



**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Concreto simple con incorporación de ceniza de bambú para mejorar las  
propiedades físico-mecánicas

**TESIS**

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

**AUTORES**

Barrios Purca, Alexander  
ORCID: 0009-0006-9429-416X

Llerena Correa, John Roy  
ORCID: 0009-0008-9620-5655

**ASESOR**

Chavarría Reyes, Liliana Janet  
ORCID: 0000-0002-1759-2132

**Lima, Perú**

**2023**

## **METADATOS COMPLEMENTARIOS**

### **Datos de los autores**

Barrios Purca, Alexander

DNI: 42365482

Llerena Correa, John Roy

DNI: 45510391

### **Datos de asesor**

Chavarría Reyes, Liliana Janet

DNI: 25481792

### **Datos del jurado**

JURADO 1

Pereyra Salardi, Enriqueta

DNI: 06743824

ORCID: 0000-0003-2527-3665

JURADO 2

Torres Chung, Cesar Roberto

DNI: 41182279

ORCID: 0000-0002-3212-2817

JURADO 3

Chavarry Vallejos, Carlos Magno

DNI: 07410234

ORCID: 0000-0003-0512-8954

### **Datos de la investigación**

Campo del conocimiento OCDE: 2.01.01

Código del Programa: 732016

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Alexander Barrios Purca, con código de estudiante N° 200412100, con DNI N°42365482, con domicilio en Mz. B lote 7 coop. Cajabamba, distrito Los Olivos, provincia y departamento de Lima, y, John Roy Llerena Correa, con código de estudiante N° 201311824, con DNI N° 45510391, con domicilio en Calle San Bernardo 229 Urb. Industrial Molitalia, distrito Los Olivos, provincia y departamento de Lima.

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

La presente tesis titulada: “Concreto simple con incorporación de ceniza de bambú para mejorar las propiedades físico-mecánicas” es de nuestra única autoría, bajo el asesoramiento del docente Mg. Chavarría Reyes, Liliana Janet, y no existe plagio y/o copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación presentado por cualquier persona natural o jurídica ante cualquier institución académica o de investigación, universidad, etc; la cual ha sido sometido al antiplagio Turnitin y tiene el 25% de similitud final.

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

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

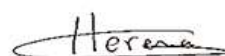
En caso de falsa declaración, nos sometemos a lo dispuesto en las normas de la Universidad Ricardo Palma y a los dispositivos legales nacionales vigentes.

Surco, 23 de octubre de 2023



---

Alexander Barrios Purca  
DNI N° 42365482



---

Llerena Correa John Roy  
DNI N° 45510391

## INFORME DE ORIGINALIDAD TURNITIN

### CONCRETO SIMPLE CON INCORPORACIÓN DE CENIZA DE BAMBÚ PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS

#### INFORME DE ORIGINALIDAD



#### FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	7%
2	<a href="https://repositorio.urp.edu.pe">repositorio.urp.edu.pe</a> Fuente de Internet	4%
3	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	4%
4	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
6	<a href="https://es.scribd.com">es.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="https://repositorio.usanpedro.edu.pe">repositorio.usanpedro.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="https://patents.google.com">patents.google.com</a> Fuente de Internet	<1%

Dra. Vargas Chang Esther Joni

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar esta tesis a mis padres Pedro y Dora, por ser mi constante apoyo a lo largo de mi carrera profesional. Por último, mis hermanos que me motivaron e inspiraron a seguir adelante.

Barrios Purca Alexander

Esta tesis se la dedico a mis padres Héctor y Hermelinda, por darme su apoyo y fuerza durante mi formación académica. A mis hermanos que siempre me aconsejaron a seguir adelante siempre.

Llerena Correa John Roy

## **AGRADECIMIENTO**

Queremos expresar nuestro agradecimiento a la Mg. Ing. Liliana Chavarría y al Dr. Ing. Carlos Chavarry por apoyarnos en la realización y culminación de la presente tesis. Asimismo, a nuestra alma mater por las valiosas lecciones y vivencias que nos ha brindado a lo largo de nuestra vida universitaria.

Barrios Purca Alexander

Llerena Correa John Roy

## ÍNDICE GENERAL

METADATOS COMPLEMENTARIOS .....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD .....	iii
INFORME DE ORIGINALIDAD TURNITIN .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE GENERAL .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xiii
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Descripción de la realidad problemática .....	2
1.1.1 Problema e Importancia .....	3
1.1.2 Árbol del problema (causa – problema - consecuencia).....	3
1.2 Formulación del problema .....	5
1.2.1 Problema general .....	5
1.2.2 Problemas específicos.....	5
1.3 Objetivos de la investigación .....	5
1.3.1 Objetivo general.....	5
1.3.2 Objetivos específicos .....	5
1.4 Delimitación de la investigación.....	5
1.4.1 Geografía .....	5
1.4.2 Temporal.....	5
1.4.3 Temática.....	6
1.4.4 Muestral .....	6
1.5 Justificación del estudio.....	6
1.5.1 Conveniencia .....	6
1.5.2 Relevancia social .....	6
1.5.3 Aplicaciones prácticas .....	6
1.5.4 Utilidad metodológica.....	6

1.5.5 Valor teórico .....	6
1.6 Importancia del estudio.....	7
1.6.1 Nuevos conocimientos .....	7
1.6.2 Aporte .....	7
1.7 Limitaciones del estudio .....	7
1.7.1 Falta de estudios previos de investigación.....	7
1.7.2 Metodológicos o prácticos .....	7
1.7.3 Medidas para la recolección de los datos.....	7
1.8 Alcance .....	8
1.9 Viabilidad del estudio .....	8
1.9.1. El tiempo.....	8
1.9.2. Espacio.....	8
1.9.3. Las condiciones económicas.....	8
1.9.4. Las fuentes de información.....	8
1.9.5. Recolección de datos .....	8
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
2.1 Marco histórico .....	9
2.2 Investigaciones relacionadas con el tema .....	10
2.2.1 Investigaciones internacionales .....	10
2.2.2 Investigaciones nacionales.....	11
2.2.3 Artículos relacionados con el tema.....	12
2.3 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio .....	16
2.3.1 Definición de concreto.....	16
2.3.2 Cemento Portland .....	16
2.3.3 Agua.....	17
2.3.4 Agregados .....	17
2.3.5 Puzolanas .....	17
2.3.6 Bambú.....	18
2.3.7 Ceniza de bambú.....	21
2.3.8 Ceniza de bambú y sostenibilidad .....	25
2.3.9 Concreto simple .....	25
2.3.10 Propiedades físicas.....	25
2.3.11 Propiedades mecánicas .....	26
<b>CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS .....</b>	<b>28</b>



3.1 Hipótesis .....	28
3.1.1 Hipótesis general.....	28
3.1.2 Hipótesis específicas.....	28
3.2 Variables .....	28
3.2.1 Variable dependiente .....	28
3.2.2 Variable independiente .....	28
3.3 Sistema de variables.....	28
3.3.1 Definición conceptual .....	28
3.3.2 Definición operacional.....	29
<b>CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DEL ESTUDIO</b> .....	<b>31</b>
4.1 Tipo y nivel.....	31
4.1.1 Tipo.....	31
4.1.2 Nivel.....	31
4.2 Población y muestra de estudio .....	31
4.2.1 Población .....	31
4.2.2 Muestra .....	32
4.3 Diseño de investigación .....	32
4.3.1 Experimental.....	32
4.4 Técnicas e instrumentos de investigación.....	32
4.4.1 Instrumento de recolección de datos.....	32
<b>CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	<b>33</b>
5.1 Resultados de la investigación.....	33
5.2 Contrastación de Hipótesis .....	64
<b>CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN</b> .....	<b>74</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>75</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>76</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>77</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>84</b>
Anexo A: Matriz de consistencia.....	84
Anexo B: Propuesta de norma e.060 concreto armado 2019.....	86
Anexo C: Norm British Standard.....	87
Anexo D: Norm British Estándar. Part 2: Slump-test.....	88
Anexo E: Norma ASTM C293 .....	89
Anexo F: Norma ASTM C78/C78M .....	90

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Árbol del problema.....	4
Figura 2	Producción mundial de bambú.....	20
Figura 3	Hojas secas, quemadas y calcinadas.....	21
Figura 4	Aspecto de la CHB.....	22
Figura 5	Morfología de la ceniza de bambú.....	23
Figura 6	Asentamiento vs sustitución de ceniza de bambú.....	37
Figura 7	Asentamiento de concreto con ceniza de bambú.....	39
Figura 8	Asentamiento del concreto vs sustitución de ceniza de bambú.....	40
Figura 9	Prueba de asentamiento vs porcentaje de ceniza de bambú.....	42
Figura 10	Ensayo de asentamiento vs sustitución de CHB.....	44
Figura 11	Resultado del ensayo a la RC.....	46
Figura 12	Resultado del ensayo a la RC vs sustitución de OPC por CHB.....	47
Figura 13	Resultado del ensayo a la resistencia a la compresión.....	48
Figura 14	Ensayo de RC con sustitución de CHB.....	49
Figura 15	Resultado del ensayo a la RC vs porcentajes de sustitución de CHB.....	50
Figura 16	Resultado del ensayo a la RC vs porcentajes de sustitución de CHB.....	51
Figura 17	Resultado del ensayo a la RF vs porcentajes de sustitución de CHB.....	53
Figura 18	Secado de hojas de bambú.....	54
Figura 19	CHB después de la calcinación.....	54
Figura 20	Resultados de la RF vs porcentajes de sustitución de CHB.....	57
Figura 21	Densidad del concreto endurecido para los 28 días de curado.....	59
Figura 22	Ensayo de la densidad del concreto.....	60
Figura 23	Ensayo de la densidad del concreto y porcentaje de sustitución CHB.....	61
Figura 24	Ensayo de la densidad del hormigón con sustitución de CHB.....	63
Figura 25	Resultado de asentamiento de los autores con diferentes porcentajes de CHB.....	65
Figura 26	Resultados de RC de los autores ante diferentes porcentajes de CHB.....	67
Figura 27	Resultados de RC de los autores a los 28 días de curado.....	67
Figura 28	Resultados de RF de los autores ante diferentes porcentajes de CHB.....	70
Figura 29	Resultados de la densidad de autores ante diferentes porcentajes de CHB...	72

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición química de CHB y OPC.....	22
Tabla 2 Composición química de CHB.....	23
Tabla 3 Porcentaje mínimo de óxidos de cenizas.....	24
Tabla 4 Óxidos necesarios para establecer el tipo de ceniza.....	24
Tabla 5 Operacionalización de variables.....	30
Tabla 6 Autores para resultados de asentamiento.....	33
Tabla 7 Propiedades del cemento.....	34
Tabla 8 Propiedades físicas de la ceniza de bambú.....	34
Tabla 9 Propiedades físicas del agregado fino.....	35
Tabla 10 Propiedades físicas del agregado grueso.....	35
Tabla 11 Pesos corregidos por humedad.....	35
Tabla 12 Proporciones de material para mezcla de los ensayos.....	36
Tabla 13 Propiedades físicas de los agregados.....	36
Tabla 14 Ensayo de asentamiento.....	37
Tabla 15 Análisis químico de cemento ordinario Pórtland y ceniza de bambú.....	38
Tabla 16 Prueba de asentamiento.....	38
Tabla 17 Composición química de OPC y CHB.....	40
Tabla 18 Prueba de asentamiento.....	40
Tabla 19 Proporción de la mezcla del hormigón.....	41
Tabla 20 Ensayo de asentamiento.....	41
Tabla 21 Composición química de CHB.....	42
Tabla 22 Porcentaje obtenido de la composición química de la CHB.....	43
Tabla 23 Datos de laboratorio para elaboración del diseño de mezcla.....	43
Tabla 24 Ensayo de asentamiento con incorporación de CHB.....	44
Tabla 25 Tabla de autores para resultados de RC.....	45
Tabla 26 Ensayo de RC.....	46
Tabla 27 Ensayo de RC.....	47
Tabla 28 Ensayo de RC.....	48
Tabla 29 Ensayo de RC para mezclas de concreto con sustitución porcentual de CHB.....	49
Tabla 30 Ensayo de RC.....	50
Tabla 31 Ensayo de RC.....	51
Tabla 32 Autores para la RF.....	52

Tabla 33 Composición química de CHB.....	53
Tabla 34 Ensayo de RF.....	53
Tabla 35 Valores de composición química de las cenizas de hojas de bambú.....	55
Tabla 36 Porcentaje obtenido de la composición de la CHB.....	55
Tabla 37 Resultado para la elaboración del diseño de la mezcla.....	56
Tabla 38 Resultado para la elaboración del diseño de la mezcla.....	56
Tabla 39 Autores para el ensayo de la densidad.....	57
Tabla 40 Ensayo de la densidad a los 28 días de curado.....	58
Tabla 41 Ensayo de la densidad a los 28 días de curado y diferentes relaciones a/c.....	59
Tabla 42 Ensayo de la densidad del concreto endurecido.....	60
Tabla 43 Proporción de mezcla para las muestras de adoquines.....	62
Tabla 44 Composición química de óxidos de los aglutinantes.....	62
Tabla 45 Ensayo de densidad del hormigón.....	63
Tabla 46 Contrastación de hipótesis del asentamiento.....	64
Tabla 47 Contrastación de hipótesis de RC.....	66
Tabla 48 Contrastación de hipótesis de RF.....	69
Tabla 49 Contrastación de hipótesis del ensayo de la densidad.....	71

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

CHB: ceniza de hojas de bambú

BLA: ceniza de bambú

OPC: cemento portland ordinario

RC: resistencia a la compresión

RF: resistencia a la flexión

RTCD: resistencia a la tracción por compresión diametral

HAP: hormigones de alto rendimiento

MCS: materiales cementantes suplementarios

CTB: ceniza de tallo de bambú

SiO<sub>2</sub>: Óxido de Silicio

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: Óxido de aluminio

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: Óxido de hierro

K<sub>2</sub>O: Óxido de potasio

CaO: Óxido de calcio

MgO: Óxido de magnesio

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: Óxido de fósforo

TiO<sub>2</sub>: Óxido de titanio

SO<sub>3</sub>: Óxido de azufre

MnO: Óxido de manganeso

ZnO: Óxido de zinc

CuO: Óxido de cobre

EDXRF: espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersa

Cl: cloruro

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general determinar el concreto simple con incorporación de ceniza de bambú para mejorar las propiedades físico mecánicas y como objetivos específicos determinar el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple para mejorar el asentamiento e incrementar la resistencia a la compresión, a la flexión y la densidad. Esta investigación fue documental, bibliográfica y descriptiva, de método deductivo, con enfoque cuantitativo, nivel descriptivo, de tipo explicativo y correlacional, las fuentes consultadas tuvieron una investigación experimental. Tomando en cuenta la mayoría de los autores citados que con una incorporación óptima de 5% de ceniza de bambú la disminución de la resistencia a la compresión fue mínima de 4.09% a 15.25% debido al bajo contenido de óxido de calcio, la resistencia a la flexión aumentó con 10.80%. En cambio, la incorporación de ceniza de bambú disminuyó el asentamiento 3.13% a 22.22% esto debido al bajo contenido de óxido de calcio, igualmente para la densidad la incorporación de ceniza de bambú disminuyó la densidad de 0.21% a 4.47% esto debido a que la gravedad específica del cemento fue mayor que la de la ceniza de bambú.

*Palabras Claves:* Ceniza de bambú, asentamiento, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, densidad.

## ABSTRACT

The general objective of this research was to determine the simple concrete with the incorporation of bamboo ash to improve the physical-mechanical properties and as specific objectives to determine the percentage of bamboo ash in a simple concrete to improve the settlement and increase the compressive strength, to flexure and density. This research was documentary, bibliographic and descriptive, with a deductive method, with a quantitative approach, descriptive level, explanatory and correlational type, the sources consulted had an experimental investigation. Taking into account the majority of the cited authors that with an optimal incorporation of 5% of bamboo ash the decrease in compressive strength was minimal from 4.09% to 15.25% due to the low content of calcium oxide, the resistance to bending increased with 10.80%. On the other hand, the incorporation of bamboo ash decreased the settlement from 3.13% to 22.22%, this due to the low calcium oxide content, likewise for the density, the incorporation of bamboo ash decreased the density from 0.21% to 4.47%, this because The specific gravity of cement was higher than that of bamboo ash.

*Keywords:* Bamboo ash, settlement, compressive strength, flexural strength, density.

## INTRODUCCIÓN

El cemento es el material más fabricado y consumido en todo el mundo. El proceso de fabricación del cemento genera grandes cantidades de residuos, derivados de la extracción y del procedimiento industrial. En este último proceso, especialmente durante la calcinación, se requieren altas temperaturas, por lo que este proceso es responsable de cerca del 7% de las emisiones mundiales de dióxido de carbono. Con el fin de reducir costos, la industria cementera obtiene grandes resultados incorporando las cenizas en cantidades significativas por cemento. Los beneficios son: ahorro energético en la fabricación de cemento, reciclaje de los residuos que tendrá lugar en vertederos o incluso puede destinarse inadecuadamente a vertederos, lo que provoca contaminación ambiental. La presente tesis se ha centrado en buscar el porcentaje adecuado de incorporación de ceniza de bambú para la producción de concreto, para ello se plantea una sustitución de 5% de ceniza de bambú en el concreto, así mejorar sus propiedades y conservar al medio ambiente.

La tesis actual permite ahondar el conocimiento acerca del concreto con sustitución de ceniza de bambú para mejorar las propiedades físico mecánicas, se desarrolla una nueva alternativa como la sustitución de ceniza de bambú en porcentaje del cemento y así proporcionar una alternativa innovadora en la industria de la construcción.

La presente investigación se divide en seis capítulos, los cuales son: El primer capítulo, presenta el problema de la investigación, objetivos, la justificación, limitaciones y la viabilidad de la investigación. El segundo capítulo, se presenta el marco teórico el cual está basado en variada información bibliográfica recopilada y estudiada con un fin de procesar los resultados de ensayos realizados por diferentes autores. En el tercer capítulo, se presenta el sistema de hipótesis general y específica, el sistema de variables dependientes e independientes y la definición de las variables. El capítulo cuatro, se presenta el conjunto de métodos, tipo, nivel, diseño de una investigación aplicándolo a una población obteniendo muestras mediante técnicas de recolección de datos. En el capítulo cinco, se presenta el análisis de resultados de la investigación y la contratación de las hipótesis. En el capítulo seis, se tienen la discusión, conclusiones y recomendaciones finales del presente trabajo de investigación.



## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Descripción de la realidad problemática**

El principal gas de efecto invernadero producido por la actividad humana es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). “El cemento es un componente clave del hormigón y se dice que es responsable del 5% de las emisiones mundiales de dióxido de carbono” (BBC, 2019). Es necesario encontrar la mejor solución sin dejar de satisfacer las exigencias de la construcción civil, debido a su importante contribución a la degradación del medio ambiente.

Se han desarrollado nuevos materiales de construcción gracias a las nuevas tendencias en el uso de materiales ecológicos y la protección de los recursos naturales. Hace muchos años que la industria del cemento no produce muchos residuos (humos de sílice, cenizas volantes, escorias de alto horno, metacaolín, residuos cerámicos, etc.) porque la protección energética, económica y ambiental son tendencias modernas. En los últimos años, se han estudiado aditivos alternativos - ceniza de bagazo, ceniza de hoja de bambú, lodo de papel, como componentes de los eco-cementos. Una nueva generación de materiales de construcción que, en combinación con varios tipos de residuos, puede ofrecer la posibilidad de reciclar materiales de desecho y reducir la contaminación ambiental. Jarkov (2019)

El bambú es una sustancia utilizada en la ciencia, innovación y tecnología, se realizaron investigaciones de laboratorio con cenizas de bambú para conocer mejor sus cualidades, se aprecia que la ceniza de hoja de bambú, sus propiedades son muy valoradas en la producción de cemento alcalino activado, con la posibilidad de su uso como aditivo mineral en utilizar aglutinantes alternativos o cemento portland, el cemento de mayor éxito comercial, como herramienta de producción. con menor impacto ambiental sobre las materias primas. (Universidad nacional Colombia, 2020)

Los desechos de las actividades agrícolas se producen en cantidades muy grandes, especialmente en algunas partes del mundo, y son otra fuente de contaminación ambiental y problemas sociales porque se acumulan en vertederos y quemas incontroladas. Los desechos de hojas de bambú se han analizado experimentalmente porque tienen propiedades puzolánicas. Esto se puede utilizar para introducir estos residuos en la composición de cemento. Los resultados del análisis mostraron que la composición de las hojas de bambú como desecho o basura contiene SiO<sub>2</sub> un 78,7%. Siendo una puzolana muy reactiva, comparable a la sílice. Los cementos mixtos producidos con hoja de bambú

como residuo al 10% y 20% mostraron la misma resistencia a la compresión que el cemento convencional. Jarkov (2019)

A nivel nacional, el hormigón es el material de construcción más utilizado. En donde la importancia para lograr la realidad de proyectos tan ansiados como la vivienda, edificios, centros educativos, hospitales, una red de carreteras, etc. Es uno de los materiales más requeridos actualmente para la construcción por su alto grado de adaptabilidad y trabajabilidad a la hora de utilizarlo, así como por su resistencia, durabilidad y mínimos requisitos de mantenimiento. (CAPECO, 2019).

En el Perú se hizo investigaciones y talleres sobre el bambú sobre la importancia de conservar el medio ambiente, a través de los talleres se buscó promover el uso del bambú y da conocer sus potencialidades, no solo como material constructivo sino su versatilidad para ser empleado de diferentes maneras y formas. (BambuCyt, 2019).

### ***1.1.1 Problema e Importancia***

#### ***Problema:***

El cemento es actualmente el material más producido y utilizado en todo el mundo como consecuencia del aumento de la demanda en la construcción civil en los últimos años. A lo largo del proceso de fabricación del cemento se producen grandes volúmenes de residuos como resultado de la extracción y de los procesos industriales. Se sabe que este último proceso necesita altas temperaturas, sobre todo durante la calcinación, por lo que representa alrededor del 7% de las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub>.

#### ***Importancia:***

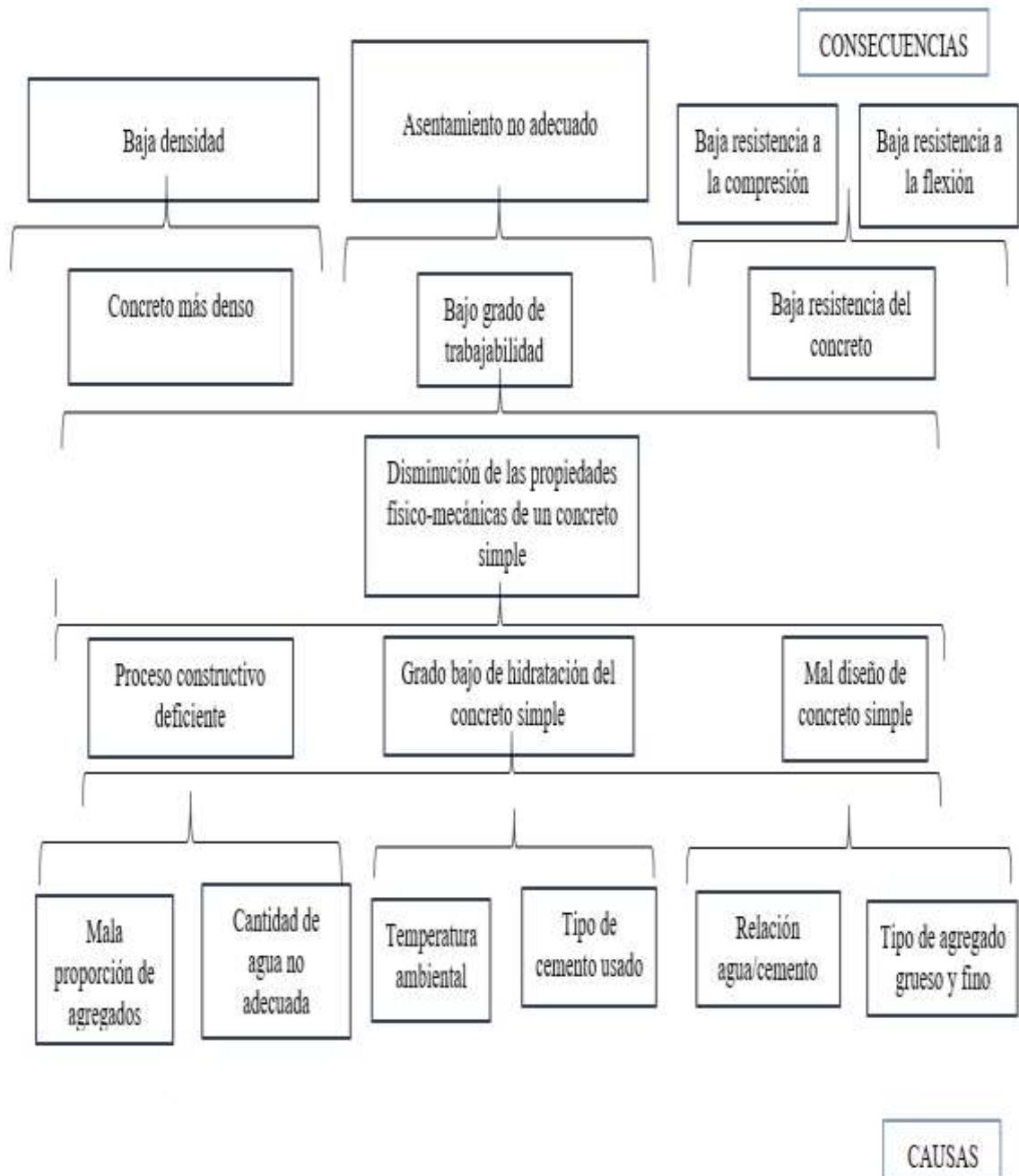
Es importante esta investigación ya que al realizar la incorporación de ceniza de bambú mejora las propiedades físico-mecánicas del concreto simple.

### ***1.1.2 Árbol del problema (causa – problema - consecuencia)***

Para entender el tema se elaboró un árbol de problemas se muestra en la figura 1 con relación entre las causas y efectos.

**Figura 1**

*Árbol del problema*



*Nota.* Elaboración propia

## **1.2 Formulación del problema**

### ***1.2.1 Problema general***

¿De qué manera el concreto simple con incorporación de ceniza de bambú contribuye en las propiedades físico-mecánicas?

### ***1.2.2 Problemas específicos***

- a) ¿De qué manera el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple contribuye en el asentamiento?
- b) ¿De qué manera el porcentaje de ceniza bambú en un concreto simple contribuye en la resistencia a la compresión?
- c) ¿De qué manera el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple contribuye en la resistencia a la flexión?
- d) ¿De qué manera el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple contribuye a la densidad?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### ***1.3.1 Objetivo general***

Determinar el concreto simple con incorporación de ceniza de bambú para mejorar las propiedades físico-mecánicas.

### ***1.3.2 Objetivos específicos***

- a) Determinar el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple para mejorar el asentamiento.
- b) Determinar el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple para incrementar la resistencia a la compresión.
- c) Determinar el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple para incrementar la resistencia a la flexión.
- d) Determinar el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple para incrementar la densidad.

## **1.4 Delimitación de la investigación**

### ***1.4.1 Geografía***

Este estudio examina una serie de fuentes bibliográficas de investigación experimental que presentan ensayos de laboratorio en el área de tecnología del concreto.

### ***1.4.2 Temporal***

Teniendo en cuenta que el marco temporal de este estudio es de sólo seis meses, de mayo a octubre del año en curso, en el Anexo 1 se incluye un calendario de actividades.

### ***1.4.3 Temática***

La variable independiente, ceniza de bambú, se examina en este estudio propuesto como un tema de control donde se evalúa la adición de la ceniza de bambú al concreto simple para mejorar las propiedades físico mecánicas de un concreto.

### ***1.4.4 Muestral***

El concreto simple al que se ha añadido ceniza de bambú será objeto de investigación como parte del estudio, y se examinarán sus efectos sobre, el asentamiento, la Resistencia a la Compresión, Resistencia a la Flexión, la densidad.

## **1.5 Justificación del estudio**

La presente investigación nos permite ampliar el conocimiento en cuanto a la ceniza de bambú, a la incorporación de este material al concreto simple, ya que afecta positivamente a las propiedades físico-mecánicas de un concreto, y así introducir poco a poco las nuevas tecnologías y aportando mejoras en la industria de la construcción.

### ***1.5.1 Conveniencia***

Mediante el uso de una sustancia inorgánica para mejorar las propiedades para un concreto, esta investigación pretende ofrecer un planteamiento alternativo.

### ***1.5.2 Relevancia social***

Dado que el objetivo de esta investigación es mejorar las propiedades para un concreto, la sociedad se beneficiará de concretos más duraderos y económicos.

### ***1.5.3 Aplicaciones prácticas***

La aplicación práctica de esta investigación es ayudar a resolver problemas reales y prácticos de un concreto simple, como el asentamiento, la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, la densidad y la absorción de agua. Para aumentar la resistencia del concreto y mejorar sus propiedades, se examinó el concreto simple con incorporación de ceniza de bambú.

### ***1.5.4 Utilidad metodológica***

A partir de los resultados de diversos trabajos y tesis, se utilizarán el asentamiento, la Resistencia a la Compresión, la Resistencia a la Flexión, la densidad. La observación indirecta será el método utilizado para obtener los datos de este estudio.

### ***1.5.5 Valor teórico***

La presente investigación pretende servir de referencia para futuros estudios sobre la contribución del concreto simple, desde una perspectiva relacionada con la viabilidad de emplear ceniza de bambú. Se pretende fomentar su uso como materiales novedosos,

mejorar las propiedades del concreto, y construir una base de datos que ayude al desarrollo de nuevas hipótesis.

## **1.6 Importancia del estudio**

El estudio es bastante interesante, ya que trata de aumentar las propiedades del concreto que contiene ceniza de bambú. Es crucial señalar que una de las industrias responsables de la catástrofe climática es la del cemento, lo que demuestra la importancia de la búsqueda de nuevos materiales de construcción en esta industria. Además, esta investigación contribuye a la creación de nuevas tecnologías.

### ***1.6.1 Nuevos conocimientos***

Esta investigación nos brinda información importante sobre el concreto simple incorporando ceniza de bambú para mejorar las propiedades para un concreto. Además, promueve y amplía los estudios sobre la incorporación de este producto inorgánico, el cual no es muy usado nacionalmente.

### ***1.6.2 Aporte***

Con el fin de cumplir nuestras obligaciones profesionales para con la sociedad y el medio ambiente, se determinó investigar un ligante de vanguardia que mejore las propiedades del concreto. También se llevará a cabo una comparación del concreto simple utilizando ceniza de bambú.

## **1.7 Limitaciones del estudio**

### ***1.7.1 Falta de estudios previos de investigación***

Las fuentes y artículos sobre el concreto simple con la agregación de ceniza de bambú son escasas nacionalmente. Y, además, como se trata de una tesis documental estamos limitados a las investigaciones de otros autores por que los porcentajes varían por eso hay diferentes resultados.

### ***1.7.2 Metodológicos o prácticos***

Los artículos y tesis experimentales de la investigación actual muestran los mejores resultados para el concreto.

### ***1.7.3 Medidas para la recolección de los datos***

Al visualizar los artículos y tesis se tiene sus formatos de laboratorio realizado, las comparaciones entre los diferentes resultados de las investigaciones encontradas. Entre ellas consideran porcentajes de ceniza de bambú, diferentes porcentajes de agregado, incorporación de otros aditivos o bioagregados, etc. Lo que serán usados para la presente investigación.

## **1.8 Alcance**

Con el fin de garantizar un diseño ideal, la presente investigación examina la incorporación de ceniza de bambú en un concreto simple para mejorar las propiedades para un concreto, características físicas, como el asentamiento, así como sus características mecánicas, como la Resistencia a la compresión, Flexión, densidad.

## **1.9 Viabilidad del estudio**

La investigación es factible porque hay suficientes datos, sobre todo en el ámbito mundial, a los que tenemos acceso gracias a los medios digitales, entre otros, y que nos permitirán elaborar una tesis documental de conocimiento útil para nuestra nación.

### ***1.9.1. El tiempo***

La investigación se llevará en un periodo de seis meses, empezando en mayo 2023 finalizando octubre 2023.

### ***1.9.2. Espacio***

El departamento y la provincia de Lima serán los lugares del presente estudio.

### ***1.9.3. Las condiciones económicas***

Dado que se trata de un estudio descriptivo, los gastos de elaboración de la tesis también incluyen el pago al asesor metodológico y a los expertos en la materia por sus aportaciones.

### ***1.9.4. Las fuentes de información***

Las referencias nacionales e internacionales se obtienen de tesis, publicaciones académicas, artículos científicos, libros, revistas y sitios web.

### ***1.9.5. Recolección de datos***

La Universidad Ricardo Palma facilitó la recogida de datos para nuestro estudio. La universidad dispone de una base de datos académica con Scopus, ProQuest, Knovel, ALICIA, su repositorio de tesis, etc.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Marco histórico

El hormigón es el material de construcción más usado en la sociedad contemporánea; sin embargo, su producción demanda grandes cantidades de materias primas y recursos naturales. La elaboración de cemento es responsable de las mayores emisiones de CO<sub>2</sub>, provocando importantes impactos ambientales.

El uso de residuos industriales como material cementante suplementario (MCS) ha sido cada vez más estudiado para reducir y minimizar estos impactos negativos. En esta revisión sistemática de la literatura, investigamos el posible uso de la ceniza de hoja de bambú. El estudio demuestra que la ceniza de hoja de bambú presenta una alta reactividad puzolánica y que presenta grandes propiedades mecánicas y mayor durabilidad.

Atoyebi et al. (2018) explicaron que el cemento Portland, una sustancia en polvo que fragua creando un conglomerado parecido a la piedra caliza de Portland cuando se combina con agua y arena. El proceso de fabricación consistía en combinar tres partes de cal con una parte de arcilla, cocer la combinación en hornos similares a los utilizados para cocer cal y volver a moler el resultado. Como las temperaturas de cocción no eran elevadas, sólo se producía una caliza hidráulica, que era de calidad inferior. (pp. 3-4)

Banjare y Jaiswal (2018) explicaron que una estrategia para disminuir el impacto de los trabajos de construcción consiste en reemplazar el cemento Portland estándar, responsable del treinta por ciento de la emisión del CO<sub>2</sub>. El alto contenido en SiO<sub>2</sub> de la ceniza de bambú es un nuevo material que hace que su aplicación sea técnicamente posible. (pp. 4-6)

Basavaraja et al. (2018) explicaron que “debido al alto contenido en sílice (SiO<sub>2</sub>) de estos materiales, investigaciones recientes han demostrado que la ceniza de hoja de bambú tiene una eficacia puzolánica” (p. 67).

Cobirzan et al. (2019) explicaron que el uso de ceniza de hojas de bambú en la construcción será muy ventajoso. “Su capacidad puede utilizarse como sustancia cementante en materiales puzolánicos” (p. 45).



## **2.2 Investigaciones relacionadas con el tema**

### **2.2.1 Investigaciones internacionales**

Abebaw et al. (2021) explicaron la capacidad de las cenizas de hojas de bambú (CHB) en el hormigón C-25 de cemento Portland tipo I. Se elaboraron un total de 72 cubos en cinco series de mezclas de hormigón. Una serie de mezcla patrón y cuatro series de mixtura de hormigón usando 5%, 10%, 15% y 20% que contiene CHB como sustitución de cemento con una relación a/c del 0,49. Se examinaron la trabajabilidad, la resistencia a la compresión, la absorción de agua y la densidad en el hormigón. La incorporación de ceniza de hoja de bambú disminuyó la trabajabilidad, disminuyó la resistencia a la compresión, incrementó la absorción de agua y disminuyó la densidad en el hormigón. En el día 28, la adición de 5% y 10% de CHB alcanzó la resistencia media deseada (33,5 MPa), y en el día 56, la adición de 5% y 10% de CHB mostró resultados significativos en el ensayo de la resistencia a la compresión. Mediante la incorporación de CHB (5% y 10%) se favoreció la absorción de agua de los hormigones. (pp. 1-5)

Chavhan et al. (2022) estudiaron la capacidad de las cenizas de hojas de bambú (CHB) en el hormigón de cemento Portland tipo I (OPC). Se elaboraron un total de 36 cubos para cada relación agua-cemento. Se probaron tres cubos y se calculó el promedio, para incorporaciones de 5%, 10% y 15% de contenido de CHB como reemplazo de cemento con relaciones a/c de 0.40 y 0.50. Se examinaron consistencia estándar, tiempo de fraguado, trabajabilidad, densidad y resistencia a la compresión (RC) del hormigón. La incorporación de CHB incrementó el tiempo de fraguado, disminuyó la trabajabilidad y disminuyó la resistencia a la compresión del hormigón con relaciones a/c de 0.40 y 0.50. Mediante la incorporación de CHB (5%) mejoró la resistencia a la compresión del hormigón. Se favoreció la absorción de agua de los hormigones. (pp. 1-4)

Hnin et al. (2018) explicaron la capacidad del CHB en el hormigón sustituyendo al OPC. Se elaboraron un total de 36 cubos para cada relación a/c. Se probaron tres cubos y se calculó el promedio, para incorporaciones de 5%, 10% y 15% de contenido de CHB como reemplazo de cemento con relaciones agua-cemento de 0.40 y 0.50. Se examinaron consistencia estándar, tiempo de fraguado, trabajabilidad, densidad y resistencia a la compresión del hormigón. La incorporación de ceniza de hoja de bambú incrementó el tiempo de fraguado, disminuyó la trabajabilidad y disminuyó la R.C del hormigón con relaciones a/c de 0.40 y 0.50. Mediante la incorporación de CHB (5%) mejoró la resistencia a la compresión del hormigón. Se favoreció la absorción de agua de los hormigones. (pp. 1-5)

Oluwaseun et al. (2021) estudiaron la combinación de CHB en el hormigón de OPC tipo I. Los porcentajes de incorporación fueron del 5%, 10% y 15% de contenido de CHB como reemplazo de cemento con una relación a/c del 0.40. Se examinaron la trabajabilidad, la RC y densidad tras 3, 7 y 28 días de curado. La incorporación de CHB incrementó la trabajabilidad, disminuyó la RC y disminuyó la densidad en el hormigón; para todos los casos anteriores, en el rango de 5% a 10%. (pp. 1-5)

Firmansyah & Sri (2022) determinaron que la RC, del hormigón mejoró sustituyendo el cemento, con porcentajes de sustitución del 5%, 7%, 9% y 11% de OPC por CHB con una relación a/c igual a 0.50. Por otro lado, el día 28, en el ensayo a la RC, se alcanzó el objetivo de 25 MPa. Se utilizó el método experimental con probetas cilíndricas. El diseño de la mezcla de hormigón se refiere a SNI 03-28342000. Se examinó la RC. De acuerdo con el análisis y los resultados experimentales obtenidos, la incorporación de CHB mejoró la RC del hormigón en comparación con el control en este estudio, el aumento no fue significativo. La RC del hormigón a la edad de 28 días con porcentajes de 0%, 5%, 7%, 9% y 11% de CHB fueron de 16.448 MPa; 18.768 MPa; 18.297 MPa; 14.958 MPa; y 12.827 MPa. (pp. 1-4)

Hani et al. (2023) determinaron el uso de CHB como material cementante. Las propiedades mecánicas mediante la sustitución parcial del cemento con CHB en 0%,5%,10%,15%, y 20% secuencialmente. La mezcla de hormigón se diseñó según el método de mezcla del Departamento de Medio Ambiente (DOE) con el método de ensayo de resistencia a la flexión (RF) según ASTM C293 y la RC según BS 1881-116:1983. De acuerdo con el análisis y los resultados experimentales obtenidos, la incorporación de CHB incrementó la RC y el RF, al 5% como nivel óptimo de sustitución. (pp. 1-4)

### ***2.2.2 Investigaciones nacionales***

Ganto (2022) examinó la capacidad de las CHB junto con fibras de polipropileno, para que sustituyeran parcialmente al cemento, con porcentajes de sustitución del 0.5%, 1.0% y 1.5% de OPC. Se examinó la RC y RF del hormigón. La población consistió en 72 especímenes de hormigón, de los cuales 9 especímenes y 9 vigas eran de diseño estándar y 27 especímenes y 27 vigas. Por otro lado, a los 7, 14 y 28 días, el diseño de mezcla alcanzó la resistencia media deseada de 280 kg/cm<sup>2</sup>. Dado que las RC y RF aumentan un 20,79% y un 20,30%, respectivamente, con la adición del 0,5%, disminuyen un 15,69% y un 8,18% con la adición del 1,0%, y disminuyen un 22,57% y un 31,20%, respectivamente, con la adición del 1,5%. Finalmente se concluye que la adición de 0.5%, 1.0% y 1.5% de la mezcla de CHB con fibras de polipropileno, incrementó las

propiedades mecánicas del concreto. Así mismo, siendo el 0,5% de la mezcla de CHB con fibras de polipropileno el porcentaje óptimo. (pp. 15-45)

Tineo (2022) explicó cómo afecta la adición CHB, con porcentajes de sustitución del 5%, 10% y 15% a la resistencia del hormigón básico. El estudio utiliza un diseño experimental cuantitativo y correlacional. Se ensayaron un total de 60 unidades de hormigón (36 probetas cilíndricas y 24 probetas tipo viga) para determinar su RC y RF. Por otro lado, a los 7, 14 y 28 días; la muestra con un 10% de adición de CHB tuvo una RC máxima de 304,01 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que la muestra con un 5% de adición de CHB tuvo una RF máxima de 54,25 kg/cm<sup>2</sup>. La incorporación del 10% de CHB, aumento de las propiedades mecánicas del hormigón. Se obtuvieron excelentes resultados en la RC y RF superando los valores obtenidos con el hormigón convencional. (pp. 17-34)

Saca (2021) estudió las características y propiedades mecánicas de determinados hormigones porosos para pavimentos rígidos, con porcentajes de sustitución del 2%, 4% y 6% de CHB. El estudio utilizó una metodología experimental cuantitativa y se tomaron datos con instrumentos de laboratorio a partir de muestras de fichas para las pruebas de compresión y permeabilidad. Por otro lado, a los 28 días de curado, la muestra con 6% de adición de CHB alcanzó una RC máxima de 265 kg/cm<sup>2</sup>. La incorporación de CHB incrementó la capacidad de compresión del concreto. (pp. 18-50)

Flores y Vela (2021) evaluaron que la RC, del concreto mejoró sustituyendo el cemento con porcentajes de sustitución del 2%, 5% y 7% de CHB. Este estudio utilizó una metodología cuantitativa y del tipo experimental correlacional. Se moldearon 36 probetas cilíndricas de hormigón y se dejaron curar durante 7 días 14 días y 28 días. Se examinó la RC. La incorporación del 2% de CHB a los 7 días y 14 días de curado, incrementó las propiedades del hormigón. A los 28 días de curado el espécimen patrón superó a los especímenes experimentales con 236.10 kg/cm<sup>2</sup>. (pp. 14-34)

### ***2.2.3 Artículos relacionados con el tema***

De Figueiredo et al. (2022) examinaron la adición de cenizas de tallos de bambú (CTB) como sustitución parcial del cemento Portland. La propiedad mecánica del hormigón mediante la sustitución parcial del cemento con CTB al 0%, 6%, 10% y 14% secuencialmente. A los 28 días, todos los morteros con CTB mostraron entre un 10% y un 15% de aumento en relación con la RC del hormigón de referencia. Se evaluó morteros con sustitución parcial de OPC por CTB. En estado fresco, la incorporación de CTB en los morteros no causó daños en la consistencia. Todos los morteros presentaron prácticamente la misma consistencia en estado fresco. En estado endurecido, se evaluó la

incorporación de CTB en la resistencia mecánica de los morteros. A los 28 días, todos los morteros con CTB alcanzaron resistencias iguales. La resistencia aumentó con la incorporación de 15% CTB. (pp. 1-8)

Chandrasekaran (2020) evalúa la capacidad de las CHB, en el hormigón de OPC, tipo I. Los porcentajes de incorporación fueron del 20%, 30% y 40% de contenido de CHB como reemplazo de cemento con una relación a/c de 0,49. Se vacía adecuadamente de cubos, vigas y cilindros antes de someterlo a las pruebas respectivas para obtener mejores resultados. Se examinaron la RC, la resistencia a la tracción por compresión diametral (RTCD) y la absorción de agua en el hormigón. La incorporación de CHB, disminuyó la RC, disminuyó la RTCD, incrementó la RF e incrementó la absorción de agua en el hormigón. Mediante la incorporación de CHB se favoreció que el concreto sea más resistente y altamente trabajable. (pp. 1-6)

Christopher et al. (2019) evaluaron el uso de la ceniza de tallo de bambú (CTB) en el hormigón de OPC, tipo I. Se prepararon los cubos de hormigón utilizando una relación aglutinante/arena/piedra de 1:2:4. Los porcentajes de incorporación de CTB fueron del 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30% de contenido de CTB como reemplazo de cemento con una relación a/c de 0,60. Se examinaron la trabajabilidad y la RC del hormigón. La incorporación de CTB disminuyó la trabajabilidad y disminuyó RC. De acuerdo con el análisis y los resultados experimentales obtenidos, el CTB es capaz de mejorar la RC, al 10% como nivel óptimo de sustitución, a los 28 días de curado fue de 22,88 N/mm<sup>2</sup> en comparación con los 24,58 N/mm<sup>2</sup> obtenidos para la muestra de control. (pp. 1-5)

Onikeku et al. (2019) determinaron la capacidad de CHB, en el hormigón de OPC, tipo I. Se elaboraron un total de 60 cubos, 60 probetas cilíndricas y 15 vigas, se dejaron curar durante 7, 28, 56 y 90 días. Los porcentajes de incorporación fueron del 5%, 10%, 15% y 20% de contenido de CHB como reemplazo de cemento con una relación a/c de 0,50. Se examinaron RC, RTCD, RF, absorción de agua y volumen de espacios vacíos permeables, densidad seca y sorptividad en el hormigón. La incorporación de CHB incrementó RC, incrementó la RTCD, incrementó RF, disminuyó la absorción de agua, disminuyó el volumen de espacios vacíos permeables, disminuyó la densidad e incrementó la sorptividad en el hormigón; para todos los casos anteriores, en el rango de 5% a 10%. (pp. 1-8)

Nduka et al. (2022) examinaron la combinación de OPC y CHB en el hormigón de altas prestaciones de OPC, tipo I. Se elaboraron un total de 60 cubos, 60 probetas

cilíndricas y 15 vigas, se dejaron curar durante 7, 28, 56 y 90 días. Los porcentajes de incorporación fueron del 5%, 10% y 15% de contenido de CHB como reemplazo de cemento con una relación a/c de 0,30. Se examinaron la trabajabilidad, la RC, RTCD, RF, absorción de agua, densidad, sortividad e influencia de entornos agresivos en el hormigón tras 7, 21, 28 y 60 días de curado. La incorporación de CHB, incrementó la trabajabilidad, RC, incrementó la RTCD, incrementó RF, disminuyó la absorción de agua, disminuyó el volumen de espacios vacíos permeables, disminuyó la densidad y disminuyó la sorptividad en el hormigón; para todos los casos anteriores, en el rango de 5% a 10%. (pp. 1-7)

Firdous & Hamid (2018) explicaron la viabilidad de la CHB, calcinada como sustituto parcial del OPC. Se estudiaron las propiedades físicas, mecánicas y de durabilidad mediante la sustitución parcial del cemento con CHB al 0%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30% secuencialmente. Se calentaron las CHB en un horno de mufla durante 4 horas a 500°C. El grado del hormigón se tomó de forma que diera una RC, de 20 MPa. Se ensayó la durabilidad, como la sortividad y la porosidad, se realizaron según las directrices ASTM (ASTM C1545 y ASTM C127) para evaluar la resistencia del hormigón con CHB frente a la absorción y el volumen de huecos. De acuerdo con el análisis y los resultados experimentales obtenidos, la incorporación de CHB fue capaz de sustituir al cemento hasta un 15% con un pequeño compromiso de las características de resistencia y durabilidad, y que esta sustitución resultaba óptima. (pp. 1-6)

Odeyemi et al., (2022) estudiaron que los hormigones de alto rendimiento (HAP) se obtienen incorporando materiales cementantes suplementarios (MCS) al hormigón para conseguir una resistencia y durabilidad a largo plazo. La CHB, resultaron poseer propiedades puzolánicas con un contenido de sílice superior al 70%. El OPC se sustituyó por CHB en un 5%, 10%, 15% y 20% en peso de cemento. El hormigón fabricado a partir de estas combinaciones se sometió a pruebas de RC y a la RTCD a los 7, 28 y 56 días de curado. Se observó que la resistencia óptima se alcanzó con una sustitución del 5% a los 56 días de curado. Las microestructuras del hormigón revelaron que con una incorporación del 5% de CHB en el hormigón, había un mejor entrelazamiento del grano de hormigón. De acuerdo con el análisis y los resultados experimentales obtenidos, la incorporación de 5% de CHB incrementó la RC, del HAP. (pp. 1-5)

Mujedu et al. (2018) evaluaron la CHB, como sustituto parcial del OPC. Estudiaron las propiedades físicas y mecánicas del mortero mediante la sustitución parcial del OPC con CHB al 0%, 5%, 10%, 15%, 20% y 25% secuencialmente. Se llevaron a

cabo varias pruebas como la finura, la solidez, la contracción por secado, el arrastre de aire, la absorción de agua, la consistencia y el tiempo de fraguado. Se examinaron y compararon la RC y la densidad de cubos de mortero de cemento de CHB con porcentajes variables de la proporción de mezcla 1:6 y una proporción de a/c de 0,62. Un total de noventa (90) cubos de mortero de cemento de tamaño 50mm x 50mm x 50mm. Los cubos de mortero de cemento se probaron a los 7, 14, 21, 28 y 56 días. De acuerdo con el análisis y los resultados experimentales obtenidos, la CHB incrementó la RC y la densidad de los cubos de mortero de cemento al aumentar los días de curado y disminuyeron al aumentar la sustitución de CHB. El 10% de sustitución de CHB se consideró el nivel óptimo de sustitución. (pp. 1-6)

David & Hassan (2018) determinaron la de CTB y cal como sustitución parcial del OPC en el mortero. Se recogieron tallos de bambú y se quemaron en un horno hasta obtener CTB. Se estudiaron las propiedades físicas y mecánicas del cemento y de los áridos utilizados estaban dentro de los requisitos estipulados por las normas pertinentes. Se utilizó la proporción de mezcla 1:6, de la cual 2%, 4% de CTB y 2%, 4% de cal se utilizaron para sustituir parcialmente el cemento en el mortero. La RC de la mayoría de los cubos de mortero aumenta con los días de curado y sus valores se encuentran dentro de la resistencia requerida de 2,5 N/mm<sup>2</sup> - 6,5 N/mm<sup>2</sup> según lo estipulado por los códigos pertinentes. Mediante la incorporación de CTB y cal se favoreció la absorción de agua, mientras que la densidad disminuyó a medida que aumentaba el porcentaje en masa de CTB y cal en el mortero. (pp. 1-7)

Olaniyi et al. (2018) examinaron el comportamiento de la CHB en medio sulfatado con vistas a mejorar su utilización efectiva. Se consideró el uso de CHB como sustituto parcial del OPC en el hormigón. Se estudió la RC del hormigón en medio sulfatado, mediante la sustitución parcial del cemento con CHB al 0%, 5%, 10%, 15% y al 20% secuencialmente. Se expuso el hormigón a la concentración que variaba de sulfatos de magnesio y del calcio en cuatro (3) niveles cada uno (el 1%, el 3% y el 5%) y por cuatro períodos de exposición (32, 92, 152 y 182 días) después de la inmersión completa en agua por 28 días. Se utilizaron tres (3) réplicas en todas las pruebas, se fundieron y ensayaron un total de 480 especímenes. La solución de sulfato de magnesio al 5% de concentración a 182 días de exposición tuvo un mayor efecto en la reducción de la RC, tanto para el hormigón normal como para el hormigón con mezcla de cemento BLA, que las otras variables. (pp. 1-5)

Fernandes et al. (2020) Analizaron el comportamiento del hormigón con CHB. Se estudiaron las propiedades físicas, mecánicas y de durabilidad mediante la sustitución parcial del OPC con CHB al 0%, 0.5%, 1.0% y 1.5% secuencialmente. Se moldearon 20 probetas y se curaron a los 28 días. De acuerdo con el análisis y los resultados experimentales obtenidos, la CHB fue capaz de mejorar la trabajabilidad con un 50.75% más consistente que la convencional, al 1.5% como nivel óptimo de sustitución. En cuanto a la resistencia, las trazas con contenidos de 0,5% y 1,0% de CHB fueron satisfactorias alcanzando cerca de 9,5% y 3%, respectivamente, más favorables en comparación con el hormigón de referencia. La de 1,5% tuvo un déficit de resistencia de 2,5%, en comparación con la convencional. En cuanto a la absorción, la traza con 1,5% de CHB obtuvo el mejor índice de absorción (1,25%). En relación a los índices de vacío, las trazas con CHB no fueron concluyentes. (pp. 1-6)

## **2.3 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio**

### ***2.3.1 Definición de concreto***

Es una mezcla formada por áridos y pasta, que pueden clasificarse en dos categorías. La pasta se compone de cemento portland y agua, mientras que los primeros están formados por arena y grava (piedra triturada). Estos elementos se unen para formar una pasta que, junto con los áridos, se endurece con el tiempo como resultado de una reacción química entre el agua y el cemento. Este proceso se conoce como fraguado. En ocasiones se añaden aditivos al hormigón para dotar a la mezcla de cualidades adicionales. El uso de aditivos vendrá determinado por las especificaciones del proyecto que se vaya a realizar. (Teodoro, 2002, p. 11)

### ***2.3.2 Cemento Portland***

Es una sustancia de especie de conglomerado que se fabrica refinando el *clinker*, que procede de la calcinación de minerales calcáreos como la piedra caliza, la sílice y la alúmina, que se han triturado y combinado antes de ser calentados a altas temperaturas con una pequeña cantidad de yeso para mejorar sus propiedades. desarrollan sus cualidades. Durante la producción pueden añadirse otros minerales al cemento para dotar al producto acabado de cualidades adicionales. Las tres normas son N.T.P 334.009, N.T.P 334.082 y N.T.P 334.090, respectivamente, y enumeran los requisitos por tipo (I, II, III, IV y V), parámetros de rendimiento y adiciones al hormigón. (Saca, 2021, p. 22)

### **2.3.3 Agua**

Debido a sus dos finalidades principales de hidratar químicamente el cemento y actuar como lubricante para mejorar la trabajabilidad, el agua es un componente crucial en la creación del hormigón. Para producir un material resistente que cumpla las especificaciones esenciales, es necesario controlar la cantidad de agua que debe añadirse a la mezcla. La relación agua/cemento, un factor que afecta a la resistencia, durabilidad y retracción del hormigón, contribuye en parte a este control. El resultado podría ser un hormigón endurecido con menor resistencia si no se realiza el control adecuado. Sin embargo, dado que el agua que se utilizará en la mezcla puede contener contaminantes, es importante conocer su composición. La norma técnica peruana (N.T.P 339.088) establece límites para el agua de mezcla. (Teodoro, 2002, p. 16)

### **2.3.4 Agregados**

Los áridos a base de arena y grava representan entre el 60 y el 75 por ciento del volumen total del hormigón. Saber elegir el material adecuado es crucial, ya que, como muchos otros materiales, puede contener elementos perjudiciales para el hormigón. Los áridos deben estar constituidos por partículas con suficiente resistencia mecánica y condiciones de exposición. Según la norma técnica peruana N.T.P 400.011, los áridos se dividen en dos categorías: finos y gruesos. Según el ensayo de granulometría que se realizó a la sustancia en cumplimiento de la norma técnica peruana N.T.P 400.037, se define. Las arenas, naturales o artificiales, que pasan el filtro de 9,51 mm (3/8") y quedan retenidas en el tamiz de 74 mm (N°200) se consideran áridos finos, mientras que las piedras trituradas se consideran áridos gruesos y quedan retenidas en el tamiz de 4,75 mm (N°4). las proporciones de materiales que pasan por cada tamiz en función de la prueba de granulometría de los áridos gruesos. (Ganto, 2022, p. 24)

### **2.3.5 Puzolanas**

La puzolana se describe como "un material silíceo o de silicio-aluminio que tiene poco o ningún contenido de cemento pero que, cuando está finamente dividido y en presencia de humedad, puede reaccionar químicamente con hidróxido de calcio a temperaturas ordinarias para formar compuestos con propiedades cementosas" (López, 2017, p. 9).

Existen dos tipos de puzolanas:

- Puzolanas Naturales: "Cenizas obtenidas mediante actividades volcánicas" (López, 2017, p. 10).
- Puzolanas Artificiales: "Cenizas obtenidas mediante procesos industriales y agrícolas" (López, 2017, p. 10).



La clasificación de la puzolana es extremadamente difícil hoy en día porque “el término abarca una amplia gama de materiales con composiciones y orígenes muy diversos. Todos reaccionan de la misma manera al contacto con el agua, el cemento y la cal, independientemente de su composición química o mineralógica” (Cardona, 2013, p. 95). La NTP 334.104 (2011) y ASTM C618 (2019), clasifica a las cenizas volantes y puzolana cruda o calcinada de la siguiente manera:

- Clase N: “Puzolanas naturales o calcinadas” (Cardona, 2013 p. 95).
- Clase F: “Cenizas volantes que contienen propiedades puzolánicas” (Cardona, 2013 p. 95).
- Clase C: “Cenizas volantes que contienen propiedades puzolánicas, hidráulicas y/o cementosas” (Cardona, 2013 p. 95).

La clasificación de las puzolanas es muy complicada hoy en día, ya que el término engloba muchos materiales de composiciones y orígenes muy diferentes. Cuando se combinan con agua, cemento y cal, todos responden de la misma manera, ya sea por su composición mineralógica o química. El uso de puzolanas y materiales a base de cemento ha cobrado importancia recientemente en el sector del cemento y el hormigón. El uso de este material tiene muchas ventajas, como los avances mecánicos, la durabilidad y los beneficios medioambientales. Las puzolanas pueden ser sintéticas o naturales. (Apriant, et al., 2015, p. 27)

Los residuos o subproductos industriales con actividad puzolánica se denominan puzolanas artificiales. Estos materiales pueden tener diferentes orígenes y propiedades. La cantidad de cal mezclada con la puzolana y el grado de calcinación son dos parámetros incluidos en esta expresión. Las propiedades de las puzolanas y el calibre de sus fases activas afectan a ambos parámetros. (Amahjour, 2000, p. 28).

### **2.3.6 Bambú**

“El bambú es apreciado en la industria de la construcción por su versatilidad y se utiliza para construir puentes, edificios bajos e incluso cubiertas. Tiene una gran resistencia a la tracción en comparación con su peso” (Ghavami, 2005, p. 33).

El bambú es apreciado en la industria de la construcción por su versatilidad y se utiliza para construir puentes, edificios bajos e incluso cubiertas. Tiene una gran resistencia a la tracción en comparación con su peso. Los beneficios económicos del bambú son enormes. Algunas empresas todavía utilizan el bambú como materia prima en la producción de papel, pasta de papel y alcohol. De hecho, algunos tipos de bambú son aptos para la

construcción, mientras que otros se han utilizado incluso para fabricar joyas, artesanía y muebles. (Bambusetum, 2012, p.19)

El bambú se diferencia de otros tipos de madera por varias razones: es una planta de crecimiento rápido; tiene una gran capacidad de crecimiento en zonas degradadas; es un recurso natural para aplicaciones (desde la arquitectura a la alimentación) y tiene una gran capacidad de secuestro de carbono. Está formado por un amplio grupo de unas 1.250 especies y tiene una producción anual de más de 20 millones de toneladas. (Bambusetum, 2012, p. 20)

El bambú se diferencia de otros tipos de madera por varias razones: es una planta de crecimiento rápido; tiene una gran capacidad de crecimiento en zonas degradadas; es un recurso natural para aplicaciones (desde la arquitectura a la alimentación) y tiene una gran capacidad de secuestro de carbono. Está formado por un amplio grupo de unas 1.250 especies y tiene una producción anual de más de 20 millones de toneladas. (Bambusetum, 2012, p. 20).

La mayoría de los bosques de bambú se encuentran en la región asiática, como se muestra en la figura 2. Las fibras continuas de bambú fabricadas a partir de virutas de bambú se han utilizado con éxito en materiales compuestos reforzados con cemento. El hecho de astillas de bambú se ha añadido con éxito; sin embargo, aproximadamente el 35-40% en peso del bambú cultivado se suele quemar en vertederos abiertos, lo que da lugar a la producción de BLA. que carece de una aplicación adecuada y se convierte en una fuente creciente de contaminación. (Danish et al., 2023, p. 25)

En la Figura 2 se ilustra a los países más productores de bambú en el mundo, en la que el país de China, Brasil e India son los países más abundantes de bambú.

## Figura 2

### *Producción mundial de bambú*



*Nota.* Adaptado de Danish et al. (2023).

Como en China, África y Brasil, se han identificado más de 1250 especies de bambú en el mundo, 7 especies han sido identificadas en Nigeria y la más común es el bambú de la India *Bambusa Vulgaris*. (Danish et al., 2023, p. 25)

“El bambú se utiliza en la construcción de puentes, instalaciones de transporte de agua, andamios, construcción de muros de adobe y ampliamente utilizado en aplicaciones de construcción, como pisos, armazones de techo, vigas y correas”. (Umoh & Ujene, 2014, p. 34)

En China se cultiva el 40% de las especies de bambú conocidas en el mundo, se conocen 500 especies locales, el bambú se utiliza mucho en la construcción en China, es un material de construcción versátil, se han creado con él desde modestos puentes hasta hermosos tejados, el bambú se utiliza actualmente como andamio en la construcción, actualmente el bambú se utiliza en muebles y cubiertos en China, fuente de alimento para los pandas gigantes en la industria textil. (Yeromiyán, 2021, p.34)

Hay 435 especies nativas en América, incluidas 3 en el sureste de Estados Unidos, más de 141 en Brasil (bambú de madera), Colombia con un total de 72 especies, Venezuela con 60 especies, Ecuador con 44 especies, Costa Rica y México con 39. especies leñosas. (Yeromiyán, 2021, p.34)

“Perú cuenta con 50-56 especies leñosas de bambú, de las cuales las más representativas son los géneros *Guadua*, *Chusquea*, *Alounenia* y *Riphiocladium*” (Ministerio de Agricultura, 2008)

### **2.3.7 Ceniza de bambú**

Abaqus et al. (2007). Explicaron cómo los residuos de bambú se hidratan cuando se utilizan como aglutinante y sustituto adecuado del cemento al 20% en peso, lo que los hace comparables al cemento portland. Para utilizar ceniza de hoja de bambú (CHB) en materiales compuestos a base de cemento, las hojas de bambú deben ser tratadas térmicamente. (pp. 1-10)

Este proceso consiste en expulsar el contenido de agua, quemar los materiales inorgánicos y calcinar. La figura 3. Muestra estas tres etapas de una hoja de bambú. Basándose en la composición química del CHB, puede utilizarse como aditivo mineral en compuestos a base de cemento. La composición química del CHB depende de la fuente de las hojas de bambú y del proceso de tratamiento térmico. Los investigadores han utilizado diferentes condiciones de tratamiento térmico para preparar CHB. Por ejemplo, Villar-Cocina et al. secaron hojas de bambú y luego las calcinaron en un horno eléctrico a 600 °C durante 2 h, mientras que Onikeku et al. utilizaron una temperatura de recocido de 650 °C. Sin embargo, Asha et al. y Dwivedi et al. Calcinaron CHB en un horno de mufla a 600 °C durante 2 h, mientras que Dhinakaran et al. Calcinaron CHB a 500 °C Según la bibliografía mencionada, la temperatura de calcinación del CHB es de 500-650 °C y la duración de la retención de 2-4 h. La CHB resultante tiene un color gris. La composición química de la CHB es la siguiente. (Danish et al.,2023, p. 26)

En la Figura 3 se ilustra el proceso de obtención de la ceniza de bambú, en la que se cumple tres procesos lavado y secado de la hoja la imagen de la izquierda, el quemado de las hojas la imagen del medio, y finalmente la calcinación de la hoja en la imagen de la derecha.

#### **Figura 3**

*Hojas secas, quemadas y calcinadas*



*Nota.* Danish et al. (2023)

Propiedades químicas del cemento. Tal como se muestra en la Tabla 1, además las propiedades químicas de la ceniza de bambú.

**Tabla 1**

*Composición química de CHB y OPC*

Composición (%)	Cemento	BLA
SiO <sub>2</sub>	21.40	75.9
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.03	4.13
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.40	1.22
MgO	1.35	1.85
CaO	61.14	7.47
Na <sub>2</sub> O	0.24	0.21
K <sub>2</sub> O	0.48	5.63
SO <sub>3</sub>	2.53	-
Pérdida por calcinación	1.29	-

*Nota:* Dwivedi et al. (2006).

En la Figura 4 se ilustra la ceniza de bambú que obtiene el autor Abaqus, en la que podemos observar el color de la CHB que es gris.

**Figura 4**

*Aspecto de la CHB*



*Nota.* Abaqus et al. (2011)

Resultados de la composición química de la ceniza de bambú. Tal como se muestra en la Tabla 2, además los porcentajes de óxidos obtenidos de la ceniza de bambú.

**Tabla 2**

*Composición química de CHB*

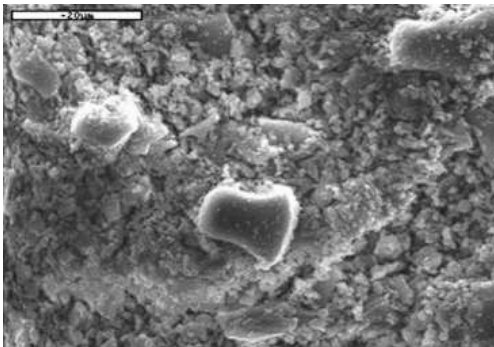
Composición química	Óxidos (%)
SiO <sub>2</sub>	80.4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.22
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.71
MgO	0.99
CaO	5.06
Na <sub>2</sub> O	0.08
K <sub>2</sub> O	1.33
SO <sub>3</sub>	1.07
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.56
MnO	0.20
ZnO	0.07
Pérdida por calcinación	8.04

*Nota.* Abaqus et al. (2011)

En la Figura 5 se ilustra la morfología de la ceniza de bambú

**Figura 5**

*Morfología de la ceniza de bambú*



*Nota.* Abaqus et al. (2011)

Resultados de los porcentajes mínimos de óxidos de cenizas. Tal como se muestra en la Tabla 3, además las clases del tipo de ceniza.

**Tabla 3***Porcentaje mínimo de óxidos de cenizas*

Componentes Químicos	Clase		
	N	F	C
SiO <sub>2</sub> ((Dióxido de silicio) + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Óxido de aluminio) + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Óxido de hierro), % mínimo.	70%	50%	50%
CaO (Óxido de calcio), porcentaje	informar	18% Max.	< 18%

*Nota.* Extraído de ASTM C618-2019.

Resultados de los porcentajes obtenidos de óxidos de cenizas de bambú de los autores usados en la tesis. Tal como se muestra en la Tabla 4, además la categoría

**Tabla 4***Óxidos necesarios para establecer el tipo de ceniza*

Autores	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Σ	categoría
Abebaw et al (2021)	65.66	6.41	4.38	15.22	76.45	N
Oluwaseun et al. (2021)	51.99	10.10	6.85	12.51	68.94	N
Hnin et al. (2018)	67.78	-	0.16	6.14	67.94	N
Tineo (2022)	63.83	9.08	2.17	7.42	75.08	N
Chavhan et al. (2022)	72.78	4.13	1.22	7.38	78.13	N
Firmansya et al. (2022)	92.78	-	0.58	4.01	93.36	N
Hani et al. (2023)	37.4	1.43	9.91	4.35	48.74	C

*Nota.* Elaboración propia.

Al analizar los resultados de los autores de sus ensayos de espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva, podemos decir que la categoría según la NTP 334.104 y la ASTM C618, que la mayoría de los autores obtienen la sumatoria de sus óxidos, llegando a la categoría N, sólo los autores Hani et al. (2023) obtuvieron la categoría de C.

### **2.3.8 Ceniza de bambú y sostenibilidad**

El bambú es probablemente el recurso natural y material de construcción de más rápido crecimiento y productividad de que dispone la humanidad. Sin embargo, su uso también genera residuos. En algunos países, se producen importantes cantidades de bambú, lo que genera grandes cantidades de residuos sólidos. En el propio Brasil, la producción brasileña de papel consume aproximadamente 500.000 toneladas de bambú cultivado al año, lo que genera 190.000 toneladas de residuos agrícolas, que a menudo se queman al aire libre, afectando negativamente al medio ambiente. (Villar et al., 2010, pp. 1-7)

### **2.3.9 Concreto simple**

Hormigón estructural sin armadura o con una armadura inferior a la cantidad mínima prescrita para el hormigón armado. Es una mezcla de cemento portland, árido fino, árido grueso y agua, que no contiene elementos de refuerzo o contiene menos de los especificados para el hormigón armado. Puede resistir la presión, pero tiene una baja resistencia a la tracción, lo que limita su utilidad como material estructural. (ACI 318S-08).

Ventajas:

- Tolerante a esfuerzos de compresión.
- Bajo precio.
- Larga vida útil (el concreto se fortalece con el paso del tiempo, en circunstancias normales).

Desventaja:

- Débil resistencia a la torsión.

Usos:

- Falso Piso  $f_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ .
- Contrapisos  $f_c = 140 \text{ Kg/cm}^2$ .
- Solados concretos  $f_c = 100 \text{ Kg/cm}^2$ .
- Sobrecimientos  $f_c = 140 \text{ Kg/cm}^2$ .
- Vereda concreto  $f_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ .
- Concreto en canales  $f_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ .

### **2.3.10 Propiedades físicas**

El tamaño de las partículas, la porosidad, la masa unitaria, la forma de las partículas y la estructura son parámetros físicos que tienen un impacto significativo en el comportamiento mecánico de la mezcla de hormigón porque determinan la resistencia y la durabilidad de la mezcla en estado endurecido. (Águila, 2010, p. 34)



## Trabajabilidad

“Trabajabilidad Propiedad del hormigón o mortero recién mezclado que determina la facilidad con la que se puede mezclar, colocar, compactar y homogeneizar” (ACI 238.1R-08, p. 70).

“la trabajabilidad se debería definir como una propiedad física del concreto sólo con referencia a las circunstancias de un tipo particular de construcción” (Adam Neville, 2013, p. 622).

### **2.3.11 Propiedades mecánicas**

Características mecánicas que dependen de la composición, estructura o comportamiento de los materiales constituyentes en respuesta a factores físicos y químicos externos. La dureza, la resistencia, la tenacidad y la pegajosidad de un material se describen mediante sus cualidades mecánicas. (Águila, 2010, p. 35)

#### Resistencia a la compresión

“Todos los materiales utilizados en la construcción de estructuras comparten la capacidad de resistir el aplastamiento conocida como resistencia a la compresión” (Hernández et al., 2018, p. 5).

El ACI 522R-10 (2010) “esboza una serie de variables que han sido identificadas y estudiadas por diversos autores a través de diversos estudios de laboratorio y que afectan a la resistencia a la compresión del hormigón permeable” (p. 9).

#### Resistencia a la flexión

Es el resultado de la resistencia a la tracción del hormigón y una medida de la resistencia al momento de rotura de una viga o losa de hormigón armado. National Ready Mixed Concrete Association (NRMCA, 2018, p.7).

Se calcula sometiendo cargas puntuales a dimensiones conocidas y registrando el peso soportado por la viga hasta el fallo.

El ACI 522R-10 (2010) “explica que se realizaron varias pruebas de laboratorio para estudiar el impacto y la conexión entre la RC y la RF” (p. 10).

#### Densidad

“La densidad del hormigón se define como la masa de la sustancia por unidad de volumen, que se mide en metros cúbicos (m<sup>3</sup>). Es fundamental recordar que, aunque el hormigón conserva el mismo volumen, su peso puede fluctuar” (Águila, 2010, p. 35).

“La densidad del hormigón está directamente correlacionada con los materiales utilizados para fabricarlo. Como áridos pueden utilizarse arena, piedra, grava o gravilla, pero hay

muchas sustancias adicionales que pueden cambiar drásticamente la textura, la forma y la resistencia del hormigón” (Águila, 2010, p. 35).

Según el ACI 522R-10 (2010) afirma que: “el contenido de vacíos es dependiente de diversos factores tales como la gradación del agregado, el contenido de material cementante, la relación agua-cemento (a/c) y el esfuerzo de compactación” (p. 11).

## CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

### 3.1 Hipótesis

#### 3.1.1 Hipótesis general

Al analizar el concreto simple con incorporación de ceniza de bambú mejoran las propiedades físico-mecánicas.

#### 3.1.2 Hipótesis específicas

- a) Al analizar el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple mejora el asentamiento.
- b) Al analizar el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple incrementa la resistencia a la compresión.
- c) Al analizar el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple incrementa la resistencia a la flexión.
- d) Al analizar el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple incrementa la densidad.

### 3.2 Variables

#### 3.2.1 Variable dependiente

- Propiedades físico-mecánicas

#### 3.2.2 Variable independiente

- Ceniza de bambú

### 3.3 Sistema de variables

#### 3.3.1 Definición conceptual

- Variable dependiente - Propiedades físico mecánicas.

Según (Borjas, 2012), la causa o productora de la variable dependiente es la variable que crea el impacto. (p. 49)

(Montalvo, 2015) Indicó que la conducta física del hormigón en su estado fresco se mide mediante la trabajabilidad, densidad, consistencia o asentamiento del concreto, mientras el comportamiento de sus propiedades mecánicas en estado endurecido es: flexión, compresión, tracción y absorción de agua tienen que ser determinadas sobre probetas mediante ensayos normados. (p. 33)

- Variable independiente - Ceniza de bambú.

“Es el resultado o impacto provocado por el comportamiento de la variable independiente” (Borjas, 2012, p. 50).

“La ceniza de bambú contiene sílice. Para evaluar RC, RF, densidad, absorción de agua y el comportamiento de adherencia, este nuevo material puede utilizarse en lugar del cemento” (Selvam K. et al., 2019, p. 2).

### **3.3.2 Definición operacional**

- Variable dependiente - Propiedades físico-mecánicas.

En la propiedad física se realiza el ensayo al hormigón en estado fresco para hallar el asentamiento.

Para la propiedad mecánica se realizan ensayos del concreto endurecido con probetas para hallar su RC, RF y densidad.

- Variable independiente - Ceniza de bambú.

Según Selvam K. et al. (2019), “la adición de 2%, 4% y 6% de CHB mejora las cualidades de RC, RF y densidad” (p. 3).

Estas variables independiente y dependiente se efectúan tal y como se muestra en el Tabla

5

**Tabla 5**

*Operacionalización de variables*

Variable independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Escala
Ceniza de bambú	La CHB contiene sílice. Para evaluar la RC, la RF y el comportamiento de adherencia, este nuevo material puede utilizarse en lugar del cemento (Selvam K. et al. 2019).	Según Selvam K. et. al (2019), la adición de 2%, 4% y 6% de CHB mejora las cualidades del concreto.	Ceniza de bambú	% de ceniza de bambú	%	Cuantitativa o discreta
Variable dependiente						
Propiedades físico-mecánicas	(Montalvo, 2015) indicó que el comportamiento físico del concreto en su estado fresco se mide mediante la trabajabilidad, consistencia o asentamiento del concreto, mientras el comportamiento de sus propiedades mecánicas en estado endurecido es: flexión, compresión, tracción y densidad tienen que ser determinadas sobre probetas mediante ensayos normados.	Se realiza el ensayo físico al concreto en estado fresco.  Se realizan ensayos del concreto endurecido con probetas para hallar su resistencia a la compresión, flexión y densidad.	Propiedades físicas	Asentamiento	pulgadas	Cuantitativa o continua
				Resistencia a la compresión	Mpa	Cuantitativa o continua
			Propiedades mecánicas	Resistencia a la flexión	Mpa	Cuantitativa o continua
				Densidad	kg/m3	Cuantitativa o continua

*Nota.* Elaboración propia

## **CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DEL ESTUDIO**

En el estudio efectuado por Chavarry, et al. (2020), el método utilizado fue un enfoque deductivo, de orientación aplicada, cuantitativo y, como herramienta de recopilación de datos, una investigación de tipo retrospectivo, descriptivo, correlacional y explicativo. Se añadió vidrio molido al hormigón armado para limitar la retracción plástica. El estudio tenía un diseño experimental, a largo plazo, prospectivo y de cohortes (causa-efecto).

Este estudio da a conocer una investigación documental ya que toda la información que se obtiene mediante la interpretación de la información leída de textos digitales, libros relacionados al tema, artículos, normas, etc. También es bibliográfica porque enfocamos la investigación en la recopilación de material existente en estos últimos 5 años. Es descriptivo ya que se analizó, describió y clasificó la población.

### **4.1 Tipo y nivel**

#### ***4.1.1 Tipo***

El carácter de estudio es descriptivo, explicativo y correlacional. Descriptiva debido a que se especificaron las propiedades y características de los agregados y de la CHB, es decir se pudo medir, evaluar y recolectar datos de las variables.

Correlacional porque se buscó la relación de las características físico-mecánicas de los agregados y de la CHB con el fin de aumentar las propiedades mecánicas del hormigón. explicativa porque se alcanzó explicar el efecto que causa la incorporación de CHB en el concreto simple.

#### ***4.1.2 Nivel***

Es descriptivo porque permitió cuantificar las variables al determinar las características de los agregados, estableció la relación a/c y la influencia de la CHB en el diseño de mezcla para incrementar o mejorar las propiedades mecánicas del hormigón según la norma E. 060.

### **4.2 Población y muestra de estudio**

#### ***4.2.1 Población***

La recopilación de datos en donde las muestras de concreto con adición CHB tomadas en base a las normas donde los investigadores han realizado sus correspondientes estudios.

#### **4.2.2 Muestra**

De acuerdo a cada artículo científico, se considera muestra las probetas que se ensayaron en los laboratorios para la RC, la RF, según la norma técnica peruana, NTP 339.034, con probetas cilíndricas de 4”x8”, se considera 3 muestras por cada día de rotura, a los 7, 14 y 28 días de curado, también para el ensayo de asentamiento se realizaron según la norma NTP 339.35.

### **4.3 Diseño de investigación**

#### **4.3.1 Experimental**

Esta investigación es no experimental en donde la información de artículos científicos y tesis, ayudarán obtener conclusiones con respecto al concreto simple y las propiedades físico-mecánicas.

### **4.4 Técnicas e instrumentos de investigación**

#### **4.4.1 Instrumento de recolección de datos**

Recopilación de datos que se aplicaron y se ensayaron en laboratorios de tecnología del concreto según los artículos científicos y siguiendo las normativas nacionales e internacionales.

#### **4.4.2 Métodos y técnicas**

En esta investigación se usó artículos científicos, donde se hicieron ensayos de laboratorio de tecnología de concreto y se cumplieron con las normativas nacionales e internacionales.

### **4.5 Descripción de procesamiento de análisis**

La información de artículos científicos que contiene datos, gráficos, tablas y conclusiones, se pudo separar la información a nuestra línea de investigación para ser utilizado como pruebas que demuestren un resultado y en donde concluimos nuestra hipótesis y darle término a nuestra investigación.

## CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.1 Resultados de la investigación

- a) Determinar el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple para mejorar el asentamiento.

Resultados de asentamiento. Tal como se muestra en la Tabla 6, además la relación a/c, el porcentaje de ceniza de bambú.

**Tabla 6**

*Autores para resultados de asentamiento*

Autor	Título	Relación a/c	Ceniza de bambú (%)
Hnin et al. (2018)	<i>Experimental Investigation on Effect of Bamboo Leaf Ash Replacing Cement on Compressive Strength</i>	0.50	0, 5, 10 y 15
Chavhan et al. (2022)	<i>Experimental Investigation on Concrete with Bamboo Leaf Ash</i>	0.50	0, 5, 10 y 15
Abebaw et al. (2022)	<i>Partial Replacement of Cement with Bamboo Leaf Ash on Concrete Property</i>	0.49	0, 5, 10, 15 y 20
Firmansyah et al. (2022)	<i>Pengaruh Penggunaan Abu Daun Bambu Sebagai Pengganti Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Sebagai Pendukung Bahan Ajar Mata Kuliah Teknologi Beton</i>	0.50	0, 5, 7, 9 y 11
Tineo (2022)	Determinación óptima de cenizas de hojas de bambú para mejorar la resistencia del concreto F'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> , Lima 2022	0.56	0, 5, 10 y 15

*Nota.* Elaboración propia



Abebaw, et. al (2021)

El autor nos muestra los materiales que es usado en su artículo, también de dónde vienen los materiales y las características de ellos.

- a) Cemento portland ordinario (OPC), que se fabrica en Dangote, cumple los estándares de ASTM.
- b) La hoja de bambú utilizada para este estudio se tomó de la zona de Awi, Etiopía, África. Se recolectó una tonelada métrica de hoja de bambú de la fuente y luego se secó al sol, y se quemó en un ambiente abierto, antes de quemarse en un horno durante dos horas a 600°C.
- c) Proporción de la mezcla de ceniza de Bambú (CHB) 5%, 10%, 15%, 20%.
- d) Conclusión, la trabajabilidad del concreto disminuye a medida que aumenta la cantidad de reemplazo de ceniza de bambú.

Resultados de las propiedades del cemento. Tal como se muestra en la Tabla 7, pero además las pruebas realizadas respecto a la norma usada.

**Tabla 7**

*Propiedades del cemento*

Propiedades		Resultados	Prueba estándar
Solidez (mm)		0.9	ASTM C -151
Tiempo de fraguado (min)	Inicial	120	ASTM C -191
	Final	280	ASTM C -191
Consistencia (%)		26	ASTM C -187

*Nota.* Abebaw, et. al (2021)

Resultado de la propiedad física de la ceniza de bambú y sus unidades. Tal como se muestra en la Tabla 8.

**Tabla 8**

*Propiedades físicas de la ceniza de bambú*

Parámetros	Resultados
Color	Gris oscuro
Gravedad específica (g/cc)	2.15
Finura (%)	30.50
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	1214

*Nota.* Abebaw, et. al (2021)

Resultado de la propiedad física del agregado fino. Tal como se muestra en la Tabla 9, además las pruebas usadas según norma.

**Tabla 9**

*Propiedades físicas del agregado fino*

Tipos de pruebas	Resultados de la prueba	Prueba estándar
Módulo de finura	2.93	ASTM-C 136
Peso unitario a granel (kg/m <sup>3</sup> )	1820	ASTM-C 29
Gravedad específica	2.75	ASTM-C 128
Absorción (%)	2.1	ASTM-C 128
Contenido de humedad (%)	1.03	ASTM-C 566

*Nota.* Abebaw, et. al (2021)

Resultado de la propiedad física del agregado grueso. Tal como se muestra en la Tabla 10, además las pruebas usadas según norma.

**Tabla 10**

*Propiedades físicas del agregado grueso*

Tipos de pruebas	Resultados de la prueba	Prueba estándar
Agregado máximo nominal tamaño	25 mm	ASTM-C 33
Peso unitario a granel (kg/m <sup>3</sup> )	161	ASTM-C 29
Gravedad específica	2.63	ASTM-C 127
Absorción (%)	1.41	ASTM-C 127
Contenido de humedad (%)	0.53	ASTM-C 566

*Nota.* Abebaw, et. al (2021).

Resultado de los pesos corregidos de los materiales a usar. Tal como se muestra en la Tabla 11, además con sus unidades.

**Tabla 11**

*Pesos corregidos por humedad*

Materiales	Pesos	Unidades
Cemento	365	Kg/m <sup>3</sup>
Agua de Mezclado	196.74	Kg/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	778	Kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	1086	Kg/m <sup>3</sup>

*Nota.* Abebaw, et. al (2021)

Resultado de proporciones usadas para la mezcla de los ensayos. Tal como se muestra en la Tabla 12, además los porcentajes de ceniza de bambú (BLA).

**Tabla 12**

*Proporciones de material para mezcla de los ensayos*

Material (kg/m <sup>3</sup> )	Patrón	Adición BLA 5%	Adición BLA 10%	Adición BLA 15%	Adición BLA 20%
Cemento	365	346.5	328.5	310.25	292
BLA	0	18.25	36.5	54.75	73
Agregado Fino	778	778	779	742.15	739.75
Agregado Grueso	1086	1086	1086	1086	1086
Agua	196.74	196.74	196.44	196.4	196.4
Agua/cemento (a/c)	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49

*Nota.* Abebaw, et. al (2021)

Resultado de las propiedades físicas de los agregados usados. Tal como se muestra en la Tabla 13, además sus unidades.

**Tabla 13**

*Propiedades físicas de los agregados*

Características Físicas de los Agregados	Agregado Fino	Agregado Grueso
Peso Específico (gr/cm <sup>3</sup> )	2.75	2.63
Absorción (%)	2.1	1.41
Peso Unitario Suelto (gr/cm <sup>3</sup> )	1820	1611
Tamaño Máximo Nominal (pulg.)	-	1
Módulo de Fineza	2.93	-
Contenido de Humedad (%)	1.03	0.53

*Nota.* Abebaw, et. al (2021)

Resultado de la prueba de asentamiento. Tal como se muestra en la Tabla 14, además los porcentajes de ceniza de bambú.

**Tabla 14**

*Ensayo de asentamiento*

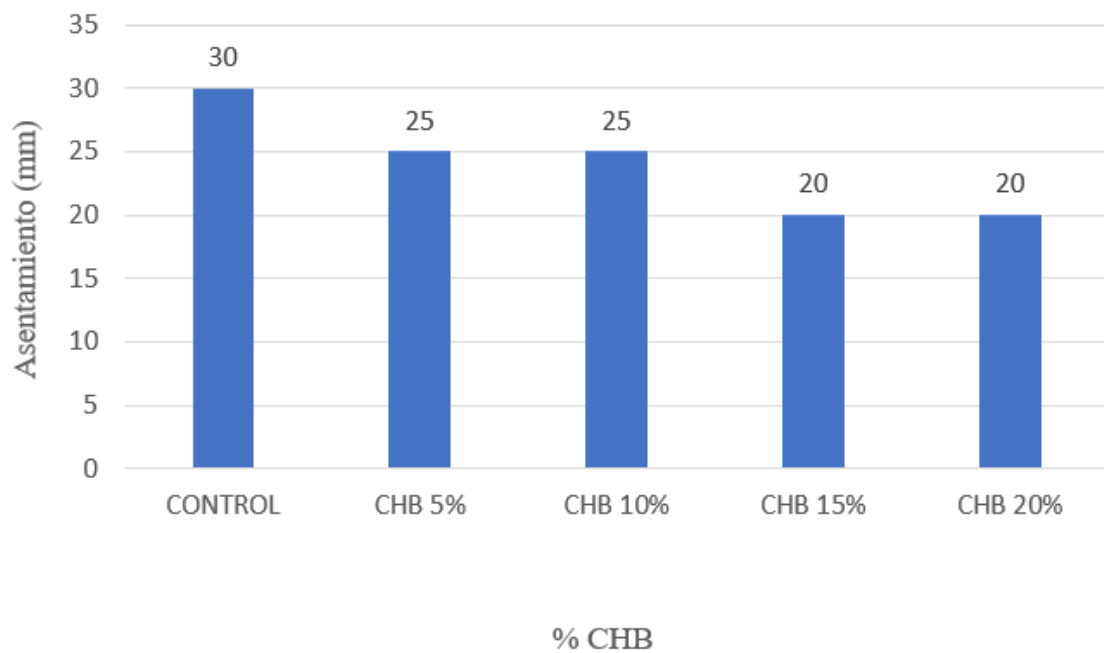
Dosis	Asentamiento (mm)
Control	30
5%	25
10%	25
15%	20
20%	20

*Nota.* Abebaw, et. al (2021)

En la Figura 6 se ilustra el asentamiento, en la que podemos ver los porcentajes de sustitución de ceniza de bambú.

**Figura 6**

*Asentamiento vs sustitución de ceniza de bambú*



*Nota.* Abebaw, et. al (2021)

Chavhan, et. al (2022).

El autor nos muestra los materiales que usa en su artículo como donde se obtuvo la hoja de bambú y el procedimiento de obtención de CHB.

- a) Cemento portland ordinario.
- b) Arena de río.

- c) Piedra triturada.
- d) Agua proviene del pozo entubado de Waingana college en Nagpur.
- e) Hoja de bambú Manvel.

Las hojas de bambú se recolectaron de Dongargaon, Wardha Road, Ngpur, Maharashtra, las hojas se secaron al sol, luego se quemaron en un tambor de hierro cerrado, luego las cenizas se dispersaron en la superficie y se dejaron enfriar durante 24 horas, como resultado la ceniza de bambú obtuvo un color gris.

Resultado de los análisis químicos del cemento ordinario portland, ceniza de bambú. Según se muestra en la Tabla 15, además los óxidos necesarios.

**Tabla 15**

*Análisis químico de cemento ordinario Portland y ceniza de bambú*

Constituyentes	Cemento portland ordinario (OPC)	Ceniza de hoja de bambú (BLA)
Dióxido de silicio (SiO <sub>2</sub> )	21.47%	72.78%
Óxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	4.61%	4.13%
Óxido férrico (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3.32%	1.22%
Óxido de calcio (CaO)	64.61%	7.38%

*Nota.* Chavhan et al. (2022)

Resultado de la prueba de asentamiento. Como se muestra la Tabla 16, además los porcentajes de ceniza de bambú.

**Tabla 16**

*Prueba de asentamiento*

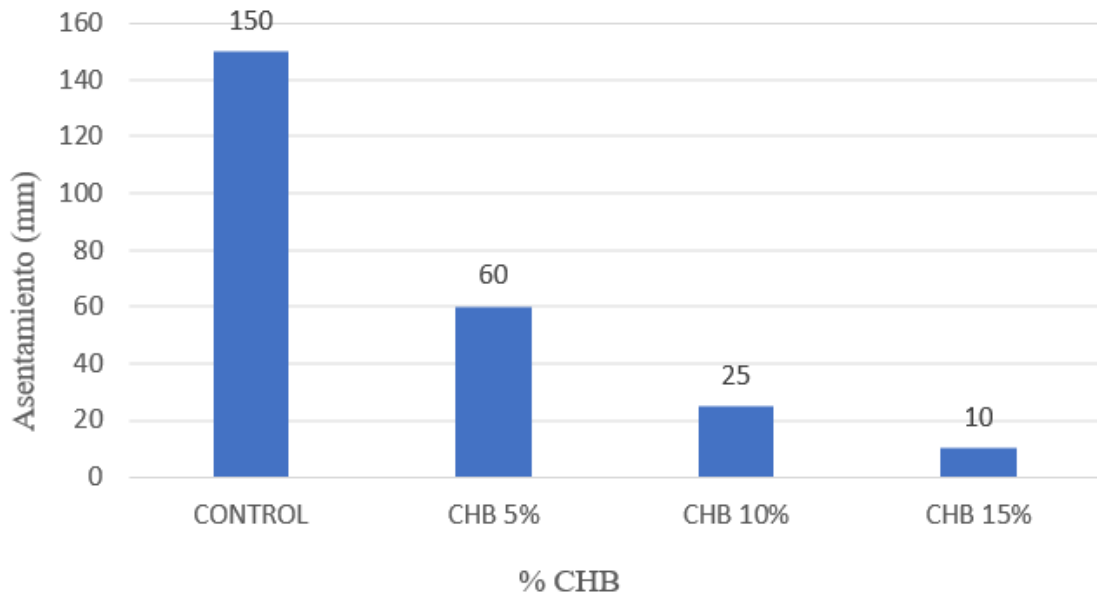
Diseño de concreto	Control	5%	10%	15%
Descripción	Asentamiento (mm)	Asentamiento (mm)	Asentamiento (mm)	Asentamiento (mm)
Estado fresco	160	155	130	-

*Nota.* Chavhan et al. (2022)

En la Figura 7 se ilustra el asentamiento, en la que podemos ver los porcentajes de sustitución de ceniza de bambú.

**Figura 7**

*Asentamiento de concreto con ceniza de bambú*



*Nota.* Chavhan et al. (2022)

Hnin et al. (2018)

El autor nos muestra las características de los materiales que usa en su artículo y cómo llegó a obtener las hojas de bambú, para luego obtener la CHB.

- a) Cemento portland ordinario tipo 1 marca Apache
- b) Arena de río, arena afilada
- c) Piedra triturada, tamaño nominal 19 mm
- d) Agua, de un pozo entubado de *High-Tech Concret Company Limited*
- e) Hojas de bambú Wanet.

Las hojas de bambú se recogieron de producciones domésticas del municipio de Pindaya, estado de Shan, Myanmar. Las hojas de bambú se secaron al sol y se quemaron en un tambor metálico cerrado. Las cenizas se esparcieron por la superficie y se dejaron enfriar durante 24 horas y se obtuvo la ceniza de color gris.

Resultado de composición química del cemento ordinario portland y la ceniza de hoja de bambú. Según como se muestra en la Tabla 17, además los óxidos del cemento ordinario portland y de la ceniza de bambú.

**Tabla 17***Composición química de OPC y CHB*

Constituyentes	Cemento portland ordinario (OPC)	Ceniza de hoja de bambú (BLA)
SiO <sub>2</sub>	21.47%	67.78%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.61%	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.32%	1.156%
CaO	64.61%	6.138%

*Nota.* Composición química del OPC y la CHB. Adaptado de Hnin et al. (2018)

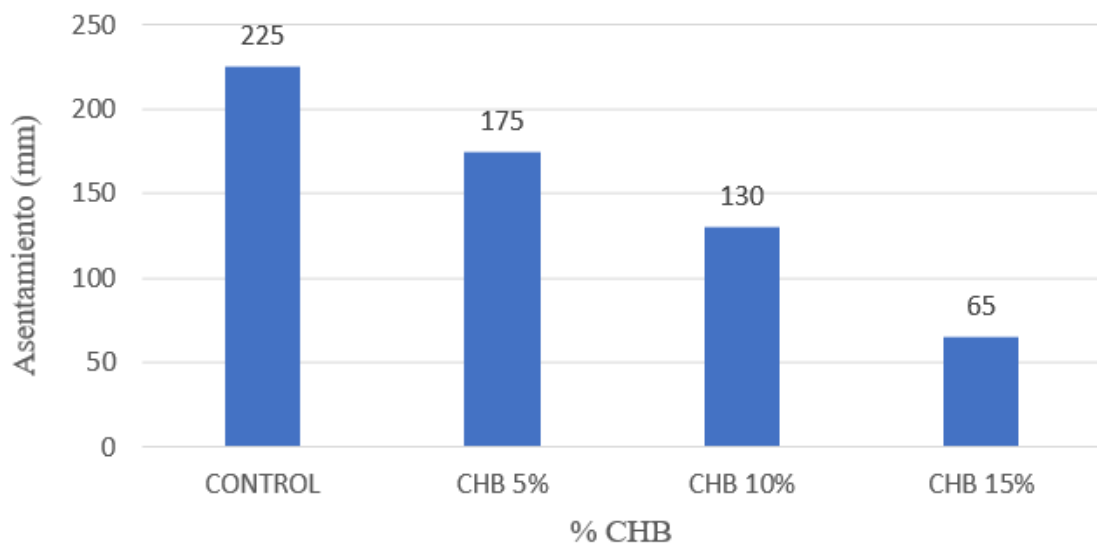
Resultado de la prueba de asentamiento. Tal como se muestra en la Tabla 18, además los porcentajes de sustitución de ceniza de bambú en el diseño de concreto.

**Tabla 18***Prueba de asentamiento*

Diseño de concreto	Control	5%	10%	15%
Descripción	Asentamiento (mm)	Asentamiento (mm)	Asentamiento (mm)	Asentamiento (mm)
Estado fresco	225	175	130	65

*Nota.* Hnin et al. (2018)

En la Figura 8 se ilustra el asentamiento del concreto, en la que podemos ver los porcentajes de sustitución de ceniza de bambú.

**Figura 8***Asentamiento del concreto vs sustitución de ceniza de bambú*

*Nota.* Hnin et al. (2018)

Firmansyah et al. (2022)

El autor nos muestra los materiales usados en su artículo y algunas características de los materiales usados.

- a) Cemento portland ordinario, gravedad específica 3.12
- b) Agregado fino
- c) Agregado grueso
- d) Ceniza de bambú gravedad específica 2.29, relación a/c = 0.50.

Resultados de la proporción de la mezcla de hormigón. Tal como se muestra en la Tabla 19, además los pesos usados para cada muestra.

**Tabla 19**

*Proporción de la mezcla del hormigón*

Muestra	Cemento (Kg)	% de ceniza de bambú	Bambú (Kg)	Ag, fino (Kg)	Ag. Grueso (Kg)
Patrón	5.88	0	0	10.61	18.25
5	5.59	5	0.29	10.61	18.25
7	5.47	7	0.41	10.61	18.25
9	5.35	9	0.53	10.61	18.25
11	5.23	11	0.65	10.61	18.25

*Nota.* Firmansyah et al. (2022)

Resultados del ensayo de asentamiento y su relación a/c. Tal como se muestra en la Tabla 20, además los porcentajes de ceniza de bambú.

**Tabla 20**

*Ensayo de asentamiento*

Porcentaje de ceniza de bambú	Asentamiento (mm)	Relación (a/c)
0	130	
5	105	0.50
10	118	

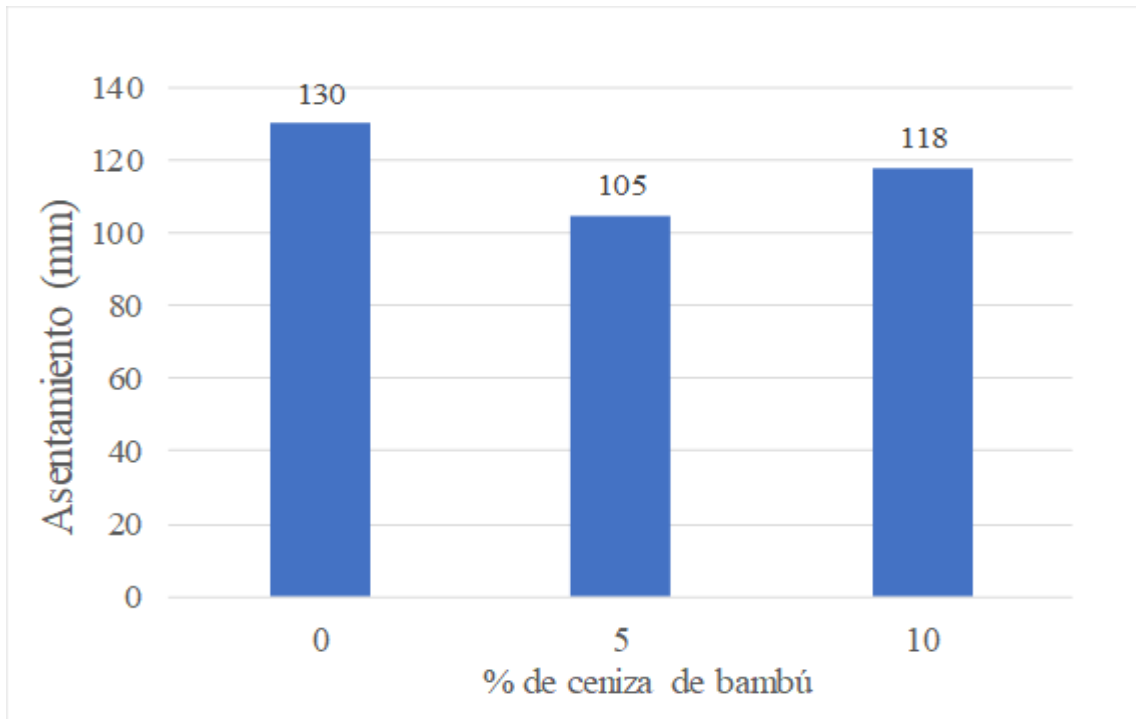
*Nota.* Firmansyah et al. (2022)



En la Figura 9 se ilustra los resultados de la prueba de asentamiento, en la que se muestra también los porcentajes de ceniza de bambú.

**Figura 9**

*Prueba de asentamiento vs porcentaje de ceniza de bambú*



Nota. Firmansyah et al. (2022).

Tineo (2022)

El autor nos muestra el ensayo con que se pudo hallar la composición química de la CHB y así poder clasificarla según las normas, las cuales se emplearon en su investigación, también nos clasifica los materiales usados y la obtención de la hoja de bambú, como el procedimiento de obtención de CHB.

Resultados de la composición química de la ceniza de hoja de bambú usada por el autor. Tal como se muestra en la Tabla 21, además el método usado es “Espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva” (EDXRF).

**Tabla 21**

*Composición química de CHB*

Composición química	Resultados (%)	Método utilizado
SiO <sub>2</sub>	63.83	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.08	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.17	

K <sub>2</sub> O	8.54	Espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva (EDXRF)
CaO	7.42	
(MgO	7.3	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.18	
TiO <sub>2</sub>	0.19	
SO <sub>3</sub>	0.13	
MnO	0.1	
ZnO	0.05	
Óxido de cobre CuO	0.01	

*Nota.* Tineo (2022)

Resultados de los porcentajes obtenidos de la composición química de la ceniza de hoja de bambú. Tal como se muestra en la Tabla 22, además los óxidos obtenidos y la clase de ceniza.

**Tabla 22**

*Porcentaje obtenido de la composición química de la CHB*

Componentes Químicos	Resultados (%)	Clase
SiO <sub>2</sub>	63.83	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.08	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.17	
	75.08	N

*Nota.* Tineo (2022)

Resultados de laboratorio para la elaboración del diseño de mezcla. Tal como se muestra en la Tabla 23, además los pesos usados para el diseño de mezcla.

**Tabla 23**

*Datos de laboratorio para elaboración del diseño de mezcla*

Propiedades físicas de los materiales	unidades	Ag. Fino	Ag. Grueso	CHB
P. Unitario suelto	Kg/m <sup>3</sup>	1535	1319	-
P. Unitario compactado	Kg/m <sup>3</sup>	1755	1535	-
Pe. De la masas	gr/cc	2.64	2.65	1.10
Porcentaje de absorción	%	1.50	1.00	50.30
Módulo de finura (MF)	-	2.93	6.82	-
Tamaño nominal	Pulgada		¾	-
Porcentaje de Óxidos (SiO <sub>2</sub> ) + (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) + (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	%			75.08

*Nota.* Tineo (2022)

Resultado del ensayo de asentamiento y la incorporación de ceniza de hoja de bambú. Tal como se muestra en la Tabla 24, además los resultados en pulgadas y milímetros.

**Tabla 24**

*Ensayo de asentamiento con incorporación de CHB*

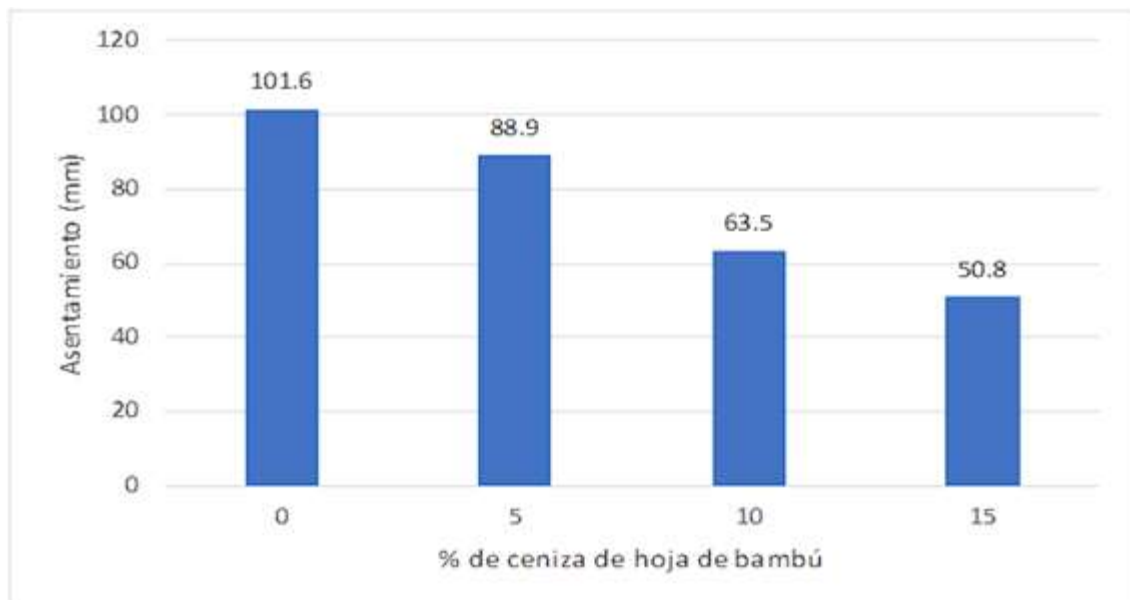
Concreto	Slump (Pulg.)	(mm)
Concreto patrón	4	101.6
Concreto con 5% de ceniza de hoja de bambú	3.5	88.9
Concreto con 10% de ceniza de hoja de bambú	2.5	63.5
Concreto con 15% de ceniza de hoja de bambú	2	50.8

*Nota.* Tineo (2022)

En la Figura 10 nos ilustra el ensayo de asentamiento, en la que también se muestra el porcentaje de ceniza de hoja de bambú.

**Figura 10**

*Ensayo de asentamiento vs sustitución de CHB*



*Nota.* Tineo (2022)

- b) Determinar el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple para mejorar la resistencia a la compresión.

Resultado de los autores usados para este objetivo específico. Tal como se muestra en la Tabla 25, además la a/c, y sus porcentajes de ceniza bambú.

**Tabla 25**

*Tabla de autores para resultados de RC*

Autor	Título	Relación a/c	Ceniza de bambú (%)
Hnin et al. (2018)	<i>Experimental Investigation on Effect of Bamboo Leaf Ash Replacing Cement on Compressive Strength</i>	0.50	0, 5, 10 y 15
Chavhan et al. (2022)	<i>Experimental Investigation on Concrete with Bamboo Leaf Ash</i>	0.50	0, 5, 10 y 15
Tineo (2022)	Determinación óptima de cenizas de hojas de bambú para mejorar la resistencia del concreto F'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> , Lima 2022	0.56	0, 5, 10 y 15
Abebaw et al. (2021)	<i>Experimental Investigation on Effect of Partial Replacement of Cement with Bamboo Leaf Ash on Concrete Property</i>	0.49	0, 5, 10, 15 y 20
Hani et al. (2023)	<i>performance of beam containing bamboo ash in concrete mixture</i>	-	0, 5, 10, 15, y 20
Oluwaseun et al. (2021)	<i>Engineering Properties of Paving stones made with Bamboo ash as a Partial Replacement for Cement</i>	0.40	0, 5, 10, y 15

*Nota.* Elaboración propia.

Hnin, et. al (2022)

El autor en su artículo científico nos muestra su ensayo a la RC, y tiene las características que usaremos para poder obtener nuestra contrastación de hipótesis.

Resultado de RC con sustitución de CHB. Tal como se muestra en la Tabla 26, además los días de curado de cada muestra.

**Tabla 26**

*Ensayo de RC*

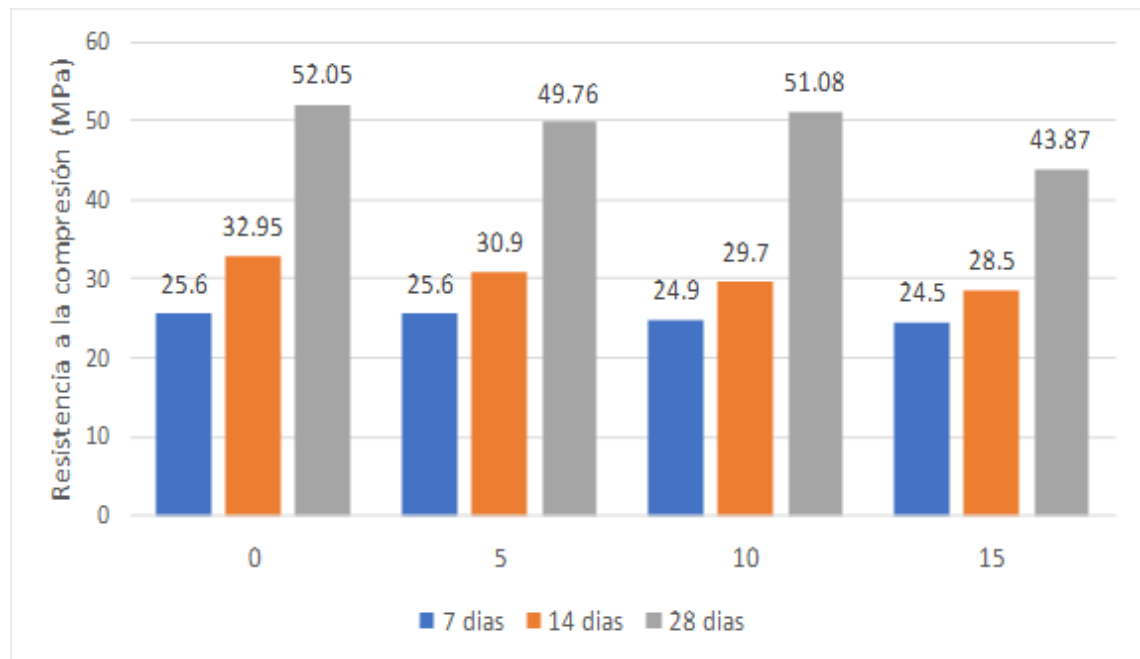
Sustitución de ceniza de bambú	Ensayo de RC (MPa)		
	7 días	14 días	28 días
0	25.60	32.95	52.05
5	25.60	30.90	49.76
10	24.90	29.70	51.08
15	24.50	28.50	43.87

*Nota.* Hnin, et. al (2022)

En la Figura 11 nos ilustra el resultado del ensayo a la RC y los porcentajes de sustitución de CHB, en la que también se muestra los días de curado.

**Figura 11**

*Resultado del ensayo a la RC*



*Nota.* Hnin, et. al (2022)

Abebaw et. al (2021)

El autor nos muestra sus resultados de su ensayo de RC con los porcentajes de sustitución de CHB, usados en los días de curado de 28 días y 56 días.

Resultado del ensayo de RC y los porcentajes de sustitución de CHB. Tal como muestra en la Tabla 27, además los días de curado del ensayo realizado.

**Tabla 27**

*Ensayo de RC*

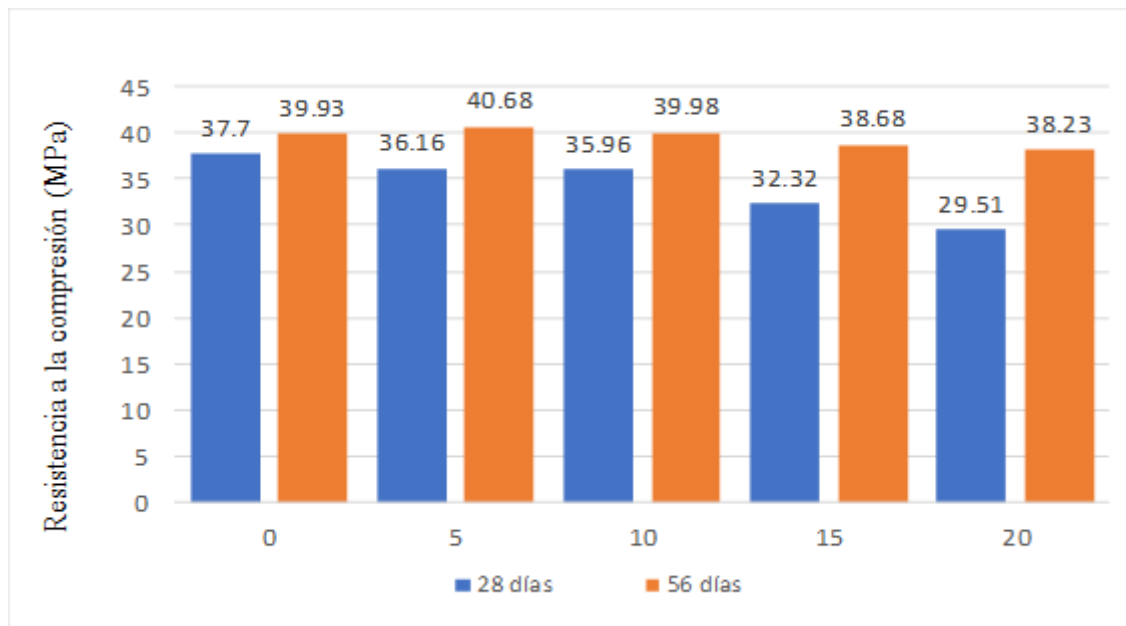
% de sustitución de ceniza de bambú	Ensayo de RC (MPa)			
	7 días	21 días	28 días	56 días
0	-	-	37.7	39.93
5	-	-	36.16	40.68
10	-	-	35.96	39.98
15	-	-	32.32	38.68
20	-	-	29.51	38.23

*Nota.* Abebaw et. al (2021)

En la Figura 12 nos ilustra el resultado del ensayo de RC con los porcentajes de sustitución de CHB, en la que también los días de curado del ensayo.

**Figura 12**

*Resultado del ensayo a la RC vs sustitución de OPC por CHB*



*Nota.* Abebaw, et. al (2021)

Chavhan, et. al (2018)

El autor nos muestra sus resultados del ensayo de RC y los porcentajes usados en su ensayo con los días de curado trabajados.

Resultados del ensayo de RC con los porcentajes de sustitución de CHB. Tal como se muestra en la Tabla 28, además los días de curado de los ensayos.

**Tabla 28**

*Ensayo de RC*

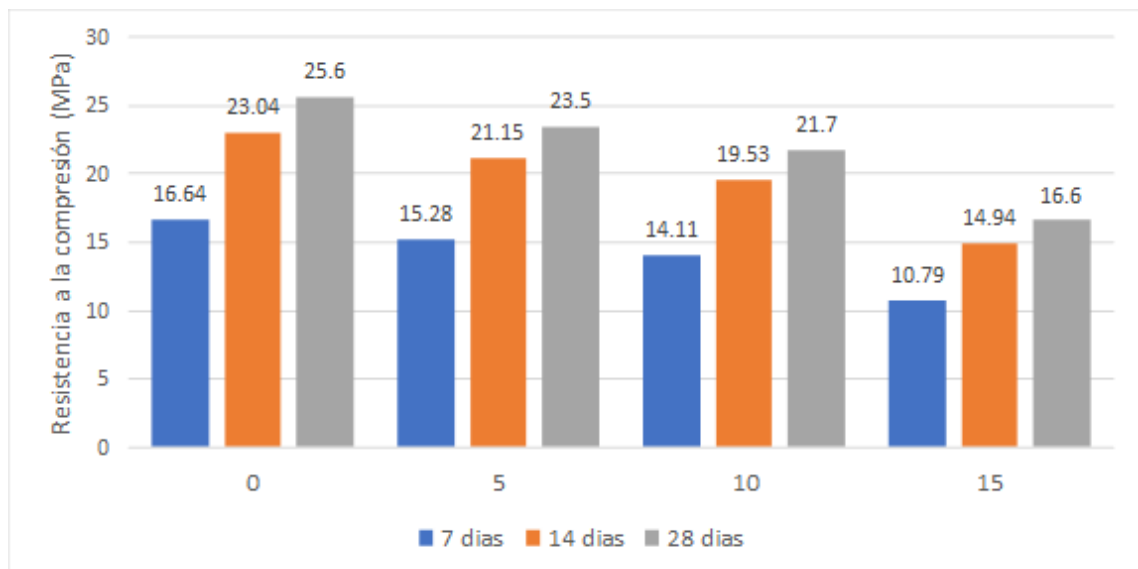
Porcentaje de sustitución de ceniza de bambú	Ensayo de RC (MPa)		
	7 días	14 días	28 días
0	16.64	23.04	25.60
5	15.28	21.15	23.50
10	14.11	19.53	21.70
15	10.79	14.94	16.60

*Nota.* Chavhan, et. al (2018)

En la Figura 13 nos ilustra los resultados del ensayo de RC, en la que también podemos apreciar los porcentajes de sustitución de CHB y los días de curado.

**Figura 13**

*Resultado del ensayo a la resistencia a la compresión*



*Nota.* Chavhan, et. al (2018)

El autor Tineo (2022)

El autor nos muestra sus resultados del ensayo de RC en las unidades de MPa, con la sustitución de CHB y los días de curado en la que se trabajó la mezcla de concreto.

Resultados del ensayo RC para las mezclas con sustitución porcentual de CHB. Tal como se muestra en la Tabla 29, además los días de curado.

**Tabla 29**

*Ensayo de RC para mezclas de concreto con sustitución porcentual de CHB*

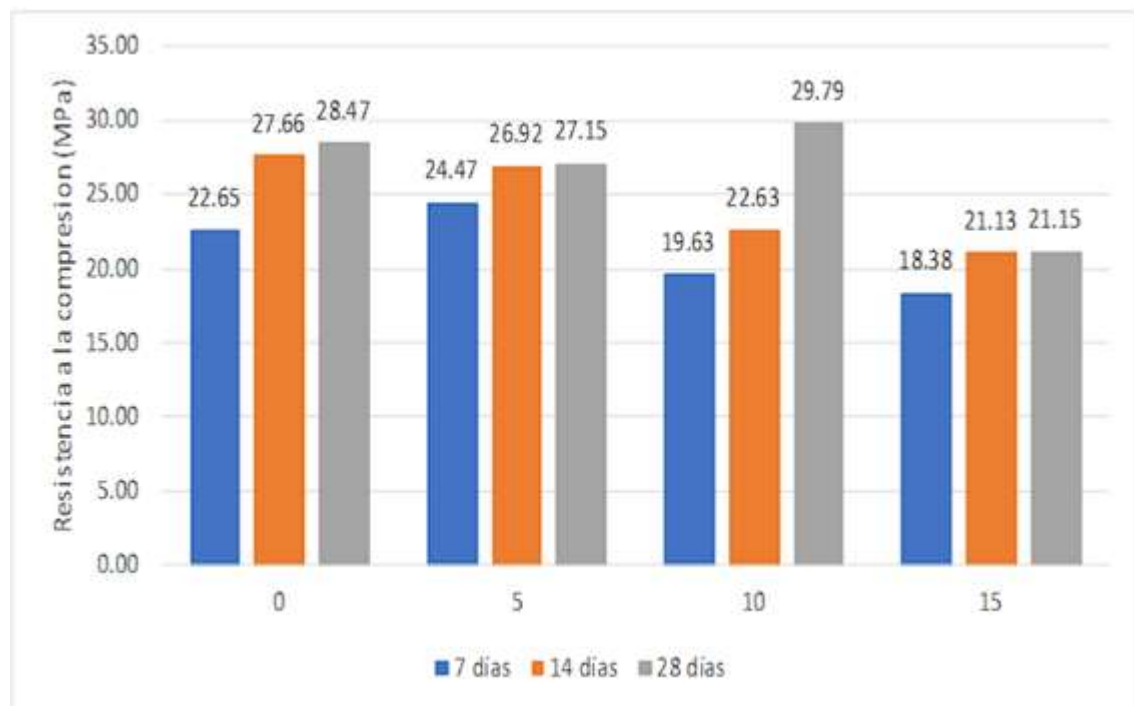
% de sustitución de ceniza de bambú	Ensayo de RC (MPa)		
	7 días	14 días	28 días
0	22.65	27.66	28.47
5	24.47	26.92	27.15
10	19.63	22.63	29.79
15	18.38	21.13	21.15

*Nota.* Tineo (2022)

En la Figura 14 nos ilustra el ensayo de RC con la sustitución parcial de CHB, en la que podemos apreciar los días de curado.

**Figura 14**

*Ensayo de RC con sustitución de CHB*



*Nota.* Tineo (2022)



Oluwaseun et al. (2021)

El autor nos muestra su resultado del ensayo de RC con el porcentaje de sustitución de CHB usados en las mezclas de concreto, también los días de curado.

Resultado del ensayo de RC. Tal como se muestra en la Tabla 30, además los días de curado.

**Tabla 30**

*Ensayo de RC*

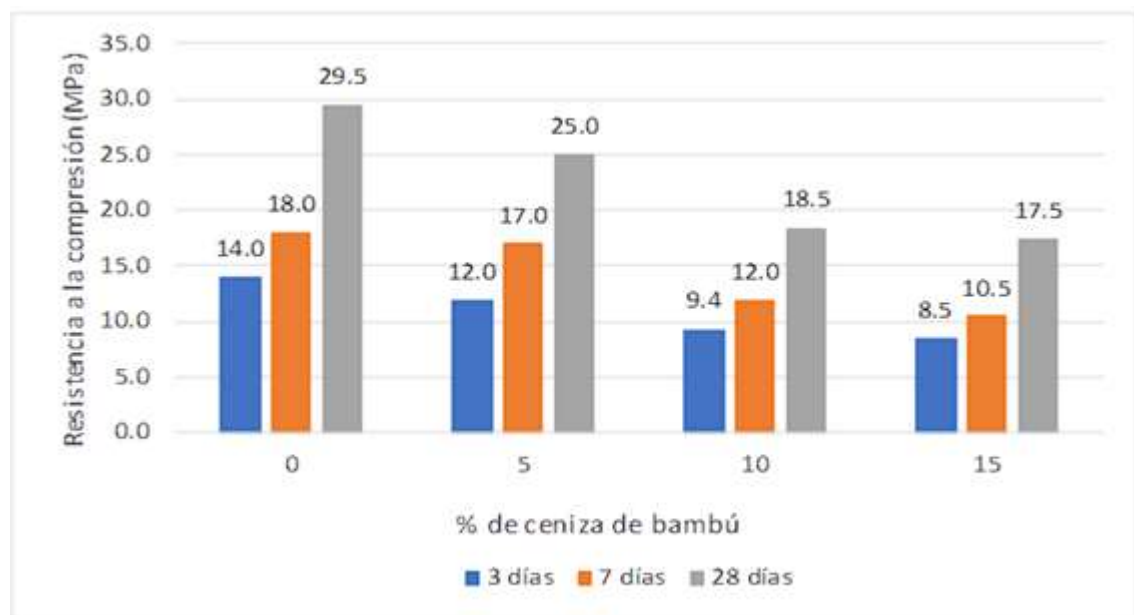
% sustitución de ceniza de bambú	Ensayo de RC (MPa)		
	Edad de curado (días)		
	3	7	28
control	14.0	18.0	29.5
5%	12.0	17.0	25.0
10%	9.5	12.0	18.5
15%	8.5	10.5	17.5

*Nota.* Oluwaseun et al. (2021)

En la Figura 15 nos ilustra el resultado del ensayo de RC, en la que podemos apreciar los porcentajes de CHB y los días de curado.

**Figura 15**

*Resultado del ensayo a la RC vs porcentajes de sustitución de CHB*



*Nota.* Oluwaseun et al. (2021)

Hani et al. (2023)

El autor nos muestra su resultado del ensayo de RC, los porcentajes de sustitución de CHB usados en sus mezclas usadas como también los días de curado.

Resultado del ensayo de RC, las cantidades de porcentaje de CHB usados. Tal como se muestra en la Tabla 31, además los días de curado.

**Tabla 31**

*Ensayo de RC*

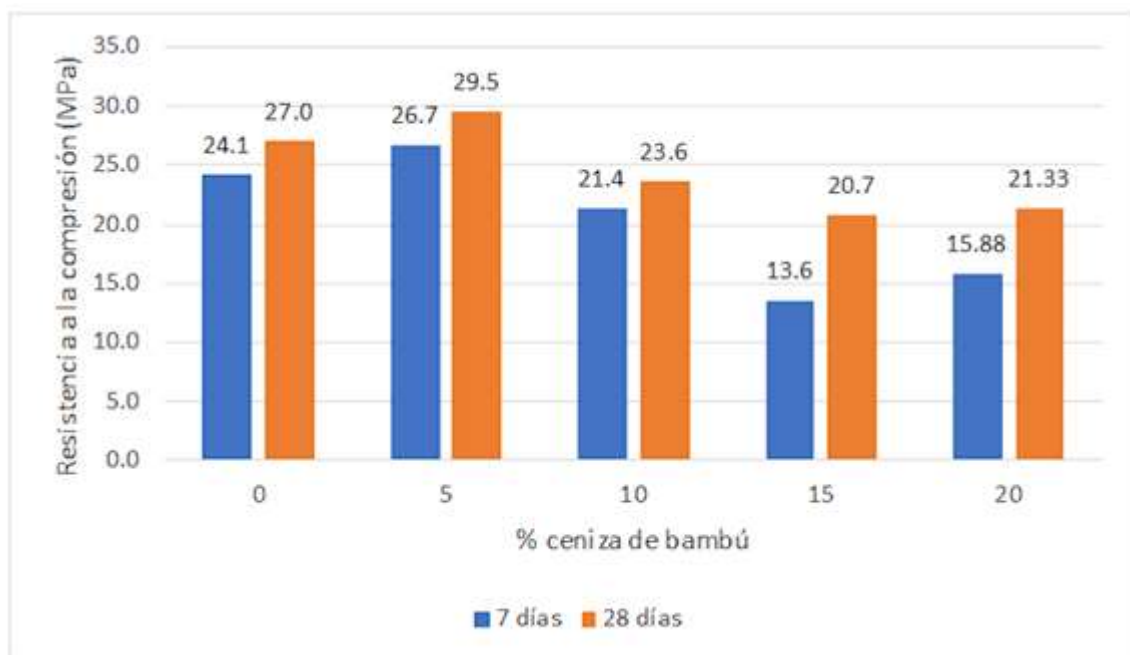
% sustitución de ceniza de bambú	Ensayo de RC (MPa)		
	Edad de curado (días)		
	3	7	28
control	-	24.10	27.00
5%	-	26.70	29.50
10%	-	21.40	23.60
15%	-	13.60	20.70
20%	-	15.88	21.33

*Nota.* Hani et al. (2023)

En la Figura 16 nos ilustra los resultados del ensayo de RC y el porcentaje de sustitución de CHB, en la que podemos apreciar también los días de curado.

**Figura 16**

*Resultado del ensayo a la RC vs porcentajes de sustitución de CHB*



*Nota.* Hani et al. (2023)

- c) Determinar el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple para incrementar la resistencia a la flexión.

Resultado de los autores usados para el objetivo tres. Tal como se muestra en la Tabla 32, además la relación a/c y los porcentajes de CHB usados.

**Tabla 32**

*Autores para la RF*

Autor	Título	Relación a/c	Ceniza de bambú (%)
Hani (2023)	<i>Performance of beam containing bamboo ash in concrete mixture</i>	-	0, 5, 10, 15 y 20
Tineo (2022)	Determinación óptima de cenizas de hojas de bambú para mejorar la resistencia del concreto F'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> , Lima 2022	0.56	0, 5, 10 y 15

*Nota.* Elaboración propia

Hani (2023)

El autor nos muestra características de los materiales usados como también, ubicación de recolección de la hoja de bambú y el procedimiento de obtención de la ceniza de bambú.

- a) El cemento portland
- b) Se recolectó las hojas de bambú en el centro turístico de Tandon Hill, en Selangor, Malaysia, se quemaron en un horno a una temperatura de 600-700°C durante 6 horas, luego el material se pone en una fuente y se lleva a un horno a 150-300°C durante al menos 1 hora.
- c) Agregado fino, se adquiere de un comerciante local.
- d) Agregado grueso, se adquiere de un comerciante local.
- e) Agua.
- f) Proporción de la mezcla de ceniza de Bambú (BLA) 5%, 10%, 15%, 20%

Resultado del ensayo para hallar la composición química de CHB. Tal como se muestra en la Tabla 33, además los óxidos obtenidos en el ensayo de EDXRF.

**Tabla 33***Composición química de CHB*

Óxidos elementales	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>	LOI
composición	37.4	1.43	9.91	4.35	2.5	4.83	-	2.53	-	-

*Nota.* de Hani (2023)

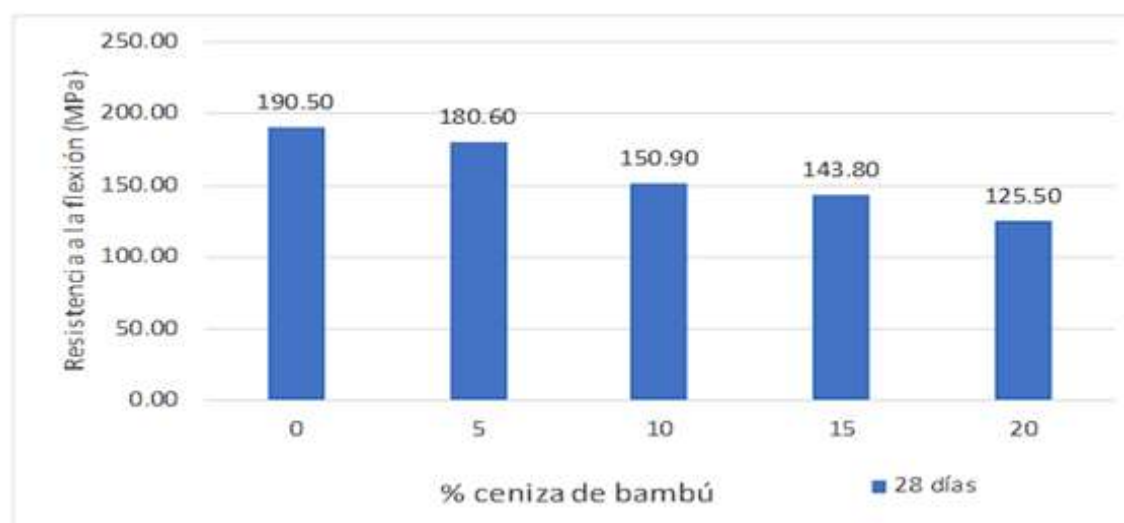
Resultado del ensayo de RF y porcentaje de sustitución de CHB. Tal como se muestra en la Tabla 34, además el día de curado.

**Tabla 34***Ensayo de RF*

% de sustitución de ceniza de bambú	Ensayo de RF (MPa)		
	7 días	21 días	28 días
0	-	-	190.5
5	-	-	180.6
10	-	-	150.9
15	-	-	143.8
20	-	-	125.5

*Nota.* Hani (2023)

En la Figura 17 nos ilustra el resultado del ensayo de RF, en la que podemos apreciar también el porcentaje de sustitución de CHB y el día de curado.

**Figura 17***Resultado del ensayo a la RF vs porcentajes de sustitución de CHB**Nota.* Hani (2023)

Tineo (2022)

El autor no resalta las características de los materiales usados en su artículo, además el procedimiento de la obtención de la ceniza de bambú.

- a) Se recolectó hojas secas de bambú en demasía, Ucayali, Padre Abad, Aguaytía.
- b) Agregado fino se obtuvo de la cantera Trapiche, Lima, Carabaylo, módulo de finura 2.93, peso específico  $2.64 \text{ gr/cm}^3$ , la absorción es 1.5%.
- c) Agregado grueso se obtuvo de la cantera Trapiche, Lima, Carabaylo, peso específico es  $2.66 \text{ gr/cm}^3$ , la absorción es 1%.
- d) Agua,  $a/c = 0.56$ .
- e) OPC tipo I, peso específico  $3.15 \text{ gr/cm}^3$

Las hojas se incineran en un horno de forma artesanal con una temperatura de  $300 \text{ }^\circ\text{C}$ , el color de la ceniza es gris oscuro, luego se tamiza la ceniza, para luego pasa a ser calcinado en un horno o mufla con una temperatura de  $900 \text{ }^\circ\text{C}$  por 2 horas, para finalmente ser enviados a laboratorio y realizar el ensayo de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva (EDXRF).

En la Figura 18 nos ilustra la hoja de bambú secando al aire libre después de ser lavadas para sacar las impurezas, en la que podemos apreciar que la hoja es dejada 72 horas.

### **Figura 18**

*Secado de hojas de bambú*



*Nota.* Tineo (2022)

En la Figura 19 nos ilustra la CHB después de un proceso y llegar a ser calcinada, en la que podemos apreciar el color gris oscuro.

### **Figura 19**

*CHB después de la calcinación*



*Nota.* Tineo (2022)

Resultado del ensayo de EDXRF de la CHB. Tal como nos muestra en la Tabla 35, además los óxidos obtenidos con sus porcentajes resultantes.

**Tabla 35**

*Valores de composición química de las cenizas de hojas de bambú*

Composición química	Resultados (%)	Método utilizado
SiO <sub>2</sub>	63.83	EDXRF
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.08	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.17	
K <sub>2</sub> O	8.54	
CaO	7.42	
MgO	7.3	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.18	
TiO <sub>2</sub>	0.19	
SO <sub>3</sub>	0.13	
MnO	0.1	
ZnO	0.05	
CuO	0.01	

*Nota.* Tineo (2022)

Resultado de composición química de CHB. Tal como se muestra en la Tabla 36, además el porcentaje de óxidos total para clasificar la CHB.

**Tabla 36**

*Porcentaje obtenido de la composición de la CHB*

Componentes químicos	Resultados (%)
SiO <sub>2</sub>	63.83
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.08
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.17
Porcentaje total de Óxidos	75.08%

*Nota.* Tineo (2022)

Resultado para la elaboración del diseño de mezcla de concreto. Tal como nos muestra la Tabla 37, además podemos ver los pesos usados en el diseño de mezcla.

**Tabla 37***Resultado para la elaboración del diseño de la mezcla*

Propiedades físicas de los materiales	Unidades	Agregado fino	Agregado grueso	Ceniza de hoja de bambú
Peso unitario suelto	Kg/m <sup>3</sup>	1535	1319	-
Peso específico de la masa	gr/cc	2.64	2.65	1.10
% de absorción	%	1.50	1.00	50.30
Módulo de finura	-	2.93	6.82	-
Tamaño máximo nominal	pulgadas	-	3/4	-
Porcentaje de Óxidos	%	-	-	75.08

*Nota. Tineo (2022)*

Resultado del ensayo de RF con el porcentaje de sustitución de CHB. Tal como nos muestra en la Tabla 38, además los días de curados.

**Tabla 38***Resultado para la elaboración del diseño de la mezcla*

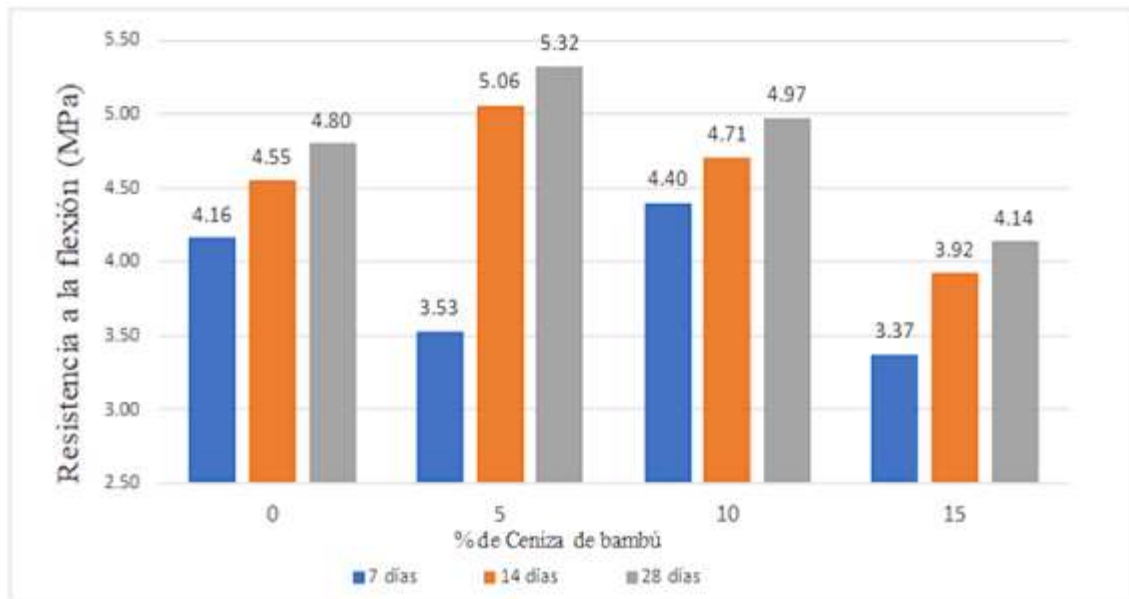
% de sustitución de ceniza de bambú	Ensayo de RF (MPa)		
	7 días	14 días	28 días
0	4.16	4.55	4.80
5	3.53	5.06	5.32
10	4.40	4.71	4.97
15	3.37	3.92	4.14

*Nota. Tineo (2022)*

En la Figura 20 nos ilustra el resultado del ensayo de la RF y el porcentaje de sustitución de CHB, en la que podemos apreciar también los días de curado del ensayo.

**Figura 20**

*Resultados de la RF vs porcentajes de sustitución de CHB*



*Nota.* Tineo (2022)

- d) Estimar el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple para incrementar la densidad.

Resultado de los autores usado para el objetivo cuatro del ensayo de la densidad. Tal como se muestra en la Tabla 39, además podemos apreciar la relación a/c y el porcentaje de sustitución de CHB.

**Tabla 39**

*Autores para el ensayo de la densidad*

Ítem	Autor	Título	Rel. a/c	CHB (%)
	Abebaw et al. (2021)	Experimental Investigation on Effect of Partial Replacement of Cement with Bamboo Leaf Ash on Concrete Property	0.49	0, 5, 10, 15 y 20
	Oluwaseun et al. (2021)	Engineering Properties of Paving Stones Made with Bamboo Ash as a Partial Replacement for Cement	0.40	0, 5, 10 y 15



Chavhan et al. (2022)	Experimental Investigation on Concrete with BLA	0.50	0, 5, 10 y 15
Hnin et al. (2018)	Experimental Investigation on Effect of BReplacing Cement on Compressive Strength	0.50	0, 5, 10 y 15

*Nota.* Elaboración propia

Abebaw, et. al (2021)

El autor nos muestra los resultados de su ensayo de la densidad como también el día de curado para el ensayo.

Resultado del ensayo de la densidad y el porcentaje de sustitución de CHB. Tal como se muestra en la Tabla 40, también podemos apreciar el día de curado para el ensayo de la densidad.

**Tabla 40**

*Ensayo de la densidad a los 28 días de curado*

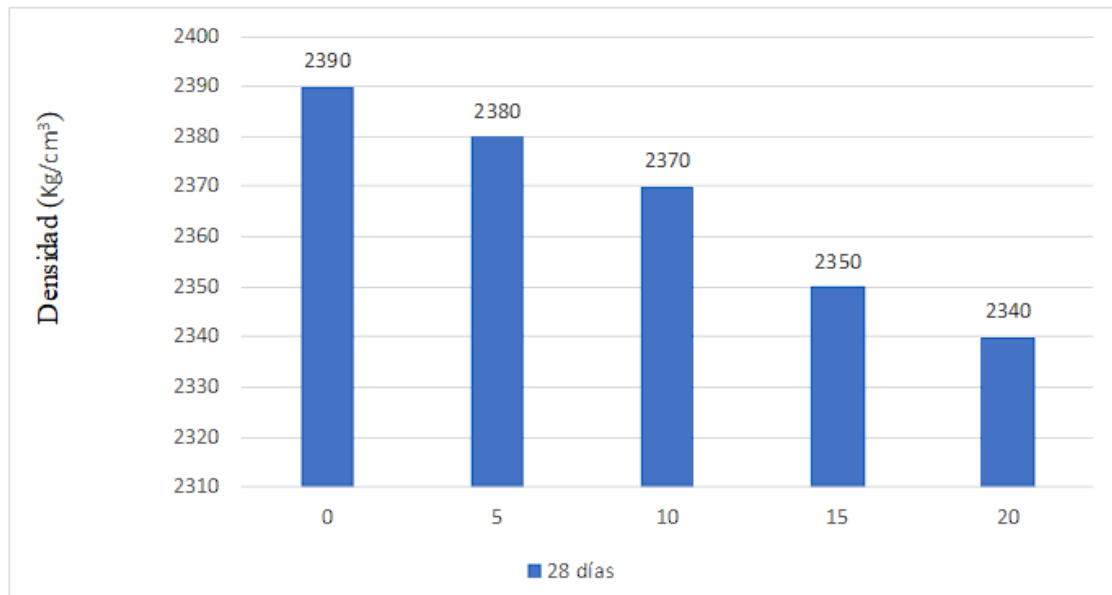
% de sustitución de ceniza de bambú	La densidad Kg/cm <sup>3</sup>			
	3 días	7 días	28 días	56 días
0	-	-	2.39	-
5	-	-	2.38	-
10	-	-	2.37	-
15	-	-	2.35	-
20	-	-	2.34	-

*Nota.* Abebaw, et. al (2021)

En la Figura 21 nos ilustra el ensayo de la densidad como también el porcentaje de sustitución de CHB, en la que podemos apreciar el resultado en Kg/cm<sup>3</sup>.

**Figura 21**

*Densidad del concreto endurecido para los 28 días de curado*



*Nota.* Abebaw, et. al (2021)

Chavhan, et. al (2022).

El autor nos muestra su ensayo de la densidad con diferentes relaciones a/c, los porcentajes de sustitución que usa en su mezcla de concreto.

Resultado del ensayo densidad. Tal como se muestra en la Tabla 41, además las diferentes relaciones a/c que usa en el hormigón y el día de curado.

**Tabla 41**

*Ensayo de la densidad a los 28 días de curado y diferentes relaciones a/c*

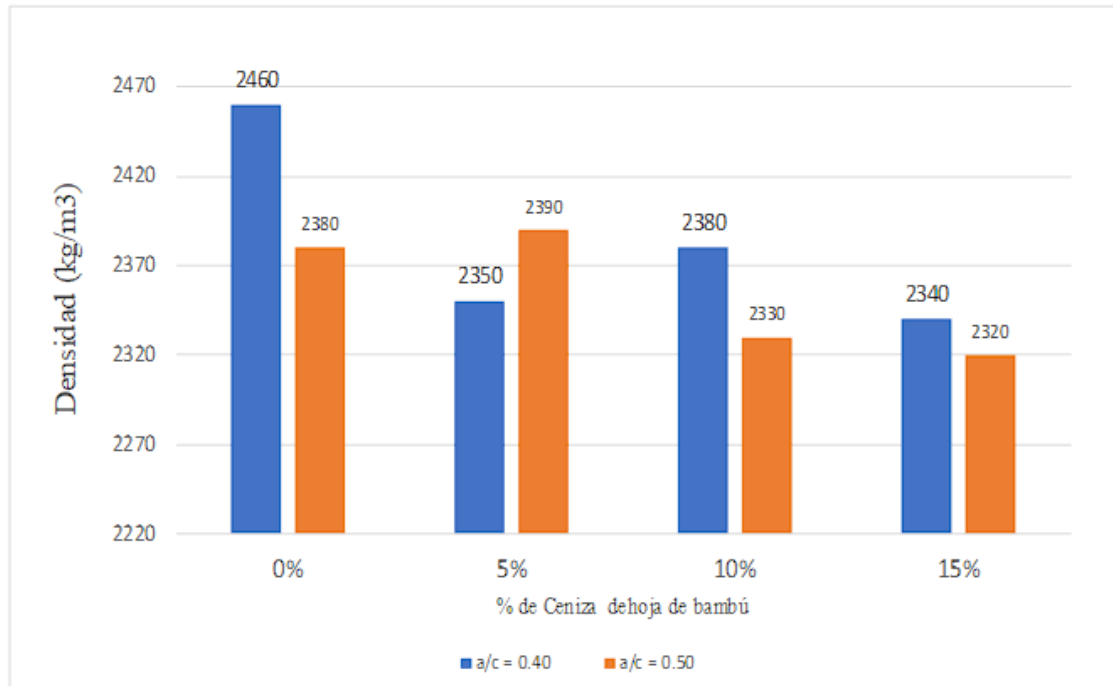
% de sustitución de ceniza de bambú	Densidad kg/m <sup>3</sup> para 28 días de curado	
	28 días a/c = 0.40	28 días a/c = 0.50
0	2460	2380
5	2350	2390
10	2380	2330
15	2340	2320
20		

*Nota.* Chavhan, et. al (2022)

En la Figura 22 nos ilustra el resultado obtenido del ensayo densidad del concreto endurecido, en la que podemos apreciar la dos diferentes relaciones a/c y los porcentajes de CHB usado en el ensayo

**Figura 22**

*Ensayo de la densidad del concreto*



*Nota.* Chavhan, et. al (2022)

Hnin et al. (2018)

El autor nos muestra sus resultados densidad del concreto endurecido con diferente relación a/c. tal como se muestra en la Tabla 42, además los porcentajes de sustitución de CHB usados en las muestras.

**Tabla 42**

*Ensayo de la densidad del concreto endurecido*

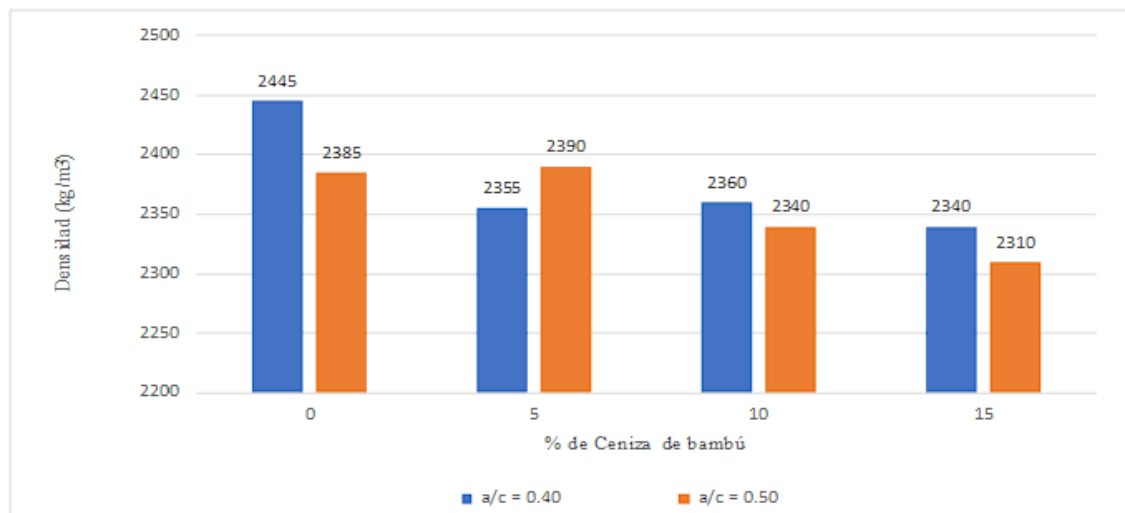
% de sustitución de ceniza de bambú	Densidad del hormigón Kg/m <sup>3</sup>	
	a/c = 0.40	a/c = 0.50
0	2445	2385
5	2355	2390
10	2360	2340
15	2340	2310

*Nota.* Hnin et al. (2018)

En la figura 23 nos ilustra el resultado del ensayo densidad y el porcentaje de CHB usado en la mezcla del concreto, en la que podemos apreciar las dos relaciones a/c usadas por el autor.

### Figura 23

*Ensayo de la densidad del concreto y porcentaje de sustitución CHB*



*Nota.* Hnin et al. (2018)

Oluwaseun et al. (2021)

El autor nos muestra las características de los materiales usados en su artículo como, los adoquines que usa para el ensayo densidad.

- Cemento, Dangote 42.5N, gravedad específica es 3.15
- La hoja de bambú, gravedad específica es 2.1, fue administrada por un vendedor al laboratorio.
- El agregado fino, de un río de la zona para el estudio, tamaño máximo es de 4.75 mm.
- El agregado grueso, granito, tamaño máximo fue de 9.5 mm y fue administrada por un vendedor.
- Agua, agua potable incolora, insípida e inodora del grifo del laboratorio.  $a/c = 0.40$ .

Resultado de proporción de mezclas para las muestras de los adoquines de concreto. Tal como se muestra en la Tabla 43, además los porcentajes de sustitución de CHB.

**Tabla 43***Proporción de mezcla para las muestras de adoquines*

Materiales	0%	5%	10%	15%
Cemento	461.3	438.2	415.2	392.1
Ceniza de Bambú	0	23.1	46.1	69.2
Arena	636.6	636.6	636.6	636.6
Granito	1259.3	1259.3	1259.3	1259.3
agua	184.5	184.5	184.5	184.5

*Nota.* Oluwaseun et al. (2021)

Resultado del ensayo de EDXRF para el OPC y el CBH. Tal como se muestra en la Tabla 44, además los óxidos obtenidos en el ensayo.

**Tabla 44***Composición química de óxidos de los aglutinantes*

composición de óxido	OPC (%)	CBH (%)
SiO <sub>2</sub>	21.2	52.49
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.3	12.71
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.4	7.64
CaO	61.8	14.91
MgO	0.6	1.96
Na <sub>2</sub> O	1.23	1.64
K <sub>2</sub> O	1.60	5.32
SO <sub>3</sub>	1.41	2.68
TiO <sub>2</sub>	0.56	0.31
Cloruro (Cl)	0.1	-
pérdida en el encendido (LoI)	2.8	0.34

*Nota.* Oluwaseun et al. (2021)

Resultado del ensayo de la densidad del hormigón y los días de curado. Tal como se muestra en la Tabla 45, además los porcentajes de sustitución de CHB para los adoquines de hormigón.

**Tabla 45**

*Ensayo de densidad del hormigón*

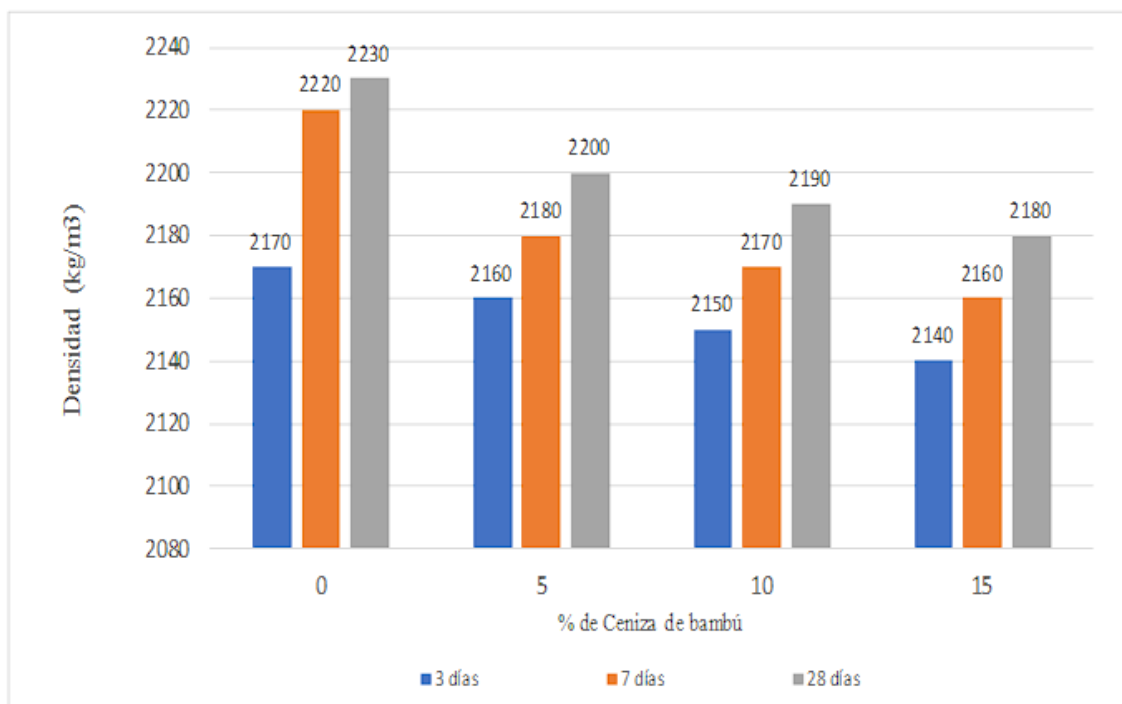
% de ceniza de bambú	Densidad del hormigón (Kg/m <sup>3</sup> ), a/c = 0.40		
	3 días	7 días	28 días
0	2170	2220	2230
5	2160	2180	2200
10	2150	2170	2190
15	2140	2160	2180

*Nota.* Oluwaseun et al. (2021)

En la Figura 24 nos ilustra el resultado del ensayo densidad con los porcentajes de sustitución de CHB, en la que podemos apreciar los días de curado de los adoquines de concreto

**Figura 24**

*Ensayo de la densidad del hormigón con sustitución de CHB*



*Nota.* Oluwaseun et al. (2021)

## 5.2 Contrastación de Hipótesis

### Contrastación de la primera hipótesis

Hipótesis 1: Al analizar el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple mejora el asentamiento.

Hipótesis auxiliar

H0: Al analizar el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple no mejora el asentamiento.

H1: Al analizar el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple si mejora el asentamiento.

Resultado de la contrastación de la hipótesis del asentamiento con los autores usados y su relación a/c de cada autor. Tal como se muestra en la Tabla 46, además los porcentajes usados para poder contrastar la hipótesis primera.

**Tabla 46**

*Contrastación de hipótesis del asentamiento*

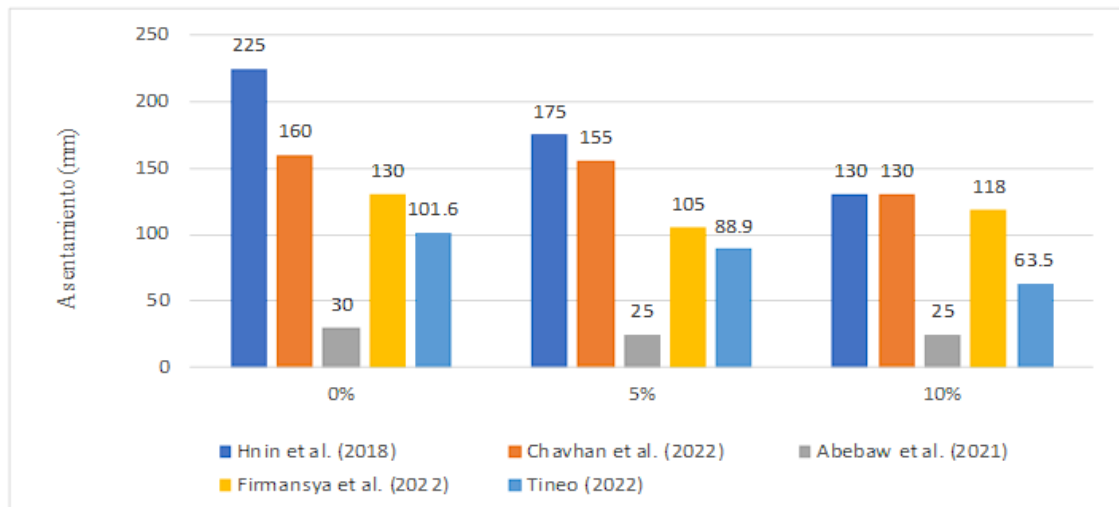
Autores	Prueba de asentamiento (mm)			Relación (a/c)
	0%	5%	10%	
Hnin et al. (2018)	225	175	130	0.50
Chavhan et al. (2022)	160	155	130	0.50
Abebaw et al. (2022)	30	25	25	0.49
Firmansyah et al. (2022)	130	105	118	0.50
Tineo (2022)	101.6	88.9	63.5	0.50

*Nota.* Elaboración propia

En la Figura 25 nos ilustra el asentamiento de cada autor usado para la contrastación de la hipótesis primera, en la que podemos apreciar también el porcentaje usado para la contrastación de la primera hipótesis.

**Figura 25**

*Resultado de asentamiento de los autores con diferentes porcentajes de CHB*



*Nota.* Elaboración propia

Observaciones:

Según los resultados de asentamiento de los autores en la Figura 25 podemos decir que. Para Chavhan et al. (2022), se observa que la muestra patrón resultó 160 mm y al incorporar CHB al 5% fue 155 mm, respecto al peso del OPC, con una relación a/c constante de 0.50. Podemos apreciar una reducción de 3.13% en el asentamiento para la incorporación de 5% de ceniza de bambú.

Para Tineo (2022), se observa que el patrón resultó 101.6 y al incorporar CHB al 5% resultó 88.9, esto respecto al peso del OPC, con una relación a/c constante de 0.56. Podemos apreciar una reducción de 12.5 % en el asentamiento con una incorporación de 5% de CHB.

Para Firmansya et al. (2022), se observa que el asentamiento del concreto también disminuye con la incorporación de CHB en porcentajes respecto al OPC, el patrón es de 130 mm, para la incorporación de 5% de CHB fue 105 mm, para una relación a/c constante de 0.50. Podemos apreciar una reducción de 19.23% en el asentamiento para la incorporación de 5% de CHB.

Para Hnin et al. (2018) también disminuye el asentamiento cuando se va incrementando más porcentaje de CHB. Para la mezcla patrón fue de 225 mm y tanto para el 5% de incorporación de CHB al peso de OPC fue de 175 mm, los porcentajes de reducción fueron del 22.22% para la incorporación del 5% de CHB.



Para Abebaw et al. (2021) también se va reduciendo el asentamiento cada vez que se incrementa el porcentaje de sustitución de la CHB cuyos valores son para el patrón fue de 30 mm, la incorporación de 5% de CHB fue de 25 mm, el porcentaje de reducción fue del 16.67%.

Para todos los casos el asentamiento del concreto fresco disminuye, La mayoría de los autores citados coinciden en que hasta un 5% de incorporación de CHB no mejora la trabajabilidad del hormigón en estado fresco ya que la CHB en su composición química tiene un bajo contenido de CaO a diferencia del cemento.

Se rechaza la hipótesis alterna (H1) y se acepta la hipótesis nula (H0) ya que se demuestra que al incorporar CHB no mejora el asentamiento.

### **Contrastación de la segunda hipótesis**

**Hipótesis 2: Al analizar el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple incrementa la resistencia a la compresión.**

Hipótesis auxiliar

H0: Al analizar el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple no mejora la resistencia a la compresión.

H1: Al analizar el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple se mejora la resistencia a la compresión.

Resultado de la contrastación de la hipótesis de RC con los autores usados y días de curado cada autor. Tal como se muestra en la Tabla 47, además los porcentajes usados para poder contrastar la segunda hipótesis.

**Tabla 47**

*Contrastación de hipótesis de RC*

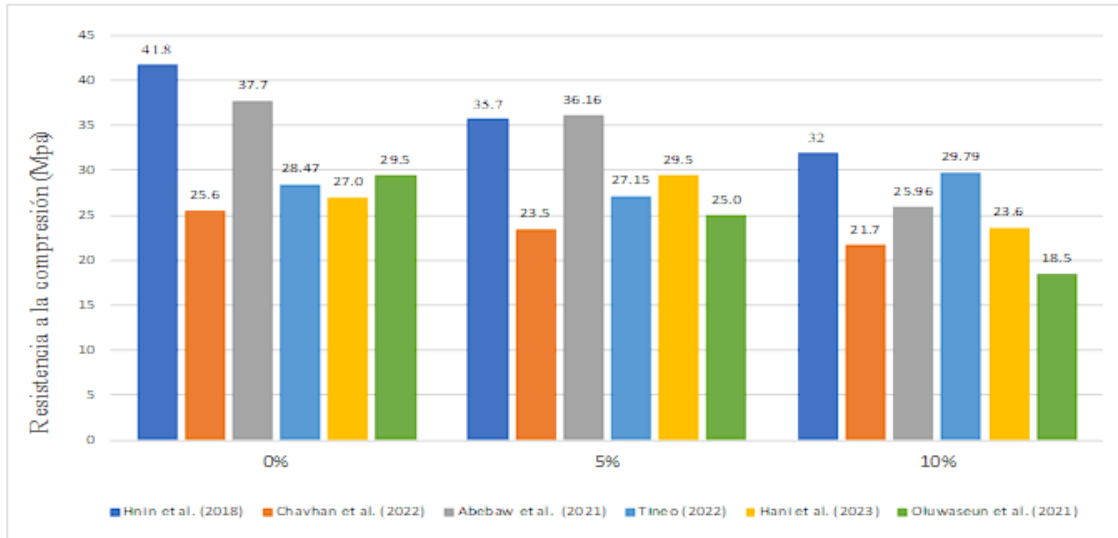
Autores	Contrastación de hipótesis			Tiempo Días
	Ensayos de RC (MPa)			
	0%	5%	10%	
Hnin et al. (2018)	41.80	35.70	32.00	28
Chavhan et al. (2022)	25.60	23.50	21.70	28
Abebaw et al. (2018)	37.70	36.16	25.96	28
Hani et al. (2023)	27.00	29.50	23.60	28
Tineo (2022)	28.47	24.15	29.79	28
Oluwaseun et al. (2021)	29.50	25.00	18.50	28

*Nota.* Elaboración propia

En la Figura 26 nos ilustra el resultado de RC de cada autor usado para la contrastación de la hipótesis segunda, en la que podemos apreciar también el porcentaje usados de CHB de cada autor.

**Figura 26**

*Resultados de RC de los autores ante diferentes porcentajes de CHB*

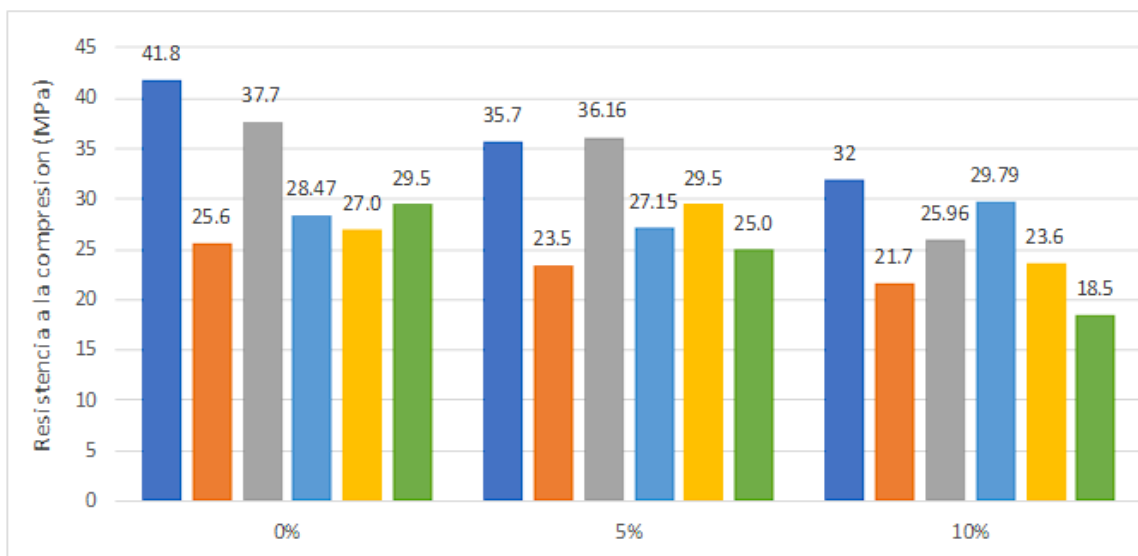


*Nota.* Elaboración propia

En la Figura 27 nos ilustra el resultado del ensayo de RC con sus porcentajes de sustitución de CHB, en la que podemos apreciar que los resultados están en la unidad de MPa.

**Figura 27**

*Resultados de RC de los autores a los 28 días de curado*



*Nota.* Elaboración propia

#### Observaciones:

Se observa en la Figura 26, los resultados de los ensayos de RC de los autores en estudio, la incorporación de 5% de CHB disminuye ligeramente la RC respecto al control en la mayoría de los autores.

Según los resultados de la RC el porcentaje óptimo es el 5% de incorporación de CHB ya que disminuye ligeramente.

Para Hnin et al. (2018), a los 28 días de curado el patrón resultó con 52.05 MPa, la incorporación de 5% de CHB dio de resultado 49.76 MPa, con una relación a/c constante de 0.30. podemos apreciar una reducción de 4.40% en la RC.

Para Chavhan et al. (2022), a los 28 días de curado el control resultó 25.6 MPa, la incorporación de 5% de CHB alcanzó una resistencia de 23.50 MPa, con una relación a/c constante de 0.50. Podemos apreciar que reduce en 8.20% en la RC.

Para Abebaw et al. (2021), a los 28 días de curado el patrón alcanzando los 37.70 MPa y la incorporación de 5% de CHB resultó 36.16 MPa, con una relación a/c constante de 0.49, podemos apreciar una reducción de 4.09% en la RC.

Para Hani et al. (2023), a los 28 días el patrón alcanzó la resistencia de 27.00 MPa y la incorporación de 5% de CHB resultó 29.50 MPa. No menciona la relación a/c. podemos apreciar un aumento de 9.26% en la RC.

Para Tineo (2022) a los 28 días el patrón alcanzó la resistencia de 28.47 MPa y la incorporación de 5% de CHB resultó 27.15 MPa. con una relación a/c constante de 0.56 podemos apreciar que disminuye en 4.64% en la RC, pero la incorporación de 10% de CHB resultó 29.79 MPa, entonces aumenta en 4.64% la RC.

Para Oluwaseun et al. (2021) a los 28 días el patrón alcanzó la resistencia de 29.5 MPa y la incorporación de 5% de CHB resultó 25.0 MPa. Con una relación a/c constante de 0.40 podemos apreciar una disminución de 15.25% en la RC.

Para la mayoría de los casos la RC disminuye con una incorporación de 5% de CHB.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula  $H_0$  y se rechaza la hipótesis alterna  $H_1$  puesto que el uso de CHB como sustituto porcentual de cemento disminuye la RC a los 28 días de curado.

### Contrastación de la tercera hipótesis

Hipótesis 3: **Al analizar el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple incrementa la resistencia a la flexión.**

Hipótesis auxiliar

H0: Al analizar el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple no mejora la resistencia a la flexión.

H1: Al analizar el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple se mejora la resistencia a la flexión.

Resultado de la contrastación de la hipótesis de RF con los autores usados y días de curado de cada autor. Tal como se muestra en la Tabla 48, además los porcentajes usados para poder contrastar la hipótesis tercera.

**Tabla 48**

*Contrastación de hipótesis de RF*

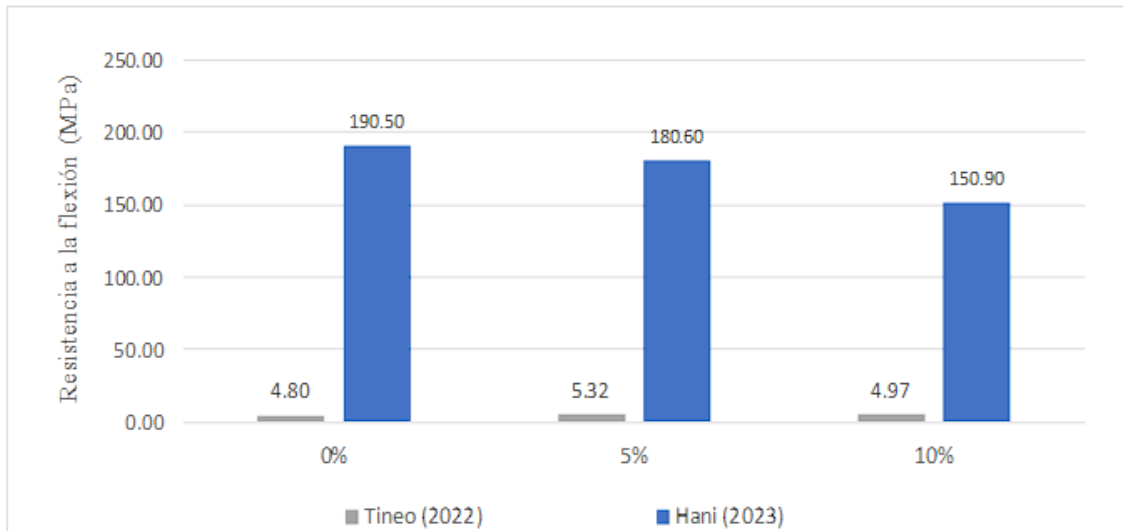
autores	Contrastación de hipótesis			Tiempo días
	Ensayo de RF (MPa)			
	0%	5%	10%	
Hani et al. (2023)	190.5	180.6	150.9	28
Tineo et al. (2022)	4.80	5.32	4.97	28

*Nota.* Elaboración propia

En la Figura 28 nos ilustra el resultado del ensayo de RF con sus porcentajes de sustitución de CHB, en la que podemos apreciar que los resultados están en la unidad de MPa.

**Figura 28**

*Resultados de RF de los autores ante diferentes porcentajes de CHB*



*Nota.* Elaboración propia

Observaciones:

Según la figura 28, podemos apreciar que aumenta la RF para uno de los autores en donde el 5% de incorporación de CHB tiene un mayor aumento de RF a los 28 días de curado. Según los resultados a la RF para porcentajes 5% de incorporación de CHB.

Para Hani et al. (2023), se observa que la RF también disminuye a los 28 días de curado, la incorporación de 5% de CHB resultó la RF de 180.6 MPa, respecto a la muestra control que obtuvo como resultado de 190.5 MPa, podemos apreciar que disminuye en 5.20% la RF. Los autores usan la norma ASTM C293, este método de prueba produce valores de RF significativamente más altos que el método de prueba C78/C78M. y también nos dice que el método de prueba C293/C293M no es una alternativa al método de prueba C78/C78M, y la carga en el ensayo con la norma ASTM C293 es al centro de la luz.

Para Tineo (2022), a los 28 días el control obtuvo un resultado de 4.80 MPa y la incorporación de 5% de CHB obtuvo 5.32 MPa con una relación a/c constante de 0.40. Podemos apreciar que aumenta en 10.8% la RF. El autor usa la norma ASTM C-78 para el ensayo de RF y la carga es a los tercios medios.

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  y se acepta la hipótesis alterna  $H_1$  puesto que al incorporar 5% de ceniza de bambú, aumenta la RF a los 28 días de curado.

### Contrastación de la cuarta hipótesis

Hipótesis 4: **Al analizar el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple reduce la densidad.**

Hipótesis auxiliar

H0: Al analizar el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple no reduce la densidad.

H1: Al analizar el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple se reduce la densidad.

Resultado de la contrastación de la hipótesis densidad con los autores usados y días de curado cada autor. Tal como se muestra en la Tabla 49, además los porcentajes usados para poder contrastar la hipótesis cuarta.

**Tabla 49**

*Contrastación de hipótesis del ensayo de la densidad*

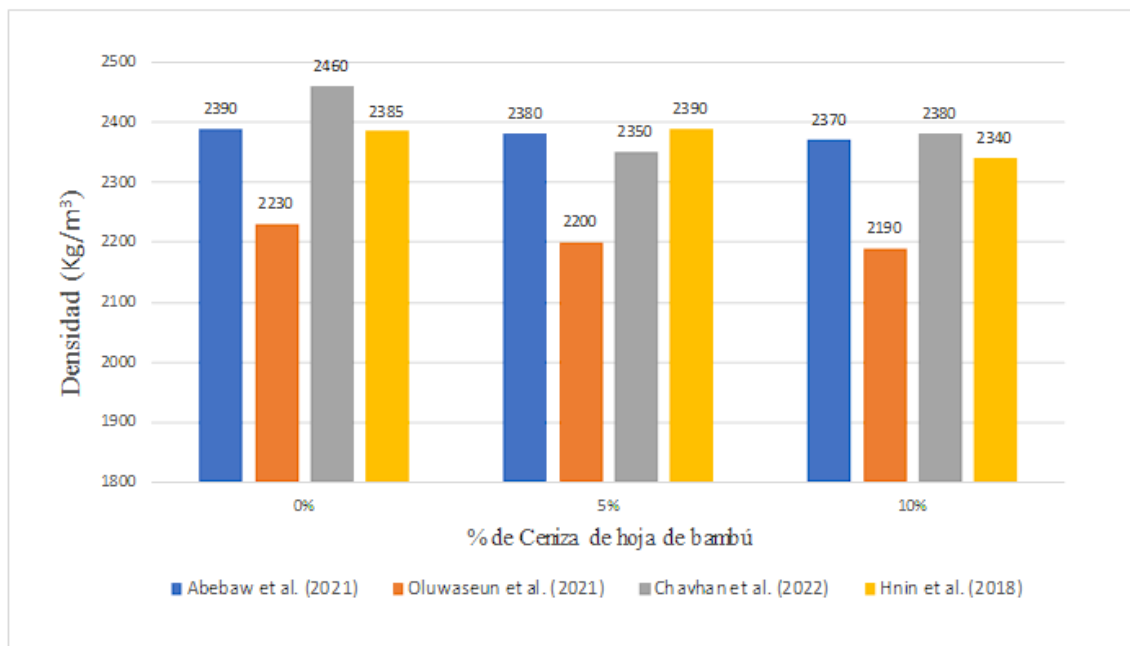
Autores	Contrastación de hipótesis			Tiempo Días
	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )			
	0%	5%	10%	
Abebaw et, al. (2021)	2390	2380	2370	28
Oluwaseun et al. (2021)	2230	2200	2190	28
Chavhan et, al. (2022)	2460	2350	2380	28
Oluwaseun et, al. (2021)	2385	2390	2340	28

*Nota.* Elaboración propia.

En la Figura 29 nos ilustra el resultado del ensayo de la densidad de los autores con diferentes porcentajes de sustitución de CHB, en la que la densidad disminuye con el aumento de sustitución de ceniza de bambú por cemento.

**Figura 29**

*Resultados de la densidad de autores ante diferentes porcentajes de CHB*



*Nota.* Elaboración propia

Observaciones:

En la figura 29 se observa, que la densidad se reduce a medida que aumenta la incorporación de CHB a los 28 días de curado. Dicho comportamiento se observa en la mayoría de los autores en estudio. Según los resultados, para porcentajes de 5% de incorporación de CHB, la densidad.

Para Hnin et al. (2018), a los 28 días de curado el control tuvo un resultado de 2385 Kg/m<sup>3</sup> y la incorporación de 5% de CHB resultó en 2390 Kg/m<sup>3</sup>, con una relación a/c constante de 0.50. podemos apreciar que aumentó en 0.21% la densidad.

Para Abebaw et al (2021), se observa que la densidad disminuye, para los 28 días de curado el control tuvo como resultado 2390 Kg/m<sup>3</sup> y la incorporación de 5% de CHB tuvo un valor de 2380 Kg/m<sup>3</sup>, para una relación a/c constante de 0.49. podemos apreciar que disminuye en 0.42% la densidad.

Para Oluwaseun et al. (2021), se observa que a los 28 días de curado el control tuvo como resultado 2230 Kg/m<sup>3</sup> y la incorporación de CHB resultó con 2200 Kg/m<sup>3</sup>, con una relación a/c constante de 0.40. podemos apreciar que disminuye en 1.35% la densidad.

Para Chavhan et al. (2022), se observa que a los 28 días de curado el control tuvo como resultado 2460 Kg/m<sup>3</sup> y la incorporación de 5% de CHB resultado 2350 Kg/m<sup>3</sup>, con una relación a/c constante de 0.40. podemos apreciar que disminuye en 4.47% la densidad.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula  $H_0$  y se rechaza la hipótesis alternativa  $H_1$  puesto que al incorporar ceniza de bambú como sustituto porcentual de cemento reduce la densidad a los 28 días de curado.



## CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN

**a)** Los resultados obtenidos en el ensayo de asentamiento de la Figura 25. Extraído de los artículos que tienen como autores, Chavhan et al., Firmansyah et al., Hnin et al., Abebaw et al., Tineo., se obtuvo como resultado la contrastación de la hipótesis 1. Estos resultados muestran una disminución del asentamiento de 3.13% a 22.22%, esto debido que, al incorporar ceniza de bambú al concreto, donde la ceniza teniendo un menor porcentaje de óxido de calcio en su composición química como muestran los autores a diferencia del concreto ordinario, esto afectará a la trabajabilidad del concreto.

**b)** En la figura 26. Nos muestra el ensayo de la RC extraído de los artículos que tienen como autores, Hnin et al., Hani et al., Christopher et al., Abebaw et al., Tineo, Oluwaseun et al. (2021)., se obtuvo como resultado la contrastación de la hipótesis 2. Estos resultados muestran reducción de la RC en el rango de 4.09% a 15.25%, con la incorporación de 5% de CHB, esto debido al bajo porcentaje de CaO después de la calcinación de la hoja de bambú.

**c)** En la figura 28. Nos muestra el ensayo de la resistencia de la flexión extraído de los artículos que tienen como autores, Tineo (2022), Hani et al. (2023), se obtuvo como resultado la contratación de la hipótesis 3. Estos resultados muestran aumento de la RF de 10.80%. En este caso el autor Tineo (2022) uso en su ensayo la norma ASTM C-78 que dice que la carga es a los tercios medios, en cambio los autores Hani et al. (2023) en su ensayo usaron la norma ASTM C-293 que dice que la carga es al centro luz y que este ensayo no es una alternativa al método ASTM C-78, ya que el ensayo ASTM C-293 produce valores significativamente más altos que la norma ASTM C-78, por eso se consideró al autor Tineo (2022) para la hipótesis 3.

**d)** En la figura 29. Nos muestra el ensayo de la densidad extraído de los artículos que tienen como autores, Abebaw et al., Oluwaseun et al., Chavhan et al., Hnin et al., se obtuvo como resultado la contrastación de la hipótesis 4. Estos resultados muestran disminución de la densidad de 0.21% a 4.47%, con incorporación de 5% de CHB. Esto podría deber a la menor gravedad específica de la ceniza de bambú con respecto a la del cemento.

## CONCLUSIONES

- a)** Tomando en cuenta la mayoría de los autores citados que con una incorporación óptima de 5% de ceniza de bambú la disminución de la resistencia a la compresión es mínima 4.09% a 15.25% debido al bajo contenido de Óxido de Calcio, la resistencia a la flexión aumenta con 10.80%. En cambio, la incorporación de ceniza de bambú disminuye el asentamiento 3.13% a 22.22% esto debido al bajo contenido de Óxido de Calcio, igualmente para la densidad la incorporación de ceniza de bambú disminuye la densidad de 0.21% a 4.47% esto debido a que la gravedad específica del cemento es mayor que la de la ceniza de bambú.
- b)** El asentamiento del concreto disminuye en 3.13% a 22.22% (fig. 25). A medida que aumenta la cantidad de incorporación de ceniza de bambú, esto se debe a que el porcentaje de óxido de calcio de la ceniza de bambú es menor al porcentaje que tiene el cemento ordinario, esto afecta en el asentamiento por ende también afecta a la trabajabilidad del concreto.
- c)** La resistencia a la compresión a los 28 días de curado disminuye de 4.09% a 15.25%, (fig. 26). Esto debido a la baja presencia de Óxido de Calcio en la ceniza de bambú.
- d)** La resistencia a la flexión a los 28 días de curado aumenta a 10.80% (fig. 28). Esto debido a que el ensayo usado aplica la carga en los tercios medios del espécimen, apoyándose en la norma ASTM C-78.
- e)** La densidad a los 28 días de curado disminuye de 0.21% a 4.47% (fig. 29). Esto se debe a los agregados que se usan en la preparación del concreto, también en la diferencia de la gravedad específica del cemento que es mayor que la ceniza de bambú.

## RECOMENDACIONES

- a) En base a los autores observados, incorporar 5% de ceniza de bambú y superplastificante 0.4% peso de cemento, una relación agua cemento de 0.50 y el agua de mezcla entre los rangos de 195 Kg/m<sup>3</sup> y 197 Kg/m<sup>3</sup> el asentamiento aumenta respecto al control, pero a mayores porcentajes de ceniza de bambú el asentamiento disminuirá.
  
- b) En base a los resultados observados, para mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto simple, estudiar la incorporación de ceniza del bambú en porcentajes menores a 5%.
  
- c) Estudiar incorporaciones menores a 5% de ceniza de bambú y observar la resistencia a la flexión del concreto simple, valores mayores a 5% muestra disminución de la resistencia a la flexión.
  
- d) Hacer estudios con incorporaciones menores a 5% de ceniza de bambú y observar la densidad del concreto simple.
  
- e) Investigar la durabilidad del concreto simple con ceniza de hoja de bambú y ceniza de tallo de bambú, también las adiciones de superplastificante que reduzcan el agua, mediante la realización de ensayos con diferentes días y porcentajes, con el fin de seguir ampliando el conocimiento en el área.

## REFERENCIAS

- Abebaw, G., Bewket, B., y Getahun, S. (2021). Experimental Investigation on Effect of Partial Replacement of Cement with Bamboo Leaf Ash on Concrete Property. Hindawi - Advances in Civil Engineering, 2021, 1-9.  
[https://www.academia.edu/89006960/Experimental\\_Investigation\\_on\\_Effect\\_of\\_Partial\\_Replacement\\_of\\_Cement\\_with\\_Bamboo\\_Leaf\\_Ash\\_on\\_Concrete\\_Property](https://www.academia.edu/89006960/Experimental_Investigation_on_Effect_of_Partial_Replacement_of_Cement_with_Bamboo_Leaf_Ash_on_Concrete_Property)
- Amanda Fernandes Pereira da Silva, Danilo Teixeira Mascarenhas de Andrade, Nelson Agapito Brandão Rios, Laécio Guedes do Nascimento, (2020). Desempenho do concreto com adição de cinza do bambu Concrete performance with addition of bamboo ash Desarrollo del hormigón con adición de ceniza de bambú. Centro Universitário Santo Agostinho, Brasil.  
<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/6755>
- AMERICAN Concrete Institute 308R (ACI). Guide to External Curing of Concrete. 1° Edition. United States, 2016.
- AMERICAN Concrete Institute 318 (ACI). Regulation requirements for structural concrete. 1° Edition. United States, 2005.
- AMERICAN Society for Testing and Materials C127 (ASTM). Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate. United States. 2015.
- AMERICAN Society for Testing and Materials C128 (ASTM). Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate. United States. 2015.
- AMERICAN Society for Testing and Materials C136 (ASTM). Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. United States. 2014.
- AMERICAN Society for Testing and Materials C33 (ASTM). Standard Specification for Concrete Aggregates. United States. 2015.
- AMERICAN Society for Testing and Materials C39 (ASTM). Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. United States. 2018.
- AMERICAN Society for Testing and Materials C618 (ASTM). “Standard specification for coal fly ash and raw 02 calcined natural pozzolan for use in concrete”. 2019.

- Anita N., Subaidillah F. y Dwi D. "Penambahan Abu Daun Bambu sebagai Substitusi Material Semen terhadap Kinerja Beton." *Paduraksa*, vol. 9, no. 2, 2020, pp. 172-182, doi:10.22225/pd.9.2.1788.172-182
- Besta Machine. *Especies de bambú de Brasil* (2018).  
<https://www.bamboowoodmachine.com/info/bamboo-species-of-brazil-31350570.html>
- Borja S. M. (2012) *Metodología de la Investigación Científica para Ingenieros*. Chiclayo. Perú.
- Carlos Calderon (2018). *ASTM Designación C 78 Método de Ensayo Estándar para Resistencia a la Flexión del Concreto (Usando Viga Simple con Carga a los Tercios del Claro)*. Academia.edu.  
[https://www.academia.edu/31702311/ASTM\\_Designaci%C3%B3n\\_C\\_78\\_M%C3%A9todo\\_de\\_Ensayo\\_Est%C3%A1ndar\\_para\\_Resistencia\\_a\\_la\\_Flexi%C3%B3n\\_del\\_Concreto\\_Usando\\_Viga\\_Simple\\_con\\_Carga\\_a\\_los\\_Tercios\\_del\\_Claro](https://www.academia.edu/31702311/ASTM_Designaci%C3%B3n_C_78_M%C3%A9todo_de_Ensayo_Est%C3%A1ndar_para_Resistencia_a_la_Flexi%C3%B3n_del_Concreto_Usando_Viga_Simple_con_Carga_a_los_Tercios_del_Claro)
- Chavarry Vallejos, C. M., Chavarrís Reyes, L. J., Valencia Gutiérrez, A. A., Pereyra Salardi, E., Arieta Padilla, J. P., & Rengifo Salazar, C. A. (2020). Hormigón reforzado con vidrio molido para controlar grietas y fisuras por contracción plástica. *Pro Science; Revista De Producción. Ciencias E Investigación*, 4(31), 31-34. <https://doi.org/10.19018/issn.2588-1000vol4iss31.2020pp31-41>
- Chavhan, V., Bhure, V., Nagpure, V., Raut, T., Watkar, V., & Bhandarkar, K. (2022). EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON CONCRETE WITH BAMBOO LEAF ASH. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, 4(5), 643-648.  
[https://www.irjmets.com/uploadedfiles/paper/issue\\_5\\_may\\_2022/22371/final/fin\\_irjmets1651961088.pdf](https://www.irjmets.com/uploadedfiles/paper/issue_5_may_2022/22371/final/fin_irjmets1651961088.pdf)
- Christoper C. Chimobi D., Adejoh D., et al. "Potencial de la ceniza de tallo de bambú como suplemento cementoso en la producción de hormigón" *Revista internacional de investigación y tecnología de ingeniería* vol. 8 Edición 08, (2019). DOI:10.17577/IJERTV8IS080028
- David, N., & Hassan, L. (2018). physical and mechanical properties of cement mortar using lime and bamboo-ash as partial replacements. *Malaysian Journal of Civil Engineering*, 30(2). 254-268.  
[https://www.researchgate.net/publication/327748336\\_PHYSICAL\\_AND\\_MECHANICAL\\_PROPERTIES\\_OF\\_CEMENT\\_MORTAR\\_USING\\_LIME\\_AND\\_B](https://www.researchgate.net/publication/327748336_PHYSICAL_AND_MECHANICAL_PROPERTIES_OF_CEMENT_MORTAR_USING_LIME_AND_B)

AMBOO-

ASH\_AS\_PARTIAL\_REPLACEMENTS/link/5bd1c44aa6fdcc6f79016d80/download

Dotun O., Odeyemi S. y Orama J. "Datos experimentales sobre la resistencia a la tracción por hendimiento del hormigón laterítico reforzado con bambú utilizando diferentes tamaños de caña" *Ciencia Directa*, 20 (2018) 1960–1964, doi:10.1016/j.dib.2018.09.064.

ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos. *Diario Oficial El Peruano*

EUROPEAN STANDARD (2002). En12390-3. Testing hardened concrete, Part 3: Compressive Strength of test Specimens. <https://pdfcoffee.com/bs-en-12390-3-5-pdf-free.html>

Figuereido M. (2018). Reemplazo parcial de cemento Portland por ceniza de bambú (Tesis maestría, Pará: Universidad Nacional de Pará. 2018).

Firdous, S. and Hamid, A. (2018). Compressive Strength and Durability of Bamboo Leaf Ash Concrete. *IJCRT*, 6(1), 121-131. <https://www.ijcrt.org/papers/IJCRT1801441.pdf>

Firmansyah, A., Anisah, Handoyo, S. (2022). PENGARUH PENGGUNAAN ABU DAUN BAMBU SEBAGAI PENGGANTI SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON SEBAGAI PENDUKUNG BAHAN AJAR MATA KULIAH TEKNOLOGI BETON. *Jurnal Teknik Sipil*, 17(1), 9-17. <https://journal.unj.ac.id/unj/index.php/menara/article/view/23911/11963>

Ganto, J. (2022). Adición de cenizas de hojas de bambú con fibras de polipropileno para mejorar propiedades mecánicas del concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>.

Hani A., Mohd S., Ikhmal J., Hairi O., Jamellodin Z., and Alisibramulisi A. (2023). Performance of Beam Containing Bamboo ash in Concrete Mixture. *Malaysian Construction Research Journal*; Vol. 39, No. 1, pag. 83-92. <https://www.cream.my/prod/malaysian-construction-research-journal-mcrj->

Hani, S., Nadia, S., Ikhmal, M., Hairi, M., Jamellodin, Z. and Alisibramulisi, A. (2023). Performance of Beam Containing Bamboo Ash in Concrete Mixture. *Malaysian Construction Research Journal*, 39(1), 67-76. [https://www.cream.my/data/cms/files/MCRJ%20Volume%2039,%20No\\_1,%202023.pdf?iframe](https://www.cream.my/data/cms/files/MCRJ%20Volume%2039,%20No_1,%202023.pdf?iframe)

- Hnin, T., Htet, K., & Kyaw, N. (2018). Experimental Investigation on Effect of Bamboo Leaf Ash Replacing Cement on Compressive Strength. *International Journal of Science and Engineering Applications*, 7(10), 406-410.  
<https://ijsea.com/archive/volume7/issue10/IJSEA07101015.pdf>  
<http://kharkov-clean.biz.ua/othody-v-promyshlennosti-stroitelnyh-materialov/>  
<https://doi.org/10.18280/acsm.450207>  
<https://www.inacal.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/6/jer/resoluciones-a-directorales/files/2019-RD22.pdf>
- Instituto Nacional de Calidad (2018, 18 de julio) NTP 339.185 Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. *Diario Oficial El Peruano*  
<https://www.inacal.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/6/jer/resolucionesdirectorales/files/2018-RD16.pdf>
- Instituto Nacional de Calidad (2018, 18 de julio) NTP 400.012 Análisis a granulométrico del agregado fino, grueso y global. *Diario Oficial El Peruano*  
<https://www.inacal.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/6/jer/resolucionesdirectorales/files/2018-RD16.pdf>
- Instituto Nacional de Calidad (2019, 24 de octubre) NTP 339.129 Método de
- Ishak, S., Lee, H., Singh, J., Mohd, M., Shukor, N., y Yang, H. (2019). Performance of Fly Ash Geopolymer Concrete Incorporating Bamboo Ash at Elevated Temperature. *MDPI*, 12, 1-17.  
[https://www.academia.edu/66052792/Performance\\_of\\_Fly\\_Ash\\_Geopolymer\\_Concrete\\_Incorporating\\_Bamboo\\_Ash\\_at\\_Elevated\\_Temperature](https://www.academia.edu/66052792/Performance_of_Fly_Ash_Geopolymer_Concrete_Incorporating_Bamboo_Ash_at_Elevated_Temperature)
- Limpieza Jarkov (2019) Residuos para la industria de materiales de construcción,
- Luis Angel Gutierrez (2018). ASTM C-293. SCRIBD.  
<https://es.scribd.com/document/392076182/ASTM-C293-docx>
- Ministerio de Agricultura, plan nacional de promoción del bambú 2008-2020, dirección general de competitividad agraria (2008).  
<https://www.serfor.gob.pe/portal/wp-content/uploads/2017/04/Plan%20Nacional%20del%20Bambu.pdf>
- Moraes, M., Moraes, J., Tashima, M., Akasaki, J., Soriano, L., Borrachero, M., & Payá, J. (2019). Production of bamboo leaf ash by auto-combustion for pozzolanic and sustainable use in cementitious matrices. *Construction and Building Materials*, 369-380.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061819304805?via%3Dihub>

- Mujedu, K., Lamidi, I., Olomo, R., y Alao, M. (2018). Evaluation of Physical and Mechanical Properties of Partially Replaced Bamboo Ash Cement Mortar. The International Journal of Engineering and Science (IJES), 7 (3), 42-48. <https://www.theijes.com/papers/vol7-issue3/Version-1/F0703014248.pdf>
- Nduka, a., Olawuyi, B., Ajao, A., Okoye, V., y Okigbo, O. (2022). Mechanical and durability property dimensions of sustainable bamboo leaf ash in high-performance concrete. Cleaner Engineering and Technology, 11, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100583>
- Neville A.M. Tecnología del concreto. IMCYC, México DF, 2013, p. 622.
- Norm British Standard (1988). Testing concrete part 124. Methods for analysis of hardened concrete. <https://dl.azmanco.com/standards/BS/BS%201881-Part%20124-88.pdf>
- NORM BRITISH STANDARD (2009). Testing fresh concrete. Part 2: Slump-test. <https://es.scribd.com/document/472077768/BS-EN-12350-2-2000-Testing-fresh-concrete-Part-2-Slump-test>
- Norm Indian Standard (2000). Coarse and Fine Aggregate for Concret-Specification. <http://icikbc.org/docs/IS383-2016.pdf>
- Norma ASTM C293. (2011). Resistencia a la Flexion de vigas de concreto (carga al Centro). <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/images/ensayos/3-concreto/3.13.pdf>
- Norma ASTM C78. (2002). Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading). [https://kupdf.net/download/astm-c78\\_59f9b4f2e2b6f5832c26b0f9\\_pdf](https://kupdf.net/download/astm-c78_59f9b4f2e2b6f5832c26b0f9_pdf)
- Norma Técnica de Edificaciones (NTE), E.060 Concreto Armado. Lima, 2009. 15 pp. <https://es.slideshare.net/EfrainOsmarVsquezAya/norma-tecnica-e060-concreto-armado>
- Norma Técnica de Edificaciones (NTE), E.060 Concreto Armado. Lima, 2019. 15 pp. <https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.060-concreto-armado-sencico.pdf>
- Norma Técnica Peruana 334.039 (NTP) Cementos. Cementos portland requisitos. Lima, 2005. 17 pp.
- Norma Técnica Peruana 339.033 (NTP) Hormigón. Practica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo.



- <https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.060-concreto-armado-sencico.pdf>
- Norma Técnica Peruana 339.034 (NTP) Hormigón. Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto. <https://pdfcoffee.com/ntp-339034-metodo-de-ensayo-normalizado-para-la-determinacion-de-la-resistencia-a-la-compresion-del-concreto-en-muestras-cilindricas-2-pdf-free.html>
- Norma Técnica Peruana 339.047 (NTP) Hormigón (concreto). Definiciones y terminología relativas al hormigón y agregados. <https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.060-concreto-armado-sencico.pdf>
- Norma Técnica Peruana 400.012 (NTP) Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. <https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.060-concreto-armado-sencico.pdf>
- Norma Técnica Peruana 400.037 (NTP) Agregados. Especificaciones normalizadas para agregados de concreto. <https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.060-concreto-armado-sencico.pdf>
- Odeyemi, S., Adisa, M., Atoyebi, O., Wilson, U., Odeyemi, O. (2022). Optimal water-cement ratio and volume of superplasticizers for blended cement-bamboo leaf ash high-performance concrete. *Res. Eng. Struct. Mater.*, 8(3), 569-581. <http://dx.doi.org/10.17515/resm2022.382ma0108>
- Oluwaseun A., Emmanuel A., George, o. and Adebola, A. (2020). Engineering Properties of Paving stones made with Bamboo ash as a Partial Replacement for Cement. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1107(1), 1-13. DOI 10.1088/1757-899X/1107/1/012163
- Onikeku, O., Shitote, S., Mwero, J., y Adedeji, A. (2019). Evaluation of Characteristics of Concrete Mixed with Bamboo Leaf Ash. *The Open Construction & Building Technology Journal*, 13, 67-80. [https://www.researchgate.net/publication/333778776\\_Evaluation\\_of\\_Characteristics\\_of\\_Concrete\\_Mixed\\_with\\_Bamboo\\_Leaf\\_Ash](https://www.researchgate.net/publication/333778776_Evaluation_of_Characteristics_of_Concrete_Mixed_with_Bamboo_Leaf_Ash)
- Pal, R., y Sarkar, P.P. (2023, May 23). Developing a model of porous concrete-filled rigid pavement, *Materials Today: Proceedings*.

- Saca, M. (2022). Incorporación de ceniza de bambú en un concreto poroso para mejorar las propiedades mecánicas en un pavimento rígido - Cusco.
- Tania Yeromiyán (2021). Cli. La cultura y la historia del bambú chino.  
<https://studycli.org/es/chinese-culture/chinese-bamboo/>
- Tennis, P., Leming, M., y Akers, D. (2004). Pervious concrete pavements,
- Tineo, J. (2022). Determinación óptima de cenizas de hojas de bambú para mejorar la resistencia del concreto  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ . Tesis (Título Profesional en Ingeniería Civil). Lima - Perú.
- Universidad de Costa Rica. Flexion de vigas (carga al centro) ASTM C-293.  
<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/images/ensayos/3-concreto/3.13.pdf>
- Vijayvenkatesh Chandrasekaran (2020). “Characteristics Investigations of Dry Bamboo Ash Fractional Replaced Cement with in M25”. International Information and Engineering Technology Association Vol. 45, No. 2, April, 2021, pp. 153-159  
DOI:

## ANEXOS

### Anexo A: Matriz de consistencia

CONCRETO SIMPLE CON INCORPORACIÓN DE CENIZA DE BAMBÚ PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS						
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADORES	INSTRUMENTOS	Metodología
¿De qué manera el concreto simple con incorporación de ceniza de bambú contribuye en las propiedades físico-mecánicas?	Determinar el concreto simple con incorporación de ceniza de bambú para mejorar las propiedades físico-mecánicas	Al analizar el concreto simple con incorporación de ceniza de bambú mejoran las propiedades físico-mecánicas	Ceniza de bambú	% porcentaje de ceniza de bambú	Artículos científicos, tesis, fuentes documentales	Tipo de investigación: Descriptiva - Documental Diseño de investigación: Diseño no experimental Nivel de investigación: Descriptivo
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADORES	INSTRUMENTOS	Tipo de investigación:
a) ¿De qué manera el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple contribuye en el asentamiento?	a) Determinar el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple para mejorar el asentamiento	a) Al analizar el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple mejora el asentamiento	Propiedades físico-mecánicas	Asentamiento	Normas nacionales, internacionales, artículos científicos, tesis, entre otros	Descriptivo/ Explicativo Población y muestra Recolección de datos de artículos
b) ¿De qué manera el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple contribuye a la resistencia a la compresión?	b) Determinar el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple para incrementar la resistencia a la compresión	b) Al analizar el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple incrementa la resistencia a la compresión		Resistencia a la compresión		

c) ¿De qué manera el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple contribuye en la resistencia a la flexión?

c) Determinar el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple para incrementar la resistencia a la flexión

c) Al analizar el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple incrementa la resistencia a la flexión

Resistencia a la flexión

d) ¿De qué manera el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple contribuye en la densidad?

d) Determinar el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple para incrementar la densidad

d) Al analizar el porcentaje de ceniza de bambú en un concreto simple incrementa la densidad.

Densidad

**Anexo B: Propuesta de norma e.060 concreto armado 2019**



**PERÚ**

Ministerio  
de Vivienda, Construcción  
y Saneamiento



**SENCICO**  
SERVICIO NACIONAL DE CAPACITACIÓN  
PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

PROPUESTA DE  
**NORMA E.060**  
**CONCRETO ARMADO**

2019

**BS 1881 : Part 124 : 1988**

UDC 666.972.01 : 691.32 : 620.1

---

British Standard

# Testing concrete

Part 124. Methods for analysis of hardened concrete

---



BS

Essais du béton  
Partie 124. Méthodes d'analyse du béton durci

Prüfung von Beton  
Teil 124. Prüfung von Festbeton

NO COPYING WITHOUT BSI PERMISSION EXCEPT AS PERMITTED BY COPYRIGHT LAW



**Anexo D: Norm British Estándar. Part 2: Slump-test**

**BRITISH STANDARD**

---

---

**BS EN  
12350-2:2009**

# Testing fresh concrete

## Part 2: Slump-test

ICS 91.100.30

**NO COPYING WITHOUT BSI PERMISSION EXCEPT AS PERMITTED BY COPYRIGHT LAW**

---

**BSi**  
British Standards

## Anexo E: Norma ASTM C293

1. **TÍTULO:** *Resistencia a la Flexión de vigas de concreto (carga al centro)*
2. **NORMA DE REFERENCIA:** ASTM C293, INTE 06-02-11
3. **ALCANCE**

Este ensayo cubre la determinación del esfuerzo de flexión de especímenes de concreto mediante el uso de una viga simple con carga en el punto medio. Este método no es alternativo al ensayo de carga a los tercios medios (3.12).
4. **IMPORTANCIA Y APLICACIÓN**

Este ensayo es utilizado para determinar el módulo de ruptura de especímenes preparados y curados de acuerdo con las normas ASTM C 31 (3.2) y ASTM C 192 (3.1). El esfuerzo determinado puede variar si hay diferencias en el tamaño del espécimen, preparación, condición de humedad o curado. Los resultados de éste método de ensayo pueden ser utilizados para determinar el cumplimiento de especificaciones o como una base para proporcionar las operaciones de mezclado y colocación. Este método produce valores de esfuerzo de flexión significativamente mayores que el método de ensayo de carga a los tercios medios (3.12).
5. **ESPÉCIMEN DE ENSAYO**

Los especímenes de ensayo deben estar conformes con los requerimientos de tamaño, moldeo y cura especificados en ASTM C31 y ASTM C192. Las caras del espécimen deben formar un ángulo recto entre sí. Todas las superficies deben ser lisas y libres de grietas, concavidades, agujeros o marcas de identificación inscritas.
6. **RESUMEN PROCEDIMIENTO**

Un espécimen de concreto, con forma prismática, sin irregularidades, que se ha mantenido húmedo hasta la falla y colocado de manera que la cara expuesta en el moldeo no esté en contacto con los dispositivos de carga, se centra con las cabezas de carga y los apoyos, se verifica que la cabeza de carga esté aplicada en el centro del espécimen. Se lleva el espécimen de manera gradual hasta la falla, se registra la carga máxima y con ella y las dimensiones tomadas al espécimen fracturado se calcula el módulo de ruptura.
7. **REQUERIMIENTOS PARA SOLICITUDES**

Se debe proveer al laboratorio los especímenes y especificar claramente la fecha de moldeo y la fecha a la cual se especifica la falla. Por ejemplo: 7 días, 28 días, 56 días, etc. Se debe especificar si los especímenes necesitan tiempo de curado en la cámara. El laboratorio no se responsabiliza por vigas que no cumplen con la especificación.
8. **FIGURAS Y FOTOGRAFÍAS**



## Anexo F: Norma ASTM C78/C78M

Designación: ASTM C 78 - 02

Método de ensayo normalizado para determinar la resistencia a la flexión del hormigón (Usando una viga simple con carga en los tercios)<sup>1</sup>

Esta norma ha sido editada con la designación C 78; el número que sigue inmediatamente a la designación señala su año de adopción original o, en caso de revisión, el año de la última revisión. Un número en paréntesis indica el año de la última aprobación. Una letra epsilon en superíndice ( $\epsilon$ ) señala un cambio editorial desde la última revisión o aprobación.

Estas especificaciones fueron aprobadas para ser utilizadas por los organismos pertenecientes al Departamento de Defensa.

### 1. Alcances

1.1 Este método de ensayo determina la resistencia a la flexión del hormigón usando una viga simple con carga en los tercios.

1.2 Los valores establecidos en unidades de pulg-libras deben mantenerse como norma. Las medidas equivalentes en SI han sido redondeadas para una aplicación práctica.

1.3 *Esta norma no se refiere a las medidas de seguridad, si las hubiera, asociadas con su uso. Es de responsabilidad del usuario de estas normas el establecer las medidas y prácticas de seguridad y de salud personal necesarias y determinar la aplicación de las limitaciones reglamentarias con anterioridad a su uso.*

### 2 Documentos de referencia

2.1 Normas ASTM:

C 31 Práctica para la preparación y curado de las probetas de hormigón en la obra<sup>2</sup>.

C 42 Método de ensayo para la obtención y ensayo de testigos y vigas aserradas de hormigón<sup>2</sup>.

C 192 Práctica para la preparación y curado de las probetas de hormigón en el laboratorio<sup>2</sup>.

C 617 Práctica para refrentar las probetas cilíndricas de hormigón<sup>2</sup>.

C 1077 Práctica para el ensayo de hormigón y de áridos para hormigón en el laboratorio para el uso en construcción y criterios para la evaluación en laboratorio<sup>2</sup>.

E 4 Práctica para la verificación de la fuerza de las máquinas de ensayos<sup>3</sup>.

### 3 Significado y uso

3.1 Este método de ensayo se usa para determinar la resistencia a la flexión del hormigón preparado y curado de acuerdo con el Método de ensayo C 42 o con las Prácticas C 31 ó C 192. Los resultados se calculan e informan como módulo de ruptura. La resistencia determinada variará si existen diferencias en el tamaño de la muestra, preparación, condiciones de humedad, curado o cuando la viga ha sido moldeada o aserrada al tamaño preciso.

3.2 Los resultados de este método de ensayo pueden ser utilizados para determinar el grado de cumplimiento con las especificaciones o como base para la dosificación y operaciones de colocación. Se utiliza para ensayar el hormigón para la construcción de losas y pavimentos (Nota 1).

### 4 Aparatos

4.1 La máquina de ensayo debe cumplir con los requisitos de las secciones "Bases para la verificación", "Correcciones e Intervalo de tiempo entre verificaciones" de la Práctica E 4. No se permiten máquinas operadas manualmente, que posean bombas que no produzcan una carga continua en un solo recorrido. Se permiten máquinas mecánicas o bombas de desplazamiento positivo, operadas a mano, que posean la capacidad suficiente en un recorrido continuo para completar un ensayo sin reabastecerlas y deben ser capaces de aplicar las cargas a una velocidad uniforme, sin golpes o interrupciones.

4.2 *Aparato de carga* - El método de carga en los tercios se utiliza para realizar ensayos de flexión al hormigón, empleando placas de acero que aseguren que las fuerzas aplicadas a la viga sean perpendiculares a la cara de la probeta y aplicadas sin excentricidad. En la Fig. 1 se aprecia el diagrama de un aparato que cumple con estas condiciones.

1. Este método de ensayo se encuentra bajo la jurisdicción del Comité C09 de la ASTM sobre Hormigón y áridos para Hormigón y es de responsabilidad directa del Subcomité C09.61 sobre Métodos de Ensayo para la resistencia del hormigón.

La presente edición fue aprobada con fecha 10 de enero de 2002. Publicada en marzo de 2002. Originalmente publicada como C 78 -30 T. La edición anterior es C 78 - 00.

2. *Anuario de normas ASTM*, Vol. 04.02

3. *Anuario de normas ASTM*, Vol. 03.01

Copyright © ASTM, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.