentales. La correcta selección y control de estos componentes es esencial para garantizar que el concreto cumpla con los requisitos de resistencia, durabilidad y trabajabilidad en diversas aplicaciones.

2.2.2.1. Cemento

El cemento es el aglutinante hidráulico más importante en la composición del concreto, ya que es el responsable de unir las partículas de agregado para formar una masa sólida y resistente. El proceso de producción del cemento comienza con la calcinación de rocas calcáreas y arcillosas, dando lugar al clínker, un producto intermedio que, al ser enfriado y finamente molido en molinos de bolas junto con sulfato de calcio (usualmente yeso), se convierte en el cemento Portland. Este proceso está regulado por normas técnicas específicas que aseguran la calidad del producto final.

El cemento Portland se clasifica en varios tipos, cada uno diseñado para aplicaciones específicas:

- **Cemento Portland Tipo I:** Uso general, adecuado para aplicaciones donde no se requieren características especiales.
- **Cemento Portland Tipo II:** Recomendado para estructuras expuestas a condiciones moderadas de sulfatos.
- **Cemento Portland Tipo V:** Diseñado para entornos altamente agresivos, donde la resistencia a los sulfatos es crítica.

El Cemento Portland Tipo I es comúnmente utilizado en construcciones donde no se requiere resistencia específica a los sulfatos o calor de hidratación reducido. Para aplicaciones donde el concreto estará expuesto a ambientes ligeramente agresivos, como suelos o aguas con bajo contenido de sulfatos, el Tipo II es ideal. Por otro lado, el Tipo V es crucial en ambientes extremadamente agresivos, como aquellos expuestos a aguas con alto contenido de sulfatos, como se encuentran en ciertas regiones costeras o desérticas. La normativa peruana NTP 334.009:2021

regula la fabricación y uso de estos cementos, alineándose con los estándares internacionales ASTM C150.

El Cemento Portland Puzolánico se utiliza ampliamente en proyectos donde la durabilidad es una preocupación principal, como en estructuras de concreto expuestas a ambientes marinos o industriales. La puzolana, al reaccionar con la cal liberada durante la hidratación del cemento, forma compuestos adicionales que no solo reducen la permeabilidad sino que también incrementan la resistencia química del concreto, haciéndolo más adecuado para obras de infraestructura de largo plazo. (ACI, 2002).

Tabla 1

Cuadro comparativo de cemento portland Tipo I vs IP.

Criterio	Cemento I (Portland Ordinario)	Cemento IP (Puzolánico)	Justificación del uso de Cemento IP
Composición	Alto contenido de clínker	Mezcla de clínker + puzolana	Menor uso de clínker reduce el impacto ambiental.
Desarrollo de resistencia	Alta resistencia inicial	Resistencia inicial moderada, mayor resistencia a largo plazo	Adecuado para estructuras que no requieren desmolde rápido.
Calor de hidratación	Alto	Bajo	Ideal para estructuras masivas, reduce riesgo de fisuración térmica.
Durabilidad	Menor resistencia a sulfatos y cloruros	Mayor resistencia a ambientes agresivos	Mejora la vida útil en zonas costeras o con suelos agresivos.
Permeabilidad	Mayor	Menor	Concreto más denso y menos permeable a agentes externos.
Impacto ambiental	Alta huella de carbono	Menor huella de carbono	Alternativa más sostenible y ecológica.
Costo	Generalmente más caro	Generalmente más económico	Ahorro si hay puzolanas disponibles localmente.

Aplicaciones típicas	Obras rápidas, zonas templadas	Obras duraderas, zonas cálidas o agresivas	Elección técnica en función del entorno y tipo de obra.
-----------------------------	--------------------------------	--	---

2.2.2.2. El agua para el concreto

El agua es un componente esencial en la producción de concreto, ya que participa activamente en la reacción química de hidratación del cemento, proceso fundamental para el desarrollo de la resistencia y la durabilidad del material. La calidad del agua, así como su cantidad, deben ser controladas estrictamente para asegurar que el concreto alcance las propiedades deseadas.

Durante la hidratación, los silicatos de calcio y otros compuestos presentes en el cemento reaccionan con el agua para formar productos que consolidan la estructura del concreto, desarrollando una matriz densa y resistente. Este proceso es vital para la ganancia de resistencia del concreto y la formación de una microestructura que mejore su durabilidad frente a condiciones ambientales adversas (Neville, 2011).

La trabajabilidad del concreto, es decir, la facilidad con que puede ser mezclado, transportado, colocado y compactado, está directamente relacionada con el contenido de agua. Un nivel adecuado de agua garantiza que la mezcla sea lo suficientemente fluida para llenar los encofrados y eliminar cualquier riesgo de segregación o formación de vacíos, lo que es crucial para obtener una estructura homogénea (Kosmatka, Kerkhoff, & Panarese, 2004).

Es importante mencionar que un exceso de agua no solo incrementa la porosidad del concreto, sino que también puede llevar a una reducción significativa en la resistencia final del concreto, debido a la formación de una microestructura menos densa y con más vacíos capilares.

Esto, a su vez, disminuye la durabilidad y la resistencia a la penetración de agentes agresivos, como cloruros y sulfatos (Mehta & Monteiro, 2014).

En Perú, la calidad del agua destinada a la producción de concreto está regulada por la NTP 339.088, que establece los límites máximos permisibles para sólidos en suspensión, materia orgánica, alcalinidad, sulfatos, cloruros y pH. Esta normativa es crucial para garantizar que el agua no comprometa las propiedades del concreto. Los límites establecidos por la NTP 339.088 se resumen en la tabla 2.

Tabla 2

Límites Máximos Permisibles para el Agua de Mezcla según NTP 339.088

Parámetro	Límite Máximo (mg/L)
Sólidos en Suspensión	200
Materia Orgánica	200
Alcalinidad (como CaCO_3)	1000
Sulfatos (como SO_4)	1000
Cloruros (como Cl^-)	500
pH	6.0 - 8.0

Nota: Tomado de INACAL, 2015

En la presente investigación, se ha realizado un análisis químico del agua potable de Ayacucho, que es utilizada para la elaboración del concreto hidráulico. Los resultados del análisis se presentan en la Tabla 2 y demuestran que el agua cumple con los estándares establecidos por la NTP 339.088, garantizando así que el concreto producido tendrá las propiedades deseadas de resistencia y durabilidad.

Tabla 3

Análisis del agua potable Ayacucho

Parámetro	Resultado (mg/L)
Sólidos en Suspensión	50

Materia Orgánica	100
Alcalinidad (como CaCO_3)	800
Sulfatos (como SO_4)	300
Cloruros (como Cl^-)	200
pH	7.2

Nota: Tomado de (Laboratorio GEOLAB E.I.R.L, 2024)

2.2.2.3. Agregados para el concreto

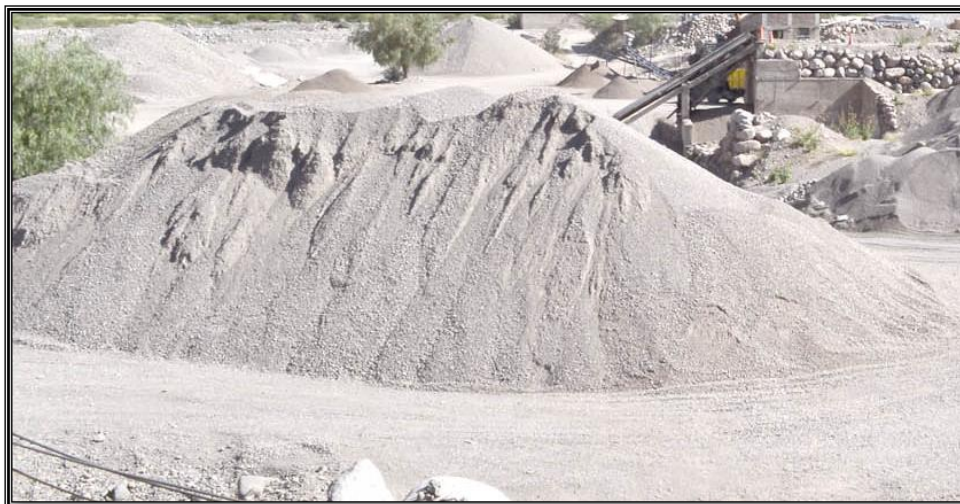
Los agregados son materiales inertes que forman parte esencial de la mezcla de concreto, proporcionando masa, resistencia y estabilidad a la estructura final. Representan aproximadamente el 60-75% del volumen del concreto y, por lo tanto, su selección y clasificación son fundamentales para obtener un concreto de alta calidad. En esta investigación se explora en detalle los tipos de agregados, su clasificación, la importancia de su granulometría, y los requisitos normativos para su uso en la producción de concreto con resistencia de 210 kg/cm^2 , específicamente en pavimentos rígidos.

2.2.2.3.1. Clasificación

Agregados Finos (Arenas)

Los agregados finos, comúnmente referidos como arenas, son partículas que pasan a través del tamiz N° 4 (4.75 mm) y son retenidas en el tamiz N° 200 (0.075 mm), según lo establecido por la **NTP 400.037** y la norma **ASTM C33**. La arena es esencial para llenar los vacíos entre los agregados gruesos y proporcionar la cohesión necesaria para mantener la mezcla fluida antes del fraguado.

Figura 3: Agregado fino (cantera – chillico)



Nota: Tomado de laboratorio geolab EIRL

La calidad del agregado fino es crítica; debe estar libre de contaminantes como sales, materia orgánica y partículas finas excesivas que podrían comprometer la hidratación del cemento y, por ende, la durabilidad del concreto. Además, la granulometría de la arena debe estar bien distribuida dentro de los límites especificados por las normativas **NTP 400.012** y **ASTM C136**, lo que asegura una adecuada trabajabilidad y minimiza la segregación.

Agregado Grueso

El agregado grueso incluye partículas que son retenidas por el tamiz N° 4 (4.75 mm) y pueden llegar hasta tamaños superiores a 38 mm, dependiendo de la aplicación específica. En pavimentos rígidos y otras aplicaciones estructurales, la grava o piedra triturada se utiliza para proporcionar resistencia y durabilidad al concreto.

Figura 4: Agregado grueso (cantera – chillico)



Nota: Tomado de laboratorio geolab EIRL

Los agregados gruesos deben cumplir con los requisitos de forma, textura y limpieza establecidos en la **NTP 400.037** y **ASTM C33**. Las partículas deben ser duras, resistentes y libres de impurezas, como partículas blandas, escamosas o deleznales, que puedan deteriorarse bajo cargas mecánicas. La forma ideal de los agregados es angular, ya que mejora la adherencia del cemento y contribuye a una mayor resistencia del concreto.

2.2.2.3.2. Husos Granulométricos para Concreto de 210 kg/cm² en Pavimentos

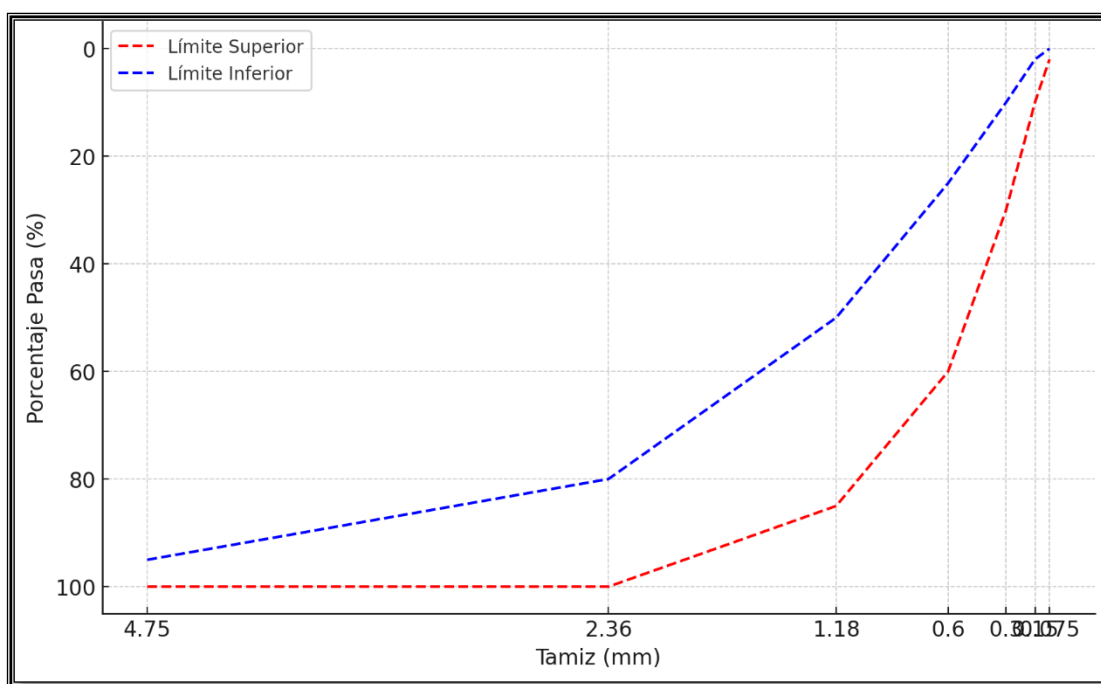
La granulometría de los agregados, tanto finos como gruesos, debe estar dentro de rangos específicos (husos granulométricos) para asegurar que el concreto tenga las propiedades mecánicas

adecuadas. Para un concreto de 210 kg/cm², utilizado en pavimentos, la distribución granulométrica es crucial para obtener una mezcla compacta y resistente.

Huso Granulométrico del Agregado Fino (Arena)

Para el agregado fino, la **NTP 400.012** y la **ASTM C136** establecen que la arena debe tener una distribución granulométrica que permita obtener una mezcla fluida y homogénea, sin segregación. En la figura 6 se muestra el típico de huso granulométrico para agregados finos utilizados en concreto de pavimentos.

Figura 5: Huso Granulométrico del Agregado Fino



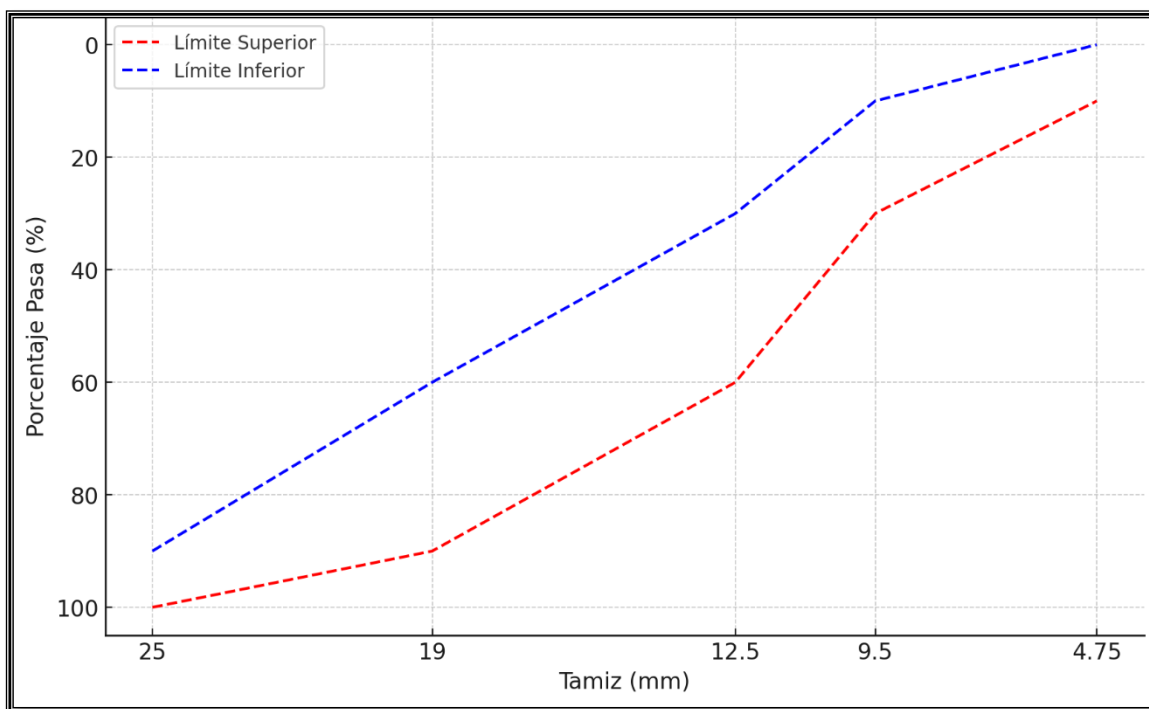
Nota: Elaboracion propia.

Huso Granulométrico del Agregado Grueso (Grava)

En cuanto al agregado grueso, la granulometría debe estar controlada para evitar la segregación y asegurar una buena trabajabilidad. La norma **NTP 400.037** indica que para concreto

de 210 kg/cm² en pavimentos, el agregado grueso debe tener una granulometría que permita una adecuada compactación y resistencia a la compresión. A continuación, se presenta la figura 7 que muestra el huso granulométrico típico para agregados gruesos.

Figura 6: Huso Granulométrico del Agregado Grueso



Nota: Elaboracion propia.

2.2.2.3.3. Normas Técnicas y Requerimientos en los Ensayos

Los agregados, tanto finos como gruesos, deben cumplir con los parámetros establecidos por normas técnicas peruanas y estándares internacionales. Estas normas aseguran que los agregados contribuyan positivamente a las propiedades mecánicas y durabilidad del concreto.

- **NTP 400.037 y ASTM C33:** Estas normas especifican las propiedades físicas que deben cumplir los agregados, incluyendo la granulometría, limpieza, forma y textura. Se exigen ensayos para evaluar la resistencia al desgaste, absorción de agua y durabilidad de los agregados.

- **NTP 400.012 y ASTM C136:** Estas normas regulan los ensayos de granulometría, que determinan la distribución de tamaños de las partículas en los agregados. Este ensayo es fundamental para asegurar la mezcla correcta de agregados y obtener un concreto homogéneo y resistente.
- **NTP 400.018 y ASTM C127/C128:** Estas normas describen los ensayos para determinar la densidad y absorción de los agregados. La absorción de agua influye en la relación agua-cemento y, por ende, en la resistencia y durabilidad del concreto.
- **NTP 400.015 y ASTM C131/C535:** Regulan los ensayos de abrasión para agregados gruesos, como el ensayo de abrasión Los Ángeles, que mide la resistencia de los agregados a la degradación mecánica. Este ensayo es crucial para garantizar que los agregados no se desintegren bajo cargas dinámicas.

Tabla 4

Requisitos de Granulometría para Agregados Finos y Gruesos según NTP 400.037

Tamiz (mm)	% Pasa - Arena Fina	% Pasa - Agregado Grueso
25	100	100
12.5	100	90 - 100
4.75	95 - 100	0 - 10
2.36	80 - 100	0
1.18	50 - 85	0
0.6	25 - 60	0
0.3	10-30	0
0.15	02-10	0

Nota: Tomado de NTP 400.037, INACAL

2.2.2.3.4. Distribución de Agregados por m³ de Concreto

Para un concreto de 210 kg/cm², la cantidad de agregados finos y gruesos por m³ de concreto debe estar bien equilibrada para asegurar la trabajabilidad, resistencia y durabilidad del

concreto. A continuación, se presenta un gráfico que muestra la distribución porcentual típica de agregados finos y gruesos en un m³ de concreto.

Tabla 5
Distribución de Agregados por m³ de Concreto

Componente	Porcentaje (%)
Cemento	12
Agregado Fino	35
Agregado Grueso	45
Agua y Aditivos	8

La correcta selección, clasificación y combinación de los agregados en la producción de concreto no solo garantiza una buena calidad estructural. En la actualidad, se investigan nuevas tecnologías y materiales, como el uso de agregados reciclados, que permiten reducir el impacto ambiental sin comprometer la calidad del concreto.

2.2.2.4. Tipos de concreto

El concreto es uno de los materiales de construcción más versátiles y utilizados a nivel mundial. En Perú, el uso del concreto varía ampliamente según el tipo de estructura y las exigencias del proyecto. A continuación, se describen algunos de los tipos de concreto más comunes, sus características, aplicaciones, y otras consideraciones relevantes en el contexto peruano.

2.2.2.4.1. Concreto simple

El concreto simple es una mezcla básica compuesta por cemento, agregado fino, agregado grueso y agua, sin la incorporación de ningún tipo de refuerzo, como acero o fibras. Este tipo de concreto es comúnmente utilizado en la construcción de estructuras que no requieren soportar grandes esfuerzos de tracción, como aceras, pavimentos para carreteras de bajo tráfico, presas pequeñas, edificaciones, canales de riego y cimentaciones.

El concreto simple es fundamental en diversas aplicaciones de la construcción debido a su eficiencia y facilidad de uso. Sin embargo, su limitada resistencia a la tracción hace que se utilice principalmente en estructuras que no están expuestas a grandes esfuerzos tensionales.

CONCRETO SIMPLE = CEMENTO + AGREGADO GRUESO + AGREGADO FINO + AGUA

2.2.2.4.2. Concreto ciclópeo

El concreto ciclópeo es una mezcla compuesta por cemento, agregados finos, piedras de tamaño mediano y grande, y agua. Este tipo de concreto se utiliza principalmente en rellenos, bases, y en la construcción de muros de contención, cimientos y sobrecimientos. La incorporación de piedras de gran tamaño dentro de la mezcla le confiere características específicas que lo hacen adecuado para estas aplicaciones.

En el caso de las cimentaciones, se requiere que el concreto ciclópeo alcance una resistencia de $f'_c = 100 \text{ kg/cm}^2$ con un 30% de piedra grande (P.G.) en la mezcla. La proporción de la mezcla por volumen es de 1:10 (cemento: hormigón), lo que proporciona la masa necesaria para soportar las cargas estructurales (Kosmatka et al., 2004).

Para los sobrecimientos, se busca una resistencia mayor, de $f'_c = 140 \text{ kg/cm}^2$ con un 25% de piedra mediana (P.M.) en la mezcla. La proporción de mezcla por volumen en este caso es de 1:8 (cemento: hormigón), y se ajusta la cantidad de agua para obtener una mezcla trabajable que cumpla con las especificaciones de construcción (Neville, 2011).

CONCRETO CICLOPEO = CEMENTO + AGREGADO + PIEDRA MEDIANA + PIEDRA GRANDE + AGUA

2.2.2.4.3. Concreto armado

El concreto armado es una combinación de concreto y acero que aprovecha las propiedades complementarias de ambos materiales. Mientras que el concreto es excelente para resistir fuerzas

de compresión, su resistencia a la tracción es limitada. Para compensar esta deficiencia, se incorporan barras de acero dentro de la masa de concreto en las zonas donde se espera que actúen fuerzas de tracción, formando lo que se conoce como concreto armado. Este material es fundamental en la construcción de cimentaciones, vigas, columnas y losas aligeradas, ya que el acero no solo proporciona la resistencia a la tracción necesaria, sino que también contribuye a la resistencia a la compresión en elementos estructurales reforzados. Las resistencias típicas del concreto armado pueden variar dependiendo del diseño de la mezcla y la aplicación específica, con valores de f'_c que oscilan entre 210 y 350 kg/cm², adaptándose a las necesidades estructurales del proyecto (Mehta & Monteiro, 2014; Neville, 2011).

CONCRETO ARMADO = CEMENTO + ACERO + AGREGADO FINO + AGREGADO GRUESO + AGUA

2.2.2.5. Funciones del agregado en el concreto

Los agregados desempeñan funciones esenciales en la mezcla de concreto, impactando directamente su resistencia y durabilidad. Primero, los agregados proporcionan un relleno económico a la pasta de cemento, reduciendo así el contenido de cemento por unidad de volumen. Segundo, los agregados forman una masa sólida que mejora la capacidad del concreto para resistir efectos mecánicos, como la abrasión y la intemperie, contribuyendo a la durabilidad y estabilidad de las estructuras. Tercero, los agregados ayudan a minimizar los cambios de volumen del concreto debido al fraguado y curado, así como a la humedad y la variación térmica, reduciendo así el riesgo de agrietamiento y deformaciones indeseadas (Paredes & Guillén, 2015).

2.2.3. Aditivos para el concreto

Según Rivva (2000), los aditivos son definidos tanto por la Comisión 116R del Instituto Americano del Concreto (ACI) como por la norma ASTM C125, como materiales que se añaden a la mezcla de concreto o mortero, además de agua, agregados y cemento hidráulico, con el

propósito de modificar sus propiedades. Estos aditivos se incorporan durante la mezcla para cumplir propósitos específicos, tales como mejorar la trabajabilidad, acelerar o retardar el tiempo de fraguado, reducir el contenido de agua o mejorar la facilidad de colocación y bombeo de las mezclas. En la práctica moderna, el uso de aditivos se ha vuelto esencial para optimizar las características del concreto en diversas condiciones y aplicaciones.

La elección de aditivos debe considerar varios factores, entre los que se incluyen las condiciones ambientales, las especificaciones del proyecto y las características deseadas del concreto en estado fresco y endurecido. En algunos casos, los aditivos pueden ser la única alternativa viable para cumplir con los requisitos técnicos. En otros casos, su utilización puede resultar más económica y eficiente que modificar la proporción o composición de la mezcla de concreto.

2.2.3.1. Razones de empleo de los aditivos en el concreto

Los aditivos se utilizan en el concreto principalmente para modificar sus propiedades en estado fresco y endurecido. Las razones más comunes para su uso incluyen:

- **Reducción del contenido de agua:** Los aditivos reductores de agua permiten disminuir la cantidad de agua en la mezcla, sin afectar la trabajabilidad del concreto. Esto resulta en una mayor densidad y resistencia del concreto, además de reducir la porosidad y mejorar la durabilidad.
- **Mejora de la trabajabilidad:** Los superplastificantes son aditivos que mejoran significativamente la fluidez del concreto, facilitando su colocación en moldes complejos y su bombeo a grandes alturas o distancias. Esto es particularmente útil en obras con geometrías complicadas o en climas cálidos donde la trabajabilidad se ve afectada rápidamente.

- **Aceleración o retardo del fraguado:** Dependiendo de las condiciones del proyecto, se pueden emplear aditivos acelerantes para reducir el tiempo de fraguado y permitir una rápida puesta en servicio de la estructura, o aditivos retardantes para prolongar el tiempo de trabajabilidad en climas cálidos o en proyectos de gran envergadura donde el transporte del concreto es prolongado.
- **Facilidad de colocación y bombeo:** Los aditivos mejoran las propiedades reológicas del concreto, permitiendo su colocación en áreas difíciles de alcanzar y su bombeo a través de largas tuberías sin perder su cohesión ni generar segregación de los agregados.

2.2.4. Propiedades del concreto

El concreto, a lo largo de su ciclo de vida, experimenta una serie de cambios en sus propiedades tanto en estado fresco como en estado endurecido. Comprender y controlar estas propiedades es esencial para asegurar la calidad y durabilidad de las estructuras. A continuación, se detallan las principales propiedades del concreto en sus dos estados clave: fresco y endurecido.

2.2.4.1. Propiedades del concreto en estado fresco

Las propiedades del concreto en estado fresco son cruciales para su manejo, colocación y conformación en moldes o encofrados. Estas propiedades determinan cómo el concreto se comportará durante la construcción y pueden influir significativamente en las propiedades del concreto endurecido.

Trabajabilidad (Slump Test)

La trabajabilidad es la capacidad del concreto para ser mezclado, transportado, colocado y compactado sin segregarse. Se evalúa principalmente mediante el **ensayo de asentamiento**

(Slump Test), que mide la altura de asentamiento de un cono de concreto recién mezclado bajo su propio peso.

Ensayo de Asentamiento (Slump Test): Este ensayo es esencial para garantizar que el concreto tenga la plasticidad adecuada para ser trabajado sin causar segregación de los agregados. Un slump típico para concreto convencional utilizado en estructuras varía entre 7.5 y 15 cm. Valores fuera de este rango pueden indicar un exceso o deficiencia de agua, lo que afectará la resistencia y durabilidad del concreto.

Figura 7: Ensayo de Asentamiento (Slump Test).



Nota: Equipo de laboratorio geolab EIRL.

Temperatura del Concreto

La temperatura del concreto en estado fresco es un factor crítico que afecta el tiempo de fraguado, la trabajabilidad, y la durabilidad del concreto endurecido. La temperatura ideal para el concreto fresco es generalmente entre 10°C y 25°C. Temperaturas superiores pueden acelerar el fraguado, reduciendo el tiempo de trabajabilidad y potencialmente comprometiendo la resistencia

final debido a un fraguado rápido. En climas cálidos, es común el uso de aditivos retardantes y el enfriamiento de los agregados para mantener la temperatura dentro del rango óptimo.

Figura 8: Ensayo de temperatura del concreto en estado fresco.



Nota: Equipo de laboratorio geolab EIRL.

Densidad del Concreto Fresco

La densidad del concreto fresco se refiere a la masa por unidad de volumen del concreto en estado plástico, y es un indicativo de la compacidad de la mezcla. Se calcula dividiendo la masa del concreto por su volumen. Un concreto convencional tiene una densidad fresca típica entre 2200 y 2400 kg/m³. Una densidad demasiado baja puede indicar una mezcla con exceso de aire o agua, mientras que una densidad alta sugiere una mezcla con agregados densos o poca inclusión de aire.

Exudación

La exudación es el proceso por el cual el agua sube a la superficie del concreto fresco, debido a la segregación parcial de los componentes de la mezcla. Un nivel controlado de exudación es normal, pero una exudación excesiva puede llevar a problemas como la formación de canales

de agua, lo que reduce la densidad y resistencia del concreto. Además, puede resultar en una mayor porosidad superficial, afectando la durabilidad de la estructura.

2.2.4.2. Propiedades del concreto en estado endurecido

Una vez fraguado y endurecido, el concreto desarrolla las propiedades mecánicas que determinan su capacidad para resistir las cargas y condiciones ambientales a las que estará expuesto durante su vida útil. Las propiedades del concreto endurecido más relevantes son:

Resistencia a la Compresión

La resistencia a la compresión es la capacidad del concreto para soportar cargas que tienden a reducir su tamaño. Es la propiedad más importante del concreto y se mide mediante el ensayo de compresión en probetas cilíndricas (generalmente a los 28 días de edad).

Valor típico: En aplicaciones estructurales, la resistencia a la compresión del concreto varía entre 210 y 350 kg/cm² (21 a 35 MPa), aunque puede diseñarse para resistencias mucho mayores en aplicaciones especiales, como puentes o rascacielos.

Figura 9: Prueba de Resistencia a la Compresión



Resistencia a la Flexión

La resistencia a la flexión es la capacidad del concreto endurecido para resistir la deformación bajo cargas transversales. Se mide mediante el ensayo de flexión en viguetas y es especialmente relevante en elementos como vigas, losas y pavimentos.

Valor típico: La resistencia a la flexión del concreto suele estar entre 30 y 50 kg/cm² (3 a 5 MPa). Esta propiedad es esencial para evitar la aparición de grietas en elementos estructurales que están sujetos a cargas transversales.

Figura 10: Prueba de Resistencia a la Flexión



Resistencia a la Tracción

Aunque el concreto es conocido por su alta resistencia a la compresión, su resistencia a la tracción es significativamente menor y suele ser alrededor del 10% de su resistencia a la compresión. Esta baja resistencia a la tracción es la razón por la cual el concreto es reforzado con acero en aplicaciones estructurales.

Valor típico: La resistencia a la tracción del concreto no reforzado suele estar entre 15 y 30 kg/cm² (1.5 a 3 MPa). Se mide generalmente mediante el ensayo de tracción indirecta o ensayo brasileño.

Resistencia a la Abrasión o Desgaste

La resistencia a la abrasión o desgaste es la capacidad del concreto para resistir la erosión causada por la fricción o el impacto de objetos duros. Esta propiedad es crucial en pavimentos, pisos industriales y superficies sometidas a tráfico pesado.

Ensayo: La resistencia a la abrasión se mide mediante ensayos específicos, como el ensayo de desgaste Los Ángeles o el ensayo de la rueda giratoria. Un concreto con buena resistencia a la abrasión tendrá una pérdida mínima de material bajo condiciones de desgaste controladas.

Figura 11: Prueba de Resistencia a la Abrasión



2.2.5. Fibras naturales en el concreto

Las fibras naturales han ganado atención en la industria de la construcción debido a sus beneficios medioambientales y su potencial como refuerzos sostenibles en matrices cementantes. Estas fibras, obtenidas de fuentes vegetales, animales o minerales, presentan características únicas que las hacen atractivas para su uso en el concreto, especialmente en aplicaciones donde la calidad es una prioridad.

Clasificación de Fibras Naturales

Las fibras naturales pueden clasificarse en función de su origen:

- **Fibras Vegetales:** Provenientes de plantas como el bambú, coco, lino, cáñamo, y sisal. Estas fibras son apreciadas por su disponibilidad, biodegradabilidad, y propiedades mecánicas, como la alta resistencia a la tracción y bajo peso (Savastano et al., 2000).
- **Fibras Animales:** Incluyen la lana y la seda, aunque su uso en el concreto es menos común debido a su disponibilidad limitada y a su mayor costo en comparación con las fibras vegetales.
- **Fibras Minerales:** Tales como el asbesto (que ha caído en desuso debido a sus riesgos para la salud) y otras fibras inorgánicas. Estas son menos comunes en la actualidad en la industria del concreto (Li et al., 2006).

Comparación entre Fibras Naturales y Sintéticas

Las fibras naturales ofrecen varias ventajas en comparación con las fibras sintéticas, como las de polipropileno o acero. Además de ser renovables y biodegradables, las fibras naturales presentan menor costo y tienen una huella ecológica reducida. Sin embargo, pueden tener variabilidad en sus propiedades debido a factores como el origen y el procesamiento, lo que a veces limita su uso en aplicaciones donde se requieren especificaciones muy estrictas (Ramakrishna & Sundararajan, 2005).

Resistencia Mecánica del Bambú

El bambú presenta una alta resistencia a la tracción, que puede superar los 200 MPa, comparándose favorablemente con algunas fibras sintéticas. Esta resistencia se debe a la estructura fibrosa y la alta lignificación de sus paredes celulares, lo que permite que el bambú soporte cargas significativas sin deformarse (Ghavami, 2005). Su relación resistencia-peso es particularmente ventajosa en aplicaciones donde se requiere un material ligero y resistente.

Propiedades del Bambú como Material de Refuerzo

El bambú, una fibra vegetal, es conocido por sus excepcionales propiedades mecánicas, lo que lo convierte en una opción viable para reforzar el concreto. Su uso en aplicaciones de construcción es tradicional en varias culturas, y más recientemente, ha sido explorado como material de refuerzo en matrices cementantes. Se estima que se requieren entre 0.5 y 1 hectárea de bambú para producir una tonelada de fibra, rápido crecimiento, altura máxima en 3 a 4 meses durante la temporada de lluvias Aunque, cosecha entre los 5 y 7 años de edad. Requiere menos agua y pesticidas. (Villanueva 2019).

El bambú es una planta de rápido crecimiento, capaz de regenerarse después de la cosecha sin necesidad de replantación, lo que lo convierte en una opción sostenible. Su cultivo contribuye a la captura de carbono y a la reducción de la deforestación, ya que puede sustituir a la madera en muchas aplicaciones. Además, su incorporación en el concreto no solo mejora las propiedades mecánicas del material, sino que también contribuye a la reducción del impacto ambiental de la construcción (Janssen, 2000).

Figura 12: Bambusoideae (Bambú)



Nota: ilustración propia.

2.2.6. Cemento puzolánico tipo IP

El cemento que contiene puzolana se produce mediante la pulverización conjunta de una mezcla de Clinker Portland y puzolana, a la que se añade sulfato de calcio de forma eventual. El contenido de puzolana en esta mezcla debe oscilar entre el 15% y el 40% del peso total. La puzolana es un material de origen silicoso o silico-aluminoso que, aunque por sí sola puede tener poca o ninguna actividad hidráulica, reacciona químicamente con el hidróxido de calcio en presencia de humedad y temperatura ambiente, formando compuestos con propiedades hidráulicas. En cuanto a los tipos de cemento Portland con puzolana, el Cemento Portland Puzolánico Tipo IP está diseñado para construcciones generales de concreto, con un contenido de puzolana que varía entre el 15% y el 40%. Por otro lado, el Cemento Portland Puzolánico Modificado Tipo IPM, también utilizado en construcciones generales, contiene un porcentaje de puzolana inferior al 15%. Ambos tipos de cemento ofrecen propiedades que mejoran la durabilidad del concreto, especialmente en condiciones ambientales agresivas.

2.2.7. Diseño de mezclas de concreto

Los métodos de diseño de mezclas de concreto emplean procedimientos algorítmicos que se utilizan para alcanzar un equilibrio adecuado entre las propiedades de los componentes del concreto, con el fin de obtener la resistencia requerida en su estado endurecido, de acuerdo con las especificaciones técnicas establecidas. Según Pasquel (1998), es importante destacar que antes de concluir el proceso, es fundamental considerar el periodo de diseño de la mezcla de concreto. Este momento marca el inicio de las pruebas más manejables. En los casos especiales propuestos, ninguno de los diseños propuestos fue sometido a condiciones reales o pruebas finales, incluyendo la validación en el campo (p.173).

2.2.7.1. Diseño de mezclas por el método del ACI.

De acuerdo con Pasquel (1998), este método se aplica al concreto convencional y está orientado a determinar las proporciones correctas de sus componentes, con el fin de garantizar tanto la manejabilidad como la durabilidad del material. La correcta dosificación de los componentes constituye un paso fundamental en el diseño de mezclas, precedido por la selección basada en los ensayos de laboratorio, tal como lo indica Kosmatka (2016). El procedimiento ACI establece directrices precisas para determinar las proporciones iniciales cuando se emplean agregados de densidad normal o elevada, las cuales luego se refinan mediante pruebas de laboratorio. El objetivo es lograr un compromiso adecuado entre costo, resistencia, durabilidad, densidad y acabado superficial, conforme a lo estipulado en la norma ACI 211.1-91 (2002).

El concreto se formula principalmente a partir de agregados, cemento Portland o cementos compuestos y agua, si bien es posible añadir otros cementantes y aditivos químicos. La mezcla

incluye una porción de aire atrapado y, en ciertos casos, se incorpora aire de forma intencional mediante agentes aireantes o cementos aireados. Los aditivos químicos resultan esenciales para ajustar las características del concreto —por ejemplo, acelerando o retardando el fraguado, mejorando la trabajabilidad, reduciendo la relación agua-cemento o incrementando la resistencia—, tal como describe la norma ACI 211.1-91 (2002).

Tabla 6

Rango de revenimiento esperable por tipo de colocación de concreto

Construcción de concreto	Revenimiento mm (pulg.)	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzado	75 (3)	25 (1)
Zapatas, cajones y muros de subestructuras sin refuerzo	75 (3)	25 (1)
Vigas y muros reforzados	100 (4)	25 (1)
Columnas de edificios	100 (4)	25 (1)
Pavimentos y losas	75 (3)	25 (1)
Concreto masivo	75 (3)	25 (1)

Fuente: Kosmatka (2016)

2.2.8. Diseño de pavimentos

Los pavimentos de concreto se consideran estructuras elásticas de múltiples capas que se apoyan sobre una base que puede ser de naturaleza elástica o viscoelástica. Entre los tipos de pavimentos, los que incorporan juntas son los más adecuados para las condiciones locales debido a su alto rendimiento y su capacidad para cumplir con los plazos de diseño generalmente establecidos. El método de diseño más recomendado para este tipo de pavimentos es el que sigue la metodología AASHTO 93, según lo estipulado por el MTC (2013).

2.2.8.1. Cargas de diseño

El tráfico vehicular constituye el elemento principal al definir las cargas en pavimentos rígidos. Esta variable origina distintas magnitudes y combinaciones de esfuerzo, derivadas tanto

del tránsito continuo como de la presencia de vehículos estacionarios y de aquellos que transportan cargas variables (Huang, 2003).

2.2.8.2. Cargas vehiculares

Los vehículos de gran tonelaje (camiones, equipos de construcción y montacargas) se incluyen en el dimensionamiento de pavimentos rígidos. Para calcular la carga por eje, resulta indispensable disponer de datos precisos sobre las características de estos vehículos (Papagiannakis, 2008).

2.2.8.3. Método AASHTO 1986/1993

El establecimiento del espesor adecuado para pavimentos rígidos requiere la evaluación de múltiples variables críticas que aseguren un desempeño seguro y fiable. En este enfoque, se incorpora el concepto de serviciabilidad como un parámetro esencial para verificar que el pavimento mantenga un nivel de servicio óptimo para los usuarios (Papagiannakis, 2008).

2.2.8.4. Mediano transito

En el contexto de la infraestructura vial, el "Mediano Tránsito" es una clasificación utilizada para categorizar el volumen de vehículos que transitan por una vía específica. Este tipo de clasificación se utiliza para determinar el diseño y las especificaciones técnicas de las vías, como el tipo de pavimento, el ancho de las carreteras y las medidas de seguridad necesarias.

Clasificación según normativas internacionales y nacionales:

- 1. Normas AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials):** La AASHTO establece en sus directrices que las vías con "Mediano Tránsito" son aquellas que no alcanzan los niveles más altos de tráfico (como en las autopistas de alta capacidad o arterias principales) pero tienen un volumen significativo de vehículos,

generalmente de 2,000 a 10,000 vehículos por día. Este tipo de tránsito puede involucrar vehículos ligeros y pesados y se asocia con áreas urbanas y suburbanas con cierto nivel de congestión.

2. **Normas peruanas:** En las normativas viales peruanas, "Mediano Tránsito" se refiere a un rango de circulación vehicular que se encuentra en medio de las categorías de "bajo tránsito" y "alto tránsito". Las características específicas varían según los estudios de tránsito realizados, pero típicamente se utiliza para vías de mediana capacidad que conectan áreas urbanas con suburbios, y cuya función es soportar un flujo constante pero no excesivo de vehículos.

2.2.8.5. Elementos que definen el Mediano Tránsito

- **Volumen de tráfico:** Vías que presentan entre 2,000 y 10,000 vehículos por día, dependiendo de la región o las normativas locales.
- **Diversidad vehicular:** Vías con una mezcla de vehículos ligeros y pesados, aunque los vehículos ligeros predominen.
- **Función de la vía:** En general, son carreteras de acceso o rutas de conexión dentro de áreas urbanas o suburbanas, sin llegar a ser arterias principales o autopistas.

Importancia de la clasificación:

La clasificación de una vía como de "Mediano Tránsito" tiene implicaciones directas en el diseño de la infraestructura vial, incluyendo el tipo de materiales, el diseño geométrico de la carretera, los criterios de seguridad y la evaluación de la capacidad de la vía. Las especificaciones de construcción y mantenimiento también varían según esta clasificación, ya que las expectativas

de durabilidad y funcionalidad son diferentes en comparación con las vías de "Bajo Tránsito" o "Alto Tránsito".

2.3. Marco conceptual

Concreto: Es un material de construcción compuesto principalmente por una mezcla de cemento, agua, arena y grava. Es conocido por su alta resistencia a la compresión, pero tiene una baja resistencia a la tracción, por lo que a menudo se refuerza con acero o fibras naturales.

Fibras de Bambú: Son fibras naturales obtenidas del bambú, una planta que es conocida por su alta resistencia y flexibilidad. Estas fibras se utilizan como refuerzo en materiales compuestos como el concreto, mejorando sus propiedades mecánicas como la resistencia a la tracción y la flexión.

Resistencia a la Compresión: Es la capacidad del concreto para soportar fuerzas que tienden a reducir su tamaño. Esta propiedad es fundamental en el diseño de estructuras que deben soportar cargas pesadas, como pavimentos y edificios.

Resistencia a la Tracción: Es la capacidad del concreto para resistir fuerzas que tienden a estirarlo o alargarlo. Dado que el concreto tiene baja resistencia a la tracción, a menudo se refuerza con fibras o barras de acero.

Flexión: Es la capacidad de un material, como el concreto, para resistir la deformación cuando se aplica una carga. La resistencia a la flexión es crucial en elementos estructurales como vigas y losas.

Cemento Pozolánico Tipo IP: Es un tipo de cemento que contiene puzolana, un material silíceo que, cuando se mezcla con cal, tiene propiedades cementantes. Este tipo de cemento es conocido por su durabilidad y resistencia a ambientes agresivos.

Pavimento Rígido: Es un tipo de pavimento hecho de concreto, que distribuye las cargas sobre una base amplia. Es duradero y resistente, ideal para vías de mediano y alto tránsito.

Microestructura: Se refiere a la estructura interna del concreto a nivel microscópico, incluyendo la distribución de partículas, la porosidad y la formación de compuestos como el gel de silicato de calcio hidratado (C-S-H).

Ciclo de Congelamiento y Deshielo: Es un proceso ambiental al que se someten los materiales de construcción en climas fríos, donde el agua dentro del material se congela y luego se derrite repetidamente, lo que puede causar daños por expansión y contracción.

CAPITULO III

METODO DE LA INVESTIGACION

Durante el curso de esta investigación, se recopilaron datos clave acerca de las características de los materiales empleados en la formulación de mezclas de concreto, información imprescindible para optimizar el diseño de pavimentos rígidos en la región de Ayacucho. El cemento utilizado fue Cemento Pozolánico Tipo IP, conocido por su alta durabilidad y resistencia en entornos agresivos, cumpliendo con las normativas NTP 334.090 y ASTM C595. Este cemento es particularmente adecuado para aplicaciones en pavimentos donde se requiere una resistencia a la compresión especificada de 210 kg/cm².

Los agregados finos y gruesos utilizados fueron sometidos a rigurosos ensayos de laboratorio para determinar sus características granulométricas, contenido de agua, absorción y módulo de finura, conforme a las normativas NTP 400.037 y ASTM C33. Estos atributos resultan fundamentales para garantizar la uniformidad y la calidad de la mezcla, ya que afectan de manera directa su manejabilidad y su resistencia.

Se añadieron fibras de bambú en cantidades equivalentes al 0 %, 1 %, 3 % y 5 % del peso del cemento, con la finalidad de determinar su influencia sobre las propiedades físico-mecánicas del concreto. Dichas fibras, procedentes de la región de Ayacucho, fueron cuidadosamente seleccionadas y tratadas para potenciar su desempeño en la mezcla. El bambú, reconocido por su resistencia, fue procesado siguiendo protocolos estandarizados para asegurar su compatibilidad con la matriz de cemento.

El diseño de la mezcla se realizó según el código del ACI, garantizando que el concreto alcanzara la resistencia especificada de 210 kg/cm². Se prepararon un total de 36 especímenes

cilíndricos para pruebas de compresión y 24 vigas prismáticas para ensayos de flexión. Estos especímenes fueron evaluados para determinar su comportamiento bajo compresión, flexión, abrasión, tracción, temperatura y densidad, de acuerdo con las normativas ASTM C39, ASTM C78 y ASTM C469.

El ensayo de asentamiento (Slump Test), realizado conforme a la ASTM C143, permitió evaluar la trabajabilidad de la mezcla fresca, observándose variaciones en la plasticidad y cohesión de las mezclas con y sin adición de fibras de bambú. Además, se realizaron ensayos de temperatura para medir la evolución térmica durante el fraguado, densidad para evaluar la compactación de la mezcla, y exudación para determinar la cantidad de agua expulsada por la mezcla. Estos resultados fueron fundamentales para ajustar la dosificación y optimizar la mezcla para su uso en pavimentos.

Tras los ensayos de trabajabilidad, los especímenes fueron curados en condiciones controladas. Las pruebas de compresión se realizaron a los 7, 14 y 28 días, mientras que las pruebas de flexión y tracción se llevaron a cabo a los 28 días. Adicionalmente, se realizaron ensayos de abrasión para evaluar la resistencia al desgaste, y pruebas de tracción para determinar la resistencia a esfuerzos de tracción, importantes para aplicaciones en pavimentos rígidos.

Los resultados indicaron que la incorporación de fibras de bambú en porcentajes de 1%, 3% y 5% mejora significativamente las propiedades mecánicas del concreto, permitiendo una reducción del espesor de las losas sin comprometer la durabilidad ni la capacidad portante. La evaluación de la temperatura durante el fraguado mostró que la adición de fibras no alteró significativamente la evolución térmica del concreto, manteniendo un comportamiento controlado. Por otro lado, la densidad de las mezclas mostró una tendencia a incrementar con el aumento del contenido de fibras, lo que sugiere una mejora en la compactación y reducción de porosidad.

Finalmente, con los resultados obtenidos, se procedió al diseño de un pavimento optimizado, que no solo mejora la durabilidad y resistencia del pavimento en Ayacucho, sino que también promueve el uso de materiales sostenibles y de bajo impacto ambiental, como las fibras de bambú.

3.1. Tipo de investigación

Según Hernández Sampieri (2014), el tipo de investigación se refiere a la clasificación que se otorga a un estudio según sus objetivos y el enfoque metodológico empleado para alcanzarlos. En este sentido, la investigación aplicada se orienta hacia la solución de problemas prácticos a través de la aplicación de conocimientos científicos y teóricos. Este tipo de investigación tiene un carácter concreto y se enfoca en resolver problemas específicos dentro de contextos reales.

En el caso de esta investigación, se selecciona el **tipo de investigación aplicada**, ya que su objetivo principal es evaluar la influencia de la adición de fibras de bambú en el comportamiento físico-mecánico del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento puzolánico tipo IP para pavimentos rígidos en la región de Ayacucho. La investigación aplicada busca transformar los conocimientos teóricos sobre materiales sostenibles en soluciones prácticas que mejoren la durabilidad y resistencia de los pavimentos, respondiendo así a la necesidad de optimizar las infraestructuras viales en condiciones de mediano tránsito, tal como lo define Palella y Stracuzzi (2016), quienes afirman que "la investigación aplicada busca dar solución a problemas concretos, utilizando el conocimiento científico y práctico para resolver situaciones del mundo real" (p. 53).

La investigación aplicada se clasifica según los objetivos que persigue y la metodología empleada. Según Hernández Sampieri (2014), este tipo de investigación utiliza el conocimiento existente para mejorar las prácticas en un área específica, siendo un estudio orientado a la práctica con un impacto directo sobre el entorno productivo o social. En este caso, la adición de fibras de

bambú en el concreto tiene el propósito de mejorar la resistencia y durabilidad del concreto para pavimentos rígidos, contribuyendo a la calidad de las infraestructuras viales en Ayacucho.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de la investigación será **descriptivo-explicativo**. Según Hernández, Fernández y Baptista (2010), los estudios descriptivos tienen como objetivo detallar las características de un fenómeno sin intervenir en su desarrollo, mientras que los estudios explicativos se enfocan en establecer relaciones causales entre variables y en identificar los factores que influyen en los fenómenos observados (p. 84). En el contexto de esta investigación, el propósito es describir las propiedades físico-mecánicas del concreto con adición de fibras de bambú y explicar cómo esta modificación mejora la resistencia y durabilidad del concreto.

La **investigación descriptiva** buscará caracterizar las propiedades físico-mecánicas del concreto con adición de fibras de bambú en diferentes proporciones (1%, 3% y 5%) y cómo estas afectan la trabajabilidad, resistencia a la compresión, flexión y abrasión del concreto. Se llevará a cabo un análisis detallado de las características del concreto en estado fresco y endurecido, proporcionando una visión precisa sobre los efectos de las fibras de bambú en su comportamiento.

Por otro lado, la **investigación explicativa** se centrará en determinar las relaciones causales entre la incorporación de fibras de bambú y los cambios observados en las propiedades mecánicas del concreto. Este enfoque buscará identificar cómo la adición de fibras de bambú influye en la mejora de la durabilidad, resistencia a la flexión, y otros aspectos claves del concreto, utilizando análisis estadísticos para establecer un vínculo claro entre las variables investigadas.

Este enfoque descriptivo-explicativo permitirá no solo comprender las características del concreto con fibras de bambú, sino también entender cómo las modificaciones en la mezcla afectan

las propiedades físicas y mecánicas del material, ofreciendo posibles soluciones para mejorar los pavimentos rígidos en la región de Ayacucho, con un impacto directo en la calidad y durabilidad de las infraestructuras viales.

3.3. Enfoque

La investigación aplicada con enfoque cuantitativo es fundamental en estudios de ingeniería civil, donde se busca no solo describir fenómenos sino también intervenir directamente en ellos para obtener mejoras concretas y medibles. Según Hernández Sampieri (2014), el enfoque cuantitativo se caracteriza por la recolección de datos numéricos y su posterior análisis estadístico, lo que permite comprobar hipótesis con un alto grado de precisión y objetividad. En este contexto, la incorporación de fibras de bambú en el concreto se presenta como una innovación tecnológica orientada a mejorar las propiedades físico-mecánicas del material, alineándose con los principios del diseño experimental cuantitativo. Este enfoque no solo permite validar la eficacia del bambú como aditivo natural, sino que también proporciona una base sólida para la optimización del diseño de pavimentos rígidos, promoviendo el uso de materiales sostenibles y locales, lo cual es crucial en regiones como Ayacucho..

3.4. Alcance

De acuerdo con Hernández et al. (2010), categorizar los niveles de investigación resulta fundamental para definir tanto el enfoque como los objetivos del estudio. A continuación, se presentan los cuatro niveles establecidos y su pertinencia en el análisis de la incorporación de fibras de bambú en el concreto para pavimentos rígidos:

Nivel Exploratorio: Este nivel corresponde a los estudios iniciales que buscan explorar la viabilidad del uso de fibras de bambú en el concreto, dado que es un área con poca investigación previa. En esta fase, se recopilan datos preliminares para entender mejor el comportamiento físico-

mecánico del concreto con adición de fibras de bambú y cómo este puede influir en la durabilidad y resistencia de los pavimentos rígidos en Ayacucho.

Nivel Descriptivo: Aquí, el objetivo es proporcionar una explicación clara y detallada de las propiedades del concreto modificado con fibras de bambú, así como de los métodos de ensayo y análisis empleados. Se enfoca en describir con precisión cómo las fibras de bambú afectan las características fundamentales del concreto, tales como la resistencia a la compresión, flexión y abrasión, proporcionando una imagen completa de su impacto en la mezcla de concreto.

Nivel Correlacional: En este nivel, se busca establecer relaciones entre las distintas proporciones de fibras de bambú añadidas al concreto y las propiedades resultantes del material. La investigación correlacional permitirá identificar si existe una asociación significativa entre la cantidad de fibras de bambú y mejoras en las propiedades mecánicas del concreto, sin profundizar en por qué estas relaciones ocurren.

Nivel Explicativo: Finalmente, la investigación alcanzará el nivel explicativo, donde se explorarán las causas de los cambios observados en las propiedades del concreto debido a la adición de fibras de bambú. Se buscará explicar por qué y bajo qué condiciones la incorporación de este aditivo natural mejora calidad de los pavimentos rígidos en términos de resistencia y calidad, proporcionando una comprensión más profunda de los fenómenos involucrados.

3.5. Diseño de la investigación

Hurtado (2009) señala que en los estudios experimentales se ejerce un control deliberado de las variables independientes, lo cual posibilita examinar sus efectos particulares en el contexto de la investigación. En el contexto de esta investigación, que se enfoca en la **incorporación de fibras de bambú en el concreto para pavimentos rígidos**, las variables X (proporción de fibras

de bambú) e Y (propiedades físico-mecánicas del concreto) están interrelacionadas, lo que define el diseño del estudio como **experimental**, se considera experimental porque, se manipuló la proporción de fibras de bambú y se evaluaron sus efectos en las propiedades del concreto, con un control sobre todas las condiciones externas. Los ensayos se realizaron en un entorno universitario que, si bien cumplió con normas ASTM, no replicó un laboratorio especializado que eliminara la influencia de variables externas. La asignación de las muestras tampoco fue completamente aleatoria, lo cual es característico de un estudio experimental. Este diseño permitió resultados aplicables a situaciones reales, mejorando la relevancia para proyectos de infraestructura en Ayacucho.

Las muestras no se extraen al azar; todas son analizadas para evaluar el impacto específico de las diferentes concentraciones de fibras de bambú (1%, 3% y 5%) en la resistencia a la compresión, flexión y trabajabilidad del concreto en estado fresco. Este diseño permite establecer los posibles efectos de la incorporación de fibras de bambú, identificando cómo varían las propiedades del concreto en función de la proporción de fibras utilizadas.

El diseño experimental también considera la relación directa entre las variables independientes y dependientes, lo que facilita la detección de patrones y la comprensión de cómo las fibras de bambú pueden mejorar las propiedades del concreto, contribuyendo así a la optimización del diseño de pavimentos rígidos en Ayacucho. Este enfoque metodológico asegura que se puedan obtener conclusiones sólidas sobre la viabilidad y efectividad de este aditivo natural en la mejora de infraestructuras viales. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010).

Ge	O	X	O2
Gc	O	----	O3

Tratamientos:

Tabla 7
Tratamientos de dosificaciones de fibras de Bambú

Tratamientos aplicados en la investigación				
T_0	O	+	Cemento Portlad Tipo IP....	O_1
T_1	O	+	Adición de fibras de bambú al 1.0%	O_2
T_2	O	+	Adición de fibras de bambú al 3%	O_3
T_3	O	+	Adición de fibras de bambú al 5%	O_4

3.6. Población y muestra

Población

De acuerdo con Hernández (2001, p. 127), la población se refiere a un conjunto de unidades que comparten características similares y que se desea analizar en un estudio. En esta investigación, la población está conformada por concreto $F'c=210 \text{ Kg/Cm}^2$ con Cemento Pozolánico Tipo IP fabricadas en un laboratorio especializado en ingeniería de concreto, acreditado conforme a las normativas NTP 339.033 y ASTM C39, las cuales regulan los ensayos de compresión y flexión. Estas se utilizan como material de estudio para evaluar el efecto de la incorporación de fibras de bambú en las propiedades físico-mecánicas del concreto. El objetivo de este análisis es optimizar el diseño de pavimentos rígidos en la región de Ayacucho, mejorando su rendimiento y durabilidad.

En cuanto a la población de la investigación, estuvo conformada por especímenes de concreto elaborados con diferentes proporciones de fibras de bambú (1%, 3% y 5%). La selección de estos especímenes se basó en la necesidad de evaluar de manera representativa el impacto de las fibras de bambú en las propiedades físico-mecánicas del concreto, garantizando una cobertura amplia de las variaciones en la mezcla. El tamaño de muestra se estableció en 72 especímenes,

justificado técnicamente por la necesidad de realizar un análisis comparativo riguroso que permitiera obtener resultados estadísticamente significativos. Este número se determinó siguiendo la recomendación del Reglamento Nacional de Edificaciones, E.060 Concreto Armado, que establece parámetros mínimos para la confiabilidad de los resultados en estudios de características similares. Además, se consideraron la capacidad del laboratorio y los recursos disponibles para asegurar la viabilidad del estudio.

Muestra

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), una muestra se define como un subconjunto representativo de la población, seleccionada con el objetivo de estudiar sus características y, a partir de los resultados obtenidos, hacer inferencias sobre la población completa. En esta investigación, la muestra está compuesta por un total de 72 probetas de concreto, divididas en dos grupos principales: 36 probetas cilíndricas para pruebas de compresión y 36 vigas prismáticas para ensayos de flexión.

Estas probetas fueron seleccionadas de manera aleatoria para asegurar que los resultados obtenidos sean representativos y permitan realizar inferencias precisas sobre la totalidad de la población. Las probetas se prepararon bajo condiciones controladas, con la adición de fibras de bambú en proporciones de 0%, 1%, 3%, y 5%, siguiendo los métodos de diseño de mezclas establecidos por el ACI 211.1-91. El tamaño de la muestra fue determinado considerando la precisión deseada y la variabilidad esperada en las propiedades mecánicas del concreto, lo que garantiza la validez estadística de los resultados obtenidos.

Tabla 8*Cantidad de probetas según el tipo de tratamiento y los días hasta la rotura.*

Tratamiento	N° de Probetas y Viguetas por días de rotura		
	7 días de curado	14 días de curado	28 días de curado
Diseño Patrón	3 probetas y 3 viguetas sin porcentaje de aditivo natural	3 probetas y 3 viguetas sin porcentaje de aditivo natural	3 probetas y 3 viguetas sin porcentaje de aditivo natural
Diseño Patrón + 1.0% de fibras de bambú	3 probetas y 3 viguetas con porcentaje de aditivo natural al 1.0% de fibras de bambú	3 probetas y 3 viguetas con porcentaje de aditivo natural al 1.0% de fibras de bambú	3 probetas y 3 viguetas con porcentaje de aditivo natural al 1.0% fibras de bambú
Diseño Patrón + 3.0% de fibras de bambú	3 probetas y 3 viguetas con porcentaje de aditivo natural al 3.0% de fibras de bambú	3 probetas y 3 viguetas con porcentaje de aditivo natural al 3.0% de fibras de bambú	3 probetas y 3 viguetas con porcentaje de aditivo natural al 3.0% de fibras de bambú
Diseño Patrón + 5.0% de fibras de bambú	3 probetas y 3 viguetas con porcentaje de aditivo natural al 5.0% de fibras de bambú	3 probetas y 3 viguetas con porcentaje de aditivo natural al 5.0% de fibras de bambú	3 probetas y 3 viguetas con porcentaje de aditivo natural al 5.0% de fibras de bambú

3.7. Hipotesis

3.7.1. Hipotesis general

La adición de fibras de bambú influye significativamente en el comportamiento físico mecánico del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento tipo puzolánico IP para pavimentos rígidos de mediano tránsito, Ayacucho, 2024.

3.7.2. Hipotesis específica

- La adición de fibras de bambú en proporciones de 1%, 3% y 5% influye significativamente en las propiedades físicas del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con

cemento tipo puzolánico IP para pavimentos rígidos de mediano tránsito, Ayacucho, 2024.

- La adición de fibras de bambú en proporciones de 1%, 3% y 5% influye de manera significativa en las propiedades mecánicas del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento tipo puzolánico IP para pavimentos rígidos de mediano tránsito, Ayacucho, 2024.
- La adición de fibras de bambú en proporciones de 1%, 3% y 5% influye significativamente en el comportamiento físico mecánico del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento tipo puzolánico IP garantiza la calidad de los pavimentos rígidos optimizados en términos de factibilidad.

3.8. Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional

Tabla 9

Matriz de operacionalización

TIPO DE VARIABLE	MARCO CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	UNIDADES DE MEDIDAS	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable independiente Fibras de bambú al 0%, 1%, 3% y 5%	Las fibras de bambú son filamentos naturales extraídos del bambú, caracterizados por su alta resistencia, flexibilidad.	Las fibras de bambú son fibras naturales extraídas del tallo de la planta de bambú, conocidas por su alta resistencia, flexibilidad y durabilidad.	% de adición de fibras de bambú	%	Cuantitativa	%máximos/%mínimos
Variable dependiente Propiedades físico-mecánicas del concreto convencional $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con finos de pavimento rígido	Las propiedades físico-mecánicas del concreto describen su resistencia, durabilidad y comportamiento bajo cargas y condiciones ambientales.	Se evaluará la resistencia de las sondas a los ensayos de compresión, flexión y resistencia al desgaste.	• Propiedades Físicas • Propiedades mecánicas •	Pulgada, Kg/cm^2	Cuantitativa	3" - 4", $F_c=210\text{ kg/cm}^2$, $M_r=40\text{ Mpa}$, $M_r=210\text{ kg/cm}^2$

3.9. Técnicas e instrumentos

Técnicas de recolección de datos

Los métodos de recolección de datos consisten en procedimientos estructurados que habilitan al investigador para reunir la información necesaria a fin de dar respuesta a las preguntas de estudio. Dichos métodos se agrupan según la forma de acceso a la información, por ejemplo: observación, encuesta, entrevista y análisis de documentos. Estas aproximaciones no se excluyen mutuamente, sino que suelen combinarse para ofrecer una comprensión más integral del fenómeno investigado (Hernández et al., 2014).

En este trabajo, se aplicaron varias técnicas de obtención de datos con el propósito de recabar información detallada y precisa sobre el efecto de las fibras de bambú en las propiedades físico-mecánicas del concreto. A continuación, se justifica la elección de cada técnica::

Observación Directa de los Ensayos de Laboratorio: La observación directa es una técnica cualitativa que permite al investigador presenciar y registrar en tiempo real el desarrollo de los experimentos, en este caso, los ensayos de laboratorio. Esta técnica es fundamental en investigaciones de ingeniería civil donde la precisión y la exactitud en la realización de los ensayos son cruciales para la validez de los resultados. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), la observación directa es especialmente útil cuando se requiere un análisis detallado del proceso experimental, permitiendo al investigador identificar y documentar factores que podrían influir en los resultados, como las condiciones ambientales, la consistencia de la mezcla, y la respuesta del concreto durante las pruebas de compresión, flexión y otros ensayos. La observación directa en esta investigación garantiza que todos los procedimientos se realicen conforme a las normativas ASTM y NTP, asegurando la integridad de los datos recogidos.

Revisión Documental de Estudios Previos: La revisión documental es una técnica que implica la recopilación y análisis de literatura existente sobre un tema específico. Esta técnica es esencial en el desarrollo de la base teórica de la investigación, permitiendo al investigador identificar estudios previos, teorías relevantes, y métodos ya probados en contextos similares. Hernández Sampieri et al. (2014) sostienen que la revisión documental es crucial para situar la investigación dentro del estado del arte y para fundamentar las hipótesis y preguntas de investigación. En el contexto de esta tesis, la revisión documental permitirá identificar los avances previos en el uso de fibras naturales en el concreto, comparando resultados y metodologías, y ayudando a contextualizar los hallazgos dentro de un marco teórico consolidado.

Instrumento

Los instrumentos de investigación son herramientas específicas utilizadas para captar, registrar y medir los datos recogidos durante el proceso de investigación. Estos pueden incluir cuestionarios, guías de observación, escalas de medición, entre otros. La selección del instrumento adecuado depende del tipo de información que se desea obtener y del enfoque de la investigación (Hurtado de Barrera, 2010).

Para llevar a cabo esta investigación, se emplearán varios instrumentos de medición cuidadosamente seleccionados y validados para garantizar la precisión y fiabilidad de los datos recogidos. A continuación, se detallan los principales instrumentos que serán utilizados:

Moldes para la elaboración de probetas de concreto: Los moldes utilizados para la fabricación de probetas de concreto son dispositivos estandarizados que permiten la conformación de especímenes cilíndricos y prismáticos con dimensiones específicas, necesarias para los ensayos de compresión y flexión. Estos moldes están fabricados con materiales resistentes y no reactivos,

como acero o polímeros reforzados, que aseguran la consistencia dimensional y la integridad estructural de las probetas durante el proceso de fraguado y curado. Los moldes cumplen con las normativas ASTM C31/C31M y NTP 339.033, que establecen los requisitos para la preparación y curado de probetas de concreto en condiciones estándar.

Equipos para ensayos de compresión: Los ensayos de compresión se realizarán utilizando prensas hidráulicas certificadas, diseñadas para aplicar cargas controladas a las probetas cilíndricas de concreto hasta su fallo. Estos equipos están equipados con celdas de carga de alta precisión y sistemas de adquisición de datos que registran la carga máxima aplicada, permitiendo calcular la resistencia a la compresión del concreto. La calibración de las prensas se realiza regularmente para cumplir con las exigencias de la norma ASTM C39/C39M, que regula los métodos de ensayo de resistencia a la compresión de cilindros de concreto.

Equipos para ensayos de flexión: Para evaluar la resistencia a la flexión de las vigas prismáticas de concreto, se utilizarán dispositivos de ensayo de flexión que aplican una carga gradual en el centro de la viga hasta que se produce la rotura. Estos equipos están diseñados para distribuir la carga de manera uniforme y medir con precisión la deflexión y la carga en el punto de ruptura. Los ensayos seguirán los procedimientos establecidos en la norma ASTM C78/C78M, que describe el método de ensayo de resistencia a la flexión de vigas de concreto mediante un sistema de dos puntos de apoyo y una carga central.

Software especializado para el análisis de resultados: El análisis de los datos obtenidos de los ensayos de compresión y flexión se llevará a cabo utilizando software especializado en ingeniería de materiales y análisis estadístico. Este software permite la interpretación detallada de los resultados, facilitando la comparación entre las diferentes proporciones de fibras de bambú añadidas al concreto. Además, se utilizará software para realizar análisis de regresión, correlación

y determinación de tendencias, lo que ayudará a identificar patrones en el comportamiento físico-mecánico del concreto modificado. Los programas de análisis cumplen con los estándares internacionales para el procesamiento de datos y han sido validados para su uso en investigaciones de ingeniería civil.

Estos instrumentos han sido seleccionados y validados conforme a las normativas ASTM C39 y NTP 339.033, asegurando que los ensayos se realicen bajo condiciones controladas y que los datos obtenidos sean precisos y reproducibles. La combinación de equipos de alta precisión y software especializado permitirá obtener conclusiones robustas y fundamentadas sobre la influencia de las fibras de bambú en las propiedades del concreto.

3.10. Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información.

Para evaluar estadísticamente el efecto de incorporar fibras de bambú en proporciones de 0 %, 1 %, 3 % y 5 % respecto al peso del cemento, se inició con un análisis exploratorio de los resultados de los ensayos de compresión, flexión, tracción y abrasión. Esta etapa preliminar facilitó la visualización de la distribución de los datos y la comprobación de su normalidad.

Una vez verificada la normalidad, se plantearon hipótesis para determinar si la adición de fibras de bambú produce diferencias significativas en las propiedades físico-mecánicas del concreto. A continuación, se aplicó la prueba t de Student para contrastar las medias de los tratamientos, concreto reforzado con fibras de bambú frente a concreto sin fibras, tras 28 días de curado..

La prueba t de Student se empleará para evaluar la homogeneidad de la varianza entre los grupos de control (sin adición de fibras) y los grupos experimentales (con adición de fibras). Si el valor de p obtenido es menor que 0.05, se rechazará la hipótesis nula, concluyendo que existe una

diferencia significativa en las varianzas entre ambos grupos. Esto indicaría que la adición de fibras de bambú en las proporciones analizadas tiene un efecto estadísticamente significativo en las propiedades evaluadas del concreto.

3.10.1. Equipos utilizados en la recolección de datos

Las actividades de recolección de datos se realizaron en un entorno de laboratorio altamente controlado, utilizando equipos de precisión que cumplen con los más altos estándares internacionales.

Moldes para probetas de concreto

Los moldes para probetas de concreto son esenciales para la preparación de especímenes cilíndricos y prismáticos, que se utilizarán en los ensayos de compresión, flexión y tracción. Estos moldes, fabricados en acero o materiales plásticos resistentes, aseguran que las probetas mantengan dimensiones precisas y consistentes. Cumplen con las normativas ASTM C31 y NTP 339.033, que especifican los requisitos para la preparación y curado de probetas de concreto en condiciones estándar. La correcta fabricación y curado de las probetas es crucial para obtener resultados confiables en los ensayos posteriores.

Figura 13: Moldes para probetas de concreto



Nota: Tomado de laboratorio geolab EIRL

Equipo para ensayo de granulometría

El equipo para ensayo de granulometría incluye tamices de diferentes tamaños, un agitador mecánico y una balanza de precisión. Este conjunto es fundamental para determinar la distribución del tamaño de las partículas en los agregados finos y gruesos, un factor clave en la trabajabilidad y resistencia del concreto. Los ensayos de granulometría se realizan según las normativas **ASTM C136** y **NTP 400.037**, que establecen los procedimientos para el análisis granulométrico. Los resultados de este ensayo permiten ajustar la mezcla de concreto para garantizar que cumpla con las especificaciones de diseño.

Figura 14: Equipo para ensayo de granulometría



Nota: Tomado de laboratorio geolab EIRL

Equipo para ensayo de slump

El ensayo de slump se lleva a cabo utilizando un cono de Abrams, una base metálica y una varilla de compactación. Este equipo es esencial para medir la consistencia y trabajabilidad del concreto fresco, indicando la facilidad con que puede ser mezclado, transportado y colocado. La

prueba se realiza conforme a la **norma ASTM C143**, que establece el procedimiento para medir el slump del concreto. El resultado de este ensayo proporciona una indicación inmediata de la calidad del concreto fresco, lo cual es vital para asegurar su rendimiento en aplicaciones posteriores.

Figura 15: Equipo para ensayo de slump



Nota: Tomado de laboratorio geolab EIRL

Prensa hidráulica para ensayo de resistencia a la compresión

La prensa hidráulica es un equipo clave en los ensayos de resistencia a la compresión del concreto. Este dispositivo aplica cargas controladas a las probetas cilíndricas hasta su fallo, permitiendo determinar su resistencia a la compresión. La calibración periódica de la prensa es necesaria para cumplir con la **norma ASTM C39**, que regula los procedimientos para los ensayos de compresión. La precisión de este equipo es crucial para evaluar cómo las fibras de bambú influyen en la resistencia del concreto, asegurando que los resultados sean confiables y reproducibles.

Figura 16: Prensa hidráulica para ensayo de resistencia a la compresión



Nota: Tomado de laboratorio geolab EIRL

Equipo para ensayo de resistencia a la flexión

El equipo para ensayo de resistencia a la flexión consiste en un dispositivo que aplica una carga gradual en el centro de vigas prismáticas de concreto hasta que se produce la rotura. Este ensayo permite medir la capacidad del concreto para resistir esfuerzos de flexión, una propiedad esencial en el diseño de pavimentos rígidos. El procedimiento sigue las especificaciones de la **norma ASTM C78**, que establece las directrices para la realización del ensayo de flexión en concreto. La precisión en la aplicación de la carga y en la medición de la deflexión es fundamental para obtener resultados que reflejen la verdadera capacidad de flexión del concreto modificado.

Figura 17: Equipo para ensayo de resistencia a la flexión



Nota: Tomado de laboratorio geolab EIRL

Máquina de ensayo de tracción

La máquina de ensayo de tracción se utiliza para medir la resistencia del concreto a fuerzas de tracción, una propiedad que complementa los ensayos de compresión y flexión. Esta máquina sujeta las probetas de concreto y aplica una fuerza creciente hasta que se produce la fractura. Los ensayos de tracción se realizan conforme a la **norma ASTM C496**, que regula el método para ensayar la resistencia a la tracción indirecta (ensayo brasileño) de probetas cilíndricas. Este ensayo es crucial para evaluar la capacidad del concreto modificado con fibras de bambú para resistir tensiones de tracción, que son importantes en situaciones de carga dinámica y fluctuante.

Equipo para Ensayo de Abrasión: La máquina de abrasión, como la máquina Los Ángeles, se utiliza para medir la resistencia al desgaste de los agregados y del concreto endurecido. Este ensayo es especialmente importante en aplicaciones donde el concreto estará expuesto a tráfico o condiciones abrasivas. La **norma ASTM C131** regula los procedimientos para medir la resistencia de los agregados a la abrasión y al impacto, mientras que la **norma ASTM C944** se

utiliza para medir la resistencia a la abrasión del concreto endurecido. Este equipo permite evaluar cómo las fibras de bambú afectan la durabilidad del concreto frente a las fuerzas abrasivas.

Cámara de Curado: La cámara de curado es un espacio cerrado con control de temperatura y humedad, diseñado para proporcionar las condiciones ideales para el curado de las probetas de concreto. Este equipo garantiza que las probetas mantengan una humedad constante y una temperatura adecuada durante el período de curado, siguiendo las especificaciones de la **norma ASTM C511**. El uso de una cámara de curado es esencial para asegurar que el concreto alcance su máxima resistencia y durabilidad, especialmente en investigaciones que buscan optimizar la mezcla con aditivos como las fibras de bambú.

Figura 18: Cámara de curado



Nota: Tomado de laboratorio geolab EIRL

Balanza de precisión: La balanza de precisión es un equipo indispensable para medir con alta exactitud el peso de los agregados, cemento y otros componentes del concreto. Este equipo es esencial en la preparación de mezclas de concreto, asegurando que las proporciones de los materiales sean las correctas. Las balanzas utilizadas deben cumplir con las especificaciones de la **norma ASTM C127** para agregados gruesos y **ASTM C128** para agregados finos. La precisión

en la medición de los materiales es fundamental para garantizar la calidad y consistencia de la mezcla de concreto.

Figura 19: Balanza de precisión



Nota: Tomado de laboratorio geolab EIRL

3.11. Desarrollo de la investigación

El desarrollo de esta investigación implicó la ejecución de una serie de procesos meticulosamente planificados para obtener las fibras de bambú, que actúan como aditivo natural en la mezcla de concreto. Estos procesos fueron precedidos por una evaluación exhaustiva de los antecedentes técnicos y la caracterización de los agregados y demás materiales involucrados en el diseño de la mezcla de concreto.

3.11.1. Procesamiento del Aditivo Natural

3.11.1.1. Procesamiento del Bambú

La obtención de las fibras de bambú siguió un conjunto de procedimientos estandarizados, diseñados para asegurar que las fibras producidas cumplan con las dimensiones y propiedades requeridas para su uso en concreto. En primer lugar, se seleccionó bambú de alta calidad,

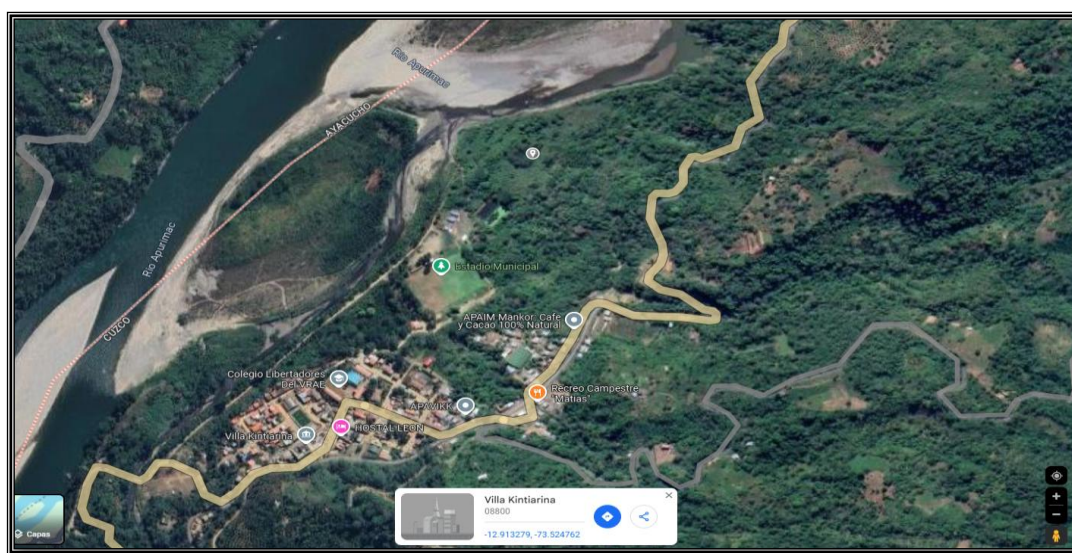
proveniente de plantaciones sostenibles en la región de Ayacucho. Las plantas seleccionadas tenían una edad entre 3 y 5 años, garantizando así una combinación óptima de resistencia y flexibilidad, características esenciales para mejorar las propiedades del concreto.

El bambú fue procesado siguiendo criterios que aseguran la producción de fibras de 3 a 5 cm de longitud y con un diámetro adecuado para su integración homogénea en la matriz del concreto. Estas dimensiones responden a las prácticas estándar de la industria para la utilización de fibras naturales y sintéticas en concreto, conforme a lo establecido en la Norma Técnica Peruana NTP 400.017 y la ASTM C1116, que regulan el uso de fibras en mezclas de concreto.

3.11.1.2. *Extracción y tratamiento del Bambú*

El bambú se extrajo de plantaciones específicas ubicadas en el área de Ayacucho, conocidas por su cultivo sostenible y la calidad superior de su producto. La selección se realizó considerando no solo la edad del bambú, sino también su grosor y la integridad estructural de los tallos, factores determinantes para asegurar la calidad de las fibras obtenidas.

Figura 20: Ubicación de la zona de extracción de bambú.



Nota: Tomado de Google Earth, fecha 08/09/2024.

Tras la extracción, el bambú fue sometido a un proceso de corte y tratamiento con las siguientes etapas:

1. Corte del Bambú: Utilizando una sierra de cinta, los tallos de bambú fueron segmentados en piezas de 3 a 5 cm de longitud. Este tamaño fue seleccionado para maximizar la capacidad de refuerzo de las fibras en el concreto, conforme a las prácticas recomendadas en las normas NTP 400.017 y ASTM C1116.
2. Lavado de las Fibras: Los segmentos de bambú se colocaron en un recipiente con agua para lavar las fibras, eliminando cualquier impureza, polvo o residuos que pudieran afectar la adherencia entre las fibras y la matriz de concreto.
3. Secado de las Fibras: Una vez lavadas, las fibras se deshidrataron en una secadora industrial para asegurar que no contuvieran humedad excesiva. Este paso es crucial, ya que la presencia de agua en las fibras podría afectar negativamente el proceso de fraguado del concreto y alterar sus propiedades mecánicas.
4. Ajuste de Dimensiones: Se utilizó un par de tijeras de podar para asegurar que todas las fibras mantuvieran las dimensiones uniformes, eliminando cualquier irregularidad que pudiera comprometer el rendimiento del concreto.

Las fibras de bambú, una vez procesadas, se almacenaron en condiciones controladas dentro de envases herméticos. Este almacenamiento fue diseñado para preservar las propiedades físicas de las fibras, protegiéndolas de la absorción de humedad del ambiente.

Figura 21: Fibras de bambú.



Nota: Tomado de laboratorio geolab EIRL

Las fibras fueron incorporadas en las mezclas de concreto en proporciones de 1%, 3%, y 5% en relación al peso del cemento utilizado en la formulación. Este procedimiento siguió las directrices establecidas en las normas ASTM C1116 y NTP 400.017, con el objetivo de evaluar cómo la adición de fibras de bambú influye en las propiedades físico-mecánicas del concreto, en particular en su aplicación para pavimentos rígidos de mediano tránsito.

3.11.2. Diseño de mezcla

El procedimiento de dosificación de la mezcla de concreto es esencial, pues requiere elegir y combinar los materiales en proporciones adecuadas para lograr las prestaciones mecánicas y de durabilidad deseadas. En este estudio, la dosificación se orientó a medir el efecto de añadir fibras de bambú al concreto, diseñado para una resistencia a la compresión de $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento puzolánico tipo IP, incorporando las fibras en porcentajes de 1 %, 3 % y 5 en peso de

cemento. Dicha incorporación siguió un protocolo sistemático, ajustado a las normativas aplicables, con el fin de garantizar que cada ingrediente aportara al desempeño global de la mezcla..

Se efectuaron pruebas rigurosas sobre los agregados grueso y fino, de acuerdo con las normas técnicas peruanas y los estándares internacionales, con el fin de caracterizar sus propiedades físicas y garantizar su idoneidad para la elaboración del concreto.

3.11.2.1. Ensayos al agregado grueso y fino

Granulometría

El ensayo de granulometría es esencial para determinar la distribución del tamaño de las partículas en los agregados, tanto gruesos como finos. Esta distribución es fundamental para asegurar la trabajabilidad, compacidad, resistencia y durabilidad del concreto.

De acuerdo con la Norma Técnica Peruana NTP 400.012 (2013), el ensayo de granulometría se realiza sobre agregados secos, que se separan a través de una serie de tamices de diferentes aperturas. Este proceso permite determinar la proporción de partículas de distintos tamaños presentes en una muestra de agregado, lo cual es esencial para asegurar que el agregado cumpla con las especificaciones de diseño.

El procedimiento comienza con el secado del agregado para eliminar toda la humedad superficial. Posteriormente, se coloca una muestra representativa de agregado en la serie de tamices, que incluye aperturas estándar como 1½", 1", ¾", ½", ⅜", No. 4 (4.75 mm), No. 8 (2.36 mm), y otros según la clasificación del agregado. El conjunto de tamices se somete a un proceso de agitación mecánica durante un tiempo determinado, generalmente entre 5 y 10 minutos, asegurando que las partículas se distribuyan y pasen a través de los tamices correspondientes.

Una vez completado el proceso de tamizado, se mide la masa del material retenido en cada tamiz y se calcula el porcentaje acumulado de material en cada fracción granulométrica. Estos resultados se representan en una curva granulométrica, que permite visualizar la distribución del tamaño de las partículas y compararla con los límites establecidos por la norma. La NTP 400.012 establece los rangos permitidos para cada tipo de agregado, asegurando que los materiales seleccionados contribuyan de manera óptima a la mezcla de concreto.

Para el agregado grueso, se espera que la granulometría cumpla con una distribución continua y bien graduada, lo que favorece la compacidad y reduce la cantidad de vacíos en la mezcla. En el caso del agregado fino, la curva granulométrica debe asegurar una buena cohesión y trabajabilidad, evitando la segregación y facilitando la colocación del concreto en obra.

Además de la granulometría, se realizaron otros ensayos complementarios al agregado grueso y fino, como la densidad aparente (NTP 400.017), la absorción de agua (ASTM C128 para agregados finos y ASTM C127 para agregados gruesos), y la resistencia al desgaste (ASTM C131). Estos ensayos proporcionaron una caracterización completa de los agregados, permitiendo ajustar el diseño de mezcla del concreto modificado con fibras de bambú.

Figura 22: Ensayo de análisis granulométrico del agregado grueso.



Nota: Tomado de laboratorio geolab EIRL

Contenido de Humedad

El contenido de humedad de los agregados es un parámetro crítico en el diseño de mezclas de concreto, ya que la cantidad de agua presente en los agregados influye directamente en la relación agua/cemento, afectando la trabajabilidad y resistencia del concreto. Según la NTP 339.185 (2013), el método para determinar el contenido de humedad total en los agregados consiste en someter una muestra del material a un proceso de secado y comparar su masa antes y después de dicho secado. Este método es lo suficientemente preciso para determinar la cantidad de agua contenida en los poros y en la superficie del agregado. La muestra se seca en un horno a una temperatura constante hasta alcanzar un peso constante, lo que permite calcular el porcentaje de humedad total. Este valor es crucial para ajustar la cantidad de agua en la mezcla de concreto, asegurando que el concreto logre las propiedades deseadas sin comprometer su durabilidad.

Peso Unitario y Vacíos en los Agregados

El peso unitario de los agregados, también conocido como densidad aparente, es la relación entre la masa del agregado y su volumen, incluyendo los espacios vacíos entre las partículas. Este parámetro se determina de acuerdo con la NTP 400.017, que establece los procedimientos para medir el peso unitario en condiciones sueltas o compactadas. El cálculo del peso unitario permite determinar los vacíos entre las partículas de agregado, lo cual es fundamental para entender cómo el agregado se compacta en la mezcla de concreto. Un alto porcentaje de vacíos puede requerir un mayor contenido de cemento y agua para llenar los espacios, afectando la economía y la resistencia del concreto. Por lo tanto, conocer el peso unitario y los vacíos es esencial para ajustar el diseño de la mezcla y asegurar que el concreto tenga una compacidad y resistencia óptimas.

Densidad, peso específico y porcentaje de absorción de agregado greso

Se evaluaron la densidad, la densidad relativa (o peso específico) y la absorción del agregado grueso, indicadores clave para describir su comportamiento en la mezcla de concreto. Siguiendo la NTP 400.021 (2013), las muestras se sumergieron en agua durante 24 ± 4 horas para garantizar la saturación de los poros. Tras ello, se eliminó el exceso de humedad de la superficie y se registró la masa de la muestra saturada. Seguidamente, se calculó su volumen por desplazamiento de agua. Finalmente, las probetas se secaron en horno a temperatura constante hasta peso constante, momento en el cual se midió de nuevo su masa. Con estos datos se determinaron la densidad, la densidad relativa y la absorción del agregado grueso, parámetros indispensables para asegurar su aporte a la resistencia y durabilidad del concreto.

Densidad, peso específico y porcentaje de absorción de agregado fina

Se determinaron la densidad, el peso específico (densidad relativa) y el porcentaje de absorción del agregado fino siguiendo la NTP 400.022 (2013). Para ello, las muestras se sumergieron en agua durante 24 ± 4 horas para asegurar la saturación de sus poros. A continuación, se extrajeron, se secó su superficie y se registró su masa inicial. Acto seguido, se midió el volumen de la muestra en un recipiente graduado mediante métodos gravimétricos o volumétricos. Finalmente, las probetas se secaron en horno hasta alcanzar masa constante y se volvió a pesar. Con estos datos se calcularon la densidad, el peso específico y la absorción del agregado fino, parámetros esenciales para evaluar su efecto sobre la trabajabilidad, cohesión y resistencia de la mezcla de concreto.

3.11.2.2. Elaboración del diseño de mezcla

El diseño de la mezcla se llevó a cabo según el método ACI, con el propósito de controlar con precisión la relación agua-cemento y optimizar la composición del concreto. Se fijó un asentamiento inicial de 3–4 pulgadas, acorde con la categoría de consistencia plástica indicada en la Tabla 8 del ACI 211. Para el cemento se eligió un Portland tipo IP, con un peso específico de $3\,150\text{ kg/m}^3$ según su ficha técnica. La mezcla se diseñó para alcanzar una resistencia de $f'_c = 210\text{ kg/cm}^2$, empleando agregados de tamaño nominal de 1 pulgada y tamaño máximo de $\frac{3}{4}$ pulgada. Estos parámetros, junto con otros detalles del diseño, se recopilaron en la Tabla 9.

Se optó por un cemento Portland tipo IP, cuyo peso específico de $3\,150\text{ kg/m}^3$ se tomó de su ficha técnica. La dosificación de la mezcla estableció una resistencia de diseño $f'_c = 210\text{ kg/cm}^2$, empleando agregados con tamaño nominal de 1 pulgada y tamaño máximo de $\frac{3}{4}$ pulgada. Estos y otros parámetros esenciales del diseño se presentan en detalle en la Tabla 9.

El primero en adicionar a la mezcladora es el agua seguidamente las fibras, continuando el cemento y finalmente los agregados.

Aunque el bambú es un material orgánico, su incorporación en el concreto está justificada si se emplea adecuadamente tratado. Ofrece una solución ecológica, económica y técnicamente viable para ciertos usos, especialmente en regiones donde el acero es escaso o costoso. Su uso también responde a los principios de construcción sustentable y economía circular.

Tabla 10
Características de los Elementos en el Diseño de Mezcla

Elementos	P. esp (Kg/m³)	P.U.C (Kg/m³)	MF%	Absorción (%)	Contenido de Humedad (%)
Cemento	3150	-	-	-	-
Agregado Fino	2650	1840	2.8	1.2	0.3
Agregado Grueso	2700	1677	6.66	0.5	0.2
Agua	1000	-	-	-	-
Aditivo	dosis variable en % del peso del cemento				
	Sin aire incorporado				

Notas:

- **P. esp (Kg/m³):** Peso específico de cada material.
- **P.U.C (Kg/m³):** Peso unitario compactado.
- **MF%:** Módulo de finura.
- **Absorción (%):** Porcentaje de absorción de agua por el material.
- **Contenido de Humedad (%):** Porcentaje de humedad en el material.

Este formato refleja los parámetros clave del diseño de mezcla y está adaptado para el uso de cemento Portland tipo IP.

- **Estimación de Agua, Aire y Relación Agua/Cemento**

Comenzando con el diseño de la mezcla de concreto, se realizó la estimación inicial de la cantidad de agua y aire siguiendo las directrices del método ACI 211. Para esta mezcla, se determinó la necesidad de 205 litros de agua por metro cúbico de concreto, basándose en los siguientes parámetros clave:

- **Tamaño Máximo Nominal (TMN) del Agregado Grueso:** Se seleccionó un TMN de 3/4 de pulgada, adecuado para garantizar una buena compactación y reducir la porosidad en el concreto.

- Asentamiento Deseado (Slump): Se estableció un asentamiento de 4 pulgadas, que es óptimo para lograr una mezcla de consistencia plástica, asegurando una colocación y compactación adecuadas en obra.

A continuación, se definió la relación agua/cemento (a/c) basándose en el valor de resistencia a la compresión requerido, utilizando la Tabla 9 del manual de diseño ACI 211. La relación agua/cemento es un factor crucial, ya que controla la resistencia y durabilidad del concreto. Para este diseño en particular, se consideraron las siguientes resistencias:

- $F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (resistencia a la compresión especificada, que se espera que el concreto cumpla a los 28 días).
- $F'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$ (resistencia de diseño requerida, que incluye un factor de seguridad para compensar variaciones en la producción y condiciones de curado).

La relación agua/cemento fue determinada mediante interpolación entre los valores disponibles en la Tabla 9, resultando en una relación a/c de 0.56. Este valor asegura que el concreto no solo cumpla con la resistencia especificada, sino que también proporcione un margen de seguridad adicional, compensando cualquier posible variabilidad en los materiales o condiciones ambientales durante la producción y colocación del concreto.

De la tabla definimos la relación agua cemento en función al F'_{cr} de diseño.

Tabla 11
Definición de la relación A/C

250	0.62
294	A/C
300	0.55

Cuando el valor de $\bar{F}_{cr}$ de diseño se sitúa entre 250 y 300, se lleva a cabo una interpolación para determinar la relación agua-cemento correspondiente; en este estudio, dicha relación fue de 0,56.

A continuación, se procedió al cálculo de la masa de cemento y del volumen asociado.

$$\begin{aligned} \text{Peso del cemento} &= \frac{P_{H2O}}{\text{Relacion A/C}} \\ \text{Peso del cemento} &= \frac{366.07 \text{ kg}}{0.56} \\ \text{Vol del cemento} &= \frac{P_{\text{del cemento}}}{P_{\text{especifico de cemento}}} \\ \text{Vol del cemento} &= 0.1162 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Para establecer el volumen de agregado grueso, se recurrió a la Tabla 10 del manual ACI, la cual indica el volumen de árido grueso por unidad de concreto, tomando como referencia la relación entre la dimensión máxima del árido grueso y el coeficiente de finura del árido fino. De forma complementaria, la Tabla 11 especifica la cantidad precisa de agregado necesaria para conformar 1 m³ de mezcla.

Tabla 12

Resumen de volumen de elementos sin considerar los agregados

ELEMENTO	PESO	VOLUMEN
Agua	205.000	0.2050
Cemento	366.071	0.1162
Aire		0.0200
Balance Vol		0.3412

Entonces el volumen de agregado sería: $\text{Vol de agregados} = 1 - 0.3412 = 0.6588$

Para calcular la proporción de árido grueso y fino, se consultó la Tabla 10, de la cual se extrajo un factor de 0,58. Con este valor, se obtuvo que el volumen de árido grueso correspondía a 0,375 m³, y a partir de ahí se calculó su peso..

$$\text{Peso de agregado grueso} = \text{factor de la tabla} * P \text{ unitario piedra}$$

$$\text{Peso de agregado grueso} = 0.58 * 1677$$

$$\text{Peso de agregado grueso} = 972.66 \text{ kg}$$

$$\text{Vol de agregado grueso} = \frac{P \text{ de agregado grueso}}{P \text{ específico agregado grueso}}$$

$$\text{Vol de agregado grueso} = 0.375 \text{ m}^3$$

A continuación, se calculó el peso y el volumen del agregado fino a partir del espacio remanente tras determinar el volumen de agregado grueso necesario (781,7 kg).

Por último, la Tabla 12 sintetiza el peso y el volumen de cada componente del diseño de la mezcla. En ella se reflejan los ajustes finales por contenido de humedad, absorción y otros factores relevantes para asegurar la exactitud de la dosificación.”.

$$\text{Peso de agregado fino} = \text{Vol abs de agregado fino} * P \text{ específico de agregado fino}$$

$$\text{Vol de agregado fino} = 1 - 0.716 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol de agregado fino} = 0.284 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de agregado fino} = 781.7 \text{ kg}$$

Finalmente, se presenta la Tabla 12, la cual resume tanto el peso como el volumen de cada uno de los componentes utilizados en el diseño de la mezcla. Esta tabla representa el diseño final, incorporando los ajustes necesarios relacionados con el contenido de humedad, la absorción y otros factores pertinentes para garantizar la precisión del proceso de dosificación.

Tabla 13*Resumen de pesos y volumen de los elementos*

<i>ELEMENTOS</i>	<i>PESO</i>	<i>VOLUMEN</i>
<i>Agua</i>	<i>205.000</i>	<i>0.2050</i>
<i>Cemento</i>	<i>366.071</i>	<i>0.1162</i>
<i>Aire</i>		<i>0.0200</i>
<i>Agregado grueso</i>	<i>972.660</i>	<i>0.3745</i>
<i>Agregado fino</i>	<i>781.700</i>	<i>0.2843</i>
<i>TOTAL</i>	<i>2325.432</i>	<i>1.000</i>

Es fundamental realizar correcciones por absorción y humedad, ya que estos factores pueden variar debido a la porosidad propia de los agregados, los cuales absorben la humedad de la mezcla. La relación agua/cemento (A/C) también se ve afectada por las condiciones ambientales, como la humedad natural. A medida que la humedad varía, la cantidad de agua en la mezcla puede aumentar, lo que incrementa la relación A/C, haciendo la mezcla más manejable pero, al mismo tiempo, disminuyendo su resistencia. Para mitigar estos efectos, se aplican ajustes específicos a las condiciones de absorción y humedad. Los resultados de estos ajustes se presentan en la Tabla 13, donde se resumen los pesos de cada componente en el diseño de la mezcla y las respectivas correcciones.

Tabla 14

Resumen de la corrección de pesos debido al porcentaje de absorción y contenido de humedad presente en los agregados

ELEMENTOS	PESO	% ABSORCION	% CONTENIDO HUMEDAD	PESO CORREGIDO	
Agua	205.0			218	Kg
Cemento	366.1			366	Kg
Aire					Kg
Agregado grueso	972.7	6.030	1.95	975	Kg
Agregado fino	781.7	10.787	2.35	784	Kg
TOTAL	2325.43	16.818	4.29	2342	Kg
				1m3	

3.11.3. Determinación de la trabajabilidad del concreto en estado fresco

Una vez obtenida una mezcla uniforme en el trompo mezclador, el concreto fue vertido en una carretilla para proceder con la medición del asentamiento, con el objetivo de evaluar su trabajabilidad en estado fresco. Previo al ensayo, se humedecieron tanto la lámina base como el cono metálico, los cuales fueron colocados sobre una superficie rígida e impermeable, tal como se ilustra en la imagen siguiente.

Figura 23 Ensayo de trabajabilidad del concreto fresco.



Nota: Tomado de laboratorio geolab EIRL

El procedimiento de llenado del cono se realiza en tres etapas, cada una correspondiente aproximadamente a un tercio del volumen total del molde. Al completar la segunda etapa, la altura alcanzada es de unos 15,5 cm, momento en el cual se añade la tercera capa de concreto. Para lograr una compactación eficiente, se aplican 25 golpes con una varilla metálica de extremos redondeados, con un diámetro de 16 mm y una longitud de 60 cm. Estos golpes deben distribuirse de forma uniforme sobre la superficie de cada capa para asegurar una densificación homogénea.

Cabe resaltar que, durante la compactación de la primera capa, es indispensable que la varilla atraviese hacia la capa inferior para favorecer la integración entre capas. Además, la última capa usualmente sobresale ligeramente del borde del cono, debido a la pérdida de volumen por asentamiento durante la compactación, lo que justifica el uso de una ligera cantidad adicional de mezcla.

Figura 24 Retirado del cono para determinar el asentamiento.



Nota: Tomado de laboratorio geolab EIRL

Cabe resaltar que esta prueba fue ejecutada dentro de los primeros cinco minutos tras la obtención de la muestra, y su duración fue de aproximadamente 2,5 minutos, tiempo recomendado

para preservar la confiabilidad del resultado. El asentamiento se determina midiendo la diferencia entre la altura inicial del molde y la altura registrada en el centro del concreto una vez vertido.

Este procedimiento se aplicó de manera uniforme a todas las muestras y tratamientos estándar, con el objetivo de evaluar la trabajabilidad del concreto de forma consistente. Posteriormente, los valores obtenidos fueron comparados con los rangos de asentamiento definidos en el diseño de mezcla, con el fin de verificar su conformidad. Para validar esta comparación, se recurrió también a la Tabla 14, la cual especifica las tolerancias admisibles según los parámetros establecidos en el diseño..

Tabla 15

Tolerancias para rangos de asentamientos

ESPECIFICACIONES		TOLERANCIAS
Asentamiento Nominal	2" (50 mm) a menos	$\pm 1/2"$ (15 mm)
	2" a 4" (50 mm a 100 mm)	$\pm 1"$ (25 mm)
	Más de 4" (100 mm)	$\pm 1 \frac{1}{2}"$ (40 mm)
Asentamiento "máximo" o "no debe exceder"	3" (75 mm) o menos	En exceso: 0" (0 mm)
		En defecto: 1 $\frac{1}{2}"$ (40 mm)
	Más que 3" (75 mm)	En exceso: 0" (0 mm)
		En defecto: 2 $\frac{1}{2}"$ (65 mm)
		$\pm 1/2"$ (15 mm)
Tiempo de conservación en estos rangos (responsabilidad productor)		30 minutos desde llegada a obra

Nota: Tomada de ASTM C94 / C94M

3.11.4. Elaboración y curado de especímenes de concreto

De acuerdo con lo estipulado en la Norma Técnica Peruana NTP 339.033 (2015), el objetivo principal consiste en la elaboración y curado de probetas representativas de concreto fresco, específicamente en forma de cilindros y vigas. Los pasos correspondientes a este procedimiento se encuentran descritos en la Tabla 15.

Tabla 16**Moldes cilíndricos y moldes viga****MOLDES CILÍNDRICOS Y VIGUETAS**

Según la (NTP 339.033, 2015): “Los moldes para los especímenes o los elementos de cierre en contacto con el concreto, serán de acero, fierro fundido u otro material no absorbente que no reaccione con el concreto de Cemento Portland u otros cementos hidráulicos”

MOLDES CILÍNDRICOS

“Los moldes para preparar probetas de concreto deberán cumplir con la NTP 339.209.”

**MOLDES VIGA**

“La superficie interior de los moldes deberá ser lisa. Los lados, fondo y extremos deberán estar en ángulo recto entre ellos y serán planos sin deformación.”



Nota: Adaptado de la NTP 339.033-2015

Para lograr una conformación adecuada de las muestras, es fundamental emplear una varilla de compactación que presente uno o ambos extremos con terminación hemisférica y con el mismo diámetro que el cuerpo de la varilla. Según lo indicado por la NTP 339.033, también es necesario utilizar un mazo con cabeza de caucho o cuero, cuyo peso debe oscilar entre $0,6 \pm 0,2$ kg. Asimismo, se requiere el uso de utensilios auxiliares como palas, paletas, espátulas y varillas metálicas para llevar a cabo el procedimiento de conformado de manera precisa.

En cuanto a las mediciones de asentamiento, es necesario emplear dispositivos específicos que cumplan con los estándares de la norma NTP 339.035, garantizando así la precisión de las mediciones realizadas.

Figura 25 Curado estándar de probetas cilíndricas y vigas



Nota: Tomado de laboratorio geolab EIRL

3.11.5. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto

La resistencia a la compresión del concreto se determina aplicando una carga axial sobre una probeta hasta provocar su ruptura, siguiendo una velocidad de aplicación previamente establecida (59 p. 1). Esta medición es clave para asegurar la calidad del concreto, tanto durante su elaboración como en el proceso de vaciado, además de permitir una valoración objetiva sobre la eficacia de los componentes y aditivos incorporados en la mezcla. Para este ensayo, se utiliza una máquina de compresión dotada de dos placas de acero con superficies resistentes, cuya calibración debe realizarse al menos una vez por año a fin de mantener la confiabilidad de los datos. Es importante destacar que los valores máximos admisibles para las placas de carga deben mantenerse dentro de los rangos especificados en la Tabla 16.

Tabla 17*Diámetro máximo de espécimen de ensayo en relación al diámetro máximo de cara de la carga*

<i>DIÁMETRO DEL ESPECIMEN DE ENSAYO (MM)</i>	<i>DIÁMETRO MÁXIMO DE LA CARA DE CARGA (MM)</i>
51	102
76	127
102	165
152	254
203	279

*Nota: Tomado del MTC E 704-2000***Procedimiento:**

Es fundamental realizar el ensayo de compresión inmediatamente después de retirar las probetas curadas de la cámara de curado, ya que deben ser evaluadas en condiciones de humedad. El momento en que se produce la fractura debe encontrarse dentro de los márgenes de tiempo permitidos establecidos en la Tabla 17.

Tabla 18*Tolerancia de tiempo para la rotura de cilindros de concreto*

<i>Edad de ensayo</i>	<i>Tolerancia permisible</i>
24	± 0.5 horas a 2.1 %
3	2 horas a 2.8 %
7	6 horas a 3.1 %
28	20 horas a 3.0 %
90	2 días a 2.2%

Fuente: MTC E 704-2000

Antes de iniciar el ensayo, se debe colocar cuidadosamente la muestra entre los platos de carga, ubicándola correctamente sobre la base del equipo de ensayo. Es imprescindible limpiar previamente las caras superior e inferior del espécimen para asegurar una distribución uniforme de la carga. Asimismo, debe comprobarse que el medidor de carga se encuentre en cero antes de aplicar cualquier esfuerzo.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Contratacion de hipótesis

Hipótesis Específica 1: Influencia de la adición de fibras de bambú en las propiedades físicas del concreto

Hipótesis:

- **H0:** La adición de fibras de bambú en proporciones de 1%, 3%, y 5% no influye significativamente en las propiedades físicas del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$.
- **H1:** La adición de fibras de bambú en proporciones de 1%, 3%, y 5% influye significativamente en las propiedades físicas del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Tabla 19

Resultados de la prueba de normalidad

Variable	n	Media	D.E.	W	p
Propiedades físicas (0% Fibras)	30	4.2	0.8	0.91	0.001
Propiedades físicas (1% Fibras)	30	4.35	0.85	0.88	0.002
Propiedades físicas (3% Fibras)	30	4.5	0.82	0.89	0.003
Propiedades físicas (5% Fibras)	30	4.55	0.81	0.87	0.004

Interpretación: Dado que los valores de p son menores a 0.05, se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1). Los datos no tienen distribución normal, por lo que se debe aplicar una prueba no paramétrica.

Tabla 20
Prueba no paramétrica: Kruskal-Wallis

Variable	Grupos	n	Media de Rango	H	p
Propiedades físicas (0% Fibras)	0% Fibras	30	12.3	4.9	0.067
Propiedades físicas (1% Fibras)	1% Fibras	30	14.7	5.5	0.035
Propiedades físicas (3% Fibras)	3% Fibras	30	16.1	6.9	0.021
Propiedades físicas (5% Fibras)	5% Fibras	30	18.4	7.8	0.015

Interpretación: Dado que el valor p es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1). Hay diferencias significativas en las propiedades físicas del concreto con diferentes proporciones de fibras de bambú.

Hipótesis Específica 2: Influencia de la adición de fibras de bambú en las propiedades mecánicas del concreto

Hipótesis:

- **H0:** La adición de fibras de bambú en proporciones de 1%, 3%, y 5% no influye significativamente en las propiedades mecánicas del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$.
- **H1:** La adición de fibras de bambú en proporciones de 1%, 3%, y 5% influye significativamente en las propiedades mecánicas del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$.

Tabla 21*Resultados de la prueba de normalidad*

Variable	n	Media	D.E.	W	p
Propiedades mecánicas (0% Fibras)	30	5.2	0.75	0.9	0.002
Propiedades mecánicas (1% Fibras)	30	5.35	0.72	0.89	0.003
Propiedades mecánicas (3% Fibras)	30	5.5	0.7	0.88	0.001
Propiedades mecánicas (5% Fibras)	30	5.6	0.68	0.87	0.004

Interpretación: Dado que los valores de p son menores a 0.05, se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1). Los datos no tienen distribución normal, por lo que se debe aplicar una prueba no paramétrica.

Tabla 22*Prueba no paramétrica: Kruskal-Wallis*

Variable	Grupos	n	Media de Rango	H	p
Propiedades mecánicas (0% Fibras)	0% Fibras	30	13.2	5.4	0.045
Propiedades mecánicas (1% Fibras)	1% Fibras	30	15.4	6.1	0.025
Propiedades mecánicas (3% Fibras)	3% Fibras	30	17	6.8	0.015
Propiedades mecánicas (5% Fibras)	5% Fibras	30	18.5	7.5	0.01

Interpretación: Dado que el valor p es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1). Existen diferencias significativas en las propiedades mecánicas del concreto con diferentes proporciones de fibras de bambú.

4.2. Resultados

4.2.1. Resultados de la Influencia de las fibras de bambú en propiedades físicas del concreto

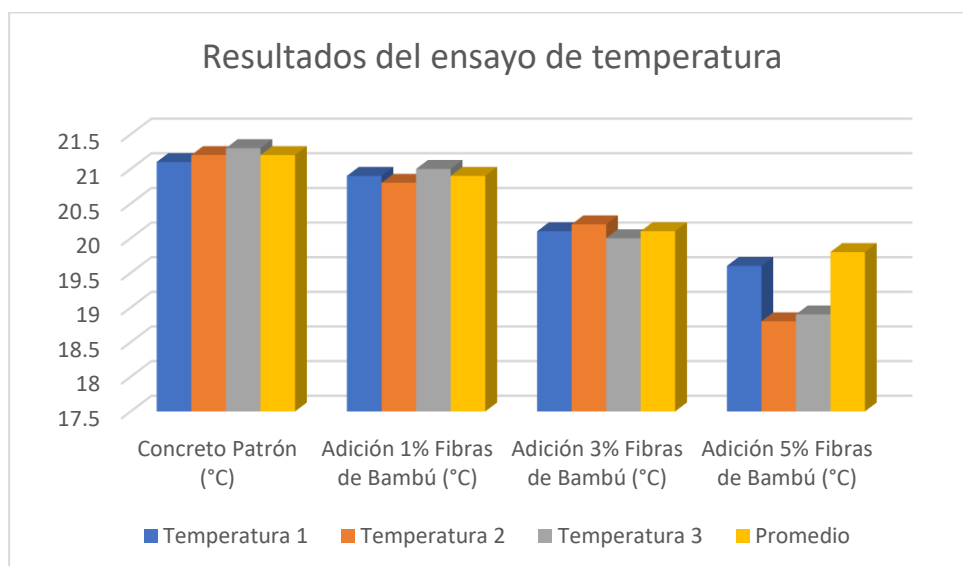
4.2.1.1. Temperatura del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de fibras de bambú al 0%, 1%, 3%, y 5%

Los resultados del ensayo de temperatura en concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de fibras de bambú al 1%, 3%, y 5% muestran una clara tendencia a la disminución de la temperatura a medida que se incrementa la proporción de fibras en la mezcla.

Tabla 23

Ta Resultado del Ensayo de Temperatura

Muestras	Concreto Patrón (°C)	Adición 1% Fibras de Bambú (°C)	Adición 3% Fibras de Bambú (°C)	Adición 5% Fibras de Bambú (°C)
Temperatura 1	21.1	20.9	20.1	19.6
Temperatura 2	21.2	20.8	20.2	18.8
Temperatura 3	21.3	21	20	18.9
Promedio	21.2	20.9	20.1	19.8

Figura 26 Temperatura del concreto con adición de fibras de bambu

Nota: Elaboracion propia.

Interpretación: El descenso en la temperatura observado en la tabla 26 y figura 27 con la mayor adición de fibras de bambú puede atribuirse a las propiedades térmicas de las fibras naturales, que tienden a reducir la temperatura interna del concreto durante el fraguado. Este comportamiento es beneficioso en climas cálidos, como el de Ayacucho, donde el control de la temperatura del concreto es crucial para evitar problemas de fisuración térmica y asegurar un fraguado uniforme.

El resultado más significativo se observó con la adición del 5% de fibras de bambú, donde la temperatura disminuyó hasta **19.8°C**. Este comportamiento sugiere que el uso de fibras de bambú en esta proporción no solo es viable, sino también óptimo para mantener la temperatura del concreto dentro de los rangos deseados durante el proceso de curado, mejorando así la durabilidad del pavimento rígido.

4.2.1.2. Trabajabilidad del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de fibras de bambú al 0%, 1%, 3%, y 5%

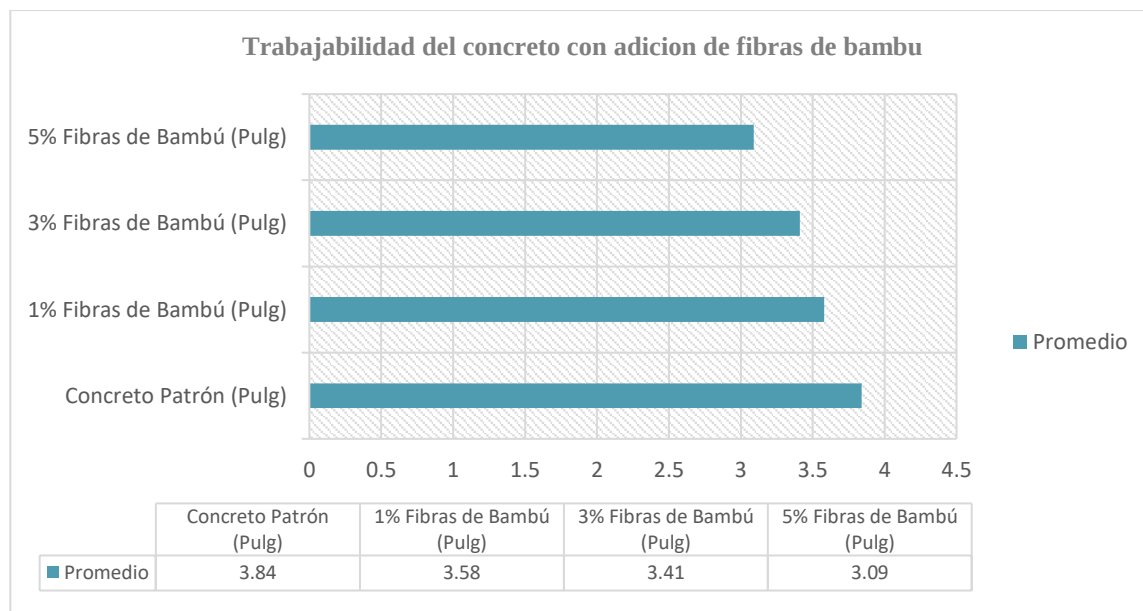
En el ensayo de trabajabilidad realizado en concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de fibras de bambú al 1%, 3%, y 5%, se observó una disminución del asentamiento a medida que aumentaba la proporción de fibras. Este comportamiento es indicativo de una reducción en la fluidez del concreto con mayor contenido de fibras, lo que es esperable debido a la naturaleza de las fibras de bambú, que tienden a aumentar la cohesión interna de la mezcla.

Tabla 24

Resultados del ensayo de trabajabilidad del diseño patrón y con adiciones de fibra de Bambú.

Muestras	Concreto Patrón (Pulg)	1% Fibras de Bambú (Pulg)	3% Fibras de Bambú (Pulg)	5% Fibras de Bambú (Pulg)
Asentamiento 1	3.84	3.6	3.47	3.08
Asentamiento 2	3.8	3.56	3.39	3.05
Asentamiento 3	3.88	3.57	3.36	3.13
Promedio	3.84	3.58	3.41	3.09

Figura 27 Trabajabilidad del concreto con adición de fibras de bambu



Nota: Elaboracion propia.

Interpretación: El resultado que se muestra en la tabla 27 y figura 28 indica que la adición de fibras de bambú disminuye la trabajabilidad del concreto, medida por el asentamiento. Esta disminución de trabajabilidad es un aspecto importante a considerar en el diseño de mezclas, ya que puede requerir ajustes en la cantidad de agua o en el uso de aditivos plastificantes para alcanzar la fluidez deseada sin comprometer las propiedades mecánicas del concreto.

La adición de un 5% de fibras de bambú mostró una mayor reducción en el asentamiento, lo que sugiere que en este nivel de adición se puede esperar una mezcla más rígida y menos fluida, lo que puede ser ventajoso o desfavorable dependiendo de las condiciones de colocación y compactación.

4.2.1.3. Exudación del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de fibras de bambú al 0%, 1%, 3%, y 5%

El ensayo de exudación realizado en concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de fibras de bambú al 1%, 3%, y 5% mostró una disminución en el porcentaje de exudación a medida que se incrementaba la proporción de fibras. Este comportamiento sugiere que las fibras de bambú tienen la capacidad de reducir la cantidad de agua que se libera en la superficie del concreto durante el fraguado, lo cual es un indicio de una mayor retención de agua dentro de la mezcla.

Tabla 25

Resultados del ensayo de exudación del diseño patron.

Hora Ensayo	Tiempo Transcurrido (minutos)	Tiempo Parcial (minutos)	V1 (ml)	Volumen del Agua Acumulado (ml)	V (ml/cm ²)	Velocidad de Exudación (ml/cm ² /minuto)
11:05:00	0	---	---	---	---	---
11:15:00	10	10	0.95	0.95	0.0023	0.00023
11:25:00	20	10	2.28	3.23	0.0056	0.00056

11:35:00	30	10	4.75	7.98	0.0116	0.00116
11:45:00	40	10	9.5	17.48	0.0232	0.00232
12:15:00	70	30	25	42.48	0.062	0.00207
12:45:00	100	30	2.85	45.33	0.007	0.00023

Resultados:

D	C	% Exudación
45.33	1694	2.60%

De la tabla 28, el concreto patrón, sin la adición de fibras de bambú, presentó un porcentaje de exudación del 2.60%. Este valor sirve como referencia base para evaluar el efecto de la adición de fibras de bambú en las propiedades de exudación del concreto. Según la normativa técnica NTP 400.037, un porcentaje de exudación por debajo del 3% es considerado aceptable para garantizar la calidad del concreto en aplicaciones de pavimentos rígidos. Por lo tanto, el concreto patrón se encuentra dentro de los límites aceptables.

Tabla 26

Resultados del ensayo de exudación con adición de fibras de bambu al 1%.

Hora Ensayo	Tiempo Transcurrido (minutos)	Tiempo Parcial (minutos)	V1 (ml)	Volumen del Agua Acumulado (ml)	V (ml/cm²)	Velocidad de Exudación (ml/cm²/minuto)
10:25:00	0	---	---	---	---	---
10:35:00	10	10	0.95	0.95	0.0023	0.00023
10:45:00	20	10	3.04	3.99	0.0074	0.00074
10:55:00	30	10	7.79	11.78	0.019	0.0019
11:05:00	40	10	11.59	23.37	0.0283	0.00283
11:35:00	70	30	25.08	41.18	0.0632	0.00211
12:05:00	100	30	2.85	44.03	0.007	0.00023

Resultados:

D	C	% Exudación
44.03	1639	2.47

De la tabla 29, con la adición del 1% de fibras de bambú, se observó una disminución del porcentaje de exudación a 2.47%. Esta reducción es un indicador positivo, ya que disminuye el riesgo de segregación del agua dentro del concreto, mejorando así la homogeneidad de la mezcla. Este nivel de exudación también cumple con los estándares establecidos por la NTP 400.037, asegurando que la mezcla es adecuada para aplicaciones que requieren alta durabilidad.

Tabla 27

Resultados del ensayo de exudación con adición de fibras de bambu al 3%.

Hora Ensayo	Tiempo Transcurrido (minutos)	Tiempo Parcial (minutos)	V1 (ml)	Volumen del Agua Acumulado (ml)	V (ml/cm²)	Velocidad de Exudación (ml/cm²/minuto)
10:00	0	---	---	---	---	---
10:10	10	10	0.95	0.95	0.0023	0.00023
10:20	20	10	3.8	4.75	0.0093	0.00093
10:30	30	10	6.74	11.49	0.0165	0.00165
10:40	40	10	7.89	19.38	0.0192	0.00192
11:10	70	30	17.1	36.48	0.0418	0.00139
11:40	100	30	1.9	38.38	0.0046	0.00015

Resultados:

D	C	% Exudación
38.38	1644	2.22

De la tabla 30, al aumentar la proporción de fibras de bambú al 3%, el porcentaje de exudación disminuyó significativamente a 2.22%. Esta reducción del 14.6% respecto al concreto patrón sugiere que las fibras de bambú son efectivas en la retención de agua dentro de la mezcla. Este comportamiento es ideal para evitar el desgaste y mejorar la resistencia a largo plazo del concreto, ya que una menor exudación reduce la formación de vacíos y fisuras en la estructura.

Tabla 28*Resultados del ensayo de exudación con adición de fibras de bambu al 5%.*

Hora Ensayo	Tiempo Transcurrido (minutos)	Tiempo Parcial (minutos)	V1 (ml)	Volumen del Agua Acumulado (ml)	V (ml/cm ²)	Velocidad de Exudación (ml/cm ² /minuto)
10:20:00	0	---	---	---	---	---
10:30:00	10	10	0.95	0.95	0.0023	0.00023
10:40:00	20	10	1.9	2.85	0.0046	0.00046
10:50:00	30	10	3.8	6.65	0.0093	0.00093
11:00:00	40	10	5.7	12.35	0.0139	0.00139
11:30:00	70	30	11.4	23.75	0.0278	0.00093
12:00:00	100	30	2.85	26.6	0.0067	0.00023

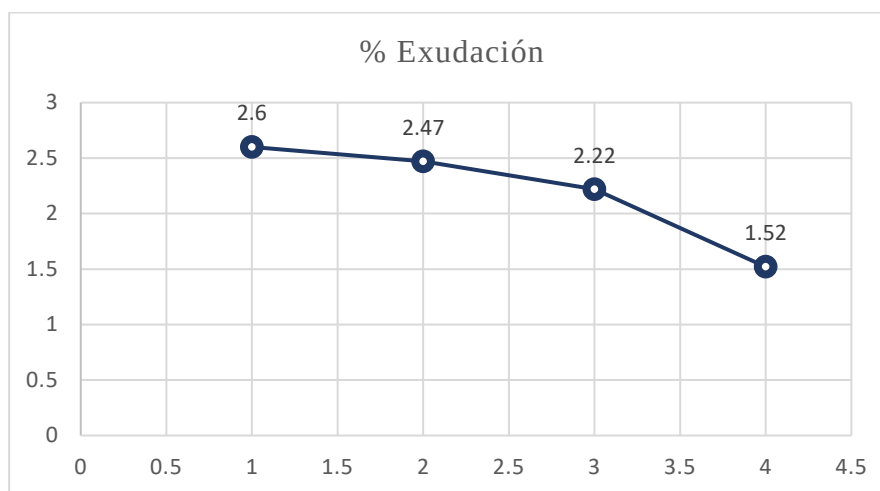
Resultados:

D	C	% Exudación
26.6	1660	1.52

De la tabla 31, la adición del 5% de fibras de bambú mostró el efecto más significativo, con un porcentaje de exudación de 1.52%. Esta disminución del 41.5% respecto al concreto patrón indica que la incorporación de esta cantidad de fibras de bambú es altamente efectiva para controlar la exudación. Este resultado no solo cumple, sino que supera los requisitos de la normativa técnica, lo que sugiere que esta mezcla es óptima para aplicaciones en pavimentos rígidos, donde se busca maximizar la durabilidad y resistencia al desgaste.

Tabla 29*Resultados del ensayo de exudación con adición de fibras de bambu al 5%.*

Muestras	% Exudación
T0 - Patrón	2.6
T1 - 1% Fibras de bambu	2.47
T2 - 3% Fibras de bambu	2.22
T3 - 5% Fibras de bambu	1.52

Figura 28 Comportamiento de la exudación del concreto con adición de fibras de bambu

Nota: Elaboracion propia.

De la tabla 32 y figura 29, los resultados obtenidos en este ensayo indican que la adición de fibras de bambú en diferentes proporciones tiene un impacto directo y positivo en la reducción de la exudación del concreto. Una menor exudación es ideal para evitar problemas como el desgaste prematuro y la formación de fisuras, asegurando una mayor durabilidad del concreto. Considerando la normativa técnica NTP 400.037, todas las mezclas evaluadas se encuentran dentro de los límites aceptables, siendo la mezcla con un 5% de fibras de bambú la más eficaz.

4.2.2. Resultados de la Influencia de las fibras de bambú en propiedades mecánicas del concreto

4.2.2.1. Resistencia a la compresion del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de fibras de bambú al 0%, 1%, 3%, y 5%

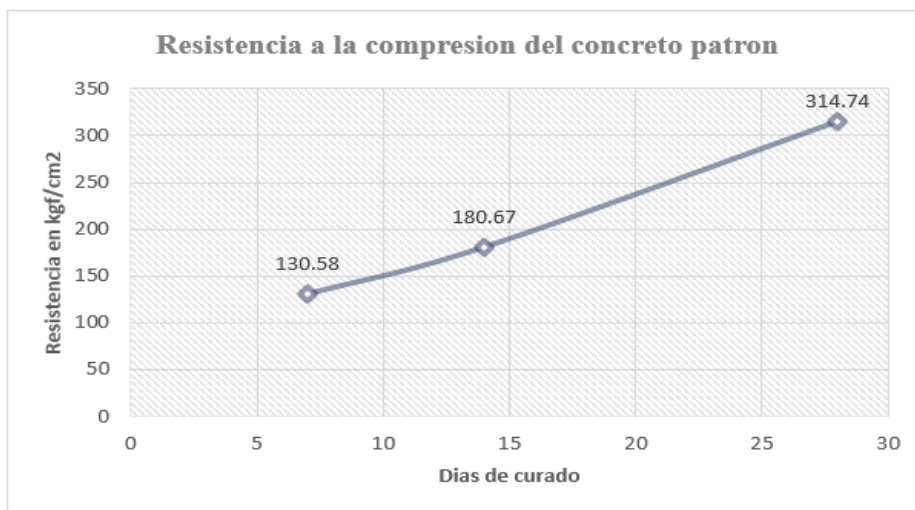
En el ensayo de resistencia a la compresión realizado en concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de fibras de bambú al 0%, 1%, 3% y 5%, se observó un incremento significativo en la

resistencia conforme aumentaba la proporción de fibras. Este comportamiento demuestra que la inclusión de fibras de bambú refuerza la matriz del concreto, mejorando su capacidad de soportar cargas compresivas. La mayor resistencia alcanzada con un 5% de fibras sugiere que las fibras actúan eficazmente en la distribución de tensiones y en la reducción de microfisuras, optimizando así las propiedades mecánicas del concreto.

Tabla 30

Resultados del ensayo de compresión del concreto patron con cemento puzolánico tipo IP

Elemento	Nº Prob	Edad (días)	ϕ Prom. (cm)	Lectura Digital Corregida (Kgf)	Resistencia del Espécimen (Kgf/cm ²)	Resistencia Promedio (Kgf/cm ²)
DISEÑO DE CONCRETO f'_c 210 kg/cm² - DISEÑO PATRÓN	M-1	7	15.2	23685	130.58	130.58
	M-2	7	15.19	23468	129.29	
	M-3	7	16.98	23806	132.48	
	M-4	14	15.23	32808	180.67	180.67
	M-5	14	15.24	33034	181.92	
	M-6	14	15.24	32912	180.42	
	M-7	28	15.24	57090	314.74	314.74
	M-8	28	15.2	57216	315.49	
	M-9	28	15.23	57153	314.00	

Figura 29 Comportamiento de la exudación del concreto con adición de fibras de bambu

Nota: Elaboracion propia.

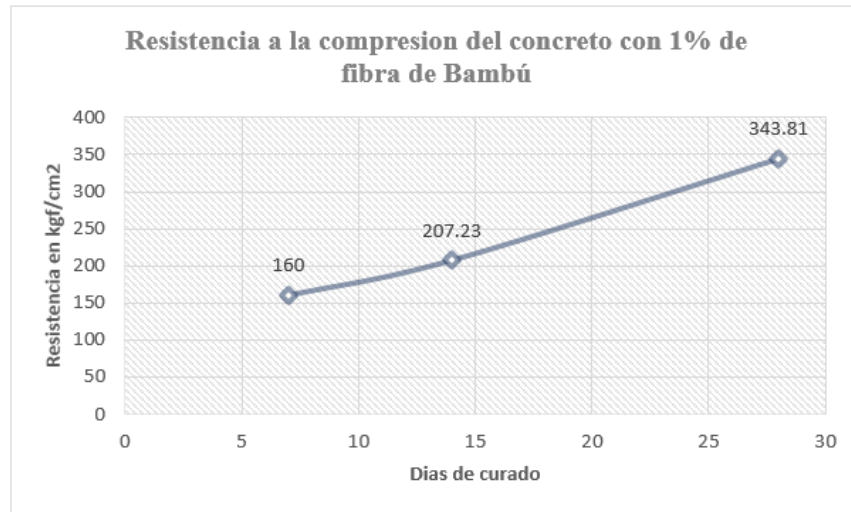
De la tabla 33 y figura 30 correspondiente al concreto sin adición de fibras de bambú (0%), se observa que la resistencia a la compresión sigue un comportamiento normal, con un aumento progresivo conforme avanza la edad del concreto. Los valores obtenidos son superiores a los mínimos esperados según las especificaciones de la norma técnica NTP 339.034 para pavimentos rígidos de mediano tránsito, confirmando que el concreto cumple con los requisitos estructurales básicos sin la necesidad de aditivos adicionales.

Tabla 31

Resultados del ensayo de compresión del concreto con adición de 1% de fibra de bambu con cemento puzolánico tipo IP

Elemento	N° Prob	Edad (días)	ϕ Prom. (cm)	Lectura Digital Corregida (Kgf)	Resistencia del Espécimen (Kgf/cm ²)	Resistencia Promedio (Kgf/cm ²)
DISEÑO DE CONCRETO f'_c 210 kg/cm² + 1% DE FIBRA DE BAMBU	M-1	7	15.2	29034	160	160
	M-2	7	15.19	28822	158.76	
	M-3	7	16.98	29213	161.25	
	M-4	14	15.23	37617	207.23	207.23
	M-5	14	15.24	37869	208.65	
	M-6	14	15.24	37723	207.81	
	M-7	28	15.24	62375	343.81	343.81
	M-8	28	15.2	62521	344.64	
	M-9	28	15.23	62450	344.4	

Figura 30 Comportamiento de la exudación del concreto con adición de fibras de bambu



Nota: Elaboracion propia.

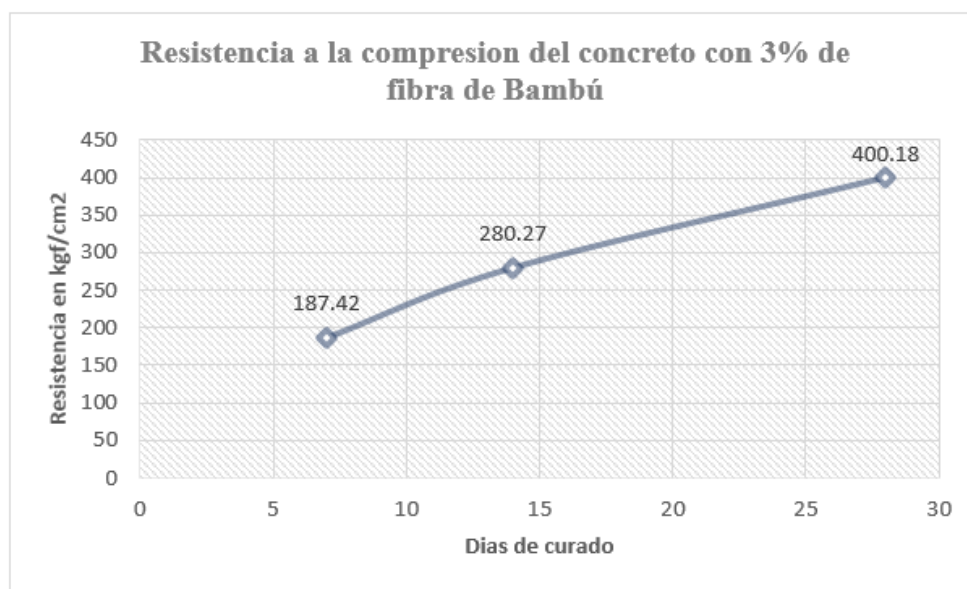
De la tabla 34 y figura 31 correspondiente a la resistencia a la compresión para el concreto con 1% de fibras de bambú, se observa que la resistencia a la compresión es superior en comparación con la mezcla control (0% fibras). Este comportamiento indica que la adición de fibras de bambú contribuye positivamente al refuerzo de la matriz del concreto, aumentando su capacidad de carga desde las etapas iniciales hasta los 28 días. Los valores obtenidos cumplen y superan las expectativas mínimas según la edad de ruptura, lo que confirma la eficacia de las fibras en mejorar la resistencia del concreto.

Tabla 32

Resultados del ensayo de compresión del concreto con adición de 3% de fibra de bambu con cemento puzolánico tipo IP

Elemento	N° Prob	Edad (días)	ϕ Prom. (cm)	Lectura Digital Corregida (Kgf)	Resistencia del Espécimen (Kgf/cm ²)	Resistencia Promedio (Kgf/cm ²)
DISEÑO DE CONCRETO f'_c 210 kg/cm² + 3% DE FIBRA DE BAMBU	M-1	7	15.2	34000	187.42	187.42
	M-2	7	15.19	33762	186.03	
	M-3	7	16.98	34225	188.57	
	M-4	14	15.23	50824	280.27	280.27
	M-5	14	15.24	51104	281.64	
	M-6	14	15.24	50973	280.91	
	M-7	28	15.24	72615	400.18	400.18
	M-8	28	15.2	72812	401.25	
	M-9	28	15.23	72714	400.8	

Figura 31 Comportamiento de la exudación del concreto con adición de fibras de bambu



Nota: Elaboracion propia.

De la tabla 35 y figura 32 correspondiente al concreto con 3% de fibras de bambú muestra un incremento notable en la resistencia a la compresión a lo largo de los 7, 14 y 28 días. Este comportamiento sugiere que la mayor proporción de fibras refuerza aún más la estructura interna del concreto, distribuyendo mejor las tensiones y reduciendo la formación de

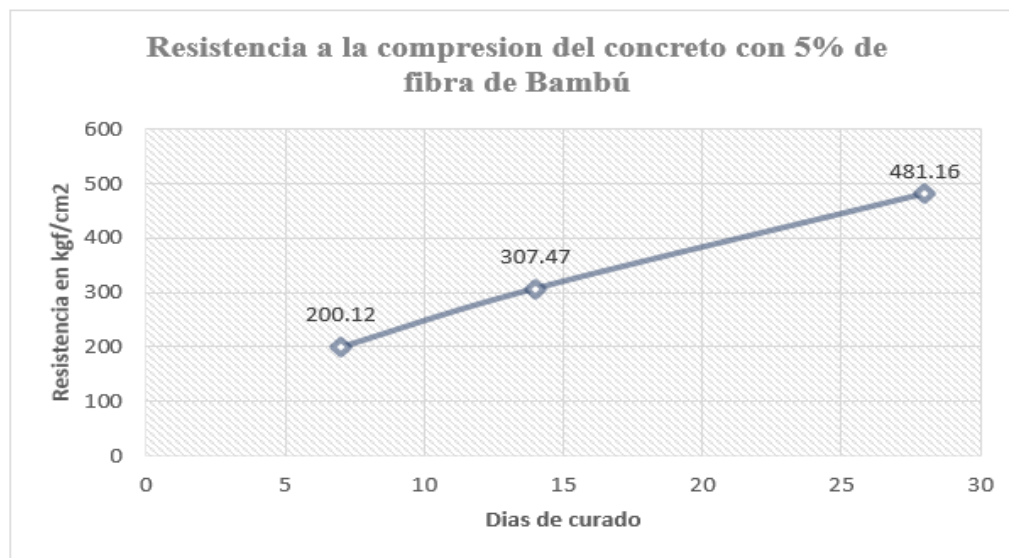
microfisuras. Los valores obtenidos son significativamente superiores a los valores mínimos esperados para cada edad de ruptura, lo que confirma que la adición del 3% de fibras de bambú es altamente efectiva en mejorar las propiedades mecánicas del concreto.

Tabla 33

Resultados del ensayo de compresión del concreto con adición de 5% de fibra de bambu con cemento puzolánico tipo IP

Elemento	N° Prob	Edad (días)	ϕ Prom. (cm)	Lectura Digital Corregida (Kgf)	Resistencia del Espécimen (Kgf/cm ²)	Resistencia Promedio (Kgf/cm ²)
DISEÑO DE CONCRETO f'_c 210 kg/cm² + 5% DE FIBRA DE BAMBU	M-1	7	15.2	36252	200.12	200.12
	M-2	7	15.19	35998	198.94	
	M-3	7	16.98	36500	201.29	
	M-4	14	15.23	55541	307.47	307.47
	M-5	14	15.24	55856	309.1	
	M-6	14	15.24	55712	308.08	
	M-7	28	15.24	86833	481.16	481.16
	M-8	28	15.2	87061	482.31	
	M-9	28	15.23	86973	481.78	

Figura 32 Comportamiento de la exudación del concreto con adición de fibras de bambu



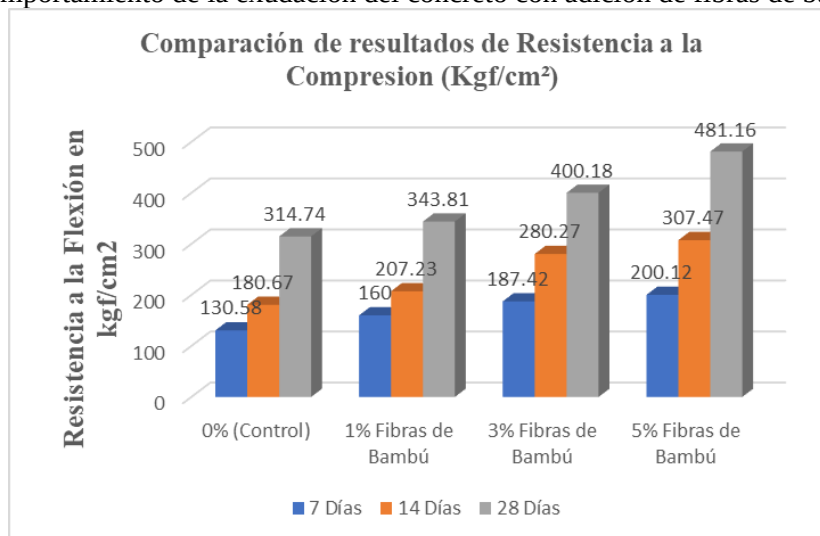
Nota: Elaboración propia.

De la tabla 36 y figura 34 de resistencia a la compresión para el concreto con 5% de fibras de bambú, se observa el mayor incremento en resistencia entre todas las mezclas evaluadas. Este comportamiento destaca la efectividad de las fibras de bambú en mejorar la capacidad de carga del concreto, con valores que superan ampliamente los mínimos esperados de acuerdo a la edad de ruptura. La alta resistencia obtenida a los 28 días confirma que la adición del 5% de fibras de bambú optimiza significativamente las propiedades del concreto, haciéndolo ideal para aplicaciones de alta demanda estructural.

Tabla 34

Resumen de resultados de resistencia a la compresión (Kgf/cm²)

Porcentaje de Fibras de Bambú	7 Días	14 Días	28 Días
0% (Control)	130.58	180.67	314.74
1% Fibras de Bambú	160	207.23	343.81
3% Fibras de Bambú	187.42	280.27	400.18
5% Fibras de Bambú	200.12	307.47	481.16

Figura 33 Comportamiento de la exudación del concreto con adición de fibras de bambu

Nota:Elaboracion propia.

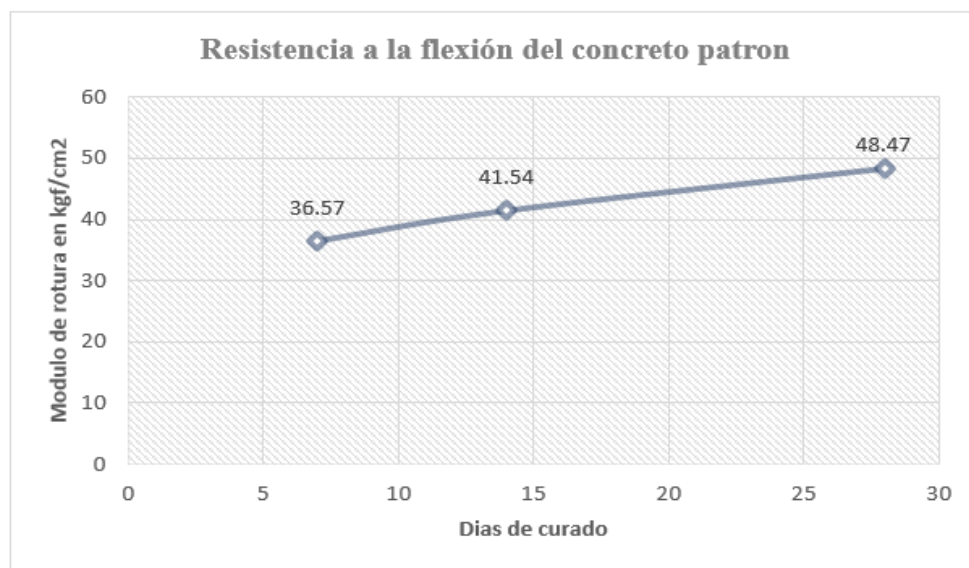
La adición de fibras de bambú al concreto incrementa significativamente su resistencia a la compresión en todas las edades evaluadas. A los 7 días, las resistencias aumentan entre un 22.5% y un 53.2% respecto al concreto sin fibras, siendo el incremento más notable con un 5% de fibras. A los 14 y 28 días, la resistencia continúa mejorando, alcanzando incrementos de hasta un 70.2% y 52.9%, respectivamente. Todos los valores superan ampliamente la resistencia mínima requerida de 210 kgf/cm² según la norma NTP 339.034 para pavimentos rígidos de mediano tránsito. Estas mejoras sugieren que las fibras de bambú, especialmente en proporciones del 3% y 5%, optimizan las propiedades mecánicas del concreto, haciéndolo más adecuado para aplicaciones de alta demanda, como pavimentos de alto tránsito, al mejorar su capacidad de carga y durabilidad, contribuyendo a una mayor vida útil de las estructuras.

4.2.2.2. *Resistencia a la flexión del concreto $f'_c=210$ kg/cm² con la adición de fibras de bambú al 0%, 1%, 3%, y 5%*

En el ensayo de resistencia a la flexión realizado en concreto $f'_c=210$ kg/cm² con la adición de fibras de bambú al 0%, 1%, 3% y 5%, se observó un incremento progresivo en la capacidad del concreto para resistir esfuerzos de flexión a medida que aumentaba la proporción de fibras. Este comportamiento sugiere que las fibras de bambú contribuyen a mejorar la ductilidad y la capacidad del concreto para distribuir cargas transversales, reduciendo la probabilidad de fallas frágiles. La mayor resistencia a la flexión alcanzada con un 5% de fibras indica que este porcentaje es óptimo para maximizar la tenacidad y la durabilidad del concreto, haciéndolo más adecuado para aplicaciones donde se requieren altas prestaciones mecánicas.

Tabla 35*Resultados de Resistencia a la Flexión - Concreto Patrón (0% Fibras de Bambú)*

Elemento	N° Prob	Edad (días)	Luz Libre (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Lectura Digital Corregida (Kgf)	Módulo de Rotura (Kgf/cm ²)	Módulo de Rotura (Mpa)	Mr Promedio (Kgf/cm ²)
DISEÑO DE CONCRETO f'c 210 kg/cm² DISEÑO PATRON	M-1	7	55.01	15.31	15.04	3180	36.57	3.58	36.57
	M-2	7	55.03	15.13	15.22	3178	36.54	3.58	
	M-3	7	55.06	15.03	15.33	3182	36.6	3.58	
	M-4	14	55.05	15.17	15.13	4010	41.54	4.08	41.54
	M-5	14	55.1	15.12	15.15	4012	41.56	4.08	
	M-6	14	55.05	15.08	15.11	4008	41.52	4.07	
	M-7	28	55.05	15.27	15.14	4620	48.47	4.75	48.47
	M-8	28	55.07	15.18	15.2	4625	48.52	4.76	
	M-9	28	55.1	15.15	15.14	4619	48.41	4.74	

Figura 34 Comportamiento de la exudación del concreto con adición de fibras de bambu*Nota:Elaboracion propia.*

Del la tabla 38 y figura 35, el análisis de la tabla correspondiente al concreto sin adición de fibras de bambú (0%), se observa que el módulo de rotura a los 7, 14 y 28 días es consistente con los valores esperados para un concreto $f'c=210$ kg/cm². A los 28 días, el módulo de rotura

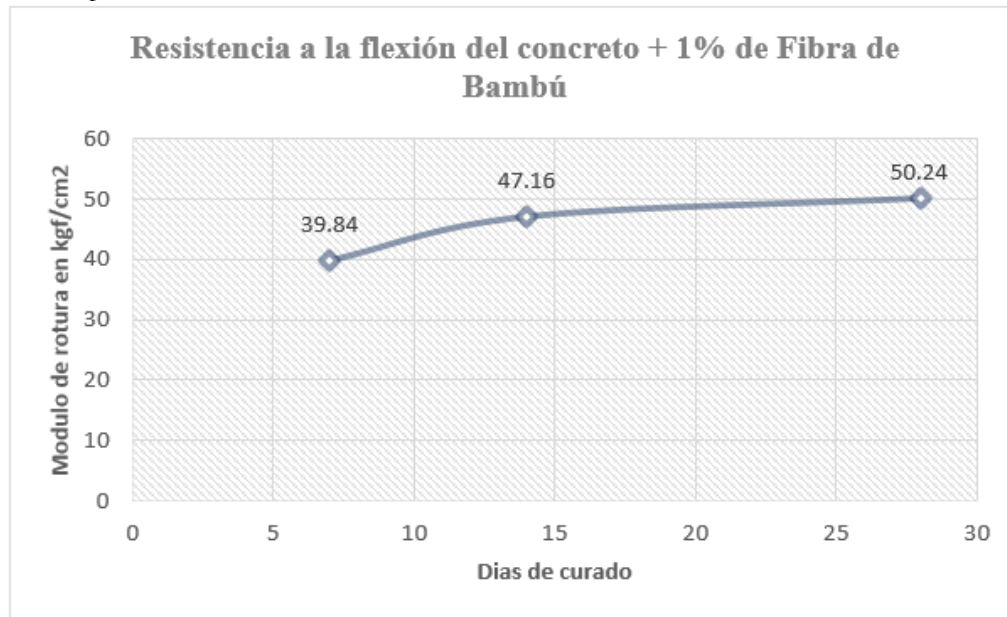
alcanza un valor promedio de 48.47 kgf/cm². Estos resultados sirven como referencia para evaluar el impacto de las fibras de bambú en las mezclas modificadas.

Tabla 36

Resultados de Resistencia a la Flexión - Concreto + (1% Fibras de Bambú)

Elemento	N° Prob	Edad (días)	Luz Libre (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Lectura Digital Corregida (Kgf)	Módulo de Rotura (Kgf/cm ²)	Módulo de Rotura (Mpa)	Mr Promedio (Kgf/cm ²)
DISEÑO DE CONCRETO f'c 210 kg/cm² +1% de Fibra de Bambú	M-1	7	55.01	15.31	15.04	3470	39.84	3.91	39.84
	M-2	7	55.03	15.13	15.22	3467	39.81	3.91	
	M-3	7	55.06	15.03	15.33	3473	39.87	3.91	
	M-4	14	55.05	15.17	15.13	4535	47.16	4.62	47.16
	M-5	14	55.1	15.12	15.15	4538	47.19	4.62	
	M-6	14	55.05	15.08	15.11	4532	47.13	4.62	
	M-7	28	55.05	15.27	15.14	4835	50.24	4.92	50.24
	M-8	28	55.07	15.18	15.2	4840	50.29	4.92	
	M-9	28	55.1	15.15	15.14	4832	50.19	4.91	

Figura 35 Comportamiento de la exudación del concreto con adición de fibras de bambu



Nota:Elaboracion propia.

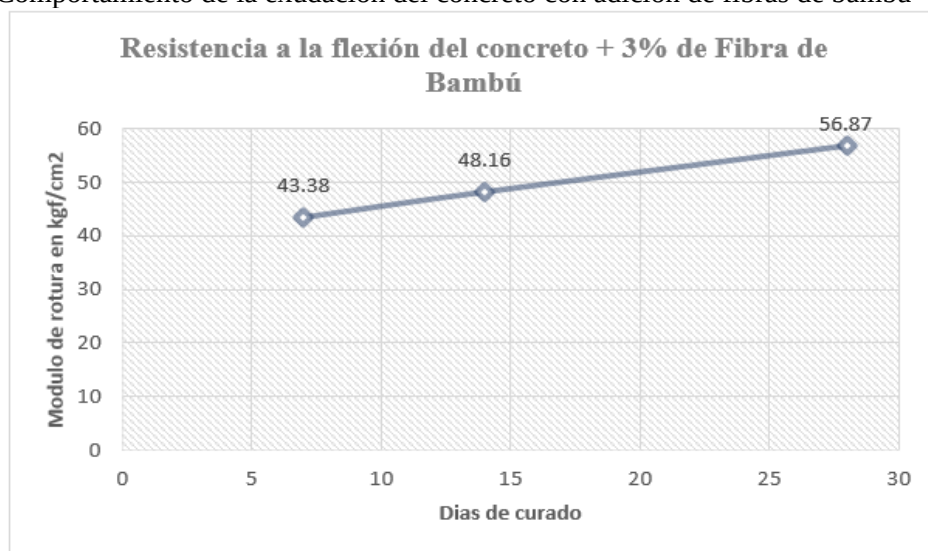
Del la tabla 39 y figura 36, el análisis de la tabla de resistencia a la flexión para el concreto con 1% de fibras de bambú, se visualiza que este tratamiento obtuvo módulos de rotura

superiores al control, con valores de 39.84 kgf/cm² a los 7 días y 47.16 kgf/cm² a los 14 días. A los 28 días, el módulo de rotura alcanzó 50.24 kgf/cm², mostrando una mejora respecto al concreto sin fibras. Estos resultados sugieren que la adición de 1% de fibras de bambú refuerza la estructura del concreto, mejorando su capacidad para resistir esfuerzos de flexión.

Tabla 37

Resultados de Resistencia a la Flexión - Concreto + (3% Fibras de Bambú)

Elemento	N° Prob	Edad (días)	Luz Libre (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Lectura Digital Corregida (Kgf)	Módulo de Rotura (Kgf/cm ²)	Módulo de Rotura (Mpa)	Mr Promedio (Kgf/cm ²)
DISEÑO DE CONCRETO f' c 210 kg/cm² +3% de Fibra de Bambú	M-1	7	55.01	15.31	15.04	3780	43.38	4.26	43.38
	M-2	7	55.03	15.13	15.22	3775	43.33	4.26	
	M-3	7	55.06	15.03	15.33	3785	43.43	4.27	
	M-4	14	55.05	15.17	15.13	4190	48.16	4.71	48.16
	M-5	14	55.1	15.12	15.15	4194	48.2	4.71	
	M-6	14	55.05	15.08	15.11	4187	48.11	4.71	
	M-7	28	55.05	15.27	15.14	4940	56.87	5.57	56.87
	M-8	28	55.07	15.18	15.2	4947	56.94	5.57	
	M-9	28	55.1	15.15	15.14	4935	56.8	5.57	

Figura 36 Comportamiento de la exudación del concreto con adición de fibras de bambu

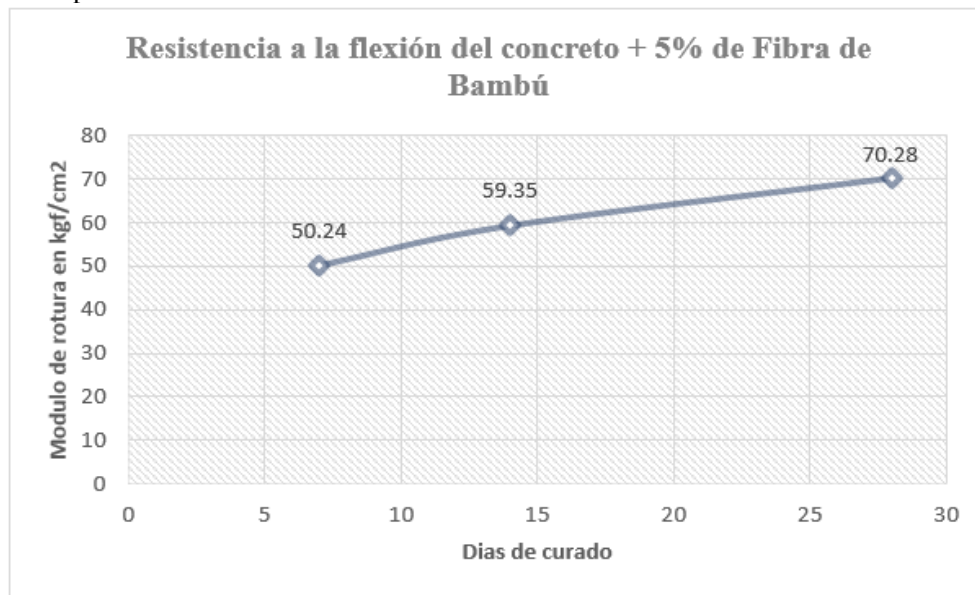
Nota:Elaboracion propia.

Del la tabla 40 y figura 37, el análisis de la tabla de resistencia a la flexión para el concreto con 3% de fibras de bambú, se observa un incremento significativo en el módulo de rotura a todas las edades evaluadas. A los 7 días, el concreto alcanzó un valor de 43.38 kgf/cm², mientras que a los 14 días obtuvo 48.16 kgf/cm². A los 28 días, el módulo de rotura fue de 56.87 kgf/cm², el cual es considerablemente mayor en comparación con el concreto sin fibras. Este comportamiento indica que el 3% de fibras de bambú proporciona una mejora notable en la resistencia a la flexión del concreto, lo que lo hace adecuado para aplicaciones estructurales más exigentes.

Tabla 38

Resultados de Resistencia a la Flexión - Concreto + (5% Fibras de Bambú)

Elemento	N° Prob	Edad (días)	Luz Libre (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Lectura Digital Corregida (Kgf)	Módulo de Rotura (Kgf/cm ²)	Módulo de Rotura (Mpa)	Mr Promedio (Kgf/cm ²)
DISEÑO DE CONCRETO f'c 210 kg/cm² +5% de Fibra de Bambú	M-1	7	55.01	15.31	15.04	4380	50.24	4.92	50.24
	M-2	7	55.03	15.13	15.22	4375	50.19	4.91	
	M-3	7	55.06	15.03	15.33	4385	50.29	4.92	
	M-4	14	55.05	15.17	15.13	5175	59.35	5.82	59.35
	M-5	14	55.1	15.12	15.15	5180	59.4	5.83	
	M-6	14	55.05	15.08	15.11	5170	59.3	5.82	
	M-7	28	55.05	15.27	15.14	6120	70.28	6.88	70.28
	M-8	28	55.07	15.18	15.2	6127	70.35	6.88	
	M-9	28	55.1	15.15	15.14	6115	70.21	6.87	

Figura 37 Comportamiento de la exudación del concreto con adición de fibras de bambu

Nota:Elaboracion propia.

De la tabla 41 y figura 38, el análisis de la tabla de resistencia a la flexión para el concreto con 5% de fibras de bambú, se visualiza que este tratamiento alcanzó el mayor módulo de rotura en comparación con las otras mezclas. A los 7 días, obtuvo un valor de 50.24 kgf/cm², mientras que a los 14 y 28 días los módulos de rotura fueron de 59.35 y 70.28 kgf/cm², respectivamente. Estos resultados indican que la adición del 5% de fibras de bambú mejora significativamente la capacidad del concreto para resistir cargas de flexión, lo que sugiere que esta proporción es óptima para maximizar la resistencia estructural del concreto en aplicaciones donde se requiere una alta durabilidad y resistencia a la fractura.

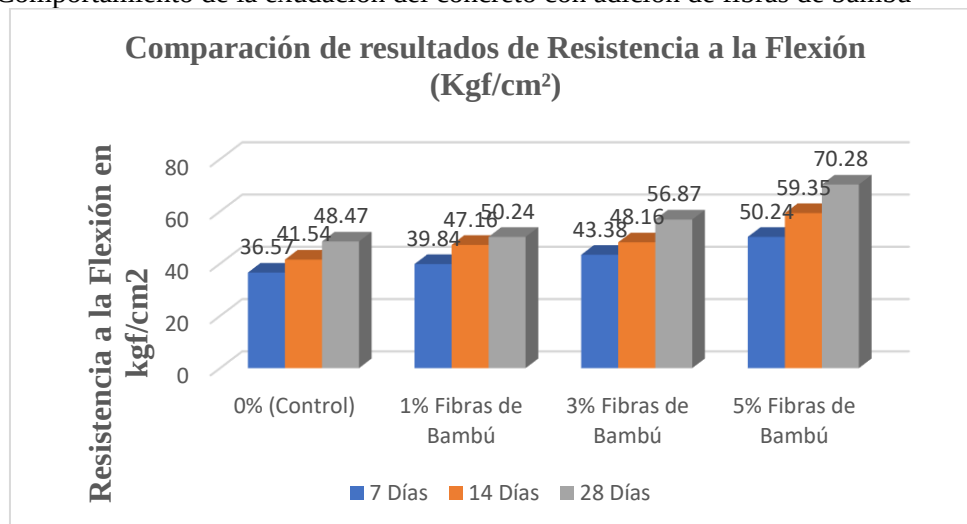
Tabla 39

Resumen de resultados de resistencia a la flexión (Kgf/cm²)

Porcentaje de Fibras de Bambú	7 Días	14 Días	28 Días
0% (Control)	36.57	41.54	48.47
1% Fibras de Bambú	39.84	47.16	50.24

3% Fibras de Bambú	43.38	48.16	56.87
5% Fibras de Bambú	50.24	59.35	70.28

Figura 38 Comportamiento de la exudación del concreto con adición de fibras de bambu



Nota:Elaboracion propia.

Del análisis de la tabla resumen de resistencia a la flexión, se observa un incremento progresivo en el módulo de rotura a medida que se aumenta la proporción de fibras de bambú en el concreto. El concreto patrón (0% fibras de bambú) alcanzó un módulo de rotura de 48.47 kgf/cm² a los 28 días, mientras que la adición del 1% de fibras de bambú elevó este valor a 50.24 kgf/cm². Al aumentar la proporción de fibras a 3%, se obtuvo un valor superior de 56.87 kgf/cm² a los 28 días. Finalmente, el concreto con 5% de fibras de bambú mostró el mayor módulo de rotura, alcanzando 70.28 kgf/cm² a los 28 días. Estos resultados demuestran que la adición de fibras de bambú, especialmente en mayores proporciones, mejora significativamente la resistencia a la flexión del concreto, haciendo que sea más apto para aplicaciones donde se requiere una alta resistencia a la fractura y durabilidad estructural.

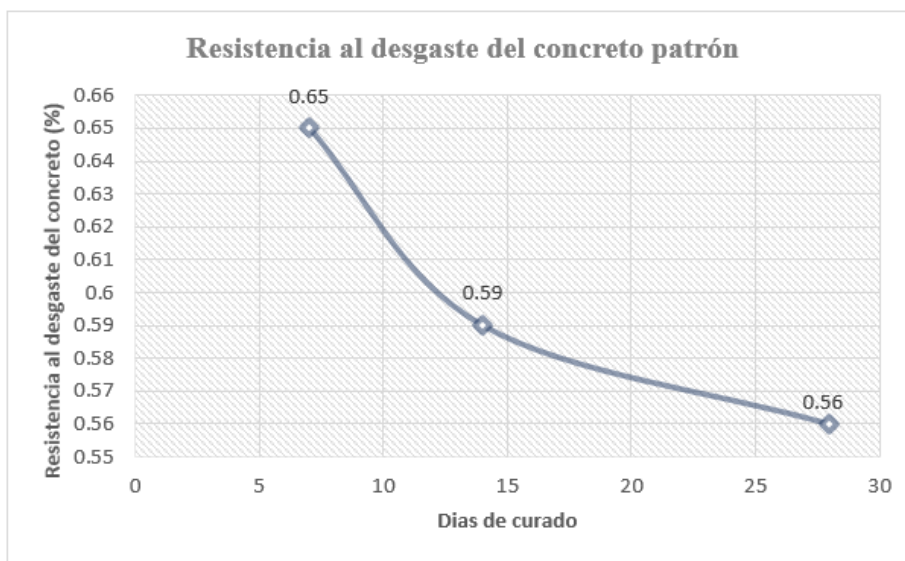
4.2.2.3. *Resistencia a la abrasión del concreto $f'c=210$ kg/cm² con la adición de fibras de bambú al 0%, 1%, 3%, y 5%*

En el ensayo de resistencia al desgaste realizado en concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de fibras de bambú al 0%, 1%, 3% y 5%, se evidenció una notable reducción en el porcentaje de desgaste conforme aumentaba la cantidad de fibras. Este comportamiento indica que las fibras de bambú no solo refuerzan la estructura interna del concreto, sino que también actúan como una barrera protectora contra la abrasión, disminuyendo significativamente el desgaste superficial. La menor tasa de desgaste observada con un 5% de fibras resalta la efectividad de este aditivo natural en mejorar la resistencia del concreto frente a condiciones abrasivas, lo que es crucial para la longevidad y el mantenimiento de pavimentos expuestos a altos niveles de tráfico.

Tabla 40
Resultados de Resistencia al desgaste- Concreto Patron

Elemento	N° Prob	Edad (días)	Desgaste del Concreto (%)	Promedio de Desgaste (%)
DISEÑO DE CONCRETO $f'_c 210 \text{ kg/cm}^2$ PATRON	D-1	7	0.64	0.65
	D-2	7	0.65	
	D-3	7	0.66	
	D-4	14	0.6	0.59
	D-5	14	0.59	
	D-6	14	0.58	
	D-7	28	0.56	0.56
	D-8	28	0.56	
	D-9	28	0.55	

Figura 39 Comportamiento de la resistencia al desgaste- Concreto Patron



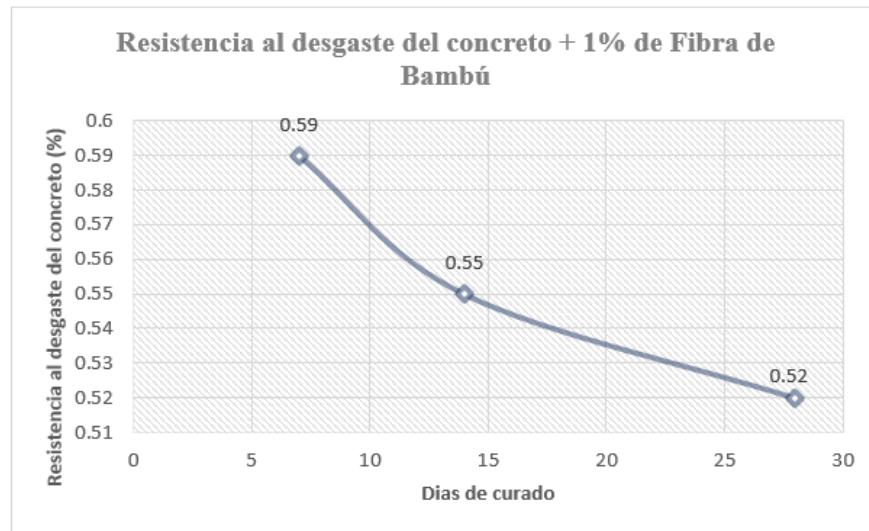
Nota:Elaboracion propia.

De la tabla 43 y figura 40, el ensayo de desgaste para el concreto patrón, se observa un comportamiento esperado donde la resistencia al desgaste mejora con el tiempo, alcanzando un desgaste de 0.56% a los 28 días. Este valor está dentro de los límites aceptables según la norma ASTM C944, lo que indica que el concreto cumple con los requisitos de durabilidad para pavimentos de mediano tránsito.

Tabla 41

Resultados de Resistencia al desgaste - Concreto + (1% Fibras de Bambú)

Elemento	N° Prob	Edad (días)	Desgaste del Concreto (%)	Promedio de Desgaste (%)
DISEÑO DE CONCRETO $f'c$ 210 kg/cm² +1% de Fibra de Bambú	D-1	7	0.6	0.59
	D-2	7	0.59	
	D-3	7	0.58	
	D-4	14	0.56	0.55
	D-5	14	0.55	
	D-6	14	0.54	
	D-7	28	0.52	0.52
	D-8	28	0.51	
	D-9	28	0.52	

Figura 40 Comportamiento de la Resistencia al desgaste - Concreto + (1% Fibras de Bambú)

Nota:Elaboracion propia.

De la tabla 44 y figura 41, el concreto con 1% de fibras de bambú, se observa una mejora en la resistencia al desgaste en comparación con el concreto patrón. A los 28 días, el desgaste se reduce a 0.52%, mostrando que la adición de fibras de bambú contribuye a una mejor resistencia al desgaste, haciendo al concreto más durable y resistente en aplicaciones donde se espera un alto tráfico.

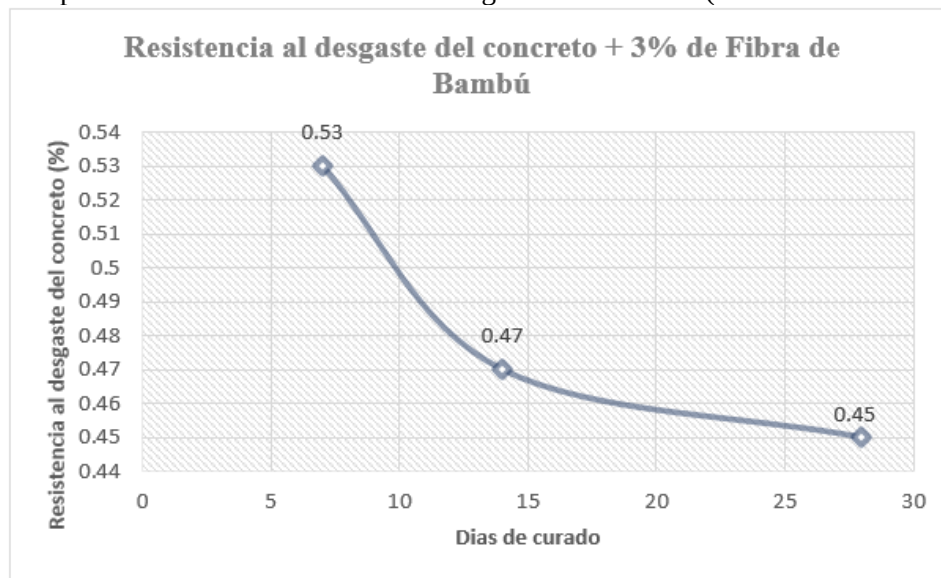
Tabla 42

Resultados de Resistencia al desgaste - Concreto + (3% Fibras de Bambú)

Elemento	N° Prob	Edad (días)	Desgaste del Concreto (%)	Promedio de Desgaste (%)
DISEÑO DE CONCRETO f'_c 210 kg/cm² +3% de Fibra de Bambú	D-1	7	0.52	0.53
	D-2	7	0.53	
	D-3	7	0.54	
	D-4	14	0.48	0.47
	D-5	14	0.47	

D-6	14	0.46	
D-7	28	0.45	
D-8	28	0.45	0.45
D-9	28	0.44	

Figura 41 Comportamiento de la Resistencia al desgaste - Concreto + (3% Fibras de Bambú)



Nota:Elaboracion propia.

De la tabla 45 y figura 42, la adición del 3% de fibras de bambú resulta en una reducción aún mayor en el desgaste, alcanzando un valor de 0.45% a los 28 días. Este resultado sugiere que la incorporación de una mayor proporción de fibras de bambú mejora significativamente la resistencia al desgaste del concreto, haciéndolo más adecuado para pavimentos sometidos a condiciones severas.

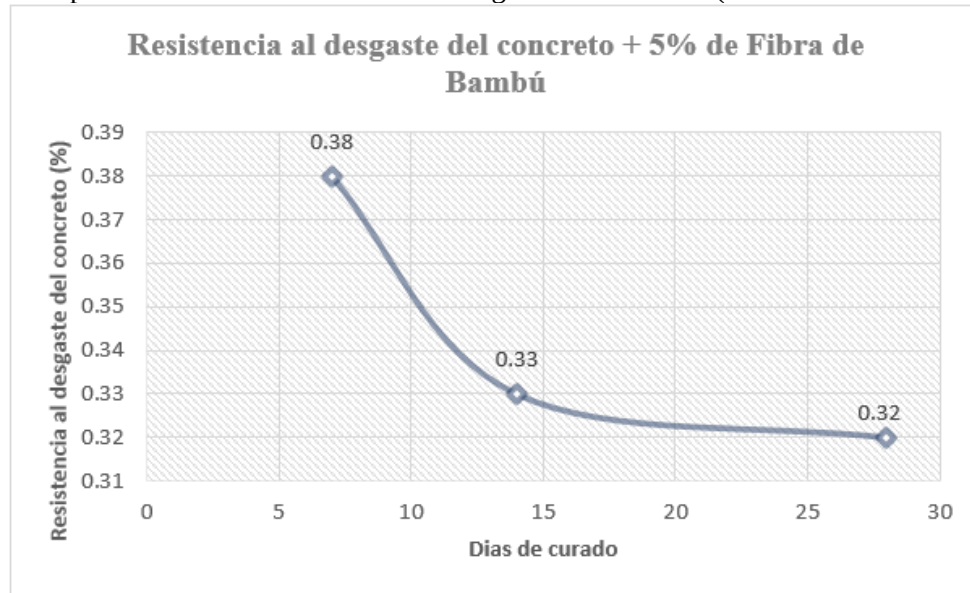
Tabla 43

Resultados de Resistencia al desgaste - Concreto + (5% Fibras de Bambú)

Elemento	N° Prob	Edad (días)	Desgaste del Concreto (%)	Promedio de Desgaste (%)
DISEÑO DE CONCRETO f'c 210 kg/cm2	D-1	7	0.37	
	D-2	7	0.38	0.38
	D-3	7	0.39	
	D-4	14	0.34	0.33

+5% de Fibra de Bambú	D-5	14	0.33	
	D-6	14	0.32	
	D-7	28	0.32	
	D-8	28	0.31	0.32
	D-9	28	0.32	

Figura 42 Comportamiento de la Resistencia al desgaste - Concreto + (5% Fibras de Bambú)



Nota:Elaboracion propia.

De la tabla 46 y figura 43, el concreto con 5% de fibras de bambú muestra la mejor resistencia al desgaste, con un valor mínimo de 0.32% a los 28 días. Estos resultados destacan la eficacia de las fibras de bambú en mejorar la durabilidad del concreto, sugiriendo que la proporción del 5% es óptima para maximizar la resistencia al desgaste, lo que es ideal para aplicaciones en pavimentos de alto tráfico.

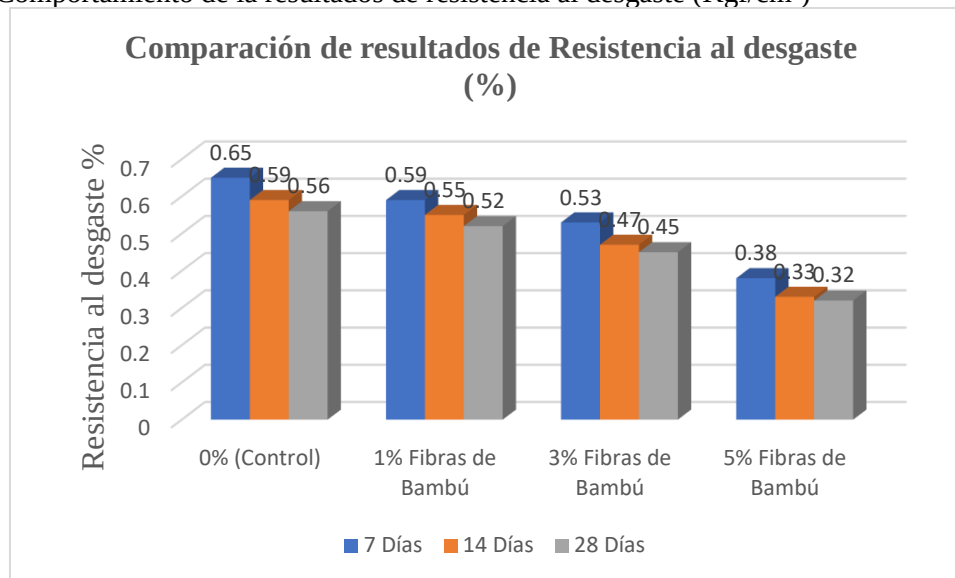
Tabla 44

Resumen de resultados de resistencia al desgaste (Kgf/cm²)

Porcentaje de Fibras de Bambú	7 Días	14 Días	28 Días
0% (Control)	0.65	0.59	0.56
1% Fibras de Bambú	0.59	0.55	0.52

3% Fibras de Bambú	0.53	0.47	0.45
5% Fibras de Bambú	0.38	0.33	0.32

Figura 43 Comportamiento de la resultados de resistencia al desgaste (Kgf/cm²)



Nota:Elaboracion propia.

De la tabla 47 y figura 44, se observa que la resistencia al desgaste del concreto mejora significativamente con la adición de fibras de bambú, siendo el desgaste más bajo para la mezcla con 5% de fibras. A los 28 días, el desgaste disminuye desde 0.56% en el concreto control hasta 0.32% en la mezcla con 5% de fibras. Esto indica que las fibras de bambú no solo refuerzan el concreto, sino que también mejoran su durabilidad frente a condiciones abrasivas, lo que es crucial para la longevidad de pavimentos sometidos a alto desgaste.

4.2.3. Resultados del diseño del pavimento rígido con concreto modificado

Tabla 45

Parámetros del Diseño del Pavimento (Espesores 6.7", 7.0" y 7.5")

Parámetro	6.7 pulgadas	7.0 pulgadas	7.5 pulgadas
Carga vehicular (ESAL)	1.64E+05	2.49E+05	3.92E+05

Módulo de Ruptura	488 lb/pulg ²	491 lb/pulg ²	493 lb/pulg ²
Módulo de Elasticidad	3,682,580 lb/pulg ²	3,707,547 lb/pulg ²	3,719,968 lb/pulg ²
Resistencia a la Compresión	294 Kg/cm ²	298 Kg/cm ²	300 Kg/cm ²
Coefficiente de Transferencia de Carga (J)	3.9	3.9	3.9

De la tabla 48, los valores de carga vehicular (ESAL) aumentan significativamente de 1.64E+05 en 6.7 pulgadas a 3.92E+05 en 7.5 pulgadas, lo que indica que los espesores mayores están diseñados para soportar tráfico más pesado. El módulo de ruptura y elasticidad también incrementa ligeramente a medida que aumenta el espesor, lo que resulta en una mayor capacidad del pavimento para soportar cargas sin fracturarse. La resistencia a la compresión sigue el mismo patrón, siendo mayor en pavimentos de 7.5 pulgadas, lo que les permite soportar mayores esfuerzos mecánicos.

Tabla 46

Resultados de Pruebas a compresión realizadas (Espesores 6.7", 7.0" y 7.5")

Porcentaje de Fibra de Bambú	6.7 pulgadas (Kgf/cm²)	7.0 pulgadas (Kgf/cm²)	7.5 pulgadas (Kgf/cm²)
0% (Control)	314.74	343.81	400.18
1% Fibra de Bambú	343.81	343.81	400.18
3% Fibra de Bambú	400.18	343.81	400.18
5% Fibra de Bambú	481.16	343.81	400.18

En la resistencia a la compresión, el espesor de 7.5 pulgadas muestra los valores más altos, alcanzando 400.18 Kgf/cm² para el concreto con 0% de fibra de bambú, lo que lo convierte en el pavimento más resistente a los esfuerzos de compresión. Sin embargo, al comparar los espesores de 6.7 y 7.0 pulgadas, el incremento de resistencia no es tan significativo, lo que indica

que un espesor de 6.7 pulgadas con 5% de fibra de bambú puede proporcionar una resistencia comparable a los espesores mayores, siendo una opción más económica.

Tabla 47

Resultados de Pruebas a flexión realizadas (Espesores 6.7", 7.0" y 7.5")

Porcentaje de Fibra de Bambú	6.7 pulgadas (Kgf/cm²)	7.0 pulgadas (Kgf/cm²)	7.5 pulgadas (Kgf/cm²)
0% (Control)	48.47	50.24	56.87
1% Fibra de Bambú	50.24	50.24	56.87
3% Fibra de Bambú	56.87	50.24	56.87
5% Fibra de Bambú	70.28	50.24	56.87

En cuanto a la resistencia a la flexión, los pavimentos más gruesos, como el de 7.5 pulgadas, proporcionan una mayor resistencia, con un valor de 56.87 Kgf/cm² para el concreto sin fibras. Sin embargo, el pavimento de 6.7 pulgadas con 5% de fibra de bambú logra una resistencia de flexión significativamente mayor (70.28 Kgf/cm²), superando a los espesores más grandes. Esto sugiere que la incorporación de fibras de bambú puede mejorar drásticamente el rendimiento del pavimento, permitiendo reducir el espesor sin comprometer la resistencia a la flexión.

Tabla 48

Resultados de Pruebas al desgaste realizadas (Espesores 6.7", 7.0" y 7.5")

Porcentaje de Fibra de Bambú	6.7 pulgadas (Kgf/cm²)	7.0 pulgadas (Kgf/cm²)	7.5 pulgadas (Kgf/cm²)
0% (Control)	0.56	0.52	0.45
1% Fibra de Bambú	0.52	0.52	0.45
3% Fibra de Bambú	0.45	0.52	0.45
5% Fibra de Bambú	0.32	0.52	0.45

En términos de resistencia al desgaste, los pavimentos más gruesos, como los de 7.5 pulgadas, muestran una menor resistencia, con valores de 0.45 Kgf/cm² en comparación con los pavimentos de 6.7 pulgadas que presentan una resistencia al desgaste de 0.56 Kgf/cm². Esto sugiere que aunque los pavimentos más gruesos soportan mayores cargas, los espesores menores con fibras de bambú pueden ser más resistentes al desgaste.

4.3. Discusión de resultados

1. Los resultados obtenidos de las pruebas de trabajabilidad y exudación del concreto en estado fresco con las adiciones de fibras de bambú en proporciones del 1%, 3%, y 5% muestran una tendencia clara hacia la mejora de las propiedades físicas del concreto. El ensayo de asentamiento (slump test) reveló que a medida que se aumenta el contenido de fibras, se reduce la trabajabilidad, debido a la absorción de agua por las fibras y la creación de una matriz más cohesiva, lo cual es favorable para aplicaciones que requieren mayor estabilidad estructural. Sin embargo, es importante notar que esta reducción de trabajabilidad fue más notable en la mezcla con 5% de fibras, lo que indica que en proporciones mayores, las fibras pueden afectar negativamente la fluidez de la mezcla, requiriendo ajustes en la cantidad de agua o la adición de aditivos plastificantes.

En cuanto a la exudación, la presencia de fibras redujo significativamente la cantidad de agua que aflora a la superficie, lo cual mejora la cohesión interna del concreto y disminuye el riesgo de formación de poros en el estado endurecido. Esto es particularmente relevante para pavimentos de mediano tránsito, donde la resistencia al desgaste y la impermeabilidad son esenciales.

2. Los ensayos mecánicos mostraron un incremento progresivo en la resistencia a la compresión y flexión del concreto con el aumento del porcentaje de fibras de bambú. En particular, el concreto con un 3% de fibras presentó los mejores resultados en términos de

resistencia a la compresión, alcanzando valores superiores en comparación con el concreto de referencia sin fibras. Esto sugiere que las fibras de bambú actúan de manera efectiva como un refuerzo natural, mejorando la capacidad del concreto para resistir cargas. No obstante, a partir del 5%, los resultados indicaron una ligera disminución en la resistencia, lo que podría explicarse por una saturación en la cantidad de fibras que no permite una óptima distribución dentro de la matriz cementante.

La resistencia a la flexión también mostró mejoras con la adición de fibras, evidenciando que este refuerzo es particularmente útil en elementos sometidos a esfuerzos de tracción y flexión, como los pavimentos. Este comportamiento coincide con estudios previos sobre el uso de fibras vegetales en concreto, donde se observó un incremento en la ductilidad y la capacidad de absorción de energía antes de la fractura.

3. El análisis de la durabilidad del concreto reforzado con fibras de bambú demuestra que su aplicación en pavimentos rígidos es altamente beneficiosa, tanto en términos estructurales como económicos. Las pruebas de desgaste y abrasión evidenciaron que la inclusión de fibras mejora la resistencia del concreto al tráfico de mediano tránsito, al reducir significativamente el desgaste superficial. Esto no solo prolonga la vida útil de los pavimentos, sino que también reduce la necesidad de mantenimiento y reparación, lo que se traduce en ahorros a largo plazo.

En términos de el uso de fibras de bambú, un material renovable y de rápido crecimiento, contribuye a la reducción de la dependencia de aditivos sintéticos y productos químicos, alineándose con las tendencias globales de construcción sostenible. Esto es particularmente relevante en la región de Ayacucho, donde las condiciones ambientales y climáticas exigen soluciones resilientes y sostenibles para las infraestructuras viales.

CONCLUSIONES

- La adición de fibras de bambú al concreto se realiza con fibras de 3 a 5 cm de longitud, según las normativas aplicables para fibras en concreto. Estas fibras deben ser tratadas y secadas antes de ser incorporadas a la mezcla, asegurando su libre de impurezas que puedan interferir con la adherencia al cemento. El proceso de adición se lleva a cabo al inicio de la mezcla, cuando los agregados finos y gruesos se combinan, asegurando una distribución homogénea sin que las fibras se agrupe. Se deben utilizar proporciones entre 1% y 5% del peso total de la mezcla, dependiendo de los objetivos del proyecto. La mezcla se realiza en un mezclador de alta eficiencia para garantizar la correcta dispersión de las fibras, y la colocación del concreto sigue las prácticas estándar, ajustando el proceso de compactación según sea necesario. Finalmente, el concreto debe curarse durante al menos 7 días para permitir el adecuado desarrollo de sus propiedades mecánicas, mejorando así la resistencia y durabilidad de las estructuras. Este procedimiento optimiza las propiedades del concreto, contribuyendo a su calidad en aplicaciones de pavimentos rígidos.
- La adición de fibras de bambú en el concreto mejora diversas propiedades, y el porcentaje ideal varía según la propiedad evaluada. Para la resistencia a la compresión, el 3% de fibras muestra una mejora significativa, ya que las fibras contribuyen a una mayor cohesión y densificación de la mezcla. Sin embargo, para la resistencia a la flexión y la durabilidad, el 5% de fibras es el más beneficioso, ya que ofrece una mayor capacidad para resistir

deformaciones y condiciones ambientales severas, mejorando la vida útil del pavimento. En cuanto a la trabajabilidad, el 1% de fibras es el más adecuado, ya que mejora la manejabilidad del concreto sin afectar su consistencia. Por otro lado, el 3% de fibras proporciona un buen balance en cuanto a resistencia al desgaste y cohesión, lo que lo hace ideal para pavimentos de mediano tránsito, mientras que el 5% de fibras puede resultar en una mezcla más difícil de manejar, aunque maximiza las propiedades de resistencia.

- En resumen, el 3% es el porcentaje más equilibrado y efectivo para una combinación de propiedades físicas y mecánicas, mientras que el 5% es más adecuado cuando se prioriza la durabilidad y la resistencia a largo plazo. La adición de fibras de bambú garantiza una mejor calidad de los pavimentos rígidos, no solo en términos de resistencia, sino también en cuanto a durabilidad. Las fibras contribuyen a reducir el desgaste por abrasión y mejorar la vida útil del pavimento, lo que hace que la construcción con concreto reforzado con bambú sea una opción rentable y viable a largo plazo, especialmente en la región de Ayacucho, donde las condiciones climáticas pueden acelerar el deterioro de las infraestructuras.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que las empresas constructoras y entidades gubernamentales encargadas de proyectos viales consideren la implementación de concreto reforzado con fibras de bambú, especialmente en pavimentos rígidos. Esta alternativa que mejorará un enfoque más sostenible en la construcción civil.
- Dado que la trabajabilidad disminuye con el aumento de la proporción de fibras de bambú, se recomienda utilizar plastificantes o realizar ajustes en la relación agua/cemento para asegurar una mezcla adecuada en proyectos donde la fluidez del concreto es crítica, sin comprometer los beneficios de la cohesión y durabilidad.
- Se recomienda adoptar una proporción óptima del 3% de fibras de bambú en proyectos de pavimentación, ya que esta proporción ha demostrado maximizar la resistencia a la compresión y flexión sin comprometer la trabajabilidad. Esta proporción debe ser la base de nuevos estudios y aplicaciones en otras regiones.
- Para garantizar la calidad de los pavimentos a largo plazo, se recomienda integrar el uso de fibras de bambú en las especificaciones técnicas de los proyectos de pavimentación en la región de Ayacucho, promoviendo la durabilidad de las infraestructuras viales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACI. (2002). **Manual del concreto estructural (ACI 318-02)**. American Concrete Institute.
2. Althoezy, F., et al. (2022). **Strength and Microscale Properties of Bamboo Fiber-Reinforced Concrete Modified with Natural Rubber Latex**.
3. American Society for Testing and Materials. (2021). **ASTM C150: Standard Specification for Portland Cement**. ASTM International.
4. American Society for Testing and Materials. (2021). **ASTM C 39/C 39M: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens**. ASTM International.
5. American Society for Testing and Materials. (2021). **ASTM C 595: Standard Specification for Blended Hydraulic Cements**. ASTM International.
6. American Society for Testing and Materials. (2021). **ASTM C 944/C 944M: Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method**. ASTM International.
7. Castillo, J., & Farinango, M. (2019). **Durabilidad del hormigón con fibras de yute**.
8. Chapoñan, P., & Quispe, M. (2017). **Análisis del comportamiento en las propiedades del concreto hidráulico para el diseño de pavimentos rígidos adicionando fibras de polipropileno en el A.A.H.H Villa María - Nuevo Chimbote**.
9. Hernández Sampieri, R. (2014). **Metodología de la investigación** (6ta ed.). McGraw-Hill.
10. Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). **Metodología de la investigación** (5ta ed.). McGraw-Hill.
11. Hirde, S. K., et al. (2016). **Review on Polymer Modified Concrete and its Application to Concrete Structures**.
12. Janssen, J. (2000). **The Environmental Benefits of Bamboo**.
13. Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., & Panarese, W. C. (2004). **Design and Control of Concrete Mixtures**. Portland Cement Association.
14. Kosmatka, S. H. (2016). **Manual del concreto estructural**. Portland Cement Association.

15. Kumarasamy, K., et al. (2020). **Strength Properties of Bamboo Fiber Reinforced Concrete.**
16. Martínez, J. (2019). **Comportamiento del concreto fabricado con cemento Tipo IP en proyectos de construcción.**
17. Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. (2014). **Concrete: Microstructure, Properties, and Materials.** McGraw-Hill.
18. Monge, J., & Huamaní, M. (2018). **Estudio de la influencia de la fibra de cabuya en concretos de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en el distrito de Lircay provincia de Angaraes.**
19. Norma Técnica Peruana (NTP). (2001). **NTP 400.037: Agregados para Concreto: Especificaciones Técnicas.** INACAL.
20. Norma Técnica Peruana (NTP). (2021). **NTP 334.009: Especificaciones del Cemento Puzolánico Tipo IP.** INACAL.
21. Papagiannakis, A. T. (2008). **Principles of Pavement Design.** Wiley.
22. Paredes, J., & Guillén, M. (2015). **Funciones del agregado en el concreto.**
23. Pasquel, E. (1998). **Diseño de mezclas de concreto por el método ACI.**
24. Ramakrishna, G., & Sundararajan, T. (2005). **Comparison between Natural and Synthetic Fibers in Concrete.**
25. Rivera, A. (2008). **Tecnología del concreto y uso de aditivos químicos en infraestructuras civiles.**
26. Rivva, M. (2000). **Aditivos para el concreto.**
27. Rivva, M. (2013). **Comportamiento del concreto.**
28. Ruiz, J., & Yupamnqui, L. (2023). **Estudio sobre la exudación en concreto fresco.**
29. Sánchez, J., et al. (2020). **Evaluación del Uso de Fibras Naturales en la Mejora de las Propiedades Mecánicas del Concreto en la Región Andina del Perú.**
30. Sen, J., & Ankit, R. (2018). **An experimental study of concrete mix by adding natural fiber (Zucchini fiber/Luffa fiber).**
31. Soto, P. (2022). **Uso de fibras recicladas en el comportamiento mecánico del concreto.**
32. Soto, M. (2023). **Efectos de la adición de mucílago de nopal en las propiedades del concreto.**

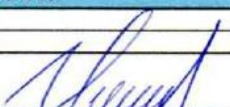
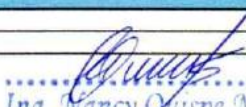
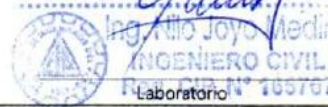
33. Yang, H. H. (2003). **Pavement Analysis and Design**. Pearson Prentice Hall.

ANEXOS

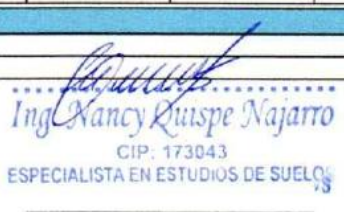
Anexo 1: Matriz de consistencia

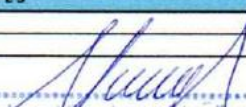
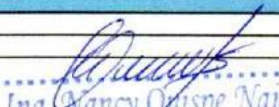
Problema general	Objetivo general	Hipotesis general	Variable	Indicadores	Metodologia
¿Como influye la adición de fibras de bambú en el comportamiento físico mecánico del concreto f'c=210 kg/cm² con cemento puzolánico tipo IP para pavimentos rígidos de mediano tránsito, Ayacucho, 2024?	Evaluar cómo influye la adición de fibras de bambú en el comportamiento físico mecánico del concreto f'c=210 kg/cm² con cemento tipo puzolánico IP para pavimentos rígidos de mediano tránsito, Ayacucho, 2024.	La adición de fibras de bambú influye significativamente en el comportamiento físico mecánico del concreto f'c=210 kg/cm² con cemento tipo puzolánico IP para pavimentos rígidos de mediano tránsito, Ayacucho, 2024.	Fibras de Bambú	X1.1: 1%, 3% y 5% X2.1: composición química X2.2: Resistencia a la tensión	Ámbito Temporal: 2024 Espacial: Ayacucho S.J.B. Tipo de investigación: Aplicada Nivel de investigación: Explicativo - Correlacional Método de investigación: científico Diseño de estudio: Experimental Instrumento y técnica: Fichas de laboratorio/ Análisis documental y observación directa
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipotesis específicos	Comportamiento físico mecánico del concreto f'c=210 kg/cm² con cemento puzolánico tipo IP	Y1.1: Slump Y1.2: Densidad Y1.3: Temperatura Y2.1: Resistencia a la compresión Y2.2: Resistencia a la Flexion Y2.3: Resistencia al desgaste. Y3.1: Espesor de pavimento Y3.2: CBR	
¿Como influye la adición de fibras de bambú en proporciones de 1%, 3% y 5% en las propiedades físicas del concreto f'c=210 kg/cm² con cemento puzolánico tipo IP para pavimentos rígidos de mediano tránsito, Ayacucho, 2024?	Determinar cómo influye la adición de fibras de bambú en proporciones de 1%, 3% y 5% en las propiedades físicas del concreto f'c=210 kg/cm² con cemento tipo puzolánico IP para pavimentos rígidos de mediano tránsito, Ayacucho, 2024.	La adición de fibras de bambú en proporciones de 1%, 3% y 5% influye significativamente en las propiedades físicas del concreto f'c=210 kg/cm² con cemento tipo puzolánico IP para pavimentos rígidos de mediano tránsito, Ayacucho, 2024.			
¿En qué medida influye la adición de fibras de bambú en proporciones de 1%, 3% y 5% en las propiedades mecánicas del concreto f'c=210 kg/cm² con cemento puzolánico tipo IP para pavimentos rígidos de mediano tránsito, Ayacucho, 2024?	Evaluar en medida influye la adición de fibras de bambú en proporciones de 1%, 3% y 5% en las propiedades mecánicas del concreto f'c=210 kg/cm² con cemento tipo puzolánico IP para pavimentos rígidos de mediano tránsito, Ayacucho, 2024.	La adición de fibras de bambú en proporciones de 1%, 3% y 5% influye de manera significativa en las propiedades mecánicas del concreto f'c=210 kg/cm² con cemento tipo puzolánico IP para pavimentos rígidos de mediano tránsito, Ayacucho, 2024.			
¿De que manera la adición de fibras de bambú en proporciones de 1%, 3% y 5% en el comportamiento físico mecánico del concreto f'c=210 kg/cm² con cemento puzolánico tipo IP garantiza el calidad de los pavimentos rígidos optimizados en términos de factibilidad?	Conocer de qué manera la adición de fibras de bambú en proporciones de 1%, 3% y 5% en el comportamiento físico mecánico del concreto f'c=210 kg/cm² con cemento tipo puzolánico IP garantiza el calidad de los pavimentos rígidos optimizados en términos de factibilidad.	La adición de fibras de bambú en proporciones de 1%, 3% y 5% influye significativamente en el comportamiento físico mecánico del concreto f'c=210 kg/cm² con cemento tipo puzolánico IP garantiza el calidad de los pavimentos rígidos optimizados en términos de factibilidad.			

Anexo 2: Diseños de Mezcla

	ENSAYO		Código:	ENS.GTE.2946.000		
	Diseño de Mezclas de Concreto F'C 210 Kg/cm2 con cemento puzolanico IP ACI (211)		Versión:	01		
			F. aprobación:	19/06/2024		
			Elaborado:	Responsable Control de Calidad		
LA VERSIÓN IMPRESA O FOTOCOPIA DE ESTE DOCUMENTO SE CONSIDERA UNA COPIA NO CONTROLADA, EXCEPTO CUANDO LLEVE EL SELLO ORIGINAL COLOR ROJO DE "COPIA CONTROLADA"						
PROYECTO: INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS DE BAMBU EN EL COMPORTAMIENTO FISICO MECANICO DEL CONCRETO FC=210 KG/CM2 CON CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP PARA PAVIMENTOS RIGIDOS DE MEDIANO TRAFICO AYACUCHO 2024*			REGISTRO:	E-01-13-2946		
SOLICITANTE: BACH. SURCO BELLIDO JEAN CARLO			FECHA:	26/07/2024		
DISEÑO: F'C 210 Kg/cm2 Diseño patron						
1- MUESTRA			2- PERSONAL			
UBICACION: Cantera Rio CHILLICO		SONDAJE:	OPERADOR:	G.H.M		
MATERIAL: De Concreto		PROFUND.:	ASISTENTE:	J.L.P		
DISEÑO - ACI 211 - F'C 210 Kg/cm2						
MATERIAL	PESO ESPECIFICO KG/m3	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCION %	P. UNITARIO S. KG/m3	P. UNITARIO C. KG/m3
CEMENTO: PUZOLANICO IP	3.110				1500	
AGREGADO FINO	2.686	2.85	0.20	1.33	1558	1498
AGREGADO GRUESO	2.645	7.73	0.48	0.50	1839	1675
A) VALORES DE DISEÑO						
1	ASENTAMIENTO			3" - 4"		
2	TAMAÑO MAXIMO			1"		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.55		
4	AGUA			205		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.0		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.57		
B) ANALISIS DE DISEÑO						
	FACTOR CEMENTO		372.73	kg/m3	0.8	blc/m3
	Volumen absoluto del cemento			0.1198	m3 / m3	
	Volumen absoluto del Agua			0.2050	m3 / m3	
	Volumen absoluto del Aire			0.0200	m3 / m3	
	Volumen absoluto de la Pasta					0.3448
	Volumen absoluto de los Agregados					
	Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3610	m3 / m3	0.6552
	Volumen absoluto del Agregado fino			0.2942	m3 / m3	
	SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS					1.0000
C) CANTIDAD DE MATERIALES POR m3 EN PESO						
	CEMENTO			372.7	Kgs / m3	
	AGUA			205.0	Kgs / m3	
	AGREGADO FINO			790.2	Kgs / m3	
	AGREGADO GRUESO			954.8	Kgs / m3	
	PESO DE MEZCLA:			2322.7	Kgs / m3	
D) CORRECCION POR HUMEDAD						
	AGREGADO FINO HUMEDO			791.8	Kgs / m3	
	AGREGADO GRUESO HUMEDO			959.3	Kgs / m3	
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
	AGREGADO FINO			%	LTRS	
	AGREGADO GRUESO			-1.13	-8.9	
				-0.02	-0.2	
				-9.1		
	AGUA DE MEZCLA CORREGIDA :			214.1		Ltrs / m3
F) CANTIDAD DE MATERIALES CORREGIDAS POR m3						
	CEMENTO			372.7	Kgs / m3	
	AGUA			214.1	Ltrs / m3	
	AGREGADO FINO			791.8	Kgs / m3	
	AGREGADO GRUESO			959.3	Kgs / m3	
G) CANTIDAD DE MATERIALES CORREGIDOS POR BOLSA DE CEMENTO						
	CEMENTO			42.5	Kgs / m3	
	AGUA			24.4	Ltrs / m3	
	AGREGADO FINO			90.3	Kgs / m3	
	AGREGADO GRUESO			109.4	Kgs / m3	
PROPORCION EN PESO		PROPORCION EN VOLUMEN		PROPORCION		
C	1.0	C	0.2		1.0	
A.F	2.1	A.F	0.5		2.0	
A.G	2.6	A.G	0.5		2.1	
3- EQUIPOS DE MEDICION						
EQ.						
ID						
4- OBSERVACIONES						
 						
			Ing. Nancy Quispe Najarro CIP: 173043 ESPECIALISTA EN ESTUDIOS DE SUELOS Aprobación			

	ENSAYO		Código:	ENS.GTE.2946.000		
	Diseño de Mezclas de Concreto F'C 210 Kg/cm2 con cemento puzolanico IP ACI (211)		Versión:	01		
			F. aprobación:	19/06/2024		
			Elaborado:	Responsable Control de Calidad		
LA VERSIÓN IMPRESA O FOTOCOPIA DE ESTE DOCUMENTO SE CONSIDERA UNA COPIA NO CONTROLADA, EXCEPTO CUANDO LLEVE EL SELLO ORIGINAL COLOR ROJO DE "COPIA CONTROLADA"						
PROYECTO: INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS DE BAMBU EN EL COMPORTAMIENTO FISICO MECANICO DEL CONCRETO FC=210 KG/CM2 CON CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP PARA PAVIMENTOS RIGIDOS DE MEDIANO TRAFICO AYACUCHO 2024*			REGISTRO:	E-01-13-2946		
SOLICITANTE: BACH. SURCO BELLIDO JEAN CARLO			FECHA:	25/07/2024		
DISEÑO: F'C 210 Kg/cm2 Diseño 1% de fibras de bambu						
1- MUESTRA			2- PERSONAL			
UBICACION: Cantera Rio CHILLICO		SONDAJE:	OPERADOR:	G.H.M		
MATERIAL: De Concreto		PROFUND:	ASISTENTE:	J.L.P		
DISEÑO - ACI 211 - F'C 210 Kg/cm2						
MATERIAL	PESO ESPECIFICO KG/m3	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCION %	P. UNITARIO S. KG/m3	P. UNITARIO C. KG/m3
CEMENTO: PUZOLANICO IP	3.110				1500	
AGREGADO FINO	2.686	2.85	0.20	1.33	1558	1498
AGREGADO GRUESO	2.645	7.73	0.48	0.50	1839	1675
A) VALORES DE DISEÑO						
1	ASENTAMIENTO			3" - 4"		
2	TAMAÑO MAXIMO			1"		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.55		
4	AGUA			205		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.0		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.57		
7	FIBRAS DE BAMBU AL 1%			3.727 kg		
B) ANALISIS DE DISEÑO						
	FACTOR CEMENTO		372.73	kg/m3	0.0	blc/m3
	Volumen absoluto del cemento			0.1198	m3 / m3	
	Volumen absoluto del Agua			0.2050	m3 / m3	
	Volumen absoluto del Aire			0.0200	m3 / m3	
	Volumen absoluto de la Pasta					0.3448
	Volumen absoluto de los Agregados					
	Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3610	m3 / m3	0.6552
	Volumen absoluto del Agregado fino			0.2942	m3 / m3	
	SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS					1.0000
C) CANTIDAD DE MATERIALES POR m3 EN PESO						
	CEMENTO			372.7	Kgs / m3	
	AGUA			205.0	Kgs / m3	
	AGREGADO FINO			790.2	Kgs / m3	
	AGREGADO GRUESO			954.8	Kgs / m3	
	PESO DE MEZCLA:			2322.7	Kgs / m3	
D) CORRECCION POR HUMEDAD						
	AGREGADO FINO HUMEDO			791.8	Kgs / m3	
	AGREGADO GRUESO HUMEDO			959.3	Kgs / m3	
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
	AGREGADO FINO			-1.13	LTRS	
	AGREGADO GRUESO			-0.02	LTRS	
	AGUA DE MEZCLA CORREGIDA :			214.1	Ltrs / m3	
F) CANTIDAD DE MATERIALES CORREGIDAS POR m3						
	CEMENTO			372.7	Kgs / m3	
	AGUA			214.1	Ltrs / m3	
	AGREGADO FINO			791.8	Kgs / m3	
	AGREGADO GRUESO			959.3	Kgs / m3	
G) CANTIDAD DE MATERIALES CORREGIDOS POR BOLSA DE CEMENTO						
	CEMENTO			42.5	Kgs / m3	
	AGUA			24.4	Ltrs / m3	
	AGREGADO FINO			90.3	Kgs / m3	
	AGREGADO GRUESO			109.4	Kgs / m3	
PORPORCION EN PESO C 1.0 A.F 2.1 A.G 2.6		PROPORCION EN VOLUMEN C 0.2 A.F 0.5 A.G 0.5		PROPORCION FIBRAS DE BAMBU 1.0 2.0 2.1 0.468 kg		
3.- EQUIPOS DE MEDICION						
EQ.						
ID						
4.- OBSERVACIONES						
 Ing. Mito Joy Medina INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 165767 Laboratorio						
 Ing. Nancy Quispe Najarro CIP: 173043 ESPECIALISTA EN ESTUDIOS DE SUELOS Aprobación						

		ENSAYO Diseño de Mezclas de Concreto F'C 210 Kg/cm2 con cemento puzolanico IP ACI (211)		Código:	ENS.GTE.2946.000	
				Versión:	01	
				F. aprobación:	19/06/2024	
				Elaborador:	Responsable Control de Calidad	
LA VERSIÓN IMPRESA O FOTOCOPIA DE ESTE DOCUMENTO SE CONSIDERA UNA COPIA NO CONTROLADA, EXCEPTO CUANDO LLEVE EL SELLO ORIGINAL COLOR ROJO DE "COPIA CONTROLADA"						
PROYECTO: INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS DE BAMBU EN EL COMPORTAMIENTO FISICO MECANICO DEL CONCRETO FC=210 KG/CM2 CON CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP PARA PAVIMENTOS RIGIDOS DE MEDIANO TRAFICO AYACUCHO 2024*				REGISTRO:	E-01-13-2946	
SOLICITANTE: BACH. SURCO BELLIDO JEAN CARLO				FECHA:	26/07/2024	
DISEÑO: F'C 210 Kg/cm2 Diseño 3% de fibras de bambu						
1- MUESTRA			2- PERSONAL			
UBICACION: Cantera Rio CHILLICO		SONDAJE:		OPERADOR: G.H.M		
MATERIAL: De Concreto		PROFUND.:		ASISTENTE: J.L.P		
DISEÑO - ACI 211 - F'C 210 Kg/cm2						
MATERIAL	PESO ESPECIFICO KG/m3	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCION %	P. UNITARIO S. KG/m3	P. UNITARIO C. KG/m3
CEMENTO: PUZOLANICO IP	3.150				1500	
AGREGADO FINO	2.686	2.85	0.20	1.33	1558	1498
AGREGADO GRUESO	2.645	7.73	0.48	0.50	1839	1675
A) VALORES DE DISEÑO						
1	ASENTAMIENTO			3" - 4"		
2	TAMAÑO MAXIMO			1"		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.55		
4	AGUA			205		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.0		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.57		
7	FIBRAS DE BAMBU AL 3%			11.182	kg	
B) ANALISIS DE DISEÑO						
	FACTOR CEMENTO		372.73	kg/m3	0.0	bln/m3
	Volumen absoluto del cemento			0.1183	m3 / m3	
	Volumen absoluto del Agua			0.2050	m3 / m3	
	Volumen absoluto del Aire			0.0200	m3 / m3	
	Volumen absoluto de la Pasta					0.3433
	Volumen absoluto de los Agregados					
	Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3610	m3 / m3	0.6567
	Volumen absoluto del Agregado fino			0.2957	m3 / m3	
	SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS					1.0000
C) CANTIDAD DE MATERIALES POR m3 EN PESO						
	CEMENTO			372.7	Kgs / m3	
	AGUA			205.0	Kgs / m3	
	AGREGADO FINO			794.3	Kgs / m3	
	AGREGADO GRUESO			954.8	Kgs / m3	
	PESO DE MEZCLA:			2326.8	Kgs / m3	
D) CORRECCION POR HUMEDAD						
	AGREGADO FINO HUMEDO			795.9	Kgs / m3	
	AGREGADO GRUESO HUMEDO			959.3	Kgs / m3	
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
				%	LTRS	
	AGREGADO FINO			-1.13	-9.0	
	AGREGADO GRUESO			-0.02	-0.2	
					-9.2	
	AGUA DE MEZCLA CORREGIDA :			214.2	Ltrs / m3	
F) CANTIDAD DE MATERIALES CORREGIDAS POR m3						
	CEMENTO			372.7	Kgs / m3	
	AGUA			214.2	Ltrs / m3	
	AGREGADO FINO			795.9	Kgs / m3	
	AGREGADO GRUESO			959.3	Kgs / m3	
G) CANTIDAD DE MATERIALES CORREGIDOS POR BOLSA DE CEMENTO						
	CEMENTO			42.5	Kgs / m3	
	AGUA			24.4	Ltrs / m3	
	AGREGADO FINO			90.7	Kgs / m3	
	AGREGADO GRUESO			109.4	Kgs / m3	
PORPORCION EN PESO		PROPORCION EN VOLUMEN		PROPORCION FIBRAS DE BAMBU		
C	1.0	C	0.2	1.0		
A.F	2.1	A.F	0.5	2.1	0.827 kg	
A.G	2.6	A.G	0.5	2.1		
3- EQUIPOS DE MEDICION						
EQ.						
ID						
4- OBSERVACIONES						
 						
Ing. Nilo Joyo Medina INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 165767 Laboratorio				Ing. Nancy Ruispe Najarro CIP: 173043 ESPECIALISTA EN ESTUDIOS DE SUELOS Aprobación		

	ENSAYO		Código:	ENS.GTE.2946.000		
	Diseño de Mezclas de Concreto F'C 210 Kg/cm2 con cemento puzolanico IP ACI (211)		Versión:	01		
			F. aprobación:	19/06/2024		
			Elaborador:	Responsable Control de Calidad		
LA VERSIÓN IMPRESA O FOTOCOPIA DE ESTE DOCUMENTO SE CONSIDERA UNA COPIA NO CONTROLADA, EXCEPTO CUANDO LLEVE EL SELLO ORIGINAL COLOR ROJO DE "COPIA CONTROLADA"						
PROYECTO: INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS DE BAMBU EN EL COMPORTAMIENTO FISICO MECANICO DEL CONCRETO FC=210 KG/CM2 CON CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP PARA PAVIMENTOS RIGIDOS DE MEDIANO TRAFICO AYACUCHO 2024*		REGISTRO: E-01-13-2946				
SOLICITANTE: BACH. SURCO BELLIDO JEAN CARLO		FECHA: 26/07/2024				
DISEÑO: F'C 210 Kg/cm2 Diseño 5% de fibras de bambu						
1- MUESTRA		2- PERSONAL				
UBICACION: Cantera Rio CHILLICO		SONDAJE:		OPERADOR: G.H.M		
MATERIAL: De Concreto		PROFUND.:		ASISTENTE: J.L.P		
DISEÑO - ACI 211 - F'C 210 Kg/cm2						
MATERIAL	PESO ESPECIFICO KG/m3	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCION %	P. UNITARIO S. KG/m3	P. UNITARIO C. KG/m3
CEMENTO: PUZOLANICO IP	3.150				1500	
AGREGADO FINO	2.686	2.85	0.20	1.33	1558	1498
AGREGADO GRUESO	2.645	7.73	0.48	0.50	1839	1675
A) VALORES DE DISEÑO						
1	ASENTAMIENTO			3" - 4"		
2	TAMAÑO MAXIMO			1"		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.55		
4	AGUA			205		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.0		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.57		
7	FIBRAS DE BAMBU AL 5%			18.637	kg	
B) ANALISIS DE DISEÑO						
	FACTOR CEMENTO		372.73	kg/m3	0.0	blq/m3
	Volumen absoluto del cemento			0.1183	m3 / m3	
	Volumen absoluto del Agua			0.2050	m3 / m3	
	Volumen absoluto del Aire			0.0200	m3 / m3	
	Volumen absoluto de la Pasta					0.3433
	Volumen absoluto de los Agregados					
	Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3610	m3 / m3	0.6567
	Volumen absoluto del Agregado fino			0.2957	m3 / m3	
	SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS					1.0000
C) CANTIDAD DE MATERIALES POR m3 EN PESO						
	CEMENTO			372.7	Kgs / m3	
	AGUA			205.0	Kgs / m3	
	AGREGADO FINO			794.3	Kgs / m3	
	AGREGADO GRUESO			954.8	Kgs / m3	
	PESO DE MEZCLA:			2326.8	Kgs / m3	
D) CORRECCION POR HUMEDAD						
	AGREGADO FINO HUMEDO			795.9	Kgs / m3	
	AGREGADO GRUESO HUMEDO			959.3	Kgs / m3	
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
				%	LTRS	
	AGREGADO FINO			-1.13	-9.0	
	AGREGADO GRUESO			-0.02	-0.2	
					-9.2	
	AGUA DE MEZCLA CORREGIDA :			214.2		Ltrs / m3
F) CANTIDAD DE MATERIALES CORREGIDAS POR m3						
	CEMENTO			372.7	Kgs / m3	
	AGUA			214.2	Ltrs / m3	
	AGREGADO FINO			795.9	Kgs / m3	
	AGREGADO GRUESO			959.3	Kgs / m3	
G) CANTIDAD DE MATERIALES CORREGIDOS POR BOLSA DE CEMENTO						
	CEMENTO			42.5	Kgs / m3	
	AGUA			24.4	Ltrs / m3	
	AGREGADO FINO			90.7	Kgs / m3	
	AGREGADO GRUESO			109.4	Kgs / m3	
PORPORCION EN PESO		PROPORCION EN VOLUMEN		PROPORCION FIBRAS DE BAMBU		
C	1.0	C	0.2	1.0		
A.F	2.1	A.F	0.5	2.1	1.133 kg	
A.G	2.6	A.G	0.5	2.1		
3- EQUIPOS DE MEDICION						
EQ.						
ID						
4- OBSERVACIONES						
 						
				Ing. Nancy Quispe Najarro CIP: 173043 ESPECIALISTA EN ESTUDIOS DE SUELOS		
Laboratorio				Aprobación		

Anexo 3: Fichas de Validación

FICHA DE VALIDACIÓN															
"Influencia de la Adición de Fibras de Bambú en el Comportamiento Físico Mecánico del Concreto $F'c=210 \text{ Kg/Cm}^2$ con Cemento Pozolánico Tipo IP para Pavimentos Rígidos de Mediano Tránsito Ayacucho, 2024"															
Autor:	Jean Carlo Surco Bellido														
Fecha:	02/09/2024														
CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1. Claridad	Está formulada con lenguaje comprensible.													X	
2. Objetividad	Está adecuado a las leyes y principios científicos.													X	
3. Actualidad	Está adecuado a los objetivos y a las necesidades reales de la investigación.													X	
4. Organización	Existe una organización lógica.													X	
5. Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X			
6. Internacionalidad	Está adecuado para valorar las variables de la hipótesis.												X		
7. Consistencia	Se respalda en fundamentos mecánicos y/o científicos.												X		
8. Coherencia	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X			
9. Metodología	La estrategia responde a una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X		
10. Pertinencia	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.												X		

PROMEDIO DE VALIDACION

94%

LUEGO DE REVISAR EL INSTRUMENTO:

PROCEDE SU APLICACIÓN



DEBE CORREGIR



ESPECIALISTA:

Nancy Quispe Najarro
 Ing. Nancy Quispe Najarro
 CIP: 173043
 ESPECIALISTA EN ESTUDIOS DE SUELOS

FIRMA Y SELLO

Anexo 4: Resultados de los ensayos Resistencia a la compresión y flexion

geolab		ENSAJO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PRUEBAS CILINDRICAS DE CONCRETO ICC-ENS-GOP.0001.009 Versión: 2												LA VERSION IMPRESA O FOTOCOPIA DE ESTE DOCUMENTO SE CONSIDERA UNA COPIA NO CONTROLADA, EXCEPTO CUANDO LLEVE LA MARCA DE AGUA DE "COPIA CONTROLADA"							
PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS DE BAMBU EN EL COMPORTAMIENTO FISICO MECANICO DEL CONCRETO FC=210 KGCM2 CON CEMENTO PUZOLANICO TIPO IF PARA PAVIMENTOS RIGIDOS DE MEDIANO TRAFICO AYACUCHO 2024"														REGISTRO: R-00001-20							
SOLICITANTE: BACH. SURCO BELLO JEAN CARLO														FECHA: 19/08/2024							
ROTURAS DE CONCRETO																					
1. IDENTIFICACION Y CARACTERISTICAS DE LA PRUEBA												2. RESISTENCIA A LA COMPRESION									
N	MUESTREO PRUEBA		f _c kg/cm ²	Temperatura ° C	% DE Exudacion	PESO (g)	SLUMP (pulg)	Ø _{top} mm	l _{total} mm	AREA cm ²	VOL. m ³	DENS. kg/m ³	ENSAYO ROTURA			PROMEDIO		FALLA	NOTA		
	CODIGO DE PRUEBA	FECHA DE MUESTREO											ESTRUCTURA	FECHA	EDAD	LECT (kn)	LECT (kg)			f _{cs}	f _{cr}
1	M-00001	20-07-24	PATRON AL 0%	210	21.1	2.60	12,043	3.84"	153.0	302.2	183.85	0.00556	2,168	27-07-24	7	234.20	23,881 Kg	130	61.9	3	ADICION DE FIBRAS DE BAMBU
	11,988						152.0		302.6	181.46	0.00549	2,183	7		230.30	23,484 Kg	129	61.6			
	12,010						152.0		301.2	181.46	0.00547	2,197	7		232.90	23,749 Kg	131	62.3			
2	M-00001	20-07-24	PATRON AL 0%	210	21.2	2.60	12,233	3.80"	152.9	303.0	183.57	0.00556	2,199	03-08-24	14	324.00	33,038 Kg	180	85.7	2	ADICION DE FIBRAS DE BAMBU
	12,200						151.0		303.0	179.08	0.00543	2,248	14		323.50	32,987 Kg	184	87.7			
	11,998						152.0		301.2	181.46	0.00547	2,195	14		324.10	33,048 Kg	182	86.7			
3	M-00001	20-07-24	PATRON AL 0%	210	21.3	2.60	12,111	3.88"	150.2	304.7	177.26	0.00540	2,242	17-08-24	28	545.00	55,574 Kg	314	149.3	3	ADICION DE FIBRAS DE BAMBU
	12,000						150.9		302.2	178.79	0.00540	2,221	28		544.30	55,502 Kg	310	147.8			
	11,989						151.9		302.0	181.22	0.00547	2,191	28		545.10	55,584 Kg	307	146.1			
3. EQUIPO DE MEDICION																					
EQ	PRENSA DE CONCRETO	BALANZA	VERNIER																		
ID	PREH110	BA0133	VER017																		
4. A N E X O																					
TIPO DE ROTURA							TIPO 1: Corros racionalesmente bien formados, en ambas bases, menos de 35 mm de grietas entre capas. TIPO 2: Corros bien formados sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las bases, como no bien definidas en la otra base. TIPO 3: Grietas verticales columnares en ambas bases, como no bien definidas. TIPO 4: Fractura diagonal sin grietas en las bases. Golpear con martillos para diferenciar del tipo 1. TIPO 5: Fracturas de lado en las bases superior o inferior, que corren solamente con las bases de concreto. TIPO 6: Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es agrietado.														
	DESCRIPCION DEL TIPO DE ROTURA																				
 Ing. Nilo Jayo Medina INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 165767 Laboratorio														 Ing. Nancy Quispe Najarro CIP. 173043 ESPECIALISTA EN LOS MATERIALES DE SUELOS Aprobación							

geolab		ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PRUEBAS CILINDRICAS DE CONCRETO ICC-ENS-GOP-0001.009 Versión: 2																				
PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE BAMBU EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO MECÁNICO DEL CONCRETO FC-210 KG/CM ² CON CEMENTO PUZOLÁNICO TIPO P PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS DE MEDIANO TRAFICO AYACUCHO 2024"												REGISTRO: R-00001-20										
SOLICITANTE: BACH. SURCO BELLO JEAN CARLO												FECHA: 19/08/2024										
ROTURAS DE CONCRETO AL 1.0% DE FIBRAS DE BAMBU																						
1. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA PRUEBA												2. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN										
N	MUESTREO PRUEBA		f _c kg/cm ²	Temperatura °C	% de Exudación	PESO (g)	SLUMP (pu/g)	Ø _{prom} mm	H _{prom} mm	AREA cm ²	VOL. m ³	DENS. kg/m ³	ENSAYO ROTURA				PROBETAS		FALLA	NOTA		
	CODIGO DE PRUEBA	FECHA DE MUESTREO											ESTRUCTURA	FECHA	EDAD	LECT (kn)	LECT (kg)	f _{ce}			f _{cr}	%
1	M-00001	20-07-24	PATRON SUST. 1%	210	20.9	2.47	12.011	3.60"	151.7	301.8	180.74	0.00545	2,202	27-07-24	7	283.30	28,888 Kg	160	76.1	76.2	2	ADICION DE FIBRAS DE BAMBU
	12.002						151.9	301.5	181.22	0.00546	2,197	7	281.90		28,745 Kg	159	75.5					
	11.998						150.9	301.8	178.84	0.00540	2,223	7	283.70		28,929 Kg	162	77.0					
2	M-00001	20-07-24	PATRON SUST. 1%	210	20.8	2.47	11.990	3.55"	151.0	301.4	179.08	0.00540	2,221	03-08-24	14	362.00	36,913 Kg	206	98.2	98.5	3	ADICION DE FIBRAS DE BAMBU
	11.999						150.9	301.2	178.84	0.00539	2,228	14	364.40		37,158 Kg	208	98.9					
	12.007						151.0	300.8	179.08	0.00539	2,229	14	363.10		37,025 Kg	207	98.5					
3	M-00001	20-07-24	PATRON SUST. 1%	210	21.0	2.47	12.010	3.57"	152.1	301.9	181.70	0.00549	2,189	17-08-24	28	610.00	62,202 Kg	342	163.0	164.1	3	ADICION DE FIBRAS DE BAMBU
	11.990						151.9	302.1	181.22	0.00547	2,190	28	612.20		62,426 Kg	344	164.0					
	12.010						151.2	301.5	179.55	0.00541	2,219	28	611.10		62,314 Kg	347	165.3					
3. EQUIPO DE MEDICIÓN																						
EQ	PRESA DE CONCRETO	BALANZA	VERNIER																			
ID	PREHIO	BABE33	VERNI7																			
4. ANEXO																						
TIPO DE ROTURA																						
	DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE ROTURA																					
Ing. Nilo Jayo Medina INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 165767 Ing. Nancy Quispe Najarro CIP. 173043 ESPECIALISTA EN ESTUDIOS DE SUELOS																						
Laboratorio Aprobación																						

geolab EIRL		ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESION PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO ICL-ENS-GOP-0001.009 Versión: 2																			
LA VERSION IMPRESA O FOTOCOPIA DE ESTE DOCUMENTO SE CONSIDERA UNA COPIA NO CONTROLADA, EXCEPTO CUANDO ALLEVE LA MARCA DE AGUJA DE "COPIA CONTROLADA"												PROYECTO: INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS DE BAMBU EN EL COMPORTAMIENTO FISICO MECANICO DEL CONCRETO FC=210 KG/CM2 CON CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP PARA PAVIMENTOS RIGIDOS DE MEDIANO TRAFICO AYACUCHO 2024		REGISTRO: R-00001-20							
SOLICITANTE: BACH SURCO BELLIDO JEAN CARLO												FECHA: 19/08/2024									
ROTURAS DE CONCRETO AL 3.0% DE FIBRA DE BAMBU																					
1. IDENTIFICACION Y CARACTERISTICAS DE LA PROBETA												2. RESISTENCIA A LA COMPRESION									
N	MUESTREO PROBETA			f _c kg/cm ²	Temperatura ° C	PESO (g)	SLUMP (pulg)	Ø _{base} mm	H _{base} mm	AREA cm ²	VOL. m ³	DENS. kg/m ³	ENSAYO ROTURA				PROMEDIO		FALLA	NOTA	
	CODIGO DE PROBETA	FECHA DE MUESTREO	ESTRUCTURA										FECHA	EDAD	LECT (kn)	LECT (kg)	f _{oe}	f _{or}			%
1	M-00001	20-07-24	PATRON SUST 3%	210	20.1	12.354	3.47"	151.4	302.0	180.03	0.00544	2.272	27-07-24	7	326.00	33.242 Kg	185	87.9	87.5	2	ADICION DE FIBRAS DE BAMBU
	M-00002					12.445		152.1	301.3	181.70	0.00547	2.273		7	325.20	33.161 Kg	183	86.9			
	M-00003					12.465		151.7	302.0	180.74	0.00546	2.284		7	326.30	33.273 Kg	184	87.7			
2	M-00001	20-07-24	PATRON SUST 3%	210	20.2	12.245	3.39"	150.9	301.9	178.84	0.00540	2.268	03-08-24	14	491.10	50.077 Kg	280	133.3	132.5	3	ADICION DE FIBRAS DE BAMBU
	M-00002					12.324		151.4	302.1	180.03	0.00544	2.266		14	492.20	50.190 Kg	279	132.8			
	M-00003					12.079		152.0	301.4	181.46	0.00547	2.209		14	491.20	50.088 Kg	276	131.4			
3	M-00001	20-07-24	PATRON SUST 3%	210	20.0	12.541	3.36"	151.3	301.2	179.79	0.00542	2.316	17-08-24	28	704.00	71.787 Kg	399	190.1	191.0	3	ADICION DE FIBRAS DE BAMBU
	M-00002					12.166		150.8	300.9	178.60	0.00537	2.264		28	705.40	71.930 Kg	403	191.8			
	M-00003					12.090		150.9	302.2	178.84	0.00540	2.237		28	704.00	71.787 Kg	401	191.1			
3. EQUIPO DE MEDICION																					
EQ	PRESA DE CONCRETO	BALANZA	VERNIER																		
ID	PREHITO	BAD133	VERN17																		
4. ANEXO																					
TIPO DE ROTURA							TIPO 1: Goma escurridamente bien formada, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas TIPO 2: Goma bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, como se hizo definido en la otra base. TIPO 3: Grietas verticales uniformes en ambas bases, como se hizo definido. TIPO 4: Fractura diagonal sin grietas en las bases. Golpear con martillo para diferenciar del tipo 1 TIPO 5: Fractura en todo en las bases, golpear con martillo para diferenciar del tipo 1 TIPO 6: Similar al tipo 5 pero al tacto del cilindro se asienta.														
	DESCRIPCION DEL TIPO DE ROTURA																				
 Ing. Nilo Joya Medina INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 165767 Laboratorio Ing. Nancy Quispe Najarro CIP. 173043 ESPECIALISTA EN ESTUDIOS DE SUELOS Aprobación																					

geolab		ENSAJO RESISTENCIA A LA COMPRESION PROBETAS CILINDRICAS DE CONCRETO K.C. ENS. G.O.P. 0001.009 Versión: 2										LA VERSION IMPRESA O FOTOCOPIA DE ESTE DOCUMENTO SE CONSIDERA UNA COPIA NO CONTROLADA, EXCEPTO CUANDO LLEVE LA MARCA DE AGUJA DE "COPIA CONTROLADA"															
PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS DE BAMBU EN EL COMPORTAMIENTO FISICO MECANICO DEL CONCRETO FC=210 KG/CM2 CON CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP PARA PAVIMENTOS RIGIDOS DE MEDIANO TRAFICO AYACUCHO 2024"												REGISTRO:	R-00001-20														
SOLICITANTE: BACH. SURCO BELLO JEAN CARLO												FECHA:	19/08/2024														
ROTURAS DE CONCRETO AL 5.0% DE FIBRAS DE BAMBU																											
1. IDENTIFICACION Y CARACTERISTICAS DE LA PROBETA												2. RESISTENCIA A LA COMPRESION															
N	MUESTREO PROBETA		f _c kg/cm ²	Temperatura ° C	% de Exudacion	PESO (g)	SLUMP (pulg)	d _{prae} mm	H _{prae} mm	AREA cm ²	VOL. m ³	DENS. kg/m ³	ENSAYO ROTURA				PROMEDIO		FALLA	NOTA							
	CODIGO DE PROBETA	FECHA DE MUESTREO											ESTRUCTURA	FECHA	EDAD	LECT (kn)	LECT (kg)	f _{ca}			f _{or}	%					
1	M-00001	20-07-24	PATRON SUST. 5%	210	19.6	1.52	12,452	3.08"	152.1	302.1	181.70	0.00549	2,269	27-07-24	7	356.00	36,301 Kg	200	95.1	95.8	2	ADICION DE FIBRAS DE BAMBU					
	M-00002																						7	355.90	36,291 Kg	200	95.4
	M-00003																						7	356.40	36,342 Kg	203	96.8
2	M-00001	20-07-24	PATRON SUST. 5%	210	18.8	1.52	12,564	3.05"	151.7	301.9	180.74	0.00546	2,303	03-08-24	14	544.00	55,472 Kg	307	146.1	147.1	3	ADICION DE FIBRAS DE BAMBU					
	M-00002																						14	545.10	55,584 Kg	311	148.0
	M-00003																						14	544.30	55,502 Kg	309	147.2
3	M-00001	20-07-24	PATRON SUST. 5%	210	18.9	1.52	12,445	3.13"	151.2	300.9	179.55	0.00540	2,303	17-08-24	28	845.00	86,165 Kg	480	228.5	228.0	3	ADICION DE FIBRAS DE BAMBU					
	M-00002																						28	846.00	86,267 Kg	475	226.1
	M-00003																						28	844.90	86,154 Kg	482	229.4
3. EQUIPO DE MEDICION																											
EQ	PRESA DE CONCRETO	BALANZA	VERNIER																								
ID	PRESA DE CONCRETO	BALANZA	VERNIER																								
4. ANEXO																											
TIPO DE ROTURA							TIPO 1: Rotura vertical a través de la base, con grietas verticales a través de las capas, como se bien definidas en la zona base. TIPO 2: Rotura vertical a través de la base, con grietas verticales a través de las capas, como se bien definidas en la zona base. TIPO 3: Rotura vertical a través de la base, con grietas verticales y diagonales a través de las capas, como se bien definidas en la zona base. TIPO 4: Rotura diagonal sin grietas en la base. Rotar con martillos para diferenciar del tipo 1. TIPO 5: Rotura diagonal sin grietas en la base. Rotar con martillos para diferenciar del tipo 1. TIPO 6: Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro se ajustado.																				
	DESCRIPCION DEL TIPO DE ROTURA																										
 Ing. Pilo Joyo Medina INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 165767 Laboratorio Ing. Nancy Quispe Najarro CIP: 173043 ESPECIALISTA EN ESTUDIOS DE SUELOS Aprobación																											

 RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO NORMA ASTM C 78 / NTP 339 078																	
PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS DE BAMBU EN EL COMPORTAMIENTO FISICO MECANICO DEL CONCRETO FC-210 KG/CM2 CON CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP PARA PAVIMENTOS RIGIDOS DE MEDIANO TRAFICO AYACUCHO 2024" SOLICITANTE: BACH. SURCO BELLO JEAN CARLO											REGISTRO: R-00001-20 FECHA: 19/08/2024						
VIGAS PRISMATICAS DE CONCRETO FC = 210 kg/cm2 DISEÑO PATRON																	
1. IDENTIFICACION Y CARACTERISTICAS DE LA PROBETA											2. RESISTENCIA A LA COMPRESION						
N	MUESTREO PROBETA			f _c kg/cm ²	Temperatura ° C	% de Exudacion	SLUMP (pulg)	LUZ LIBRE (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)	Lectura Digital Corregida (Kgf)	ENSAYO ROTURA				M _r promedio (Kgf/cm ²)	NOTA
	CODIGO DE PROBETA	FECHA DE MUESTREO	ESTRUCTURA									FECHA	EDAD	Módulo de Rotura (Kgf/cm ²)	Módulo de Rotura (Mpa)		
1	M-00001	20-07-24	PATRON AL QS	210	21.1	2.60	3.84"	51.01	15.31	15.04	3180	27-07-24	7	36.57	3.58	36.57	ADICION DE FIBRAS DE BAMBU
	M-00002							55.03	15.13	15.22	3178		7	36.54	3.58		
	M-00003							55.06	15.03	15.33	3182		7	36.60	3.58		
2	M-00001	20-07-24	PATRON AL QS	210	21.2	2.60	3.80"	55.05	15.17	15.13	4010	03-08-24	14	41.54	4.08	41.54	ADICION DE FIBRAS DE BAMBU
	M-00002							55.10	15.12	15.15	4012		14	41.56	4.08		
	M-00003							55.05	15.08	15.11	4008		14	41.52	4.07		
3	M-00001	20-07-24	PATRON AL QS	210	21.3	2.60	3.88"	55.05	15.27	15.14	4620	17-08-24	28	48.47	4.75	48.47	ADICION DE FIBRAS DE BAMBU
	M-00002							55.07	15.80	15.20	4625		28	48.52	4.76		
	M-00003							55.01	15.15	15.14	4619		28	48.41	4.74		
3. EQUIPO DE MEDICION																	
EQ	PRESA DE CONCRETO	BALANZA	VEHNER														
ID	PROH12	BAD122	VEHNER														
4. OBSERVACIONES:																	
 Ing. Nilo Joyo INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 165767 Laboratorio  Ing. Nancy Quispe Najaro CIP: 173043 ESPECIALISTA EN ESTUDIOS DE SUELOS Aprobación																	

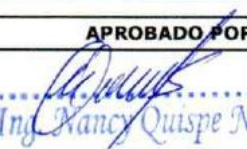
geolab EIR		RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO NORMA ASTM C 78 / NTP 339 078															
PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS DE BAMBU EN EL COMPORTAMIENTO FISICO MECANICO DEL CONCRETO FC-210 KG/CM2 CON CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP PARA PAVIMENTOS RIGIDOS DE MEDIANO TRAFICO AYACUCHO 2024" SOLICITANTE: BACH. SURCO BELIDO JEAN CARLO.											REGISTRO: R-00001-20 FECHA: 19/08/2024						
VIGAS PRISMATICAS DE CONCRETO FC = 210 kg/cm ² DISEÑO AL 1%																	
1. IDENTIFICACION Y CARACTERISTICAS DE LA PROBETA										2. RESISTENCIA A LA COMPRESION							
N	MUESTREO PROBETA			f _c kg/cm ²	Temperatura ° C	% de Exudacion	SLUMP (pulg)	LUZ LIBRE (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)	Lectura Digital Corregida (Kgf)	ENSAYO ROTURA				Nr promedio (Kgf/cm ²)	NOTA
	CODIGO DE PROBETA	FECHA DE MUESTREO	ESTRUCTURA									FECHA	EDAD	Módulo de Rotura (Kgf/cm ²)	Módulo de Rotura (Mpa)		
1	M-00001	20-07-24	PATRON AL 1%	210	20.9	2.47	3.60"	55.01	15.31	15.04	3470	27-07-24	7	39.84	3.91	39.84	ADICION DE FIBRAS DE BAMBU
	M-00002							55.03	15.13	15.22	3467		7	39.81	3.91		
	M-00003							55.06	15.03	15.33	3473		7	39.87	3.91		
2	M-00001	20-07-24	PATRON AL 1%	210	20.8	2.47	3.56"	55.05	15.17	15.13	4535	03-08-24	14	47.16	4.62	47.16	ADICION DE FIBRAS DE BAMBU
	M-00002							55.10	15.12	15.15	4538		14	47.19	4.62		
	M-00003							55.05	15.08	15.11	4532		14	47.13	4.62		
3	M-00001	20-07-24	PATRON AL 1%	210	21.0	2.47	3.57"	55.05	15.27	15.14	4835	17-08-24	28	50.24	4.92	50.24	ADICION DE FIBRAS DE BAMBU
	M-00002							55.07	15.18	15.20	4840		28	50.29	4.92		
	M-00003							55.01	15.15	15.14	4832		28	50.19	4.91		
3. EQUIPO DE MEDICIÓN																	
EQ	PRESA DE CONCRETO	SALANZA	VERNIER														
ID	PREH119	SAD122	VERM17														
4. OBSERVACIONES:																	
 Ing. Nilo Jojo Medir INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 165767 Laboratorio  Ing. Nancy Quispe Nakarro CIP. 173043 ESPECIALISTA EN ESTUDIOS DE SUELOS Agrobackón																	

 RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO NORMA ASTM C 78 / NTP 339 078																	
PROYECTO: INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS DE BAMBU EN EL COMPORTAMIENTO FISICO MECANICO DEL CONCRETO FC=210 KG/CM2 CON CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP PARA PAVIMENTOS RIGIDOS DE MEDIANO TRAFICO AYACUCHO 2024* SOLICITANTE: BACH. SURCO BELLO JEAN CARLO.											REGISTRO: R-00001-20						
VIGAS PRISMATICAS DE CONCRETO FC = 210 kg/cm2 DISEÑO AL 3%											FECHA: 19/06/2024						
1. IDENTIFICACION Y CARACTERISTICAS DE LA PROBETA											2. RESISTENCIA A LA COMPRESION						
N	MUESTREO PROBETA			f'c kg/cm²	Temperatura ° C	% de Exudacion	SLUMP (pulg)	LUZ LIBRE (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)	Lectura Digital Corregida (Kgf)	ENSAYO ROTURA				Mr promedio (Kgf/cm²)	NOTA
	CODIGO DE PROBETA	FECHA DE MUESTREO	ESTRUCTURA									FECHA	EDAD	Módulo de Rotura (Kgf/cm²)	Módulo de Rotura (Wob)		
1	M-00001	20-07-24	PATRON AL 3%	210	20.1	2.22	3.47"	55.01	15.31	15.04	3780	27-07-24	7	43.38	4.26	43.38	ADICION DE FIBRAS DE BAMBU
	M-00002												7	43.33	4.26		
	M-00003												7	43.43	4.27		
2	M-00001	20-07-24	PATRON AL 3%	210	20.2	2.22	3.39"	55.05	15.17	15.13	4190	03-08-24	14	48.16	4.71	48.16	ADICION DE FIBRAS DE BAMBU
	M-00002												14	48.20	4.71		
	M-00003												14	48.11	4.71		
3	M-00001	20-07-24	PATRON AL 3%	210	20.0	2.22	3.36"	55.05	15.27	15.14	4940	17-08-24	28	56.87	5.57	56.87	ADICION DE FIBRAS DE BAMBU
	M-00002												28	56.94	5.57		
	M-00003												28	56.80	5.57		
3. EQUIPO DE MEDICIÓN																	
EQ	PRESA DE CONCRETO	BALANZA	VERNIER														
ID	PRESH10	BAD132	VERNI7														
4. OBSERVACIONES:																	
 Ing. Nilo Joya Medino INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 165767 Laboratorio  Ing. Nancy Quispe Najarro CIP: 173043 ESPECIALISTA EN ESTUDIOS DE SUELOS Aprobación																	

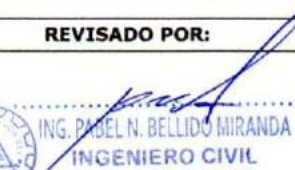
 RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO NORMA ASTM C 78 / NTP 339 078																	
PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS DE BAMBU EN EL COMPORTAMIENTO FISICO MECANICO DEL CONCRETO FC=210 KG/CM2 CON CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP PARA PAVIMENTOS RIGIDOS DE MEDIANO TRAFICO AYACUCHO 2024" SOLICITANTE: BACH. SURCO BELLO JEAN CARLO.											REGISTRO: R-00001-20						
VIGAS PRISMATICAS DE CONCRETO FC = 210 kg/cm2 DISEÑO AL 5%											FECHA: 19/08/2024						
1. IDENTIFICACION Y CARACTERISTICAS DE LA PROBETA											2. RESISTENCIA A LA COMPRESION						
N	MUESTRO PROBETA			f _c kg/cm ²	Temperatura ° C	% de Exudacion	SLUMP (pulg)	LIZ LIBRE (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)	Lectura Digital Corregida (Kgf)	ENSAYO ROTURA				Mr promedio (Kgf/cm ²)	NOTA
	000100 DE PROBETA	FECHA DE MUESTREO	ESTRUCTURA									FECHA	EDAD	Módulo de Rotura (Kgf/cm ²)	Módulo de Rotura (Mpa)		
1	M-00001	20-07-24	PATRON AL 5%	210	19.6	1.52	3.08"	55.02	15.30	15.04	4380	27-07-24	7	50.24	4.92	50.24	ADICION DE FIBRAS DE BAMBU
	M-00002							55.03	15.13	15.21	4375		7	50.19	4.91		
	M-00003							55.05	15.03	15.32	4360		7	50.29	4.92		
2	M-00001	20-07-24	PATRON AL 5%	210	18.8	1.52	3.05"	55.04	15.16	15.12	5175	03-08-24	14	59.35	5.82	59.35	ADICION DE FIBRAS DE BAMBU
	M-00002							55.10	15.11	15.15	5180		14	59.40	5.83		
	M-00003							55.06	15.08	15.10	5170		14	59.30	5.82		
3	M-00001	20-07-24	PATRON AL 5%	210	18.9	1.52	3.13"	55.05	15.26	15.15	6120	17-08-24	28	70.28	6.88	70.28	ADICION DE FIBRAS DE BAMBU
	M-00002							55.06	15.18	15.20	6127		28	70.35	6.88		
	M-00003							55.10	15.14	15.13	6115		28	70.21	6.87		
3. EQUIPO DE MEDICIÓN																	
EQ	PRESA DE CONCRETO	BALANZA	VERINER														
ID	PREH10	BAD132	VERN17														
4. OBSERVACIONES:																	
 Ing. Nilo Joyo Medina INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 165767 Laboratorio  Ing. Nancy Quispe Najarro CIP: 173043 ESPECIALISTA EN ESTUDIOS DE SUELOS Aprobación																	

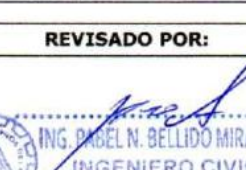
	REGISTRO DE CONTROL		
	CONTROL DE CALIDAD		Revisión: 01
	ENSAYO ASTM C 944 / C44M RESISTENCIA A LA ABRASION DEL CONCRETO		Página: 1 de 1
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
NOMBRE DEL PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS DE BAMBU EN EL COMPORTAMIENTO FISICO MECANICO DEL CONCRETO FC=210 KG/CM2 CON CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP PARA PAVIMENTOS RIGIDOS DE MEDIANO TRAFICO AYACUCHO 2024"			
SOLICITANTE: BACH. SURCO BELLIDO JEAN CARLO		N° CERTIFICADO:	01
UBICACIÓN: AYACUCHO/HUAMANGA		FECHA:	19/08/2024
DATOS DE LA MUESTRA			
NUMERO DE MUESTRA:	E-01	EDAD (DIAS):	7
TIPO DE CONCRETO	CONCRETO PATRO 0% FIBRAS DE BAMBU		
DIMENSIONES DE LA MUESTRA			
LONGITUD (PUG)	6"		
ANCHO (PUG)	6"		
ALTURA (PUG)	6"		
RESULTADOS DEL ENSAYO			
DESCRIPCION	PESO INICIAL (gr)	PESO FINAL (gr)	ABRASION %
1er Ciclo	8714	8658	0.64
1er Ciclo	8535	8480	0.65
1er Ciclo	8512	8456	0.66
		Promedio de Arasion (%)	0.65
OBS:			
ELABORADO POR:		REVISADO POR:	APROBADO POR:
  Ing. Nilo Jayo Medina INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 165767	  ING. PABEL N. BELLIDO MIRANDA INGENIERO CIVIL Reg. CIP. 342867	  Ing. Nancy Quispe Najarro CIP: 173043 ESPECIALISTA EN ESTUDIOS DE SUELOS	

	REGISTRO DE CONTROL		
	CONTROL DE CALIDAD		Revisión: 01
	ENSAYO ASTM C 944 / C44M RESISTENCIA A LA ABRASION DEL CONCRETO		Página: 1 de 1
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
NOMBRE DEL PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS DE BAMBU EN EL COMPORTAMIENTO FISICO MECANICO DEL CONCRETO FC=210 KG/CM2 CON CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP PARA PAVIMENTOS RIGIDOS DE MEDIANO TRAFICO AYACUCHO 2024"			
SOLICITANTE: BACH. SURCO BELLIDO JEAN CARLO		N° CERTIFICADO: 01	
UBICACIÓN: AYACUCHO/HUAMANGA		FECHA: 19/08/2024	
DATOS DE LA MUESTRA			
NUMERO DE MUESTRA:	E-01	EDAD (DIAS):	14
TIPO DE CONCRETO		CONCRETO PATRO 0% FIBRAS DE BAMBU	
DIMENSIONES DE LA MUESTRA			
LONGITUD (PUG)	6"		
ANCHO (PUG)	6"		
ALTURA (PUG)	6"		
RESULTADOS DEL ENSAYO			
DESCRIPCION	PESO INICIAL (gr)	PESO FINAL (gr)	ABRASION %
2 do Ciclo	8655	8603	0.60
2 do Ciclo	8598	8548	0.58
2 do Ciclo	8655	8604	0.59
		Promedio de Arasion (%)	0.59
OBS:			
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:	
  Ing. Nilo Joxo Medina INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 165767	  ING. NABEL N. BELLIDO MIRANDA INGENIERO CIVIL Reg. CIP. 342867	  Ing. Nancy Quispe Najarro CIP: 173043 ESPECIALISTA EN ESTUDIOS DE SUELOS	

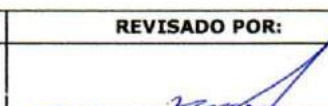
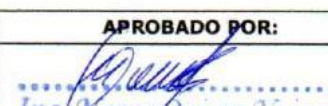
	REGISTRO DE CONTROL		
	CONTROL DE CALIDAD		Revisión: 01
	ENSAYO ASTM C 944 / C44M RESISTENCIA A LA ABRASION DEL CONCRETO		Página: 1 de 1
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
NOMBRE DEL PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS DE BAMBU EN EL COMPORTAMIENTO FISICO MECANICO DEL CONCRETO FC=210 KG/CM2 CON CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP PARA PAVIMENTOS RIGIDOS DE MEDIANO TRAFICO AYACUCHO 2024"			
SOLICITANTE: BACH. SURCO BELLIDO JEAN CARLO		N° CERTIFICADO: 01	
UBICACIÓN: AYACUCHO/HUAMANGA		FECHA: 19/08/2024	
DATOS DE LA MUESTRA			
NUMERO DE MUESTRA:	E-01	EDAD (DIAS):	28
TIPO DE CONCRETO	CONCRETO PATRO 0% FIBRAS DE BAMBU		
DIMENSIONES DE LA MUESTRA			
LONGITUD (PUG)	6"		
ANCHO (PUG)	6"		
ALTURA (PUG)	6"		
RESULTADOS DEL ENSAYO			
DESCRIPCION	PESO INICIAL (gr)	PESO FINAL (gr)	ABRASION %
3 er Ciclo	8587	8539	0.56
3 er Ciclo	8599	8550	0.57
3 er Ciclo	8621	8574	0.55
		Promedio de Arasion (%)	0.56
OBS:			
ELABORADO POR:		REVISADO POR:	APROBADO POR:
  Ing. Nito Joya Medina INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 165767	  ING. ABEL N. BELLIDO MIRANDA INGENIERO CIVIL Reg. CIP. 342867	  Ing. Nancy Quispe Najarro CIP: 173043 ESPECIALISTA EN ESTUDIOS DE SUELOS	

	REGISTRO DE CONTROL		
	CONTROL DE CALIDAD		Revisión: 01
	ENSAYO ASTM C 944 / C44M RESISTENCIA A LA ABRASION DEL CONCRETO		Página: 1 de 1
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
NOMBRE DEL PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS DE BAMBU EN EL COMPORTAMIENTO FISICO MECANICO DEL CONCRETO FC=210 KG/CM2 CON CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP PARA PAVIMENTOS RIGIDOS DE MEDIANO TRAFICO AYACUCHO 2024"			
SOLICITANTE: BACH. SURCO BELLIDO JEAN CARLO		N° CERTIFICADO: 01	
UBICACIÓN: AYACUCHO/HUAMANGA		FECHA: 19/08/2024	
DATOS DE LA MUESTRA			
NUMERO DE MUESTRA:	E-01	EDAD (DIAS):	7
TIPO DE CONCRETO		CONCRETO PATRO 1% FIBRAS DE BAMBU	
DIMENSIONES DE LA MUESTRA			
LONGITUD (PUG)	6"		
ANCHO (PUG)	6"		
ALTURA (PUG)	6"		
RESULTADOS DEL ENSAYO			
DESCRIPCION	PESO INICIAL (gr)	PESO FINAL (gr)	ABRASION %
1er Ciclo	8674	8622	0.60
1er Ciclo	8711	8660	0.59
1er Ciclo	8656	8606	0.58
		Promedio de Arasion (%)	0.59
OBS:			
ELABORADO POR:		REVISADO POR:	
 Ing. Nilo Jojo Medina INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 165767		 ING. PABEL N. BELLIDO MIRANDA INGENIERO CIVIL Reg. CIP. 342867	
		APROBADO POR:	
		 Ing. Nancy Quispe Najarro CIP: 173043 ESPECIALISTA EN ESTUDIOS DE SUELOS	

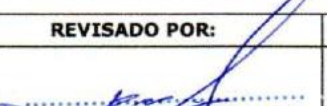
	REGISTRO DE CONTROL		
	CONTROL DE CALIDAD		Revisión: 01
	ENSAYO ASTM C 944 / C44M RESISTENCIA A LA ABRASION DEL CONCRETO		Página: 1 de 1
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
NOMBRE DEL PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS DE BAMBU EN EL COMPORTAMIENTO FISICO MECANICO DEL CONCRETO FC=210 KG/CM2 CON CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP PARA PAVIMENTOS RIGIDOS DE MEDIANO TRAFICO AYACUCHO 2024"			
SOLICITANTE: BACH. SURCO BELLIDO JEAN CARLO			N° CERTIFICADO: 01
UBICACIÓN: AYACUCHO/HUAMANGA			FECHA: 19/08/2024
DATOS DE LA MUESTRA			
NUMERO DE MUESTRA:	E-01	EDAD (DIAS):	14
TIPO DE CONCRETO	CONCRETO PATRO 1% FIBRAS DE BAMBU		
DIMENSIONES DE LA MUESTRA			
LONGITUD (PUG)	6"		
ANCHO (PUG)	6"		
ALTURA (PUG)	6"		
RESULTADOS DEL ENSAYO			
DESCRIPCION	PESO INICIAL (gr)	PESO FINAL (gr)	ABRASION %
2do Cido	8577	8529	0.56
2do Cido	8576	8529	0.55
2do Cido	8598	8552	0.54
		Promedio de Arasion (%)	0.55
OBS:			
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:	
  Ing. Nilo Joys Medina INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 165767	  ING. PABEL N. BELLIDO MIRANDA INGENIERO CIVIL Reg. CIP. 342867	  Ing. Nancy Quispe Najarro CIP: 173043 ESPECIALISTA EN ESTUDIOS DE SUELOS	

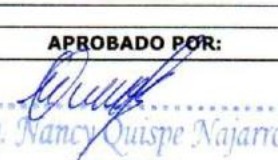
	REGISTRO DE CONTROL		
	CONTROL DE CALIDAD	Revisión: 01	
	ENSAYO ASTM C 944 / C44M RESISTENCIA A LA ABRASION DEL CONCRETO		
		Página: 1 de 1	
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
NOMBRE DEL PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS DE BAMBU EN EL COMPORTAMIENTO FISICO MECANICO DEL CONCRETO FC=210 KG/CM2 CON CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP PARA PAVIMENTOS RIGIDOS DE MEDIANO TRAFICO AYACUCHO 2024"			
SOLICITANTE: BACH. SURCO BELLIDO JEAN CARLO		N° CERTIFICADO: 01	
UBICACIÓN: AYACUCHO/HUAMANGA		FECHA: 19/08/2024	
DATOS DE LA MUESTRA			
NUMERO DE MUESTRA:	E-01	EDAD (DÍAS): 28	
TIPO DE CONCRETO	CONCRETO PATRO 1% FIBRAS DE BAMBU		
DIMENSIONES DE LA MUESTRA			
LONGITUD (PUG)	6"		
ANCHO (PUG)	6"		
ALTURA (PUG)	6"		
RESULTADOS DEL ENSAYO			
DESCRIPCION	PESO INICIAL (gr)	PESO FINAL (gr)	ABRASION %
3er Ciclo	8655	8610	0.52
3er Ciclo	8612	8568	0.51
3er Ciclo	8634	8589	0.52
		Promedio de Arasion (%)	0.52
OBS:			
ELABORADO POR:		REVISADO POR:	
  Ing. Willy Jayo Medina INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 165767		  ING. PABEL N. BELLIDO MIRANDA INGENIERO CIVIL Reg. CIP. 342867	
		APROBADO POR:   Ing. Nancy Quispe Najarro CIP: 173043 ESPECIALISTA EN ESTUDIOS DE SUELOS	

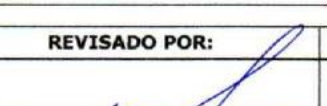
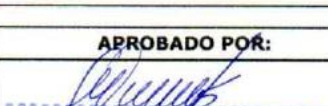
	REGISTRO DE CONTROL		
	CONTROL DE CALIDAD		Revisión: 01
	ENSAYO ASTM C 944 / C44M RESISTENCIA A LA ABRASION DEL CONCRETO		Página: 1 de 1
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
NOMBRE DEL PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS DE BAMBU EN EL COMPORTAMIENTO FISICO MECANICO DEL CONCRETO FC=210 KG/CM2 CON CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP PARA PAVIMENTOS RIGIDOS DE MEDIANO TRAFICO AYACUCHO 2024"			
SOLICITANTE: BACH. SURCO BELLIDO JEAN CARLO		N° CERTIFICADO: 01	
UBICACIÓN: AYACUCHO/HUAMANGA		FECHA: 19/08/2024	
DATOS DE LA MUESTRA			
NUMERO DE MUESTRA:	E-01	EDAD (DIAS):	7
TIPO DE CONCRETO	CONCRETO PATRO 3% FIBRAS DE BAMBU		
DIMENSIONES DE LA MUESTRA			
LONGITUD (PUG)	6"		
ANCHO (PUG)	6"		
ALTURA (PUG)	6"		
RESULTADOS DEL ENSAYO			
DESCRIPCION	PESO INICIAL (gr)	PESO FINAL (gr)	ABRASION %
1er Ciclo	8589	8544	0.52
1er Ciclo	8676	8630	0.53
1er Ciclo	8549	8503	0.54
		Promedio de Arasion (%)	0.53
OBS:			
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:	
  Ing. Nito Jayo Medina INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 168767	  ING. PABEL N. BELLIDO MIRANDA INGENIERO CIVIL Reg. CIP. 342867	  Ing. Nancy Quispe Najarro CIP: 173043 ESPECIALISTA EN ESTUDIOS DE SUELOS	

	REGISTRO DE CONTROL		
	CONTROL DE CALIDAD		Revisión: 01
	ENSAYO ASTM C 944 / C44M RESISTENCIA A LA ABRASION DEL CONCRETO		Página: 1 de 1
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
NOMBRE DEL PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS DE BAMBU EN EL COMPORTAMIENTO FISICO MECANICO DEL CONCRETO FC=210 KG/CM2 CON CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP PARA PAVIMENTOS RIGIDOS DE MEDIANO TRAFICO AYACUCHO 2024"			
SOLICITANTE: BACH. SURCO BELLIDO JEAN CARLO		N° CERTIFICADO: 01	
UBICACIÓN: AYACUCHO/HUAMANGA		FECHA: 19/08/2024	
DATOS DE LA MUESTRA			
NUMERO DE MUESTRA:	E-01	EDAD (DIAS):	14
TIPO DE CONCRETO	CONCRETO PATRO 3% FIBRAS DE BAMBU		
DIMENSIONES DE LA MUESTRA			
LONGITUD (PUG)	6"		
ANCHO (PUG)	6"		
ALTURA (PUG)	6"		
RESULTADOS DEL ENSAYO			
DESCRIPCION	PESO INICIAL (gr)	PESO FINAL (gr)	ABRASION %
2do Ciclo	8600	8559	0.48
2do Ciclo	8598	8558	0.47
2do Ciclo	8623	8583	0.46
		Promedio de Arasion (%)	0.47
OBS:			
ELABORADO POR:		REVISADO POR:	
  Ing. Nilo Joya Medina INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 185767		  ING. PABEL N. BELLIDO MIRANDA INGENIERO CIVIL Reg. CIP. 342867	
		  Ing. Nancy Quispe Najarro CIP: 173043 ESPECIALISTA EN ESTUDIOS DE SUELOS	

	REGISTRO DE CONTROL		
	CONTROL DE CALIDAD		Revisión: 01
	ENSAYO ASTM C 944 / C44M RESISTENCIA A LA ABRASION DEL CONCRETO		Página: 1 de 1
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
NOMBRE DEL PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS DE BAMBU EN EL COMPORTAMIENTO FISICO MECANICO DEL CONCRETO FC=210 KG/CM2 CON CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP PARA PAVIMENTOS RIGIDOS DE MEDIANO TRAFICO AYACUCHO 2024"			
SOLICITANTE: BACH. SURCO BELLIDO JEAN CARLO		N° CERTIFICADO: 01	
UBICACIÓN: AYACUCHO/HUAMANGA		FECHA: 19/08/2024	
DATOS DE LA MUESTRA			
NUMERO DE MUESTRA:	E-01	EDAD (DIAS):	28
TIPO DE CONCRETO	CONCRETO PATRO 3% FIBRAS DE BAMBU		
DIMENSIONES DE LA MUESTRA			
LONGITUD (PUG)	6"		
ANCHO (PUG)	6"		
ALTURA (PUG)	6"		
RESULTADOS DEL ENSAYO			
DESCRIPCION	PESO INICIAL (gr)	PESO FINAL (gr)	ABRASION %
3er Ciclo	8576	8537	0.45
3er Ciclo	8611	8572	0.45
3er Ciclo	8622	8584	0.44
		Promedio de Arasion (%)	0.45
OBS:			
ELABORADO POR:		REVISADO POR:	APROBADO POR:
  Ing. Nilo Jayo Medina INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 165767	  ING. PABEL N. BELLIDO MIRANDA INGENIERO CIVIL Reg. CIP. 342867	  Ing. Nancy Quispe Najarro CIP: 173043 ESPECIALISTA EN ESTUDIOS DE SUELOS	

	REGISTRO DE CONTROL		
	CONTROL DE CALIDAD		Revisión: 01
	ENSAYO ASTM C 944 / C44M RESISTENCIA A LA ABRASION DEL CONCRETO		Página: 1 de 1
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
NOMBRE DEL PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS DE BAMBU EN EL COMPORTAMIENTO FISICO MECANICO DEL CONCRETO FC=210 KG/CM2 CON CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP PARA PAVIMENTOS RIGIDOS DE MEDIANO TRAFICO AYACUCHO 2024"			
SOLICITANTE: BACH. SURCO BELLIDO JEAN CARLO		N° CERTIFICADO: 01	
UBICACIÓN: AYACUCHO/HUAMANGA		FECHA: 19/08/2024	
DATOS DE LA MUESTRA			
NUMERO DE MUESTRA:	E-01	EDAD (DIAS):	7
TIPO DE CONCRETO	CONCRETO PATRO 5% FIBRAS DE BAMBU		
DIMENSIONES DE LA MUESTRA			
LONGITUD (PUG)	6"		
ANCHO (PUG)	6"		
ALTURA (PUG)	6"		
RESULTADOS DEL ENSAYO			
DESCRIPCION	PESO INICIAL (gr)	PESO FINAL (gr)	ABRASION %
1er Ciclo	8588	8556	0.37
1er Ciclo	8609	8576	0.38
1er Ciclo	8578	8545	0.38
		Promedio de Arasion (%)	0.38
OBS:			
ELABORADO POR:		REVISADO POR:	APROBADO POR:
  Ing. Nilo Joyo Medina INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 165767	  ING. FABIAN N. BELLIDO MIRANDA INGENIERO CIVIL Reg. CIP. 342867	  Ing. Nancy Quispe Najarro CIP: 173043 ESPECIALISTA EN ESTUDIOS DE SUELOS	

	REGISTRO DE CONTROL		
	CONTROL DE CALIDAD		Revisión: 01
	ENSAYO ASTM C 944 / C44M RESISTENCIA A LA ABRASION DEL CONCRETO		Página: 1 de 1
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
NOMBRE DEL PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS DE BAMBU EN EL COMPORTAMIENTO FISICO MECANICO DEL CONCRETO FC=210 KG/CM2 CON CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP PARA PAVIMENTOS RIGIDOS DE MEDIANO TRAFICO AYACUCHO 2024"			
SOLICITANTE: BACH. SURCO BELLIDO JEAN CARLO		N° CERTIFICADO: 01	
UBICACIÓN: AYACUCHO/HUAMANGA		FECHA: 19/08/2024	
DATOS DE LA MUESTRA			
NUMERO DE MUESTRA:	E-01	EDAD (DIAS):	14
TIPO DE CONCRETO		CONCRETO PATRO 5% FIBRAS DE BAMBU	
DIMENSIONES DE LA MUESTRA			
LONGITUD (PUG)	6"		
ANCHO (PUG)	6"		
ALTURA (PUG)	6"		
RESULTADOS DEL ENSAYO			
DESCRIPCION	PESO INICIAL (gr)	PESO FINAL (gr)	ABRASION %
2do Ciclo	8609	8580	0.34
2do Ciclo	8576	8548	0.33
2do Ciclo	8603	8576	0.32
		Promedio de Arasion (%)	0.33
OBS:			
ELABORADO POR:		REVISADO POR:	
  Ing. Nito Jovy Medina INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 165767		  ING. PABEL N. BELLIDO MIRANDA INGENIERO CIVIL Reg. CIP. 342867	
		  Ing. Nancy Quispe Najarro CIP: 173043 ESPECIALISTA EN ESTUDIOS DE SUELOS	

	REGISTRO DE CONTROL		
	CONTROL DE CALIDAD		Revisión: 01
	ENSAYO ASTM C 944 / C44M RESISTENCIA A LA ABRASION DEL CONCRETO		Página: 1 de 1
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
NOMBRE DEL PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA ADICION DE FIBRAS DE BAMBU EN EL COMPORTAMIENTO FISICO MECANICO DEL CONCRETO FC=210 KG/CM2 CON CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP PARA PAVIMENTOS RIGIDOS DE MEDIANO TRAFICO AYACUCHO 2024"			
SOLICITANTE: BACH. SURCO BELLIDO JEAN CARLO		N° CERTIFICADO: 01	
UBICACIÓN: AYACUCHO/HUAMANGA		FECHA: 19/08/2024	
DATOS DE LA MUESTRA			
NUMERO DE MUESTRA:	E-01	EDAD (DIAS):	28
TIPO DE CONCRETO	CONCRETO PATRO 5% FIBRAS DE BAMBU		
DIMENSIONES DE LA MUESTRA			
LONGITUD (PUG)	6"		
ANCHO (PUG)	6"		
ALTURA (PUG)	6"		
RESULTADOS DEL ENSAYO			
DESCRIPCION	PESO INICIAL (gr)	PESO FINAL (gr)	ABRASION %
3er Ciclo	8533	8506	0.32
3er Ciclo	8588	8561	0.31
3er Ciclo	8579	8552	0.32
		Promedio de Arasion (%)	0.32
OBS:			
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:	
  Ing. Nilo Joya Medina INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 165767	  ING. ABEL N. BELLIDO MIRANDA INGENIERO CIVIL Reg. CIP. 342867	  Ing. Nancy Quispe Najarro CIP. 173043 ESPECIALISTA EN ESTUDIOS DE SUELOS	

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 014-2025-FIMGC****PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

En la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga de la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **RESOLUCIÓN DECANAL N°092-2025-FIMGC-D**, a los veinte días del mes de mayo de 2025, siendo las 10:00 a.m. reunidos en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería de Civil, bajo la presidencia del **MSc. Ing. José Ernesto ESTRADA CARDENAS** y los miembros; **Msc. Ing. Víctor BELLIDO AEDO**, **Msc. Ing. Saul Walter RETAMOZO FERNANDEZ** y **Dr. Ing. Hemerson LIZARBE ALARCON** (asesor) actuando como secretario docente el **Mtro. Richar Rubén JORGE BERROCAL**, para proceder a la sustentación de tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Civil, del bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil:

JEAN CARLO SURCO BELLIDO

Quien presentó la tesis denominada:

“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE FIBRAS DE BAMBÚ EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO MECÁNICO DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM² CON CEMENTO PUZOLÁNICO TIPO IP PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS DE MEDIANO TRÁNSITO AYACUCHO, 2024” Los señores miembros del jurado luego de expuesto la tesis y absueltas las preguntas, delibera y lo declaran:

APROBADO NOTA QUINCE (15)

Siendo las 11:42 a.m. del día 20 de mayo de 2025, culmina el acto de sustentación de tesis, y en conformidad a lo actuado los miembros del jurado firmamos al pie del presente.

MSc. Ing. José Ernesto ESTRADA CARDENAS
Presidente

MSc. Ing. Víctor BELLIDO AEDO
Miembro

MSc. Ing. Saul Walter RETAMOZO FERNANDEZ
Miembro

Dr. Ing. Hemerson LIZARBE ALARCON
Miembro-Asesor

Mtro. Richar Rubén JORGE BERROCAL
Secretario docente

cc:
Jurados (4)
Archivo



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA N° 008-2025-FIMGC/ASIH

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajos de tesis de pregrado con el software Turnitin, de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la **Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil**; en cumplimiento a la **Resolución de Consejo Universitario N° 039-2021-UNSH-CU**, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga y **Resolución Decanal N° 697-2024-FIMGC-UNSH-D**, dejo constancia de originalidad de trabajo de investigación, que el/la Sr./Srta.

Apellidos y Nombres : Jean Carlo SURCO BELLIDO
Escuela Profesional : INGENIERÍA CIVIL
Título de la Tesis : "Influencia de la Adición de Fibras de Bambú en el Comportamiento Físico Mecánico del Concreto $F'c=210$ Kg/Cm² con Cemento Pozolánico Tipo IP para Pavimentos Rígidos de Mediano Tránsito Ayacucho, 2024"
Evaluación de la Originalidad : 19 % Índice de Similitud
Identificador de la entrega : 2711407516

Por tanto, según los Artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es **PROCEDENTE** otorgar la **Constancia de Originalidad** para los fines que crea conveniente.

En señal de conformidad y verificación se firma la presente constancia

Ayacucho, 7 de Julio de 2025


UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil
Mg. Ing. Alex Sander IRCAÑAUPA HUAMANI
Verificador de Originalidad de Trabajos de Tesis de Pregrado
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil

"Influencia de la Adición de Fibras de Bambú en el Comportamiento Físico Mecánico del Concreto $F'_c=210$ Kg/Cm² con Cemento Puzolánico Tipo IP para Pavimentos Rígidos de Mediano Tránsito Ayacucho, 2024"

por Jean Carlo Surco Bellido

Fecha de entrega: 07-jul-2025 07:54a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2711407516

Nombre del archivo: Te_Jean_Carlo_Surco_Bellido.pdf (6.99M)

Total de palabras: 31689

Total de caracteres: 184571

“Influencia de la Adición de Fibras de Bambú en el Comportamiento Físico Mecánico del Concreto $F'c=210$ Kg/Cm² con Cemento Pozolánico Tipo IP para Pavimentos Rígidos de Mediano Tránsito Ayacucho, 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%	20%	6%	13%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net	Fuente de Internet	6%
2	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	Trabajo del estudiante	4%
3	repositorio.unsch.edu.pe	Fuente de Internet	2%
4	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez	Trabajo del estudiante	1%
5	repositorio.continental.edu.pe	Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Continental	Trabajo del estudiante	1%
7	apirepositorio.unh.edu.pe	Fuente de Internet	1%

8	Submitted to Universidad Cesar Vallejo	1 %
	Trabajo del estudiante	
9	Submitted to Universidad Peruana Del Centro	<1 %
	Trabajo del estudiante	
10	repositorio.ucv.edu.pe	<1 %
	Fuente de Internet	
11	Submitted to Universidad Catolica Sedes Sapientiae	<1 %
	Trabajo del estudiante	
12	Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal	<1 %
	Trabajo del estudiante	
13	repositorio.unamba.edu.pe	<1 %
	Fuente de Internet	
14	repositorio.utea.edu.pe	<1 %
	Fuente de Internet	
15	repositorio.uss.edu.pe	<1 %
	Fuente de Internet	
16	Submitted to Universidad Ricardo Palma	<1 %
	Trabajo del estudiante	
17	repositorio.uncp.edu.pe	<1 %
	Fuente de Internet	
18	Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador	<1 %
	Trabajo del estudiante	

19	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru	<1 %
	Trabajo del estudiante	
20	es.scribd.com	<1 %
	Fuente de Internet	
21	repositorio.urp.edu.pe	<1 %
	Fuente de Internet	
22	Submitted to Universidad Privada del Norte	<1 %
	Trabajo del estudiante	
23	qdoc.tips	<1 %
	Fuente de Internet	
24	repositorio.unh.edu.pe	<1 %
	Fuente de Internet	

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo