



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EFFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE
MADERA EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO
MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRAÚLICO
EN LA CIUDAD DE PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. EDWARD YVAN FRANCO PEREZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2026



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**EFFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE
MADERA EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO
MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRAÚLICO
EN LA CIUDAD DE PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. EDWARD YVAN FRANCO PEREZ

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

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:


Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR

PRIMER MIEMBRO

:


Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

SEGUNDO MIEMBRO

:


Dr. ARNALDO YANA TORRES

ASESOR DE TESIS

:


Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 0086-2026-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 22 de enero del 2026

VISTO: El expediente N° 2026-CU-000739 presentado por el (la) Bachiller: **EDWARD YVAN FRANCO PEREZ** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **EDWARD YVAN FRANCO PEREZ**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **EFFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE MADERA EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN LA CIUDAD DE PUÑO**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

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

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

RESUELVE:

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

- **Presidente** : Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
- **1er Miembro** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- **2do Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA**.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **EDWARD YVAN FRANCO PEREZ**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **EFFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE MADERA EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN LA CIUDAD DE PUÑO** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**. de acuerdo al siguiente detalle:

- **FECHA** : viernes 30 de enero del 2026
- **HORA** : 09:30 horas
- **LUGAR** : Aula 306 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
JULIACA
Dr. Harold Madera Terán
DECANO (e)
CIP: 66975

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
JULIACA
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1221-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 06 de octubre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU-7855 por el señor (a): **EDWARD YVAN FRANCO PEREZ** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 836-2025-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 117 - 2025 del integrante del comité de investigación 1221 de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **EDWARD YVAN FRANCO PEREZ**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulada: **EFFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE MADERA EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRAÚLICO EN LA CIUDAD DE PUNO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 117 - 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **EFFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE MADERA EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRAÚLICO EN LA CIUDAD DE PUNO**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **EDWARD YVAN FRANCO PEREZ**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulada: **EFFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE MADERA EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRAÚLICO EN LA CIUDAD DE PUNO** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA**.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDRÉS BELLÍ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP: 32730



UNIVERSIDAD ANDRÉS BELLÍ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc:
Archivo
interesado (a)

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 126-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 10 de enero del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU-094, presentado el señor (a) EDWARD YVAN FRANCO PEREZ solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 046-2025-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 441-2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): EDWARD YVAN FRANCO PEREZ ha presentado su propuesta de investigación Titulado: EFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE MADERA EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN LA CIUDAD DE PUNO, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Dr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 441-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: EFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE MADERA EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN LA CIUDAD DE PUNO.

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, presentado por el señor (a): EDWARD YVAN FRANCO PEREZ, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: EFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE MADERA EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN LA CIUDAD DE PUNO correspondiente a la línea de investigación TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN.

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

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como ASESOR DE INVESTIGACIÓN de al (a la) docente Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc:
Archivo []
Interconexo []



JHON EDWIN ARCE VILCA

EVALUACIÓN DEL NIVEL DE SERVICIO DE LA VÍA AFIRMADA DE LOS CENTROS POBLADOS CALA CALA – HUMAÑA EN EL D...

 Trabajos de tesis para ingreso a repositorio

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::13016:598612424

Fecha de entrega

8 jun 2026, 22:20 GMT-5

Fecha de descarga

9 jun 2026, 10:00 GMT-5

Nombre del archivo

T036_46025260_T.docx

Tamaño del archivo

8.8 MB

98 páginas

11.986 palabras

62.905 caracteres



TESIS UANCV

19% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 9%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 18%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Título de la tesis	
EFFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE MADERA EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRAÚLICO EN LA CIUDAD DE PUNO	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	EDWARD YVAN FRANCO PEREZ
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	43918779
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0002-6140-2647
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLI MAMANI APAZA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02306659
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-0268-5061
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02441152
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676



Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción – P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: Puno Distrito: Puno Localidad: Puno Latitud: O 70° 01' 25" Longitud: S 15° 50' 36"  https://maps.app.goo.gl/tBRpvF8FccoQ1eYJ9
Año o rango de años en que se realizó la investigación	enero 2025 - enero 2026
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html	Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03



Dr. Wily Mamani Apaza
DIRECTOR
OFICINA DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo EDWARD YVAN FRANCO PEREZ identificado con DNI

Nro. 43918779 en mi condición de egresado de:

☒ Escuela Profesional

☐ Programa de Segunda Especialidad,

☐ Programa de Maestría o Doctorado

informo que he elaborado el/la ☒ Tesis o ☐ Trabajo de Investigación, ☐ Trabajo Académico
denominada:

EFFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE MADERA EN EL COMPORTAMIENTO

FÍSICO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRAÚLICO EN LA CIUDAD DE PUNO

Asesorado por: DR. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

Es un tema original.

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

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

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

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

Juliaca 20 de marzo del 2026


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)


Huella



DEDICATORIA

Este es un homenaje a todos los que confiaron en mí incluso cuando no cumplía con mis expectativas, y a quienes no lo hicieron, pero que, sin saberlo, me brindaron la motivación que necesitaba para continuar. La perseverancia, incluso cuando se mantiene en silencio, siempre deja huella, y este logro es prueba de ello.

Recuerdo las noches oscuras en las que cuestioné mis capacidades, lo cual me ayudó a seguir adelante; de las mañanas tranquilas en las que mi trabajo pasó desapercibido pero se incrementó y de las decisiones inesperadas que me trajeron hasta este punto de mi vida, les dedico esta obra.



AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios de todo corazón por haberme dado la fortaleza y la determinación para completar esta etapa. A mis seres queridos, que siempre me han apoyado y me han brindado un aliento inquebrantable, les estoy eternamente agradecido. Gracias a mis asesores y profesores por ayudarme a crecer profesionalmente compartiendo su sabiduría y experiencia. Mi más profundo agradecimiento también a todos los que contribuyeron a dar forma a este estudio y me brindaron su apoyo a lo largo del camino; sin ustedes, nada de esto habría sido posible.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN	x

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 Análisis de la situación problemática.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.2.1 Problema general.....	2
1.2.2 Problemas específicos	2
1.3 Objetivos de la investigación	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4 Justificación de la investigación	3
1.4.1 Justificación técnica	3
1.4.2 Justificación económica	3
1.4.3 Justificación social	4
1.4.4 Justificación ambiental	4
1.5 Hipótesis de la investigación	4
1.5.1 Hipótesis general	4
1.5.2 Hipótesis específicas	5
1.6 Variables.....	5
1.6.1 Variable independiente	5
1.6.2 Variable dependiente	5
1.7 Operacionalización de variables.....	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO	7
2.1 Antecedentes de la investigación	7
2.1.1 Antecedentes internacionales	7
2.1.2 Antecedentes nacionales	8



2.1.3	Antecedentes regionales.....	10
2.2	Marco teórico	12
2.2.1	Concreto hidráulico	12
2.2.2	Cemento Portland	13
2.2.3	Agua	16
2.2.4	Agregados.....	17
2.2.5	Propiedades del concreto en estado fresco.....	20
2.2.6	Propiedades del concreto en estado endurecido.....	23
2.2.7	Diseño de mezclas de concreto	26
2.2.8	Ceniza de madera.....	30
2.2.9	Ventajas y limitaciones del uso de CM	35
2.3	Marco conceptual.....	38
CAPÍTULO III		
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		40
3.1	Enfoque de la investigación	40
3.2	Tipo y nivel de investigación.....	40
3.2.1	Tipo de investigación	40
3.2.2	Nivel de investigación	41
3.3	Diseño de la investigación.....	41
3.4	Población y muestra de la investigación.....	41
3.4.1	Población	41
3.4.2	Muestra.....	41
3.5	Técnicas e instrumentos	42
3.5.1	Técnicas	42
3.5.2	Instrumentos	42
3.6	Procedimiento de recolección de datos.....	43
3.7	Validación y confiabilidad	57
3.7.1	Validación	57
3.7.2	Confiabilidad	57
3.8	Procesamiento y análisis de datos	57
CAPÍTULO IV		
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		59
4.1	Resultados	59
4.1.1	Resultados de los ensayos físicos de los agregados arena y grava.....	59
4.1.2	Resultado del ensayo de revenimiento.....	69
4.1.3	Resultados de la resistencia a compresión con CM en porcentajes de 10%, 15%, 20%.....	70



4.1.4	Resultados de resistencia a flexión a los 28 días	77
4.2	Discusión de resultados	78
CONCLUSIONES		82
RECOMENDACIONES		83
BIBLIOGRAFÍA		84
ANEXOS.....		88



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de las variables.....	5
Tabla 2	Diferencia de los tipos de cemento.....	15
Tabla 3	Características de los agregados	18
Tabla 4	Diferencias de la trabajabilidad del concreto.....	22
Tabla 5	Métodos tradicionales de diseño de mezclas.....	29
Tabla 6	Propiedades físicas de la madera.....	34
Tabla 7	Ventajas y limitaciones de la ceniza de madera	37
Tabla 8	Resultados de humedad grava y arena	59
Tabla 9	Resultados de absorción	60
Tabla 10	Resultados de peso específico	61
Tabla 11	Resultados de peso unitario suelto de la grava.....	61
Tabla 12	Resultados de peso unitario varillado de la grava.....	62
Tabla 13	Resultados de peso unitario suelto de la arena	63
Tabla 14	Resultados de peso unitario varillado de la arena.....	63
Tabla 15	Resultados de la granulometría de la grava.....	64
Tabla 16	Resultados de la granulometría de la arena	65
Tabla 17	Dosificación diseño de 210 kg/cm ²	67
Tabla 18	Dosificación con ceniza de madera	68
Tabla 19	Ensayo de revenimiento con cenizas de madera.....	69
Tabla 20	Resultados de resistencia a compresión con cenizas de madera a 7 días..	70
Tabla 21	Resultados de resistencia a compresión con CM a 14 días	72
Tabla 22	Resultados de resistencia a compresión con cenizas de madera a 28 días	73
Tabla 23	Cuadro comparativo de la resistencia a compresión a los 7, 14, 28 días	75
Tabla 24	Resultados de resistencia a flexión a los 28 días con cenizas de madera ..	77



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Componentes del concreto.....	12
Figura 2 Proceso como se fabrica el cemento.....	14
Figura 3 Hidratación del cemento.....	16
Figura 4 Medición del revenimiento.....	21
Figura 5 Resistencia a compresión	24
Figura 6 Resistencia a flexión	25
Figura 7 Proceso de combustión de la madera a ceniza	32
Figura 8 Tamizaje de la ceniza de madera.....	44
Figura 9 Ensayo de humedad de los agregados grava y arena.....	48
Figura 10 Ensayo del peso unitario arena y grava.....	49
Figura 11 Ensayo de absorción y peso específico arena y grava	51
Figura 12 Elaboración del concreto con cenizas de madera.....	53
Figura 13 Elaboración del revenimiento del concreto fresco.....	54
Figura 14 Curado del concreto en estado endurecido	54
Figura 15 Ensayo de resistencia a compresión	55
Figura 16 Ensayo de resistencia a flexión	56
Figura 17 Curva granulométrica de la grava.....	65
Figura 18 Curva granulométrica de la arena.....	66
Figura 19 Comportamiento del slump con cenizas de madera	69
Figura 20 Comportamiento de la resistencia a compresión a los 7 días	71
Figura 21 Grafica de resistencia a compresión a los 14 días.....	72
Figura 22 Comportamiento de la resistencia a compresión a los 28 días	74
Figura 23 Comportamiento de la resistencia a compresión vs porcentaje de ceniza de madera.....	75
Figura 24 Comportamiento de la resistencia a flexión a los 28 días	77



RESUMEN

La presente investigación titulada “Efectos de la incorporación de cenizas de madera en el comportamiento físico–mecánico del concreto hidráulico en la ciudad de Puno” tuvo como objetivo general determinar la influencia del porcentaje de ceniza de madera como sustituto parcial del cemento en la elaboración de un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. La cuestión examinada giró en torno a la urgencia de disminuir el uso de cemento Portland y aprovechar desechos locales, sin comprometer el rendimiento mecánico del concreto estructural. La metodología empleada fue de enfoque cuantitativo, tipo aplicada y nivel explicativo, con un diseño experimental de corte transversal. La muestra se realizó con 36 probetas cilíndricas en compresión y 12 vigas para ensayo de flexión, elaboradas con cuatro tipos de mezcla: concreto patrón (0%) y concretos con 10%, 15% y 20% de sustitución de cemento por ceniza de madera. Las probetas fueron ensayadas a edades de 7, 14 y 28 días, siguiendo las normas técnicas NTP y ASTM. Los resultados mostraron que el slump disminuye progresivamente conforme aumenta el porcentaje de ceniza. En cuanto a la resistencia a compresión, el concreto patrón alcanzó 214.70 kg/cm^2 a los 28 días, mientras que la mezcla con 10% de ceniza alcanzó 210.66 kg/cm^2 , cumpliendo la resistencia de diseño. Las mezclas con 15% y 20% alcanzaron 200.98 kg/cm^2 y 183.56 kg/cm^2 , respectivamente, mostrando una disminución progresiva de la resistencia. El ensayo de flexión confirmó una tendencia similar con el 10% de CM alcanzando a 32.24 kg/cm^2 frente al concreto patrón de 32.52 . En conclusión, se determinó que la ceniza de madera puede ser utilizada como material sustituto parcial del cemento hasta un 10%, ya que permite obtener un concreto con resistencia mecánica comparable al convencional, porcentajes mayores afectan negativamente la resistencia.

Palabras Clave: Cenizas de madera, concreto hidráulico, resistencia a compresión y flexión



ABSTRACT

This research, entitled "Effects of Wood Ash Incorporation on the Physical-Mechanical Behavior of Hydraulic Concrete in the City of Puno," aimed to determine the influence of the percentage of wood ash as a partial substitute for cement in the production of concrete with a compressive strength (f'_c) of 210 kg/cm². The issue examined revolved around the urgent need to reduce the use of Portland cement and utilize local waste materials without compromising the mechanical performance of structural concrete. The methodology employed was quantitative, applied, and explanatory, with a cross-sectional experimental design. The sample consisted of 36 cylindrical compression specimens and 12 flexural beams, prepared with four types of mixes: control concrete (0%) and concretes with 10%, 15%, and 20% wood ash substitution of cement. The specimens were tested at 7, 14, and 28 days, following NTP and ASTM technical standards. The results showed that slump progressively decreases as the percentage of wood ash increases. Regarding compressive strength, the control concrete reached 214.70 kg/cm² at 28 days, while the mix with 10% wood ash reached 210.66 kg/cm², meeting the design strength. The mixes with 15% and 20% wood ash reached 200.98 kg/cm² and 183.56 kg/cm², respectively, showing a progressive decrease in strength. The flexural strength test confirmed a similar trend, with the 10% wood ash mix reaching 32.24 kg/cm² compared to 32.52 kg/cm² for the control concrete. In conclusion, it was determined that wood ash can be used as a partial cement substitute up to 10%, as it allows for obtaining concrete with mechanical strength comparable to conventional concrete; higher percentages negatively affect strength.

Keywords: Wood ash, hydraulic concrete, compressive and flexural strength



INTRODUCCIÓN

En la actualidad el rubro constructivo es el motor más importante en la economía y la parte social, siendo el concreto hidráulico el más usado como material en obras de infraestructura por su versatilidad y durabilidad. Por otro lado, la elaboración de cemento Portland, mecanismo fundamental del concreto, genera un elevado bombazo ambiental, importantemente por que emite dióxido y el alto derroche de recursos naturales. En este contexto, a través del tiempo de los años se viene desarrollando el beneficio por investigar el uso de materiales alternativos y subproductos industriales o residuos para poder ser reemplazados, para así minimizar reducir los costos, minimizar el impacto ambiental y promover una construcción más sostenible.

En la ciudad de Puno, al igual que en muchas otras regiones del país, se generan cantidades considerables de residuos de madera provenientes de actividades domésticas, comerciales y artesanales, cuya combustión produce cenizas que generalmente son desechadas sin ningún tipo de aprovechamiento técnico. Este residuo representa un problema ambiental y, al mismo tiempo, una oportunidad como material complementario para producir concretos. Diversas investigaciones indican que algunas cenizas vegetales pueden presentar propiedades puzolánicas o de relleno fino, lo que podría contribuir a mejorar o modificar ciertas propiedades del concreto, siempre que se utilicen en proporciones adecuadas y bajo un adecuado control técnico.

Por otro lado, la ciudad de Puno, caracterizadas por su elevada altitud y bajas temperaturas, inciden del comportamiento del concreto, fundamentalmente en el proceso de hidratación para que llegue a la resistencia requerida. Estas condiciones hacen necesario evaluar de manera específica el desempeño de nuevos materiales o adiciones en el concreto dentro de este contexto, ya que los efectos obtenidos en otras regiones no siempre son claramente adaptables a la realidad local. En este sentido, resulta fundamental estudiar la ceniza de madera afecta al concreto hidráulico producido



y manejado en esta zona, de aquí en adelante mencionaremos a la ceniza de madera como CM.

En consecuencia, se tiene como fin evaluar la incorporación de CM, para ello, se estudiarán diferentes porcentajes de sustitución, cotejando sus resultados con un concreto patrón, con el propósito de identificar una proporción adecuada, disminuyendo todo lo que afecta ala parte ambiental y al desarrollo de alternativas más sostenibles para la construcción en la región.

Esto se realizará de la siguiente manera.

Capítulo I: planteamos el problema principal sus causas y que medidas se esta tomando y planteando para resolverlo

Capítulo II: aquí se desarrolló todo en cuanto al marco teórico, sus principales marcos conceptuales y sobre todo aquel antecedente de gran relevancia para nuestra investigación

Capítulo III: es muy fundamental porque aquí realizamos todo con respecto a la parte metodológica el cual lo desarrollamos según la población y muestra de estudio planteándonos una muestra significativa

Capítulo IV: aquí se desarrolló nuestros datos obtenidos en el laboratorio para hacer la discusión con otros autores.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática

El concreto hidráulico tiende a ser el material que mas se usa en las construcciones de infraestructuras, tales como viviendas, edificaciones públicas, pavimentos y obras de saneamiento, por su gran tenacidad y relativa habilidad de producción. No obstante, compuesto por el cemento Portland, presenta un elevado costo económico y un significativo impacto ambiental asociado a su proceso de fabricación, caracterizado por el alto consumo de energía el cual también es altamente contaminante donde estos estudios permiten de alguna manera minimizar los daños ambientales los cuales afectan a nuestro planeta.

Paralelamente, en la ciudad de Puno se produce gran cantidad de residuos de madera descendientes de hogares, restaurantes, panaderías, ladrilleras, carpinterías y otras actividades que utilizan leña como fuente de energía. La combustión de estos residuos genera cenizas que, en la mayoría de los casos, son eliminadas de manera inadecuada, siendo arrojadas en botaderos informales o dispersadas en el ambiente, lo que contribuye para que sea contaminado tanto el suelo como el aire. A pesar de que este residuo posee un potencial de aprovechamiento como material complementario en la construcción, actualmente no existe un uso técnico generalizado ni una gestión adecuada de este subproducto en la región.

Asimismo, se observa que el sector construcción en Puno continúa utilizando métodos tradicionales de producción de concreto, sin incorporar de manera sistemática materiales alternativos o residuos industriales y agroforestales que puedan mejorar la sostenibilidad del proceso constructivo. Esta situación en estudios locales que no investigan materiales propios de la zona en condiciones climáticas de bajas temperaturas para así poder adaptarlos como sustituto en una parte del cemento.

En este contexto, existe una clara necesidad de investigar el comportamiento del concreto hidráulico al incorporar ceniza de madera, ya que actualmente se desconoce en qué medida esta adición afecta sus propiedades físicas y mecánicas. La ausencia de información técnica confiable limita la posibilidad de aprovechar este residuo de manera segura y eficiente, impidiendo su aplicación en obras de construcción y desaprovechando una alternativa que podría contribuir tanto a la disminución del impacto ambiental como a la optimización de los recursos utilizados en el rubro de las edificaciones.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 *Problema general*

¿Cómo incide la incorporación de cenizas de madera en el comportamiento físico–mecánico del concreto hidráulico en la ciudad de Puno?

1.2.2 *Problemas específicos*

1. ¿Cómo incide la incorporación de ceniza de madera en el revenimiento del concreto hidráulico en estado fresco?
2. ¿De qué manera la incorporación de ceniza de madera afecta la resistencia a compresión del concreto hidráulico a diferentes edades de curado?
3. ¿Cómo incide la incorporación de ceniza de madera en la resistencia a flexión del concreto hidráulico?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 *Objetivo general*

Determinar cómo incide la incorporación de cenizas de madera en el comportamiento físico–mecánico del concreto hidráulico en la ciudad de Puno.

1.3.2 *Objetivos específicos*

1. Determinar el efecto de la incorporación de ceniza de madera en el revenimiento del concreto hidráulico en estado fresco.
2. Determinar la influencia de la incorporación de ceniza de madera en la resistencia a compresión del concreto hidráulico a diferentes edades de curado.
3. Analizar como incide la incorporación de ceniza de madera en la resistencia a flexión del concreto hidráulico.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 *Justificación técnica*

Se justifica técnicamente porque se desarrolla dentro del marco del RNE E.060 Concreto Armado, la cual permite el uso de materiales cementantes suplementarios siempre que se verifique su desempeño mediante ensayos normalizados; asimismo, pruebas de revenimiento, pruebas de compresión y flexión que se emplean en el estudio se realizarán acorde a las NTP equivalentes a los métodos ASTM y a los lineamientos del ACI, lo que avala los datos y condesciende evaluar de manera objetiva si la incorporación de CM para un diseño $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para su posible diligencia en la edificación.

1.4.2 *Justificación económica*

La presente investigación se justifica económicamente porque la ceniza de madera es de bajo costo o prácticamente sin valor comercial en la ciudad de Puno, mientras que el cemento Portland representa un mayor costo en la producción del

concreto; por ello, la evaluación de su uso en porcentajes de 10%, 15% y 20% permitirá analizar la posibilidad de reducir cemento y, en consecuencia, disminuir el costo de producción, sin llegar a que afecte la resistencia del mismo, lo que podría generar ahorros económicos tanto en obras pequeñas como en proyectos de mayor envergadura.

1.4.3 Justificación social

Se justifica prácticamente porque permitirá obtener información experimental confiable del concreto hidráulico al usar ceniza de madera, lo cual servirá como referencia técnica para estudiantes, profesionales y entidades relacionadas con la edificación, facilitando la toma de decisiones sobre el uso de este material alternativo y brindando una posible solución técnica para mejorar el aprovechamiento de residuos y optimizar el uso del cemento en obras de construcción

1.4.4 Justificación ambiental

Ambientalmente se justifica porque la elaboración de cemento genera un alto impacto a causa de emisión de dióxido de carbono mientras que la CM es un rescoldo que actualmente se desecha sin un aprovechamiento técnico adecuado en la ciudad de Puno; por ello, su utilización como reemplazo parcial del cemento permitirá contribuir a la disminución del consumo de cemento, al reaprovechamiento de despojos y a la reducción en la contaminación que se genera, promoviendo así prácticas de construcción más sostenibles.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 Hipótesis general

El uso de cenizas de madera influye significativamente en el comportamiento físico-mecánico del concreto hidráulico en la ciudad de Puno.

1.5.2 Hipótesis específicas

1. La incorporación de ceniza de madera incide significativamente en el revenimiento del concreto hidráulico en estado fresco.
2. El uso de ceniza de madera incide significativamente en la resistencia a compresión del concreto hidráulico a diferentes edades de curado.
3. El uso de ceniza de madera incide significativamente en la resistencia a flexión del concreto hidráulico.

1.6 Variables

1.6.1 Variable independiente

Cenizas de madera

1.6.2 Variable dependiente

Comportamiento del concreto hidráulico

1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de las variables

VARIABLE INDEPENDIENTE: CENIZAS DE MADERA				
Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Técnica e Instrumentos
La ceniza obtenida de la combustión de madera como material alternativo que releva parcialmente al cemento Portland en la producción de concreto.	La variable se medirá mediante el uso de forma parcial del cemento por CM en porcentajes de 0%, 10%, 15% y 20% en masa, dentro del diseño	Porcentaje de reemplazo de cemento	Contenido de ceniza en la mezcla (10%, 15%, 20%), proporción cemento–ceniza (kg/m ³)	Técnica Dosificación y control de materiales Instrumentos Balanza digital, fichas de dosificación, registro de laboratorio
VARIABLE DEPENDIENTE: CONCRETO HIDRAULICO				
Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Técnica e Instrumentos



Es una mezcla de cemento Portland, agua, agregado fino y agregado grueso, que al hidratarse el cemento forma una pasta capaz de fraguar y endurecer adquiriendo resistencia mecánica	Material elaborado en laboratorio mediante un diseño $f'c = 210$ kg/cm ² , utilizando cemento rumi, agregados y agua, en el cual se incorpora CM en porcentajes de 0%, 10%, 15% y 20%,	Revenimiento (estado fresco)	Slump (cm)	Técnica -Ensayo de laboratorio Instrumento Cono de Abrams, varilla, regla metálica Técnica -Ensayo de laboratorio Instrumento Prensa hidráulica, probetas cilíndricas Técnica -Ensayos de laboratorio Instrumento Máquina de ensayo de flexión, vigas prismáticas
		Resistencia a compresión	Resistencia a compresión (MPa o kg/cm ²)	
		Resistencia a flexión	Resistencia a flexión (MPa o kg/cm ²)	



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 *Antecedentes internacionales*

A nivel internacional Alvansaz et al., (2022) en su estudio "Estudio de la Incorporación de Cenizas de madera en Concreto de Alto Desempeño (HPC)", Este proyecto de estudio busca examinar la inclusión de partículas de CM en las características físicas y de alto rendimiento, a saber, que se incluyeron aserrines de cenizas de madera como sustitutos del 0,74%, 1,4% y 2% en peso del contenido convencional, además del 4% y 8% de microsilíce. El hormigón de alto rendimiento fue diseñado para alcanzar mayores resistencias ($f'c$) superior a 55 MPa y al mismo tiempo garantizar una mayor trabajabilidad. Se utilizó un superplastificante para proporcionar la trabajabilidad necesaria en todas las dosis. Se realizaron análisis microscópicos para aclarar los efectos. Los efectos mostraron que la concentración óptima de AECEI es del 1,4%. A los 28 días de edad, los hallazgos evidenciaron que se da en relación con el hormigón de referencia y el hormigón con microsilíce incrementa su tenacidad en un 8,44% y 7,52%, en cuanto a la tracción en un 4,315% y un 26,305%, y el módulo de ruptura en un 16,21% y 9,62%, respectivamente, con un módulo de elasticidad de 16,52% y 4,51%. La utilización AECEI ha probado ser eficaz y ventajosa en físico-mecánicas del concreto de alto rendimiento.

Concluyen que la CM es un aditivo eficaz para el concreto de alto desempeño cuando se emplea en bajas proporciones, siendo el 1.4% el contenido óptimo, ya que mejora su resistencia mecánica y las propiedades físicas del concreto, mientras que mayores contenidos no aportan beneficios adicionales.

Alghurair (2020) en su investigación titulada *"Evaluation of Using Wood Waste Ash in Concrete"* tuvo como objetivo examinar el uso de ceniza de residuos de madera en la elaboración de concreto, debido a la problemática ambiental generada por el alto dispendio de cemento y la acumulación de restos industriales; la investigación fue experimental, donde se elaboraron mezclas de concreto con 15%, 20%, 25% y 30% de reemplazo de cemento por ceniza, evaluando propiedades duro y fresco, principalmente revenimiento y resistencia a compresión, encontrándose que el slump disminuye según se incrementa la ceniza y que la resistencia a compresión se reduce progresivamente para porcentajes mayores, identificándose un porcentaje óptimo cercano al 15%. Concluye que, CM puede utilizarse como material alternativo en proporciones controladas, pero que porcentajes elevados afectan negativamente el desempeño mecánico del concreto.

2.1.2 Antecedentes nacionales

A nivel nacional, Timoteo (2021), en su investigación *"Influencia de sustitución del cemento por ceniza de madera sobre la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ – 2021"*. La metodología empleada se implementó con un diseño experimental-correlacional. Se utilizó CM en diferentes cantidades para elaborar hormigón, y se evaluó su resistencia a la compresión. El estudio sugirió el uso de ceniza de madera como sustituto del cemento en la fabricación de hormigón. Su fin es establecer cómo la cuantía de CM en peso utilizada en la producción de hormigón de un diseño de ($f'c$) de 210 kg/cm^2 afectaba al producto final. Un horno artesanal local proporcionó la ceniza. Tras obtener todos los componentes necesarios, se diseñó un $f'c$



= 210 kg/cm² y se calculó la proporción de sustitución del cemento. Finalmente, se vertieron 36 muestras de hormigón y se dejaron curar durante una semana hasta 4 semanas. Después se realizó la prueba de compresión y se obtuvieron los siguientes resultados: cuando se reemplazó el 10% de la ceniza con cemento durante distintos tiempos de curado, se obtuvieron los resultados de 164 kg/cm², 191 kg/cm² y 236 kg/cm² a distintas semanas de rotura. Después su esfuerzo de rotura fue de 157 kg/cm², 187 kg/cm² y 231 kg/cm² a tiempos distintos de curado. La resistencia del hormigón disminuyó cuando se reemplazó el 20% del cemento con ceniza. Los resultados nuevos fueron de 157 kg/cm², 206 kg/cm² y 205 kg/cm² a distintos tiempos de curado que van desde los 7, 14 y ultimo de 28 días. La resistencia máxima del hormigón estándar fue $f'c = 238 \text{ kg/cm}^2$. Concluye, *la* proporción óptima para la producción de hormigón, sustituyendo el cemento por ceniza en un porcentaje en peso del 10%, produce una resistencia superior en relación con el 15% y el 20%, alcanzando una resistencia máxima de $f'c = 236 \text{ kg/cm}^2$.

Cespedes (2023), en su investigación titulada *"Evaluación del rendimiento mecánico del concreto, reemplazando parcialmente el cemento por cenizas de madera faique"* el objetivo principal fue evaluar al concreto con el relevo de CM de faique. El enfoque de investigación empleado fue tanto aplicado como experimental, implementándose la sustitución del cemento en proporciones del 4%, 7%, 10% y 13%, con diseños de control 210 y 280 kg/cm². Se valoraron los parámetros físicos del hormigón fresco, incluyendo slump, temperatura, peso unitario, junto con las pruebas de resistencia, tales como compresión, flexión y tracción. Los resultados mostraron que la sustitución óptima del tratamiento es del 10 % de CMF, logrando resistencias a la compresión de 269,08 kg/cm² y 362,55 kg/cm², resistencias a la tracción de 1,54 MPa y 1,96 MPa, y resistencias a la flexión de 6,20 MPa y 7,20 MPa, en cambio su ME fue de 251091 kg/cm² y 268114 kg/cm². El estudio concluye que un tratamiento con un 10 % de CMF mejora la tenacidad del hormigón, en cambio se observó que un mayor

porcentaje de cenizas se correlaciona con una menor compactación en cotejo con el diseño convencional

Según Barrantes y Becerra (2025), en su investigación, *"Influencia en las propiedades mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm² incorporando ceniza de madera eucalipto al 2.5%, 3.5% y 4.5%"*. su objetivo fue de evaluar el impacto de la CM de eucalipto para un diseño de 210 kg/cm², para cantidades controladas de 2.5%, 3.5% y 4.5%. esto debido a que existen muchos problemas con el abundante uso de cemento el cual planteamos soluciones alternas que sean sostenibles en el tiempo el cual se logre mejorar o que llegue a la resistencia requerida del concreto de manera responsable. La metodología empleada fue de un diseño experimental donde se realizaron distintas pruebas modificadas con una muestra patrón. Se hicieron distintos ensayos como tracción, flexión y comprensión en distintas etapas de curado (7, 14 y 28 días). Los resultados indican que la adición de ceniza de eucalipto mejora las propiedades mecánicas del concreto. La mezcla con 4.5% CM de eucalipto logro alcanzar en su tenacidad de 279.3 kg/cm², para su módulo de rotura llego a 4.61 MPa y para tracción fue de 2.29 MPa llegando en la cuarta semana de curado. También podemos señalar que al aplicar 3.5% de CM de eucalipto también tuvo resultados similares al de 4.5%, con una diferencia mínima. Concluye que, la CM de eucalipto es idóneo para aumentar la resistencia aplicando el 4.5% el cual es idóneo al momento de mezclar con el cemento y logran mejorar su tenacidad los cuales son de gran beneficio haciendo un aporte valioso en el rubro de las edificaciones donde se emplea bastante cemento.

2.1.3 Antecedentes regionales

En el contexto local, Quispe (2024), en su tema de investigación titulado *"Influencia de la sustitución del cemento por ceniza de aserrín en propiedades físicas - mecánicas del concreto hidráulico"*. Su propósito fue examinar el efecto que tiene la



ceniza de aserrín en el concreto. La metodología empleó un enfoque cuantitativo y aplicado, y un diseño experimental puro, realizando experimentos de laboratorio para determinar pruebas de módulo de rotura y tenacidad del hormigón para un esfuerzo de 175 kg/cm^2 con la incorporación de 5%, 10% y 20% de ceniza de aserrín a distintos días de curado de 7, 14 y 28 días. Se utilizaron un total de 72 muestras, que comprendían 36 especímenes cilíndricos para compresión y 36 vigas para evaluar flexión. Los datos de rotura a los 28 días de control (0%) fue de $379,17 \text{ kg/cm}^2$ y flexión de $36,16 \text{ kg/cm}^2$. La incorporación de un 5 % de ceniza de serrín dio como resultado máximo de $310,07 \text{ kg/cm}^2$ y en flexión de $32,97 \text{ kg/cm}^2$. En cambio, con un 20 % de serrín, la resistencia a la compresión mínima registrada fue de $110,33 \text{ kg/cm}^2$, en cambio a flexión mínima fue de $23,28 \text{ kg/cm}^2$. El investigador concluye que aumentar la cantidad de aserrín reduce la resistencia y requiere un aumento del agua; la cantidad máxima de CA recomendada es del 10%.

Por su parte, Lipa (2023), en su investigación titulada *"Análisis de resistencia a compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con sustitución del cemento por ceniza de aserrín de madera y yeso, Juliaca, Puno"*. El objetivo principal de este estudio fue cuantificar y evaluar la prueba de compresión de 210 kg/cm^2 con aserrín y yeso en lugar de cemento. El estudio se realizó en Juliaca, Puno, Perú. El enfoque empleó un diseño experimental y se basó en la metodología de investigación fue experimental. Se aplicó una dosis de 3%, 5% y 7%, de aserrín y yeso a una mezcla típica recomendada como sustituto del cemento. Se consideraron tiempos de fraguado de siete, catorce y veintiocho días. Se utilizó una densidad de concreto de 210 kg/cm^2 . Tras la investigación, los investigadores concluyeron que el concreto presentó la mayor resistencia a la tracción y a la flexión, y que no se observaron variaciones ni modificaciones como resultado de la sustitución con yeso y aserrín.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Concreto hidráulico

2.2.1.1 Definición del concreto hidráulico

Es un material compuesto hecho por la combinación de cemento, agua, agregado fino y agregado grueso, el cual adquiere propiedades resistentes, teniendo la capacidad de fraguar y endurecer tanto en presencia de aire como bajo el agua. Según Neville (2011), el concreto es un material pétreo artificial cuyo comportamiento depende fundamentalmente de la calidad de sus componentes y de la proporción en que estos se combinan, siendo actualmente el material que mucho usan.

2.2.1.2 Importancia del concreto

Constituye el principal material empleado en la edificación de infraestructuras como edificios, obras de saneamiento, etc. Debido a su versatilidad, facilidad de moldeo y adecuada relación costo–resistencia. De acuerdo con Mehta y Monteiro (2014), es consumido por el ser humano de forma permanente después del agua, lo que demuestra su calidad valiosa en el progreso de las compañías modernas.

Figura 1

Componentes del concreto



Nota. Esquema de los componentes del concreto. Adaptado de "Tecnología del concreto" <https://www.construyendoseguro.com/wp-content/uploads/2019/05/concreto.jpg>

2.2.1.3 Clasificación del concreto

Se clasifica de diversas maneras según su resistencia, uso o método de colocación. Mindess, Young y Darwin (2003) señalan que el concreto puede dividirse en concreto normal, concreto de alta resistencia, concreto liviano, concreto pesado y concreto especial, dependiendo de sus propiedades mecánicas y su aplicación estructural.

A. Según su resistencia

Según su resistencia, se clasifica concreto de resistencia normal y concreto de alta resistencia, siendo el primero el más empleado en edificaciones convencionales y el segundo utilizado en estructuras especiales donde se requieren mayores capacidades portantes.

B. Según su uso estructural

De acuerdo con el RNE E.060 (2018), el concreto puede emplearse en elementos estructurales como vigas, columnas, losas, muros y cimentaciones, siempre que cumpla los requisitos mínimos de resistencia y durabilidad establecidos por la normativa.

C. Según su método de colocación

El concreto también puede clasificarse según su método de colocación en concreto convencional, concreto bombeado, concreto proyectado y concreto compactado con rodillo, cada uno con características particulares de consistencia y trabajabilidad.

2.2.2 Cemento Portland

2.2.2.1 Definición y función del cemento

Un material delicadamente molido que, al combinar con agua, forma una pasta capaz de fraguar al tener reacciones químicas de hidratación. Según Taylor (1997), el

cemento es responsable de la alineación de los efectos de hidratación que suministran cohesión y resistencia al material endurecido. En el concreto, el cemento cumple la función fundamental de actuar como aglomerante, uniendo las partículas de los agregados y formando una masa sólida, compacta y resistente con el paso del tiempo.

El cemento no solo permite la unión de los materiales, sino que también controla la durabilidad y la impermeabilidad del concreto. De acuerdo con Lea (2004), la calidad del cemento y su correcta dosificación influyen directamente en la microestructura de la pasta cementante, lo que a su vez determina el comportamiento mecánico del concreto frente a cargas y agentes ambientales.

Figura 2

Proceso como se fabrica el cemento



Nota. Diagrama del proceso. Adaptado de “Padua materiales”
<https://paduamateriales.com/wp-content/uploads/como-es-el-proceso-de-la-fabricacion-del-cemento.webp>

2.2.2.2 Tipos de cemento Portland

Se clasifican según sus propiedades de resistencia inicial, calor de hidratación y resistencia a agentes agresivos, lo cual permite su selección adecuada según el tipo de obra.

Tabla 2

Diferencia de los tipos de cemento

Tipo de cemento	Denominación	Características principales	Usos más comunes
Tipo I	Cemento Portland Normal	Uso general, resistencia normal, fraguado y endurecimiento normales	Viviendas, edificaciones, losas, vigas, columnas, concreto armado en general
Tipo II	Cemento Portland de Moderada Resistencia a los Sulfatos	Menor calor de hidratación que el Tipo I, moderada resistencia a sulfatos	Cimentaciones, obras en contacto con suelos o aguas ligeramente agresivas
Tipo III	Cemento Portland de Alta Resistencia Inicial	Desarrolla resistencia rápidamente en los primeros días	Prefabricados, obras que requieren desencofrado rápido, reparaciones
Tipo IV	Cemento Portland de Bajo Calor de Hidratación	Produce poco calor al hidratarse, desarrollo lento de resistencia	Presas, grandes volúmenes de concreto (concreto masivo)
Tipo V	Cemento Portland de Alta Resistencia a los Sulfatos	Alta resistencia al ataque de sulfatos, alta durabilidad	Obras en ambientes marinos, alcantarillado, suelos muy agresivos

2.2.2.3 Propiedades físicas y químicas del cemento

El cemento Portland incide en el concreto duro y fresco. Entre las principales propiedades físicas se encuentran la finura, el tiempo de fraguado, la estabilidad volumétrica y la resistencia mecánica. Según Neville (2011), una mayor finura del cemento incrementa la prontitud de absorción y el progreso temprano de resistencia, aunque también puede aumentar la demanda de agua y el calor de hidratación.

Son de silicatos y aluminatos de calcio, cuyos porcentajes determinan características como la resistencia inicial, la resistencia final y la durabilidad. De acuerdo

con Hewlett (2004), la composición química del cemento controla la alineación de los bienes de absorción, los cuales son comprometidos de la rigidez y capacidad resistente de la pasta cementante en el concreto endurecido.

2.2.3 Agua

2.2.3.1 Requisitos del agua de mezclado

Advierte en las reacciones químicas de hidratación y proporciona la trabajabilidad para el manejo de la mezcla. Según la norma ASTM C1602 (2021), el agua debe estar libre de sustancias perjudiciales como aceites, ácidos, sales que puedan afectar el fraguado, la resistencia o la durabilidad del material. El agua potable es considerada conveniente para la preparación del concreto.

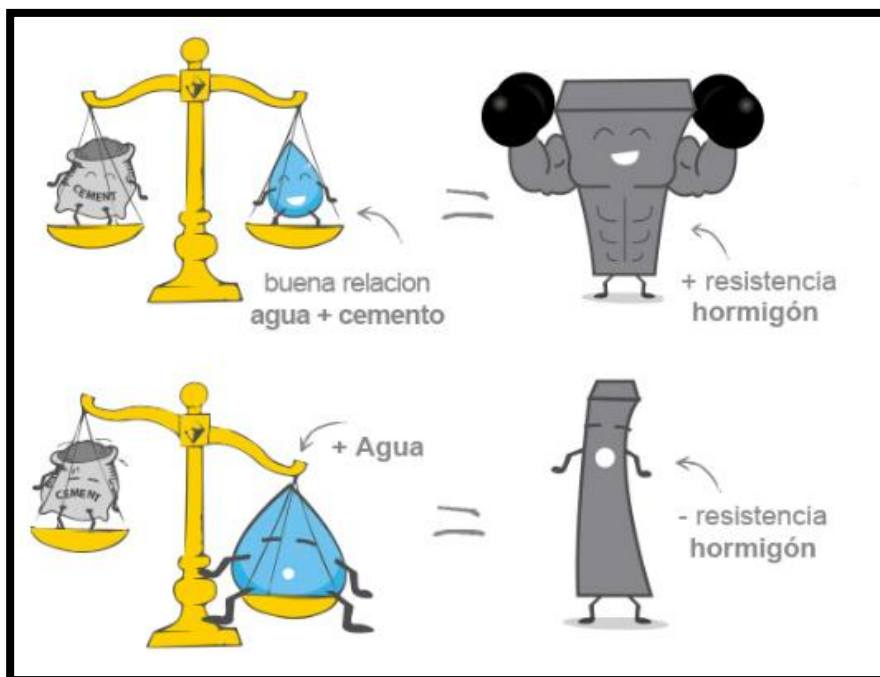
El control de agua de mezclado es fundamental, ya que liviandades químicas causan alteraciones los tiempos de fraguado o provocar reacciones indeseables dentro de la matriz del concreto. De acuerdo con Mehta y Monteiro (2014), el uso de agua contaminada puede producir pérdidas de resistencia, problemas de durabilidad e incluso patologías estructurales a largo plazo.

2.2.3.2 Influencia del agua en el concreto

Un incluido impropio de agua puede provocar fenómenos como segregación, exudación y aumento de la permeabilidad, afectando negativamente el desempeño estructural del material. Por ello, el control del contenido de agua constituye uno de los aspectos más críticos en la elaboración de un concreto de eficacia, según Abrams (1998).

Figura 3

Hidratación del cemento



Nota. Esquema del rol del agua en la hidratación del cemento. Adaptado de “putzmeister”
”<https://bestsupportunderground.com/wp-content/uploads/2017/02/perdida-resistencia.jpg>

2.2.4 Agregados

2.2.4.1 Definición de agregados

Materiales pétreos inertes los cuales oscilan entre el 70% y 80% del volumen total del hormigón. Según Powers (1968), los agregados no solo cumplen la función de relleno, sino que también influyen de manera decisiva en la resistencia, estabilidad volumétrica y economía del concreto. Su calidad y correcta selección son fundamentales para obtener un material durable y estructuralmente confiable.

Desde el punto de vista técnico, los agregados deben ser resistentes, limpios, duros y estables frente a agentes físicos y químicos, ya que cualquier deficiencia en estos materiales puede afectar negativamente el desempeño del concreto.

2.2.4.2 Clasificación: fino y grueso

Dependen a su tamaño de partícula, en agregados finos y agregados gruesos. La grava está formada generalmente por arena natural o triturada, mientras que la grava está formada por piedra natural o piedra triturada. Según Mindess, Young y Darwin (2003), una adecuada combinación de ambos tipos de agregados permite obtener una mezcla más compacta, con menor cantidad de vacíos y mejor comportamiento mecánico.

Tabla 3

Características de los agregados

Criterio de clasificación	Tipo de agregado	Descripción	Ejemplos / Uso en concreto
Según su tamaño	Agregado fino	Material que pasa el tamiz N° 4 (4.75 mm) y queda retenido en el tamiz N° 200	Arena natural o arena triturada para morteros y concreto
	Agregado grueso	Material que queda retenido en el tamiz N° 4 (4.75 mm)	Grava o piedra triturada para concreto estructural
Según su origen	Natural	Proviene de ríos, canteras o depósitos naturales	Arena de río, grava natural
	Artificial o triturado	Proviene de la trituración mecánica de roca	Piedra chancada, arena chancada
	Reciclado	Proviene del reciclaje de concreto o materiales pétreos	Agregado reciclado de demolición
Según su peso volumétrico	Agregado liviano	Menor densidad que los agregados normales	Arcilla expandida, piedra pómez
	Agregado normal	Densidad usual en concretos convencionales	Arena y grava natural
	Agregado pesado	Alta densidad	Barita, magnetita (blindajes, protección radiológica)

Criterio de clasificación	Tipo de agregado	Descripción	Ejemplos / Uso en concreto
Según su forma	Redondeado	Superficie lisa, mayor trabajabilidad	Grava de río
	Angular	Superficie rugosa, mayor adherencia	Piedra chancada
Según su textura superficial	Lisa	Menor adherencia con la pasta	Grava rodada
	Rugosa	Mejor adherencia con la pasta	Piedra triturada

2.2.4.3 Propiedades físicas de los agregados

Entre las principales se encuentran la granulometría, la forma y textura superficial de las partículas, el peso específico, la absorción y la resistencia al desgaste. Según Kosmatka y Wilson (2016), una granulometría bien graduada permite comprimir el contenido de pasta necesaria y mejorar la compacidad del concreto, lo que se traduce en mejores propiedades mecánicas y mayor durabilidad.

Mientras que la absorción afecta el contenido efectivo de agua en la mezcla, por lo que estos parámetros deben ser controlados cuidadosamente en laboratorio.

2.2.4.4 Influencia de los agregados en el concreto

Ejercen una incidencia decisiva en el comportamiento del concreto tanto en estado duro y fresco. Por su parte Shetty (2005), agregados de buena calidad contribuyen a obtener concretos más resistentes, durables y estables volumétricamente, mientras que agregados deficientes pueden generar problemas de fisuración, baja resistencia y deterioro prematuro. Además, su importancia fundamental dentro del sistema de materiales que conforman este compuesto.

2.2.5 Propiedades del concreto en estado fresco

Es un conjunto de propiedades que determinan su facilidad de manipulación, transporte, colocación y compactación antes de iniciar su fase de fraguado. Es significativo para certificar que el material pueda ser correctamente colocado en los moldes o encofrados sin perder homogeneidad ni sufrir fenómenos de segregación o exudación. De acuerdo con Neville (2011), el comportamiento del concreto fresco es muy relevante en la calidad final del concreto endurecido, ya que una mala colocación o compactación puede generar vacíos, disminución de resistencia y problemas de durabilidad.

Pruebas principales tenemos la trabajabilidad, la consistencia y el revenimiento, las cuales están estrechamente relacionadas con la cantidad de agua, gradación de los áridos, el contenido de finos y el tipo de materiales utilizados en la mezcla.

2.2.5.1 Trabajabilidad

La trabajabilidad es de fácil mezclado y colocación sin que ocurra segregación ni pérdida de homogeneidad. Según Kosmatka y Wilson (2016), la trabajabilidad no es una propiedad única y simple, sino un conjunto de características que incluyen la fluidez, la cohesión.

Esta propiedad depende de varios factores, tales su correlación agua/cemento, la forma y textura en los áridos, la granulometría, el contenido de pasta y el uso de aditivos. Un concreto con slump bajo resulta difícil de colocar y compactar, lo que puede originar vacíos y nidos de grava; por el contrario, un concreto excesivamente trabajable puede presentar segregación y exudación, afectando negativamente su calidad final. Por ello, el control de la trabajabilidad es un aspecto fundamental en la producción de concretos de buena calidad.

2.2.5.2 Consistencia

La consistencia está directamente relacionada con su contenido de agua y la proporción de pasta cementante presente en la mezcla. De acuerdo con Mehta y Monteiro (2014), la consistencia representa el estado físico del concreto fresco en términos de su capacidad de deformarse bajo su propio peso o bajo una acción externa.

La consistencia no debe confundirse con la trabajabilidad, ya que un concreto puede presentar una consistencia fluida pero carecer de cohesión suficiente, lo que lo hace propenso a la segregación. En la práctica, la consistencia se controla para asegurar que el concreto pueda adaptarse adecuadamente a la forma del encofrado y envolver correctamente las armaduras, garantizando así una correcta compactación y un buen acabado superficial.

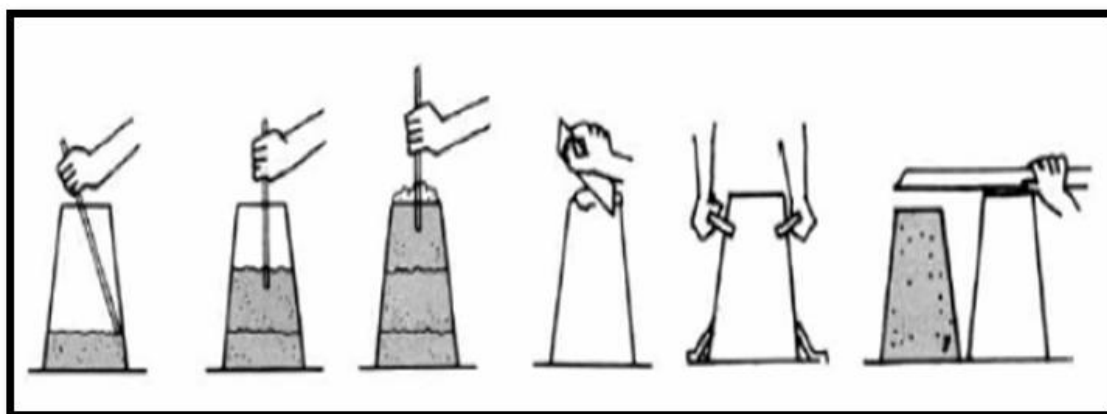
2.2.5.3 Revenimiento (Slump)

El revenimiento, también conocido como asentamiento o slump, es una medida empírica que permite evaluar de manera indirecta su plasticidad del concreto. Según Mindess, Young y Darwin (2003), el revenimiento representa la disminución de altura que experimenta una masa de concreto fresco al retirarse un cono de forma conica normalizado, y constituye uno de los métodos más simples y difundidos para el control de la uniformidad del concreto.

Este parámetro no mide directamente la trabajabilidad completa del concreto, pero sí proporciona una indicación rápida de su grado de fluidez y de la variación de la consistencia entre diferentes mezclas o entre diferentes lotes de producción.

Figura 4

Medición del revenimiento



Nota. Procedimiento de medición del revenimiento. Adaptado de “materiales y procesos constructivos”. <http://l232amiguelsanchez.blogspot.com/2011/03/prueba-de-revenimiento-del-concret.html>

Importancia del revenimiento

El revenimiento es de gran importancia ya que permite verificar en obra o en laboratorio si la mezcla presenta la consistencia prevista en el diseño. De acuerdo con Shetty (2005), variaciones significativas en el revenimiento pueden indicar cambios no deseados en la dosificación, en el contenido de agua o en la humedad.

Asimismo, un revenimiento es correcto sin necesidad de añadir agua en obra, práctica que es altamente perjudicial para la calidad del material. Por esta razón, el control sistemático del revenimiento constituye una práctica esencial en la producción de concreto estructural.

Tabla 4

Diferencias de la trabajabilidad del concreto

Propiedad	Qué evalúa	Cómo se mide	Importancia
Trabajabilidad	Facilidad de manejo y compactación	Observación del comportamiento en mezcla y colocación	Garantiza una correcta colocación y evita vacíos o nidos de grava
Consistencia	Fluidez de la mezcla	Ensayos indirectos (principalmente slump)	Asegura que el concreto pueda

Propiedad	Qué evalúa	Cómo se mide	Importancia
Revenimiento (Slump)	Grado de fluidez / uniformidad de la mezcla	Ensayo del cono de Abrams (NTP / ASTM C143)	adaptarse al encofrado y a la armadura
			Control rápido de calidad y uniformidad del concreto en obra y laboratorio

2.2.6 *Propiedades del concreto en estado endurecido*

El desarrollo progresivo de la microestructura de la pasta cementante, lo cual le confiere resistencia mecánica y durabilidad frente a las acciones físicas, químicas y mecánicas del entorno. Según Neville (2011), en cuanto a sus resistencias dependen fundamentalmente del óptimo de sus materiales, de la relación agua/cemento, del grado de compactación y de las condiciones de curado, siendo estos factores determinantes en su desempeño.

Entre las principales destacan la resistencia mecánica, la durabilidad y el adecuado desarrollo de dichas propiedades en función del curado, aspectos que son fundamentales el cual certifican un mecanismo confiable.

2.2.6.1 **Resistencia mecánica del concreto**

Son elementos que soportan diversos tipos de esfuerzos sin fallar y constituye el principal parámetro de diseño en diversos elementos estructurales. De acuerdo con Mehta y Monteiro (2014), esta propiedad está directamente relacionada con la fisuración o grietas que tiene la pasta, el buen estado con lo que se encuentra entre la pasta y los agregados, y la porosidad total del material. En la práctica, se aplica, mediante ensayos de flexión o tracción indirecta y compresión.

2.2.6.2 **Resistencia a compresión**

La más utilizada como criterio de aceptación y control de calidad. Según Popovics (1998), esta resistencia representa como un material soporta diversas cargas

axiales y su valor esta relacionado mucho de acuerdo al agua/cemento, del grado de compactación y del curado.

Figura 5

Resistencia a compresión



Nota. Ensayo de resistencia a compresión. Adaptado de "kincha".
<https://kincha.com.pe/wp-content/uploads/2023/07/Ensayo-de-Resistencia-a-la-compresion-Probetas-6-x-12-in.png>

En términos estructurales, el parámetro fundamental para el dimensionamiento de elementos estructurales. Esto se realiza generalmente por medio de pruebas de probetas cilíndricas o cúbicas, aplicando una carga creciente hasta la falla, lo que permite obtener un valor representativo del comportamiento resistente del concreto endurecido.

2.2.6.3 Resistencia a flexión

Es la capacidad del concreto para resistir esfuerzos de tracción indirecta producidos por la acción de momentos flectores. Según Mindess, Young y Darwin (2003), esta propiedad es particularmente importante en elementos donde predominan los efectos de flexión, como pavimentos, losas y elementos prefabricados.

Aunque el concreto es un material relativamente débil en tracción directa, la resistencia a flexión proporciona una indicación práctica de su comportamiento frente a este tipo de solicitaciones. Este parámetro se determina normalmente mediante pruebas de vigas sometidas a cargas en los tercios del claro o en el centro, entonces va evaluar su soporte del material para resistir fisuración y falla por tracción.

Figura 6

Resistencia a flexión



Nota. Ensayo de resistencia a flexión. Adaptado de "Macg". <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRBP7clpWvz6ncMjGX8Mny9l82P9pZ6l9kBw&s>

2.2.6.4 Relación entre compresión y flexión

Existe una relación empírica ya que ambas dependen de la calidad de la pasta cementante y de la adherencia con los agregados. De acuerdo con Shetty (2005), la resistencia a flexión suele encontrarse aproximadamente entre el 10% y el 15% del valor de la resistencia a compresión, no obstante, este porcentaje no es fijo en función del tipo de concreto, gradación de áridos y como se aplica el curado.

2.2.6.5 Durabilidad del concreto

Conserva sus propiedades a lo largo del tiempo tanto en lo físico como en lo mecánico frente agentes ambientales, químicos y mecánicos. Según el ACI Committee 201 (2016), un concreto durable es aquel que resiste adecuadamente los procesos de deterioro tales como la inclusión de malos agentes que causan daño, el deshielo, también es afectado el acero cuando existe corrosión.

La durabilidad está estrechamente ligada a la permeabilidad del concreto, a la calidad de la pasta cementante y al adecuado control de la relación agua/cemento. Un concreto con baja porosidad y buena compactación presenta una mayor resistencia al ingreso de sustancias nocivas, el cual está relacionado en la edad de la estructura.

2.2.6.6 Influencia del curado en el desarrollo de resistencias

Se mantienen condiciones adecuadas de humedad y temperatura el cual considera que continúe la hidratación del cemento después de la colocación del concreto. Según Kosmatka y Wilson (2016), un curado adecuado es esencial para que el concreto alcance la resistencia y durabilidad previstas en el diseño, ya que la interrupción temprana de la hidratación produce una microestructura más porosa y menos resistente.

Asimismo, Hewlett (2004) señala que el curado incide también en el módulo de rotura o flexión y no solamente a compresión como lo muestran diversos autores, la impermeabilidad y la resistencia al desgaste superficial del concreto. Por ello, prácticas de curado deficientes pueden reducir significativamente el desempeño estructural del material, incluso cuando se ha utilizado una dosificación correcta y materiales de buena calidad.

2.2.7 Diseño de mezclas de concreto

Constituye una etapa fundamental en la producción de este material, ya que de él depende que el concreto este dentro de los parámetros mínimos como son de

resistencia, slump, durabilidad y economía determinados en un proyecto determinado. De acuerdo con Neville (2011), un diseño de mezcla adecuado no solo debe garantizar el cumplimiento de la resistencia especificada, sino también asegurar una consistencia apropiada y un comportamiento satisfactorio durante su colocación y servicio.

El proceso de dosificación del concreto busca establecer las proporciones óptimas de cemento, agua, agregados y, en su caso, adiciones o aditivos, de manera que se obtenga un material con las propiedades deseadas y con el menor costo posible, manteniendo siempre un adecuado margen de seguridad y calidad.

2.2.7.1 Concepto de dosificación del concreto

La dosificación son cantidades relativas de cada uno de los materiales que componen la mezcla, según el objetivo de tener un concreto debe ser acuerdo a los parámetros mínimos exigidos. Según Kosmatka y Wilson (2016), la dosificación no es un procedimiento único y rígido, sino un proceso técnico que debe adaptarse a condiciones de la obra.

La dosificación implica encontrar un equilibrio entre la cantidad de pasta cementante necesaria para envolver los agregados y llenar los vacíos, y el uso racional del cemento, que es el componente más costoso del concreto. Una dosificación incorrecta puede conducir a mezclas con baja resistencia, mala trabajabilidad o excesivo costo, por lo que este proceso resulta determinante para la calidad final del concreto.

2.2.7.2 Factores que influyen en la dosificación

Existen diversos factores relacionados tanto con los requisitos del proyecto como con las características de los materiales disponibles. De acuerdo con Mehta y Monteiro (2014), entre los factores más importantes se encuentran la resistencia especificada, la trabajabilidad requerida, la durabilidad frente al ambiente de exposición.

Asimismo, que clase o tipo de cemento, las condiciones de curado y el método de colocación del concreto también influyen significativamente en las proporciones finales de la mezcla. Según Shetty (2005), estos factores deben ser evaluados de manera integral, ya que una variación en uno de ellos puede exigir ajustes en el resto de los componentes para mantener el equilibrio y el desempeño adecuado del concreto.

2.2.7.3 Métodos de diseño de mezcla

Existen diversos métodos de mezclas, los cuales han sido desarrollados con el objetivo de sistematizar el proceso de dosificación y obtener resultados confiables y reproducibles. Estos métodos se basan en relaciones empíricas, ensayos experimentales y principios teóricos del comportamiento del concreto. Según Mindess, Young y Darwin (2003), aunque los métodos pueden diferir en su procedimiento, todos buscan alcanzar un mismo objetivo: producir un concreto que satisfaga los requisitos técnicos con el menor consumo posible de materiales.

Entre los métodos más utilizados es el (ACI), así como otros procedimientos alternativos basados en la granulometría de los agregados o en relaciones empíricas de proporción.

2.2.7.4 Método ACI

Es el más difundido y aceptados a nivel internacional para el diseño de mezclas, este método se encuentra descrito en la guía ACI 211.1 (2019) y se basa en la selección sistemática del contenido de agua, la relación agua/cemento, el contenido de cemento, y las cantidades de agregados fino y grueso, en función de la resistencia requerida.

El método ACI tiene como principal ventaja su carácter práctico y su amplia validación experimental, lo que permite obtener mezclas con un buen equilibrio entre resistencia, trabajabilidad y economía. Además, este procedimiento considera márgenes de seguridad estadísticos para asegurar que llegue a un valor mucho mas alto que de la resistencia requerida.

2.2.7.5 Otros métodos

Además del método ACI, existen otros procedimientos de diseño de mezclas que han sido utilizados en diferentes países y contextos técnicos. Entre ellos se encuentran el método de Fuller y Thompson (1907), basado en la optimización de la curva granulométrica de los agregados para obtener la máxima compacidad, y el método del módulo de fineza, que busca establecer proporciones adecuadas entre grava y arena para mejorar la trabajabilidad y reducir el contenido de pasta.

Asimismo, Abrams (1918) propuso uno de los enfoques fundamentales al establecer la relación agua/cemento, principio que sigue como ejemplo primordial al realizar los diseños modernos de dosificación. Aunque estos métodos alternativos pueden ser útiles en determinadas circunstancias, en la práctica actual el método ACI es el más empleado debido a su simplicidad, confiabilidad y amplia aceptación normativa.

Tabla 5

Métodos tradicionales de diseño de mezclas

Método	Principio básico	Características principales	Ventajas	Limitaciones
ACI 211.1	Basado en la resistencia requerida, trabajabilidad y tamaño máximo del agregado	Método empírico-práctico; usa tablas para agua, relación a/c y proporciones de agregados	Muy confiable, ampliamente aceptado, fácil de ajustar en laboratorio	Requiere ensayos de prueba y correcciones por humedad
Fuller	Basado en la curva granulométrica ideal para máxima compacidad	Busca minimizar vacíos optimizando la distribución de tamaños de agregado	Reduce contenido de pasta y costo	No considera directamente resistencia ni trabajabilidad
Walker	Basado en relaciones	Enfoque racional para proporción de	Método lógico y ordenado	Menos usado actualmente,

Método	Principio básico	Características principales	Ventajas	Limitaciones
Módulo de Fineza	volumétricas y compacidad de agregados	agregados y cemento		requiere buen control de materiales
	Proporción arena/grava en función del módulo de fineza de la arena	Ajusta la trabajabilidad mediante la granulometría	Muy simple y rápido	Menor precisión que el método ACI

2.2.8 Ceniza de madera

2.2.8.1 Definición

Es generado por la combustión de residuos de madera en diferentes procesos domésticos, artesanales e industriales. En los últimos años, este material ha despertado interés en el ámbito de la ingeniería civil debido a su posible utilización como material alternativo o complementario, especialmente en el concreto, contribuyendo que si puede ser incluido como parte de mezcla en el concreto.

Por otra parte, es el residuo inorgánico finamente dividido que permanece luego de varias horas de quemado completo o parcial de la madera. Según Vassilev et al. (2013), este material está compuesto principalmente por óxidos minerales y pequeñas cantidades de compuestos no quemados, cuya proporción depende del tipo de biomasa y de las condiciones de combustión. En términos generales, la ceniza de madera contiene una fracción reactiva y otra inerte, lo que determina su potencial de aprovechamiento en aplicaciones técnicas.

La ceniza de madera puede considerarse un material fino con posibles propiedades cementantes o puzolánicas, siempre que su composición química y su finura sean adecuadas, y que se someta a un control de calidad apropiado antes de su utilización.

La ceniza se origina a partir de la combustión completa o parcial de materiales lignocelulósicos, principalmente provenientes de árboles y residuos forestales. Este proceso ocurre tanto en contextos naturales, como incendios forestales, como en actividades antrópicas, tales como la quema controlada de leña para fines domésticos, industriales o energéticos. Durante la combustión se degradan térmicamente, liberando gases y dejando como residuo una fracción mineral compuesta por óxidos, carbonatos y otros compuestos inorgánicos. La composición de esta ceniza depende de condiciones de combustión (temperatura, disponibilidad de oxígeno) y el grado de calcinación alcanzado.

En zonas rurales y altoandinas, como muchas regiones del Perú, la producción de ceniza de madera está estrechamente vinculada a prácticas tradicionales, donde la madera es fuente de energía para la cocción de alimentos y la calefacción. Asimismo, actividades como la producción artesanal, la quema de residuos agrícolas y el uso de hornos rudimentarios contribuyen significativamente a la generación de este material. Debido a su origen natural y disponibilidad local, la ceniza de madera ha despertado interés en diversos campos, incluyendo la ingeniería civil, por su potencial uso como material suplementario en la elaboración de concreto. En este sentido, comprender su origen permite contextualizar sus propiedades físicas y químicas, las cuales pueden variar considerablemente según el entorno y los procesos mediante los cuales es obtenida.

Es importante considerar que no es homogéneo, ya que su origen está influenciado por factores como la especie vegetal, el tiempo de vida útil del árbol, como se encuentra el suelo donde creció y el proceso específico de combustión al que fue sometida. Por ejemplo, maderas duras y blandas generan cenizas con diferentes proporciones de compuestos minerales, lo que repercute directamente en sus características físicas y químicas. Asimismo, cuando la combustión se realiza a

temperaturas más elevadas y con mayor disponibilidad de oxígeno, se obtiene una ceniza más fina y con mayor contenido de óxidos, mientras que procesos incompletos pueden dejar residuos carbonosos. Estas variaciones hacen que la ceniza de madera sea un material de interés para la investigación, ya que su comportamiento puede adaptarse o modificarse según su procedencia y tratamiento, especialmente cuando se evalúa su posible incorporación en materiales de construcción como el concreto.

2.2.8.2 Origen y proceso de obtención

Se origina a partir de la quema de residuos forestales, leña, aserrín y otros subproductos de la industria maderera en procesos de generación de calor o energía. De acuerdo con Demeyer, Nkana y Verloo (2001),

Su obtención implica la recolección del residuo sólido después de la combustión, seguido de operaciones de secado, tamizado y, en algunos casos, molienda, con el objetivo de obtener un material más homogéneo y de tamaño de partícula adecuado para su uso en mezclas de mortero o concreto. Estas etapas de acondicionamiento son fundamentales para reducir la variabilidad del material y mejorar su comportamiento en aplicaciones constructivas.

Figura 7

Proceso de combustión de la madera a ceniza



Nota. Proceso de combustión de cenizas de madera. Adaptado de "Fecoagro".

<https://www.fecoagro.com.ar/wp-content/uploads/2023/11/Ceniza-de-Madera-Un-Tesoro-para-tu-Huerto-y-Jardin-agricultura-huerta.jpg>

2.2.8.3 Clasificación de la ceniza de madera según su procedencia

Puede clasificarse según su procedencia en cenizas provenientes de uso doméstico, artesanal o industrial. Según Etiegni y Campbell (1991), las cenizas generadas en procesos industriales suelen presentar una composición más uniforme debido al mayor control de las condiciones de combustión, mientras que las cenizas de origen doméstico o artesanal muestran una mayor variabilidad en sus propiedades.

Asimismo, también puede distinguirse entre ceniza de fondo (bottom ash), que se acumula en la base del sistema de combustión, y ceniza volante (fly ash), que es arrastrada por los gases de combustión. Esta clasificación es importante porque cada tipo de ceniza presenta diferencias en cuanto a tamaño de partícula, contenido de carbono no quemado y reactividad química, lo que influye en su comportamiento cuando se utiliza como material de construcción.

2.2.8.4 Composición química de la ceniza de madera

Está formada principalmente por óxidos de calcio, potasio, silicio, magnesio y aluminio, en proporciones variables según el tipo de madera y el proceso de combustión. Según Werkelin, Skrifvars y Hupa (2005), el óxido de calcio (CaO) suele ser uno de los componentes predominantes, acompañado de cantidades apreciables de SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 , que son los principales responsables de una posible actividad puzolánica.

Además, la ceniza puede contener pequeñas cantidades de compuestos solubles y trazas de metales, así como carbono no quemado. Esta composición química es determinante para evaluar su viabilidad como material cementante suplementario, ya de sílice y alúmina es necesario para que se produzcan reacciones puzolánicas en presencia del hidróxido de calcio.

2.2.8.5 Propiedades físicas de la ceniza de madera

Incluyen el tamaño y la distribución de partículas, la densidad, la finura, la porosidad y la superficie específica. Según Cheah y Ramli (2011), la ceniza de madera suele presentar una densidad menor que la del cemento Portland y una estructura porosa, lo que puede aumentar la demanda de agua.

Asimismo, la presencia de fracciones muy finas influye en el procedimiento reológico del concreto fresco, mientras que la finura del material es fundamental en su reactividad y en su capacidad para actuar como material de relleno (filler) dentro de la matriz cementante. Por ello, el control de estas propiedades físicas resulta fundamental antes de su incorporación.

Tabla 6

Propiedades físicas de la madera

Propiedad física	Descripción	Influencia en el concreto
Densidad aparente	Generalmente menor que la del cemento Portland debido a su estructura porosa.	Aumenta el volumen de pasta y puede incrementar la demanda de agua.
Finura	La ceniza suele presentar partículas muy finas, dependiendo del proceso de combustión y del tamizado.	Afecta la trabajabilidad y la reactividad; mayor finura puede mejorar el efecto filler.
Tamaño de partícula	Distribución granulométrica variable, con partículas irregulares.	Influye en la compactación y en la cohesión de la mezcla.
Forma de partícula	Generalmente irregular y angular.	Reduce la trabajabilidad en comparación con partículas esféricas.
Porosidad	Alta porosidad interna debido a la naturaleza del residuo de combustión.	Incrementa la absorción de agua y puede afectar la relación a/c efectiva.

Propiedad física	Descripción	Influencia en el concreto
Color	Varía entre gris claro y oscuro según el contenido de carbono no quemado.	El color oscuro suele indicar mayor presencia de carbón, lo que puede afectar el desempeño.
Higroscopicidad	Capacidad de absorber humedad del ambiente.	Requiere almacenamiento adecuado para evitar variaciones en la dosificación.

2.2.8.6 Comportamiento puzolánico de la ceniza de madera

Según Frías, Villar-Cociña y Valencia-Morales (2007), algunas cenizas de biomasa, incluida la ceniza de madera, pueden presentar actividad puzolánica dependiendo de su composición química y de su grado de finura.

En el caso de la ceniza de madera, su reactividad puzolánica suele ser menor que la de otras adiciones minerales tradicionales, como la ceniza volante o la microsílice; sin embargo, puede contribuir de manera significativa como material de relleno y, en ciertos casos, como material reactivo secundario. Este comportamiento puede mejorar la compactación de la pasta cementante y, bajo condiciones adecuadas, contribuir al desarrollo de resistencias mecánicas y a la mejora de la durabilidad del concreto

2.2.9 Ventajas y limitaciones del uso de CM

El aprovechamiento como material alternativo en el concreto ha sido objeto de creciente importancia en esta última década, a causa de minimizar el consumo de cemento y de reutilizar restos de origen biomásico. No obstante, su empleo requiere una evaluación técnica rigurosa, ya que sus efectos pueden ser tanto beneficiosos como desfavorables dependiendo de su composición, finura y dosificación.

2.2.9.1 Ventajas técnicas

Su capacidad para actuar como material de relleno (filler) y, en ciertos casos, como material con actividad puzolánica secundaria. Según Cheah y Ramli (2011), la presencia de partículas finas de ceniza puede contribuir a una mejor compactación, reduciendo el tamaño y la conectividad de los poros, lo que se traduce en una microestructura más densa y, potencialmente.

Asimismo, la sustitución puede ayudar a controlar el calor de hidratación en mezclas con altos contenidos de material cementante, lo cual es beneficioso en elementos de mayor volumen o en condiciones ambientales adversas. De acuerdo con Berra et al. (2015), el uso de residuos finos de origen biomásico como adiciones minerales puede contribuir a modificar favorablemente el comportamiento reológico del concreto y a optimizar la utilización del cemento, siempre que se empleen porcentajes de reemplazo adecuados y se controle la calidad del material incorporado.

2.2.9.2 Ventajas ambientales

Desde la perspectiva ambiental, el uso de ceniza de madera representa como una opción de restos provenientes de actividades forestales, domésticas e industriales. Según Vassilev et al. (2013), las cenizas de biomasa constituyen un residuo de gran volumen a nivel mundial, cuya disposición final sin tratamiento genera problemas ambientales asociados a la contaminación del suelo y del aire.

Su aplicación permite reducir el consumo de clínker y, en consecuencia, disminuir sus tóxicas emisiones asociadas a la fabricación de cemento. De acuerdo con Gartner (2004), la industria cementera tiene el compromiso de tener un manejo sostenido de las emisiones de CO₂, que el uso de materiales suplementarios en el concreto constituye de manera efectiva para mitigar el daño que se hace en el medio ambiente en el sector de la construcción. En este sentido, la valorización de la ceniza

de madera contribuye tanto al reciclaje de residuos como las emisiones de malos agentes en el concreto.

2.2.9.3 Limitaciones técnicas y riesgos de uso

A pesar de las ventajas mencionadas, también presenta importantes limitaciones técnicas y ciertos riesgos que deben ser cuidadosamente considerados. Una de las principales dificultades es la alta variabilidad, la cual está en función a la clase de madera, también como se realiza la combustión y del método de recolección. Según Etiegni y Campbell (1991), esta variabilidad puede provocar comportamientos impredecibles en el concreto, afectando la trabajabilidad, la resistencia mecánica y la durabilidad del material.

Adicionalmente, presentan un alto contenido de carbono no quemado y de compuestos solubles, lo que puede aumentar la demanda de agua, interferir con el fraguado del cemento y reducir las resistencias mecánicas cuando se utilizan porcentajes elevados de reemplazo. De acuerdo con Demeyer, Nkana y Verloo (2001), sin un adecuado pretratamiento y control de calidad, la utilización de cenizas de madera puede generar problemas de desempeño y limitar su aplicación en concretos estructurales. Por ello, su empleo debe restringirse a porcentajes controlados y siempre respaldado por ensayos experimentales que garanticen su cumplimiento.

Tabla 7

Ventajas y limitaciones de la ceniza de madera

Aspecto	Ventajas	Limitaciones / Riesgos
Técnico	Puede mejorar la compactación de la pasta y actuar como material de relleno fino.	Puede reducir la trabajabilidad y la resistencia si se usa en porcentajes altos.
Durabilidad	Puede contribuir a una microestructura más densa en mezclas bien dosificadas.	Variabilidad en la calidad de la ceniza puede afectar el desempeño del concreto.

Aspecto	Ventajas	Limitaciones / Riesgos
Económico	Reduce el consumo de cemento y el costo del concreto.	Requiere procesamiento previo (secado, tamizado, control de calidad).
Ambiental	Reaprovecha residuos y reduce la huella de carbono del cemento.	Manejo inadecuado de la ceniza puede generar polvo y contaminación.

2.3 Marco conceptual

- **Aditivo:** Sustancia que se añade al concreto en pequeñas cantidades para modificar su propiedad.
- **Agregado fino:** Material pétreo que pasa el tamiz N° 4 (4.75 mm), generalmente arena natural o triturada, utilizado como componente del concreto.
- **Agregado grueso:** Material pétreo retenido en el tamiz N° 4 (4.75 mm), como grava o piedra triturada, que forma parte del esqueleto resistente del concreto.
- **Ceniza de madera:** Residuo inorgánico fino obtenido de la combustión de madera, que puede ser utilizado como material alternativo o complementario en la elaboración del concreto.
- **Compactación:** Proceso mediante el cual se elimina el aire atrapado en el concreto fresco.
- **Concreto hidráulico:** Material compuesto por cemento, agua, agregados finos y gruesos, que fragua y endurece por reacciones de hidratación del cemento.
- **Consistencia:** Es el grado de rigidez que tiene en estado fresco del concreto.
- **Curado:** Proceso por el cual se mantiene hidratado el elemento estructural para que logre alcanzar su resistencia requerida.
- **Dosificación:** Proceso de determinación de las proporciones adecuadas de los materiales que conforman el concreto.

- **Ensayo de compresión:** Prueba de laboratorio que determina la resistencia del concreto a cargas de compresión axial.
- **Ensayo del cono de Abrams:** Método normalizado para determinar el revenimiento del concreto fresco.
- **Finura:** Grado de tamaño de partícula de un material pulverulento, como el cemento o la ceniza, que influye en su reactividad y comportamiento en la mezcla.
- **Fraguado:** Proceso inicial de endurecimiento de la pasta de cemento después de ser mezclada con agua.
- **Puzolana:** Material silíceo o silico aluminoso que, en presencia de agua, reacciona con el hidróxido de calcio formando compuestos cementantes.
- **Reemplazo parcial:** Sustitución de una parte del cemento por otro material, como la ceniza de madera, manteniendo el resto de componentes de la mezcla.
- **Revenimiento (Slump):** Medida del asentamiento del concreto fresco que indica su consistencia.
- **Resistencia a flexión:** Resiste diferentes tipos de esfuerzos de forma de una tracción indirecta el cual produce momentos flectores.
- **Segregación:** Se da cuando se logran separar los elementos del concreto fresco, especialmente de los aridos gruesos respecto a la pasta cementante.
- **Trabajabilidad:** también llamado consistencia, se produce cuando el concreto tiene una buena manejabilidad para ser colocado, compactado y acabado sin perder homogeneidad.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Son métodos, procesos y estrategias empleadas para estudiar, examinar y entender de forma científica un fenómeno o asunto de investigación. Este enfoque proporciona un esquema sistemático que orienta los procedimientos los cuales fueron planteados en nuestra investigación. (Rodriguez, 2020).

3.1 Enfoque de la investigación

Tiene un **enfoque cuantitativo**, debido a que se basa en la medición y análisis de datos numéricos obtenidos a partir de las pruebas en el laboratorio, tales como ensayos de revenimiento, compresión y flexión con diferentes porcentajes de incorporación de ceniza de madera. Los resultados obtenidos serán analizados y comparados mediante procedimientos técnicos para evaluar objetivamente la incidencia de la ceniza de madera en el comportamiento del concreto.

3.2 Tipo y nivel de investigación

3.2.1 *Tipo de investigación*

Es **tipo aplicada**, el cual genera conocimiento con utilidad práctica al evaluar el uso de la ceniza de madera como reemplazo parcial del cemento en el concreto hidráulico, con el propósito de proponer una alternativa técnica que pueda ser utilizada en la construcción, contribuyendo a mejorar el aprovechamiento de residuos y optimizar el uso de materiales convencionales.

3.2.2 Nivel de investigación

Es **nivel explicativo**, a causa de que pretende establecer la influencia o efecto que tiene al adicionar ceniza de madera en el revenimiento, compresión y a flexión, estableciendo una relación de causa–efecto entre sus variables.

3.3 Diseño de la investigación

Es **Cuasi Experimental** y de corte **Transversal**

- **Cuasi experimental**, se hizo varias manipulaciones de las cenizas de madera el cual no controlamos de manera cronología y se realizó procedimientos casi similares en todos los procesos
- **Transversal**: Se da en el año 2025, donde se analizó el concreto hidráulico con 0%, 10%, 15% y 20% de ceniza de madera

3.4 Población y muestra de la investigación

3.4.1 Población

La población fue conformada por los diferentes tipos de mezclas de concreto hidráulico elaboradas con diferentes porcentajes de incorporación de ceniza de madera, así como por todas las probetas de concreto que podrían fabricarse bajo estas condiciones para evaluar su comportamiento.

3.4.2 Muestra

La muestra conformada por un total de 36 probetas cilíndricas de concreto para el ensayo de resistencia a compresión y 12 vigas prismáticas para el ensayo de resistencia a flexión, elaboradas en laboratorio conforme al diseño experimental establecido.

- **Para el ensayo de compresión**, las 36 probetas se distribuyeron en cuatro grupos de 9 probetas cada uno, correspondientes a: una mezcla patrón (0% de ceniza de madera), una mezcla con 10%, una mezcla con 15% y una mezcla

con 20% de CM. Cada grupo de 9 probetas fue ensayado a tres edades de rotura: 7, 14 y 28 días, rompiéndose 3 probetas por cada edad, con la finalidad de obtener valores promedio representativos en la compresión.

- **Para resistencia a flexión**, se hizo 12 vigas de concreto, las cuales fueron distribuidas en cuatro grupos de 3 vigas correspondientes a los mismos porcentajes de reemplazo (0%, 10%, 15% y 20%). Todas las vigas fueron ensayadas a los 28 días de curado.

En total, la muestra experimental estuvo compuesta por 48 especímenes de concreto, lo que permitió analizar de forma confiable entre el concreto patrón y los concretos con incorporación de ceniza de madera.

3.5 Técnicas e instrumentos

3.5.1 Técnicas

Se uso la observación experimentación, ya que se elaboraron y ensayaron probetas y vigas de concreto en laboratorio con diferentes porcentajes de ceniza de madera.

Técnica principal:

- Experimentación en laboratorio.

Aplicación de la técnica:

- Ceniza de madera en proporciones de (0%, 10%, 15% y 20%).
- Moldeo de probetas cilíndricas y vigas prismáticas.
- Curado de las muestras en condiciones controladas.
- Registro y análisis de resultados logrados en cada ensayo.

3.5.2 Instrumentos

Los instrumentos utilizados fueron principalmente equipos y dispositivos de laboratorio empleados para la elaboración y el ensayo del concreto hidráulico.

Para el ensayo de revenimiento:

- Cono de Abrams.
- Varilla
- Regla

Para resistencia a compresión:

- Prensa hidráulica.
- Moldes cilíndricos normalizados.

Para resistencia a flexión:

- Prensa hidráulica.
- Moldes prismáticos para vigas.

Para la preparación de mezclas y control:

- Balanza digital.
- Mezcladora de concreto.
- Moldes metálicos.
- Poza de curado.
- Cronómetro.
- Termómetro.

3.6 Procedimiento de recolección de datos

Se desarrolló mediante un trabajo experimental en laboratorio, siguiendo un proceso ordenado y controlado que permitió obtener información confiable con incorporación de ceniza de madera. Las actividades realizadas comprendieron desde la preparación de los materiales y elaboración de las mezclas, hasta la ejecución de los

ensayos de revenimiento, tenacidad y flexión, cuyos resultados fueron registrados y organizados para su posterior análisis.

Recolección y preparación de la ceniza

- Las CM utilizadas en la presente investigación fueron obtenidas a partir de maderas de construcción, las cuales fueron quemadas de manera artesanal hasta lograr su completa combustión. Una vez finalizado el proceso de quema, se dejó enfriar el material y se procedió a recolectar las cenizas, evitando la presencia de residuos no quemados o materiales extraños.
- Posteriormente, las cenizas recolectadas fueron secadas y tamizadas mediante la malla N° 200, con la finalidad de obtener un material fino y homogéneo, idóneo en su incorporación en la pasta y garantizar una mejor dispersión dentro de la matriz cementante.

Figura 8

Tamizaje de la ceniza de madera



Nota. Tamizamos las cenizas de madera en la malla N° 200

Preparación de materiales:

- Selección y acondicionamiento del cemento, agregados, agua y ceniza de madera.
- Secado, tamizado y almacenamiento de la ceniza de madera para garantizar su homogeneidad.

Diseño y dosificación de mezclas:

- Elaboración del diseño de mezcla patrón (0% de ceniza).
- Elaboración de los diseños de mezcla con 10%, 15% y 20%

Elaboración del concreto:

- Mezclado de los materiales en proporciones establecidas.
- Verificación de la uniformidad de cada mezcla.

Medición del revenimiento:

- Ejecución del ensayo de revenimiento.
- Registro de los valores obtenidos en fichas de control.

Moldeo de especímenes:

- Moldeo de 36 testigos cilíndricos y 12 vigas.
- Identificación y rotulado de cada espécimen según su tipo de mezcla y edad de ensayo.

Curado de las muestras:

- Colocación de las probetas y vigas en tanque de curado con agua.
- Mantenimiento de las condiciones adecuadas de curado hasta las edades de ensayo.

Ensayo de resistencia a compresión:

- Rotura de 3 probetas por cada edad.
- Registro de las cargas máximas y cálculo de las resistencias correspondientes.

Ensayo de resistencia a flexión:

- Rotura a los 28 días de curado.
- Registro de los valores de carga.

Registro y organización de datos:

- Anotación de todos los datos en tablas y fichas de laboratorio.
- Organización de los datos en cuadros comparativos para su posterior análisis.

ENAYOS DE LABORATORIO

Es fundamental realizar ensayos tanto en estado fresco como endurecido para evaluar exhaustivamente el rendimiento del hormigón que contiene ceniza de madera. Con base en los resultados de estos ensayos, se evalúa su potencial como material de construcción. El ensayo de asentamiento es uno de los más comunes que se realizan en el hormigón fresco, sirve para verificar cómo la adición de ceniza de madera afecta su consistencia, así como su facilidad de colocación. Los ensayos de peso unitario son métodos adicionales que se pueden utilizar para determinar la existencia de huecos y cualquier variación de densidad que pueda estar presente en la mezcla. La importancia de estos experimentos radica en que la ceniza de madera, debido a su finura y composición, tiene la capacidad de alterar la demanda de agua e influir en la cohesión de la mezcla, afectando así directamente su rendimiento.

En su fase de endurecimiento, las pruebas más importantes son aquellas diseñadas para evaluar las características mecánicas del hormigón, siendo el ensayo de compresión el principal indicador de su capacidad estructural. Esta prueba se realiza generalmente a diferentes edades, lo que permite evaluar el aumento de la resistencia con el tiempo y comparar el comportamiento del hormigón con y sin ceniza de madera.

Además, se pueden incorporar pruebas complementarias como la tracción indirecta. Estas pruebas ofrecen información sobre su comportamiento ante influencias externas. Siguiendo estos procesos, es posible determinar si la ceniza de madera actúa como material puzolánico o relleno, contribuyendo así a la mejora de la microestructura del hormigón, o, por el contrario, si genera consecuencias desfavorables si no se emplea en proporciones adecuadas.

❖ CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS

Equipos y materiales. Bandejas, Palas, Cucharón, Separador de muestra puede ser una regla o madera, Escoba y brochas, Plástico o lona para tender en el piso

Procedimiento

- Separamos las muestras tanto de la grava como de la arena con la malla número 4
- Echamos la muestra en la base de la lona y realizamos la mezcla de ida y vuelta con la pala
- Formamos la muestra en forma de una pila y luego aplanamos la punta de la muestra
- Formamos un círculo con un diámetro aproximado de 4 a 6 veces del espesor aproximadamente
- Empezamos a dividir el círculo en diferentes partes con la ayuda de la regla o separador
- Luego separamos cada una de las partes y limpiamos con la brocha
- Luego seleccionamos dos muestras las que estén en forma diagonal
- Finalmente pesamos la muestra y distribuimos para realizar nuestros ensayos de los agregados

❖ CONTENIDO DE HUMEDAD

Equipos y materiales. Horno con temperatura de 105° C, taras, bandejas, balanza, cucharon metálico.

Procedimiento:

- Cuartemos la muestra
- Anotamos la masa de la tara
- Colocamos el espécimen húmedo grava y arena en la tara y luego pesamos
- Ponemos la muestra al horno y calibramos a una T. de 105° C.
- El espécimen tiene que estar en el horno según el estado que se encuentre los áridos
- Sacamos el espécimen del horno y hacemos enfriar
- Anotamos la masa de la muestra seca más la tara

Figura 9

Ensayo de humedad de los agregados grava y arena



Nota. Proceso del ensayo de humedad.

❖ **ENSAYO DE PESO UNITARIOS SUELTO Y VARILLADO**

Equipos y materiales. Balanza, bandejas, molde para arena, molde para grava, varilla, brochas, bandejas, cucharón metálico, collarín metálico.

Procedimiento para arena y grava suelto

- Cuarteamos la muestra para tener una muestra representativa.
- Se realiza el ensayo de forma separada en una bandeja echamos el espécimen de la arena y en otra bandeja la grava
- Primero realizamos el peso unitario suelto echamos la muestra en el recipiente cilíndrico a caída libre
- Una vez que ya está lleno, enrasamos y limpiamos con la brocha y luego pesamos el recipiente con la muestra y anotamos
- El mismo procedimiento se realiza en arena y grava.

Procedimiento para arena y grava varillado

- Echamos la muestra en el recipiente metálico y ponemos en tres capas
- Cada capa debe ser varillada en 25 golpes a caída libre
- Luego llenamos el recipiente metálico enrasamos y limpiamos el molde para luego pesar y anotar
- Limpiamos y volvemos a realizar el ensayo por tres repeticiones
- Para cada repetición aplicamos el mismo procedimiento

Figura 10

Ensayo del peso unitario arena y grava



Nota. Pesamos el molde luego echamos la muestra a caída libre y varillado y luego anotamos la muestra más el recipiente.

❖ ENSAYO DE ABSORCIÓN Y PESO ESPECIFICO DE ARENA Y GRAVA

Equipos y materiales. Picnómetro, trono truncado, bandejas, taras, cucharon metálico, bandejas, agua destilada, probetas, balanza, horno. franela

Procedimiento de la grava

- Pesamos la muestra de la grava más o menos 1 kilo
- Luego echamos la muestra en una charola y echamos agua hasta que este encima de la muestra
- Saturamos la muestra por un día luego echamos el agua y con la franela quitamos el brillo del agua hasta que este superficialmente seca
- Anotamos la masa del picnómetro con agua
- Pesamos la muestra con una masa de 800 g y ponemos el agregado superficial al picnómetro y luego anotamos
- Agitamos para que no tenga aire dentro del picnómetro y luego pesamos

- Colocamos el espécimen en una charola y llevamos al horno
- Retiramos del horno, se hace enfriar y luego anotamos la masa seca

Procedimiento de la arena

- Pesamos la muestra de la arena más o menos unos 2 kilos
- Luego echamos la muestra en nuestra en el recipiente y lo llenamos con agua
- Se deja saturar por un día y al día siguiente echamos el agua y hacemos secar por un tiempo determinado
- Seguidamente hacemos uso del cono truncado y echamos la muestra hasta que esté en forma de pirámide, para esto se coloca la muestra en tres capas, dos capas de 10 golpes y la tercera capa de 5 golpes
- Se pesa el espécimen más el picnómetro, ponemos el agua y el espécimen lo ponemos a nuestra tara
- Ponemos el espécimen con la tara al horno y hacemos secar por un día
- Pesamos y anotamos la muestra seca

Figura 11

Ensayo de absorción y peso específico arena y grava



Nota. Proceso de la absorción de la arena y grava

❖ PROCESO DE ELABORACION DEL TESTIGOS CON CM EN MOLDES DE PROBETAS Y VIGAS

Equipos y materiales. Moldes cilíndricos de briquetas, molde de vigas, regla, varilla de 5/8", flexómetro, balanza, probeta, martillo de goma, petróleo, cepillo metálico, pala, carretilla, bandejas, cucharón, ceniza de madera, cemento, agua, arena, grava,

Procedimiento:

- Limpiamos las briquetas con el cepillo y luego pasamos con petróleo para que no se adhiera al molde
- Pesamos los materiales que vamos usar las cenizas de madera, cemento, arena, grava, agua
- Una vez que ya pesamos echamos a la carretilla, la muestra se pesó para la elaboración de 3 briquetas
- Luego mezclamos de un lado para otro y luego echamos el agua y batimos uniformemente hasta que la mezcla este homogénea
- Echamos el concreto en tres capas y lo varillamos cada capa en 25 varilladas para las briquetas cilíndricas
- Mientras que para las vigas echamos en 2 capas y hacemos también el varillado y también damos pequeños golpes al molde para que saque su aire
- Una vez que esté lleno, limpiamos y enrasamos el molde y damos pequeños golpes con el martillo de goma para que no quede aire
- Repetimos el procedimiento de mezcla para cada porcentaje de ceniza
- Finalmente cubrimos los moldes y lo dejamos que fragüe durante un día para luego desmoldar.

Figura 12

Elaboración del concreto con cenizas de madera



Nota. Proceso de elaboración del concreto con cenizas de madera

❖ ENSAYO DE REVENIMIENTO O SLUMP

Equipos y materiales. Molde de Con, varilla de 5/8", base metálica, flexómetro, cuchara metálico, cronometro.

Procedimiento:

- El molde del cono lo humedecemos con agua para que el concreto no se pegue
- Echamos la muestra en tres capas cada capa lo varillamos con 25 varillados en toda el área
- Cuando ya está lleno alisamos
- Retiramos la muestra, si se cae el concreto lo volvemos a realizar
- Una vez que sacamos el molde ponemos al costado de la muestra y medimos desde la parte superior del cono hasta la parte más alta del molde con el flexómetro

- Anotamos el slump y limpiamos el molde

Figura 13

Elaboración del revenimiento del concreto fresco



Nota. Mezclamos de manera homogénea el concreto y luego realizamos el slump

❖ CURADO DE LAS PROBETAS

Equipos y materiales. Cepillo metálico, alicate, poso de curado

Procedimiento:

- Identificamos cada espécimen y protegemos, luego retiramos del molde
- Llenamos la posa de curado con agua hasta que cubra por completo los especímenes
- Llevamos a la posa de curado con mucho cuidado y colocamos a la posa
- Anotamos las fechas para luego ser sacadas según el orden de rotura
- La posa debe estar nivelada y controlamos la temperatura del agua

Figura 14

Curado del concreto en estado endurecido



Nota. Desmoldamos las probetas y curamos las probetas en la posa de curado con bastante cuidado luego de 24 horas de fraguado

❖ ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN

Equipos y materiales. Flexómetro, vernier, prensa hidráulica, brochas

Procedimiento:

- Sacamos las probetas de la posa de curado y dejamos secar
- Anotamos el diámetro de cada probeta y calculamos su área.
- Ponemos el espécimen en la prensa hidráulica para que se aplique la carga
- Una vez que falla la probeta anotamos a cuanto alcanzo la carga y su tipo de falla
- Retiramos la probeta y limpiamos la prensa hidráulica y repetimos ese proceso para cada probeta

Figura 15

Ensayo de resistencia a compresión



Nota. Medimos la probeta, luego aplicamos la carga y anotamos a cuanto fallo la probeta

❖ ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN

Equipos y materiales. Flexómetro, vernier, prensa hidráulica, brochas

Procedimiento:

- Sacamos las vigas prismáticas de posa de curado luego de 28 días y dejamos secar
- Anotamos el largo, ancho y altura de cada viga prismática
- Ponemos el molde de la base a la prensa hidráulica, encima del molde ponemos la viga y encima ponemos el molde de apoyo a 2 tercios
- Sometemos a carga la viga hasta que falle y retiramos la viga
- Limpiamos y realizamos el mismo procedimiento con cada viga

Figura 16

Ensayo de resistencia a flexión



Nota. Sometemos a carga que falle la viga y anotamos su carga.

3.7 Validación y confiabilidad

3.7.1 Validación

Son procedimientos utilizados mediante normas técnicas reconocidas para los ensayos de concreto hidráulico. En ese sentido, los procedimientos de medición de los ensayos considerados de revenimiento, compresión y flexión se ejecutaron siguiendo las Normas Técnicas Peruanas (NTP) y normas ASTM, lo que garantiza que los métodos empleados son técnicamente aceptados y científicamente válidos.

3.7.2 Confiabilidad

La confiabilidad de los resultados se aseguró mediante la repetición de los ensayos en varias probetas para cada tipo de mezcla y cada edad de rotura, utilizando tres especímenes por condición, lo que permitió obtener valores promedio representativos y reducir el efecto de posibles errores experimentales.

3.8 Procesamiento y análisis de datos

Se consideraron los ensayos de revenimiento, compresión y flexión del concreto hidráulico con diferentes porcentajes de incorporación de ceniza de madera (0%, 10%,



15% y 20%). Estos datos obtenidos lo mostramos en tablas y cuadros comparativos para facilitar su interpretación en el desarrollo de nuestra investigación

Para cada tipo de mezcla y para cada edad de ensayo, se hizo resultados aritméticos de los resultados obtenidos de las probetas y vigas ensayadas, lo que permitió obtener valores representativos del comportamiento del concreto. Posteriormente, estos valores promedio fueron comparados con los resultados del concreto patrón, con el fin de identificar las variaciones producidas por la incorporación de la ceniza de madera.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

Realizamos ensayos físicos de los agregados, ensayos del concreto como son los de revenimiento, compresión y flexión con diferentes porcentajes de incorporación de ceniza de madera, los cuales son analizados y comparados con el concreto patrón.

4.1.1 Resultados de los ensayos físicos de los agregados arena y grava

A. Resultados de las pruebas de humedad

Tabla 8

Resultados de humedad grava y arena

Descripción	Arena.	Grava.
Masa del tarro	55.30	47.20
Tarro + Masa de MH	401.20	455.10
Tarro + Masa de MS	372.40	448.50
Masa del agua	28.80	6.60
Masa MH	345.90	407.90
Masa MS	317.10	401.30
Humedad (%)	9.08 %	1.64 %

Nota: Los resultados de la muestra fueron obtenidos del laboratorio de MSCA de la UANCV.

INTERPRETACIÓN

Los resultados obtenidos indican que la arena presenta 9.08% de humedad, en cambio la grava tiene 1.64% de humedad. Esto demuestra que la arena retiene más agua en comparación con la grava, lo cual es normal debido a su capacidad de absorber mucho mas

B. Resultados de absorción y peso específico

Tabla 9

Resultados de absorción

Descripción	Arena.	Grava.
Masa del picnómetro + muestra + agua (W)	1615.84	1798.35
Masa muestra saturada (B)	500.00	800.00
Masa muestra seca (A)	484.78	786.30
Absorción $((B-A) \times 100) / A$	3.14%	1.74%

Nota: Los resultados de la muestra fueron obtenidos del laboratorio de MSCA de la UANCV.

INTERPRETACIÓN

Se tiene como resultado una absorción de 3.14%, para la grava presenta una absorción de 1.74%. Esto indica que la arena tiene una mayor capacidad de absorber agua en comparación con la grava, debido a su mayor porosidad y superficie específica. Este comportamiento tiene un mayor porcentaje de absorción implica que parte del agua de mezclado será retenida por el agregado fino, por lo que es necesario realizar las correcciones correspondientes en la dosificación para asegurar que la relación agua/cemento efectivo no se vea afectada.

Tabla 10*Resultados de peso específico*

Descripción	Arena	Grava
Masa Pic. + M + A (W)	1615.84	1798.35
Masa del Pic. + A (Wc)	1313.40	1313.40
Masa de la muestra saturada (B)	500.00	800.00
Peso específico ((B / Wc+B-W))	2.53 g/cm ³	2.54 g/cm ³

Nota: Los resultados de la muestra fueron obtenidos del laboratorio de MSCA de la UANCV.

INTERPRETACIÓN

Los resultados indican que el agregado fino (arena) presenta 2.53 g/cm³, en cambio la grava presenta un peso específico de 2.54 g/cm³, valores que son muy similares entre sí y se están en los parámetros adecuados para agregados utilizados en concreto, esto demuestra que ambos materiales poseen una densidad adecuada y son técnicamente aptos para su uso en la elaboración de concreto hidráulico, sin que se esperen problemas relacionados con baja calidad o presencia excesiva de vacíos en los agregados.

C. Resultados de peso unitario suelto y varillado

Tabla 11*Resultados de peso unitario suelto de la grava*

Descripción	Densidad mínima grava		
Volumen molde	3249 cm ³	3249 cm ³	3249 cm ³
Masa del molde	7955 g	7955 g	7955 g
Muestra suelta + molde	12380 g	12368 g	12399 g
Masa muestra suelta	4425 g	4413 g	4444 g
Densidad	1.362 g/cm ³	1.358 g/cm ³	1.368 g/cm ³

Promedio	1.363 g/cm ³
----------	-------------------------

Nota: Los resultados de la muestra fueron obtenidos del laboratorio de MSCA de la UANCV.

INTERPRETACIÓN

La grava muestra valores de 1.362 g/cm³, 1.358 g/cm³ y 1.368 g/cm³, obteniéndose una media de 1.363 g/cm³. Estos resultados presentan una buena uniformidad, lo que indica que el agregado grueso posee una distribución de partículas y un grado de compactación suelta adecuado.

Tabla 12

Resultados de peso unitario varillado de la grava

Descripción	Densidad máxima grava		
Numero de capas	3.	3.	3.
Numero de golpes por capa	25.	25.	25.
Volumen molde	3249 cm ³	3249 cm ³	3249 cm ³
Masa del molde	7955 g	7955 g	7955 g
Muestra varillado + molde	12707 g	12719 g	12733 g
Masa de la muestra varillado	4752 g	4764 g	4778 g
Densidad	1.462 g/cm ³	1.466 g/cm ³	1.470 g/cm ³
Promedio	1.466 g/cm ³		

Nota: Los resultados de la muestra fueron obtenidos del laboratorio de MSCA de la UANCV.

INTERPRETACIÓN

La grava muestra valores de 1.462 g/cm³, 1.466 g/cm³ y 1.470 g/cm³, obteniéndose una media de 1.466 g/cm³. Estos valores presentan una variación mínima entre ensayos, lo que evidencia una adecuada repetibilidad del procedimiento y una buena capacidad de compactación del agregado grueso. El incremento de la densidad

respecto al estado suelto confirma que la grava logra un mejor acomodo de partículas bajo compactación, lo cual es favorable.

Tabla 13

Resultados de peso unitario suelto de la arena

Descripción	Densidad mínima arena		
Volumen molde	2099 cm ³	2099 cm ³	2099 cm ³
Masa del molde	5967 g	5967 g	5967 g
Muestra suelta + molde	8919 g	8906 g	8924 g
Masa de la muestra suelta	2952 g	2939 g	2957 g
Densidad	1.406 g/cm ³	1.400 g/cm ³	1.408 g/cm ³
Promedio	1.405 g/cm ³		

Nota: Los resultados de la muestra fueron obtenidos del laboratorio de MSCA de la UANCV.

INTERPRETACIÓN

La arena muestra valores de 1.406 g/cm³, 1.400 g/cm³ y 1.408 g/cm³, obteniéndose una media de 1.405 g/cm³. Estos resultados presentan una buena uniformidad entre repeticiones, lo que indica una adecuada consistencia del material. El valor promedio se encuentra dentro del rango normal para agregados finos utilizados en concreto, lo que confirma que la arena es apta para su empleo en el diseño de mezclas, permitiendo una correcta estimación del volumen.

Tabla 14

Resultados de peso unitario varillado de la arena

Descripción	Densidad máxima arena		
Numero de capas	3	3	3
Numero de golpes por capa	25	25	25
Volumen molde	2099 cm ³	2099 cm ³	2099 cm ³

Masa del molde	5967 g	5967 g	5967 g
Muestra varillado + molde	9132 g	9143 g	9152 g
Masa de la muestra varillado	3165 g	3176 g	3185 g
Densidad	1.508 g/cm ³	1.513 g/cm ³	1.517 g/cm ³
Promedio	1.512 g/cm ³		

Nota: Los resultados de la muestra fueron obtenidos del laboratorio de MSCA de la UANCV.

INTERPRETACIÓN

La arena presenta valores de 1.508 g/cm³, 1.513 g/cm³ y 1.517 g/cm³, obteniéndose una media de 1.512 g/cm³. Estos resultados muestran una buena repetibilidad entre ensayos y evidencian que el agregado fino tiene una adecuada capacidad de compactación. El incremento de la densidad respecto al estado suelto confirma un mejor acomodo de partículas bajo compactación, lo cual es favorable para el diseño de mezclas, ya que contribuye a obtener un concreto más denso y con menor contenido de vacíos.

D. Resultados de la granulometría arena y grava

Tabla 15

Resultados de la granulometría de la grava

TAMICES	ABERTURA mm	PESO RET.	%RET. P.	%RET. A.	% QUE PASA
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	19.50	0.56	0.56	99.44
1/2"	12.7	292.17	8.35	8.90	91.10
3/8"	9.52	1387.60	39.65	48.55	51.45
No4	4.76	1800.73	51.45	100.00	0.00
BASE.		0.	0	0	100.0
TOTAL.		3500.0	100.0		
%PERDIDA		0			

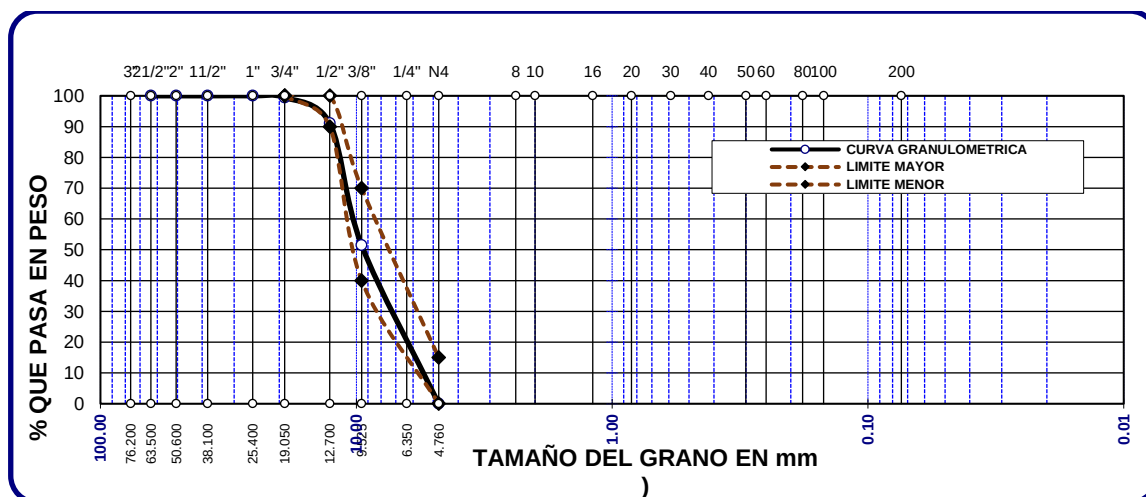
Nota: Los resultados de la muestra fueron obtenidos del laboratorio de MSCA de la UANCV.

INTERPRETACIÓN

La granulometría de grava presenta una distribución continua y bien definida, con el 100% del material pasando el tamiz 1" y una retención progresiva hasta concentrar el 100% retenido en la malla N° 4. Se observa que aproximadamente el 48.55% del material queda retenido hasta el tamiz 3/8" y el 51.45% restante corresponde a fracciones menores, lo que indica una buena sucesión del arido.

Figura 17

Curva granulométrica de la grava



No200	0.074	11.06	2.21	98.10	1.90
FONDO		9.52	1.90	100	0.00
TOTAL		500.00	100.00		
% PERDIDA		1.90			

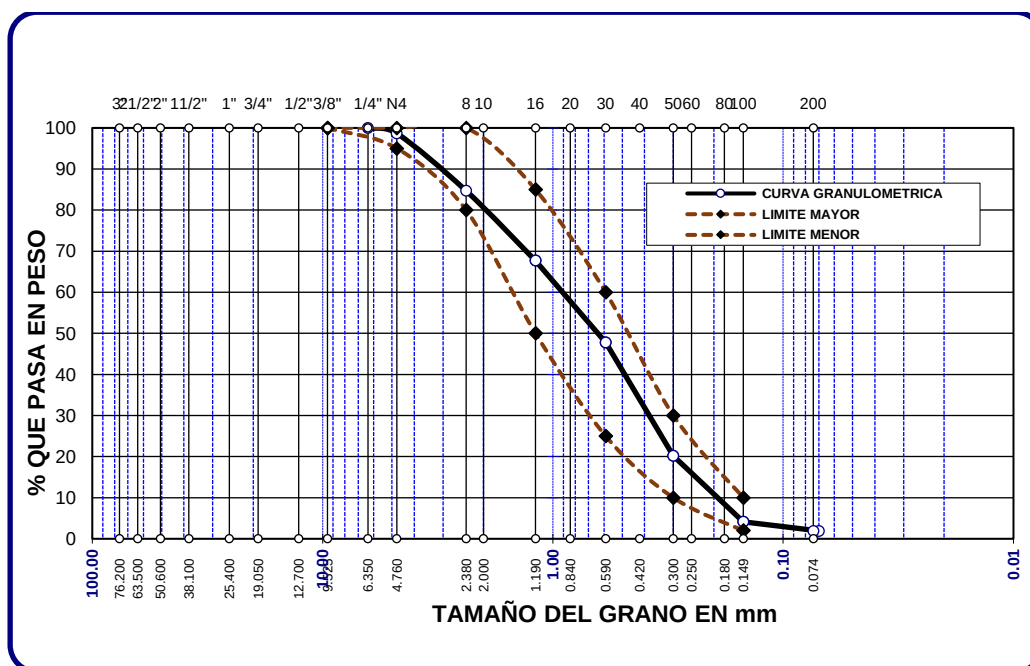
Nota: Los resultados de la muestra fueron obtenidos del laboratorio de MSCA de la UANCV.

INTERPRETACIÓN

Con un 98,10 % del material pasando por el tamiz n.º 200, el análisis granulométrico de la arena revela una distribución continua y uniforme de las partículas. Esto indica una proporción aceptable de finos, sin que sea excesiva. La concentración máxima del material se encuentra entre los tamices n.º 30 y n.º 50, lo que indica una arena de tamaño medio. Para la fabricación de hormigón, esta distribución resulta ventajosa, ya que permite rellenar los espacios de árido grueso, mejora la cohesión de la mezcla y contribuye a la creación de un hormigón más compacto y fácil de controlar.

Figura 18

Curva granulométrica de la arena



❖ ELABORACIÓN DE LA MEZCLA POR EL MÉTODO ACI

Seguiremos la secuencia de los 12 pasos según nuestro método

1. Revenimiento de 3 a 4 pulgadas
2. TMN es de 3/4"
3. Agua 205 litros
4. El contenido de aire según tabla es de 2%
5. La relación a/c es 0.558
6. La cantidad de cemento utilizada será de $205 / 0.558 = 367 \text{ kg/m}^3$
7. Nuestro MF es de 2.77 entonces según tabla se recomienda usar 0.623 m^3 , entonces será $0.623 \times 14666 = 914 \text{ kg/m}^3$ de agregado grueso
8. ahora calculamos la cantidad de arena será de 728 kg/m^3
9. corrigiendo la humedad de los agregados

$$\text{Grava húmeda } 914 \times 1.02 = 929 \text{ kg}$$

$$\text{Arena húmeda } 728 \times 1.09 = 794 \text{ kg}$$

10. ahora ajustamos la absorción el cual no debe excluirse y ajustar la adición de agua, entonces será:

$$205 - 914 \quad * \left(\frac{1.64 - 1.74}{100} \right) - 728 \left(\frac{9.08 - 3.14}{100} \right) = 163$$

11. entonces nuestra dosificación para un metro cubico será el siguiente:

Tabla 17

Dosificación diseño de 210 kg/cm^2

Material	Cantidad (kg/m3)	volumen
Cemento	8.64 bolsas	1.00
Agua	163	0.41
Grava	929	2.67
Arena	794	1.97
Aire	2.0 %	

INTERPRETACIÓN

La dosificación presentada corresponde a un concreto en el que se emplean aproximadamente 8.64 bolsas de cemento por metro cúbico, con un consumo de 163 litros de agua, 929 kg de grava y 794 kg de arena, considerando además un contenido de aire del 2%. Estos valores indican que se trata de una mezcla bien proporcionada y típica para concreto estructural, mientras que el cemento y el agua conforman la pasta que los une. La cantidad de agua utilizada es coherente con un concreto de trabajabilidad media, y la proporción entre arena y grava favorece una buena compacidad y reducción de vacíos, lo que permite obtener un concreto con adecuada resistencia y estabilidad volumétrica para fines estructurales.

12. Nuestra dosificación por bolsa será la siguiente

- Cemento. 42.50 kg
- Arena húmeda 91.86 kg
- Grava húmeda 107.43 kg
- Agua 18.81 litros

DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS CON CENIZAS DE MADERA EN PORCENTAJES

DE 10%, 15%, 20%

Tabla 18

Dosificación con ceniza de madera

Mezcla	% ceniza (reemplazo)	Cemento (kg)	Ceniza de madera (kg)	Arena (kg)	Grava (kg)	Agua (L)
Patrón	0%	42.50	0.00	91.86	107.43	18.81
Ceniza de madera	10%	38.25	4.25	91.86	107.43	18.81
	15%	36.13	6.38	91.86	107.43	18.81
	20%	34.00	8.50	91.86	107.43	18.81

4.1.2 Resultado del ensayo de revenimiento

Tabla 19

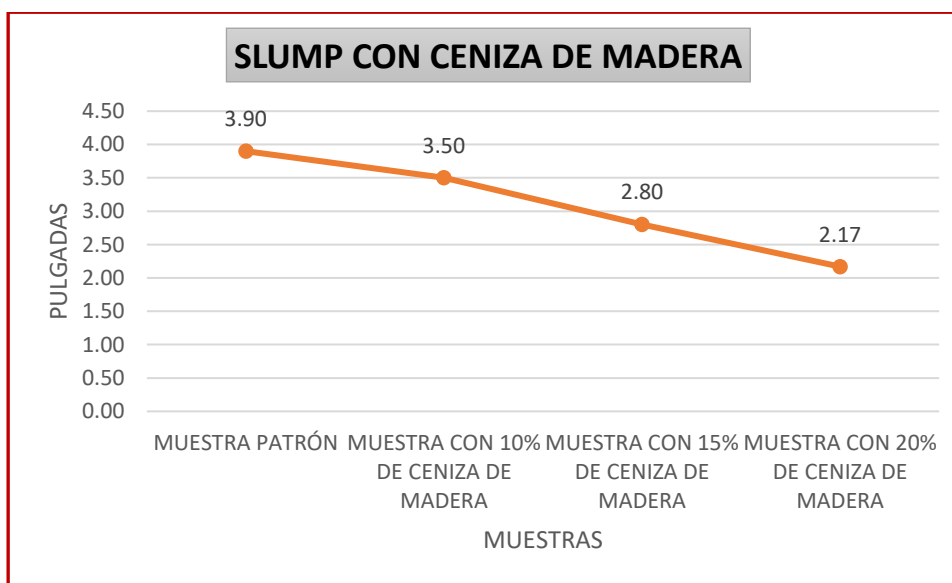
Ensayo de revenimiento con cenizas de madera

Descripción	Slump- pulg	Promedio
Muestra patrón	3.90	3..90"
	4.00	
	3.80	
Muestra 1 - con 10% de ceniza de madera	3.70	3.50"
	3.40	
	3.40	
Muestra 2 - con 15% de ceniza de madera	2.90	2.80"
	2.50	
	3.00	
Muestra 3 - con 20% de ceniza de madera	2.20	2.17"
	2.10	
	2.20	

Nota: Los resultados de los especímenes fueron obtenido del laboratorio de MSCA de la UANCV.

Figura 19

Comportamiento del slump con cenizas de madera



INTERPRETACIÓN

Los resultados muestran que el revenimiento disminuye conforme aumenta la proporción de ceniza de madera en la mezcla. La mezcla patrón presenta un slump media de 3.90", indicando buena trabajabilidad. Con 10% de ceniza, el slump baja a 3.50", manteniéndose aún en un rango adecuado. Con 15%, el valor disminuye a 2.80", evidenciando una reducción más notoria de la fluidez. Finalmente, con 20% de ceniza, el slump promedio es 2.17", lo que indica una mezcla más rígida.

4.1.3 Resultados de la resistencia a compresión con CM en porcentajes de 10%, 15%, 20%

Tabla 20

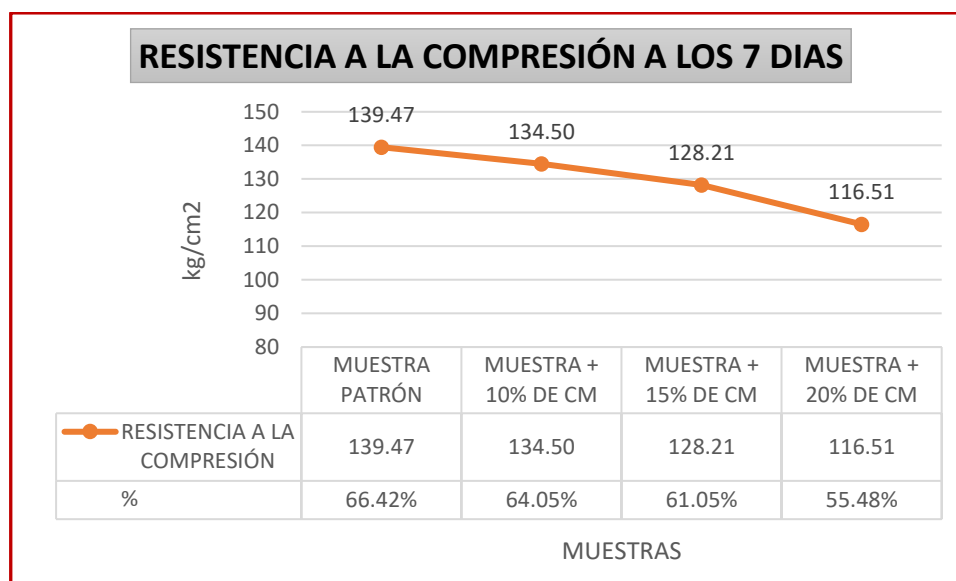
Resultados de resistencia a compresión con cenizas de madera a 7 días

Edad	Muestra	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)	%
7 días	MP-1	177.20	24350	137.42	139.47 kg/cm ²	66.42%
	MP-2	177.90	25010	140.59		
	MP-3	177.42	24910	140.40		
7 días	M-1 con 10% CM	177.00	23920	135.18	134.50 kg/cm ²	64.05%
	M-2 con 10% CM	177.40	23470	132.28		
	M-3 con 10% CM	177.46	24170	136.05		
7 días	M-1 con 15% CM	177.70	22710	127.83	128.21 kg/cm ²	61.05%
	M-2 con 15% CM	177.00	23160	130.88		
	M-3 con 15% CM	177.89	22400	125.92		
7 días	M-1 con 20% CM	177.70	20770	116.91	116.51 kg/cm ²	55.48%
	M-2 con 20% CM	177.00	20830	117.72		
	M-3 con 20% CM	177.89	20440	114.90		

Nota: Los resultados de los especímenes fueron obtenidos del laboratorio de MSCA de la UANCV.

Figura 20

Comportamiento de la resistencia a compresión a los 7 días



INTERPRETACIÓN

La mezcla patrón alcanza una resistencia promedio de 139.47 kg/cm², lo que corresponde al 66.42% de la resistencia de diseño, valor coherente con el desarrollo esperado de resistencia temprana para un concreto de estas características. La mezcla con 10% de ceniza de madera presenta una media de 134.50 kg/cm² (64.05%), esto indica una reducción moderada respecto al concreto patrón, esta disminución puede atribuirse principalmente al efecto de dilución del material cementante activo y a la baja o nula actividad puzolánica inicial de la CM en edades tempranas. Para la mezcla con 15% de CM, la resistencia promedio se reduce a 128.21 kg/cm² (61.05%), evidenciando un menor ritmo de ganancia de resistencia, asociado a una mayor sustitución de clínker y la etapa inicial del curado. Finalmente, la mezcla con 20% de ceniza de madera tiene una media de 116.51 kg/cm² (55.48%), lo que confirma una afectación significativa del desempeño mecánico inicial, indicando que porcentajes elevados de reemplazo comprometen el desarrollo de resistencia temprana del concreto.

Tabla 21

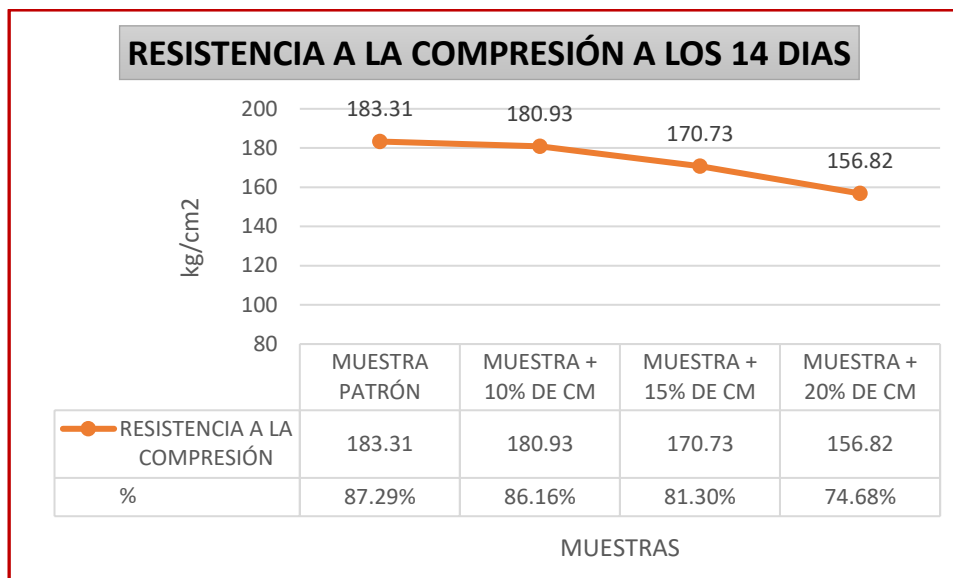
Resultados de resistencia a compresión con CM a 14 días

Edad	Muestra	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)	%
14 días	MP-1	177.20	32180	181.60		
	MP-2	177.00	31900	180.28	183.31 kg/cm ²	87.29%
	MP-3	177.20	33320	188.05		
14 días	M-1 con 10% CM	177.40	31660	178.45		
	M-2 con 10% CM	177.90	32070	180.28	180.93 kg/cm ²	86.16%
	M-3 con 10% CM	177.70	32700	184.06		
14 días	M-1 con 15% CM	177.70	30140	169.65		
	M-2 con 15% CM	178.10	29670	166.56	170.73 kg/cm ²	81.30%
	M-3 con 15% CM	177.40	31220	175.97		
14 días	M-1 con 20% CM	177.70	28140	158.39		
	M-2 con 20% CM	178.10	28130	157.92	156.82 kg/cm ²	74.68%
	M-3 con 20% CM	177.40	27350	154.15		

Nota: Los resultados de los especímenes fueron obtenido del laboratorio de MSCA de la UANCV.

Figura 21

Grafica de resistencia a compresión a los 14 días



INTERPRETACIÓN

La mezcla patrón alcanza una media de 183.31 kg/cm², el cual llega al 87.29% de la requerida, lo cual indica un buen desarrollo de resistencia intermedia del concreto convencional. El diseño con 10% de ceniza de madera tiene una media de 180.93 kg/cm² (86.16%), mostrando un comportamiento muy cercano al del concreto patrón, aunque ligeramente inferior, lo que sugiere que a este nivel de reemplazo el efecto de la ceniza aún no es crítico en términos de resistencia mecánica. Para la mezcla con 15% de ceniza de madera, la resistencia promedio disminuye a 170.73 kg/cm² (81.30%), evidenciando una reducción más apreciable del ritmo de ganancia de resistencia, asociada a la menor cantidad de cemento disponible para la hidratación. Finalmente, la mezcla con 20% de ceniza de madera tiene una media de 156.82 kg/cm² (74.68%), lo que confirma que porcentajes elevados de reemplazo afectan de manera importante el desarrollo de resistencia a edades intermedias.

Tabla 22

Resultados de resistencia a compresión con cenizas de madera a 28 días

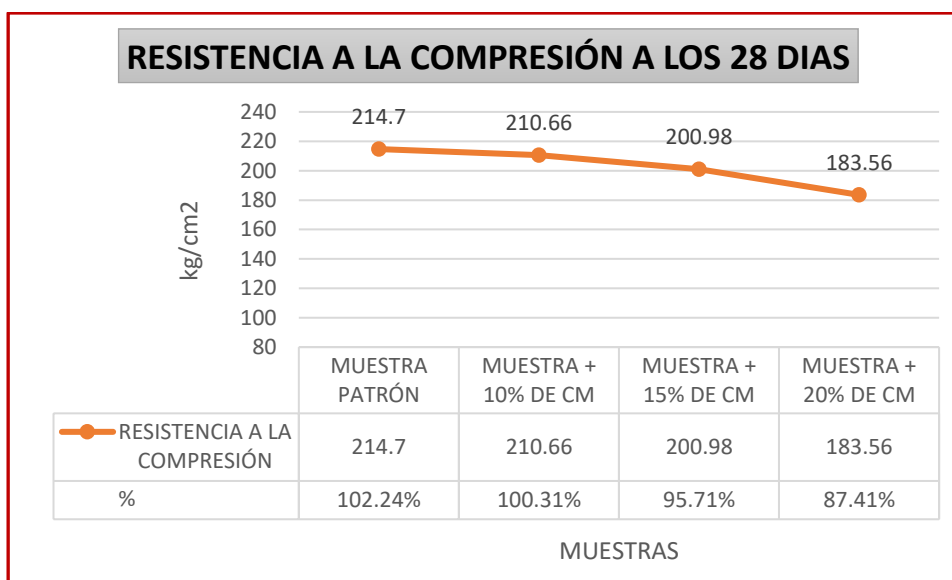
Edad	Muestra	Área (cm ²)	Carga (kg)	Esfuerzo (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)	%
------	---------	----------------------------	---------------	-----------------------------------	-----------------------------------	---

28 días	MP-1	177.40	37330	210.40		
	MP-2	177.70	38850	218.68	214.70 kg/cm ²	102.24%
	MP-3	177.20	38100	215.02		
28 días	M-1 con 10% CM	177.20	36910	208.31		
	M-2 con 10% CM	178.10	38120	214.00	210.66 kg/cm ²	100.31%
	M-3 con 10% CM	177.40	37200	209.67		
28 días	M-1 con 15% CM	177.40	35700	201.22		
	M-2 con 15% CM	177.40	35290	198.91	200.98 kg/cm ²	95.71%
	M-3 con 15% CM	177.90	36080	202.82		
28 días	M-1 con 20% CM	177.40	33320	187.80		
	M-2 con 20% CM	177.20	31800	179.24	183.56 kg/cm ²	87.41%
	M-3 con 20% CM	177.90	32670	183.65		

Nota: Los resultados de los especímenes fueron obtenido del laboratorio de MSCA de la UANCV.

Figura 22

Comportamiento de la resistencia a compresión a los 28 días



INTERPRETACIÓN

La mezcla patrón alcanza una media de 214.70 kg/cm^2 , equivalente al 102.24% de lo requerido, lo que confirma que el concreto cumple y supera ligeramente el valor especificado, evidenciando un adecuado proceso de dosificación, elaboración y curado. La dosis con 10% de ceniza de madera tiene una media de 210.66 kg/cm^2 (100.31%), valor muy cercano al de la mezcla patrón y que cumple con la resistencia de diseño, lo cual indica que este porcentaje de reemplazo no afecta de manera significativa su tenacidad. En el caso de la dosis con 15% de ceniza de madera, la resistencia promedio es de 200.98 kg/cm^2 (95.71%), observándose una disminución moderada respecto al concreto patrón, aunque todavía se mantiene en un rango aceptable para concretos estructurales de resistencia cercana a 210 kg/cm^2 . Por último, la dosis con 20% de ceniza de madera alcanza una resistencia promedio de 183.56 kg/cm^2 (87.41%), lo que representa una reducción significativa de la resistencia final, indicando que a este nivel de reemplazo la ceniza de madera afecta negativamente el desempeño mecánico del concreto.

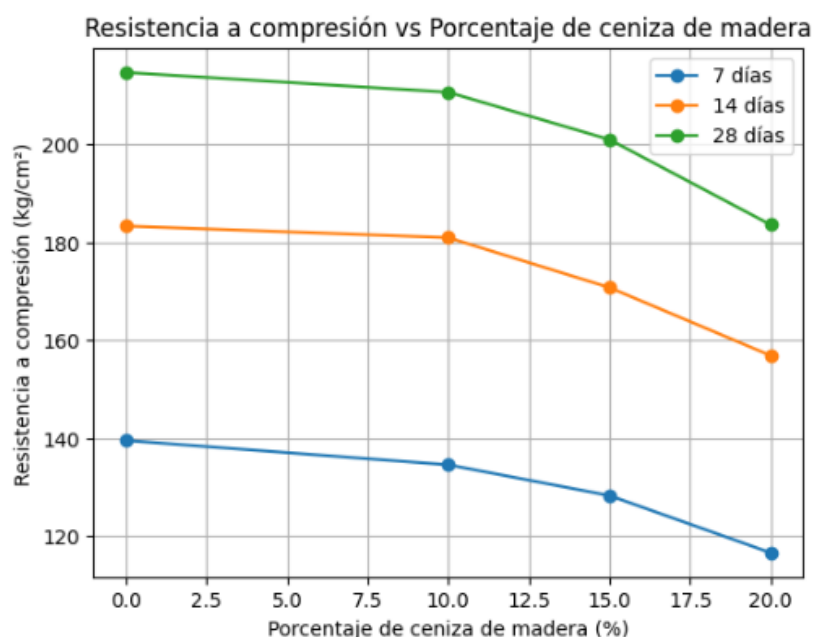
Tabla 23

Cuadro comparativo de la resistencia a compresión a los 7, 14, 28 días

Mezcla	%	7 días		14 días		28 días	
	Ceniza	(kg/cm ²)	%	(kg/cm ²)	%	(kg/cm ²)	%
Patrón	0%	139.47	66.42%	183.31	87.29%	214.70	102.24%
M1	10%	134.50	64.05%	180.93	86.16%	210.66	100.31%
M2	15%	128.21	61.05%	170.73	81.30%	200.98	95.71%
M3	20%	116.51	55.48%	156.82	74.68%	183.56	87.41%

Figura 23

Comportamiento de la resistencia a compresión vs porcentaje de ceniza de madera



INTERPRETACIÓN

La combinación que contiene un 10 % de ceniza muestra un comportamiento bastante similar al de la mezcla de control. A los 28 días, la mezcla alcanzó 210,66 kg/cm² (100,31 %), lo que indica que esta cantidad de sustitución no altera significativamente el nivel de resistencia que alcanza el hormigón en su forma final. Por otro lado, la mezcla con un 15 % de ceniza alcanza los 200,98 kg/cm² (95,71 %) después de 28 días, lo que indica una leve pérdida de resistencia. En cambio, la mezcla con un 20 % de ceniza registra 183,56 kg/cm² (87,41 %), lo que indica una reducción significativa en el rendimiento mecánico.

Los resultados obtenidos demuestran que la CM es un material complementario en el concreto hidráulico cuando se emplea en porcentajes controlados, en particular, el 10% de reemplazo del cemento permite alcanzar la resistencia de diseño, manteniendo un comportamiento mecánico comparable al concreto patrón, lo que evidencia su viabilidad técnica y su potencial como material alternativo sostenible. Sin

embargo, porcentajes mayores provocan una disminución progresiva de la resistencia, por lo que su uso debe limitarse a niveles adecuados.

4.1.4 Resultados de resistencia a flexión a los 28 días

Tabla 24

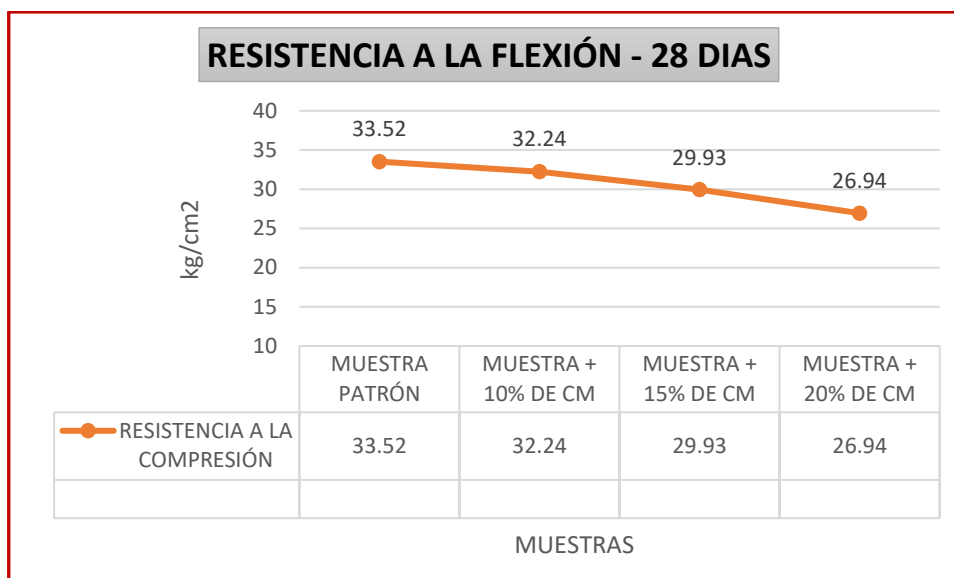
Resultados de resistencia a flexión a los 28 días con cenizas de madera

Edad	Muestra	Luz (cm)	Carga (kg)	Módulo de rotura (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)
28 días	MP-1	30.00	3690	32.52	33.52 kg/cm ²
	MP-2	30.00	3710	32.76	
	MP-3	30.00	3650	32.29	
28 días	M-1 con 10% CM	30.00	3590	31.66	32.24 kg/cm ²
	M-2 con 10% CM	30.00	3700	32.69	
	M-3 con 10% CM	30.00	3660	32.36	
28 días	M-1 con 15% CM	30.00	3470	30.50	29.93 kg/cm ²
	M-2 con 15% CM	30.00	3330	29.27	
	M-3 con 15% CM	30.00	3400	30.02	
28 días	M-1 con 20% CM	30.00	3050	26.88	26.94 kg/cm ²
	M-2 con 20% CM	30.00	3130	27.62	
	M-3 con 20% CM	30.00	2990	26.33	

Nota: Los resultados de los especímenes fueron obtenidos del laboratorio de MSCA de la UANCV.

Figura 24

Comportamiento de la resistencia a flexión a los 28 días



INTERPRETACIÓN

La dosificación con 10% de ceniza de madera presentó un módulo de rotura promedio de 32.24 kg/cm², valor ligeramente inferior al del concreto patrón, lo que indica que este porcentaje de reemplazo no afecta de manera significativa en el módulo de rotura, manteniendo un comportamiento estructural similar. En el caso de la mezcla con 15% de ceniza, el módulo de rotura disminuyó a 29.93 kg/cm², evidenciando una reducción moderada del módulo de rotura, en cambio la mezcla con 20% de ceniza alcanzó solo 26.94 kg/cm², mostrando una disminución significativa del desempeño mecánico. Los resultados confirman que la resistencia a flexión reduce progresivamente según se va aumentando la CM, identificándose nuevamente al 10% de reemplazo como el porcentaje más adecuado, ya que permite conservar valores de resistencia cercanos al concreto convencional, mientras que porcentajes mayores comprometen el comportamiento mecánico del concreto.

4.2 Discusión de resultados

Se tuvo como objetivo evaluar como incide la ceniza de madera para una resistencia requerida de $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, mediante el análisis de los ensayos de

revenimiento (slump), compresión y flexión, para porcentajes de reemplazo de 10%, 15% y 20%, comparados con un concreto patrón.

Discusión del comportamiento del concreto en estado fresco (Slump)

Se considero el ensayo de revenimiento muestra que el slump disminuye progresivamente conforme se incrementa % de ceniza de madera, teniendo un promedio de 3.50" en el CP a 2.17" en la mezcla con 20% de ceniza. Este comportamiento indica una reducción de la trabajabilidad del concreto, lo cual se explica por la mayor finura y capacidad de absorción de la ceniza de madera, que incrementa la cantidad de agua y reduce la fluidez de la mezcla.

Respecto al ámbito internacional Alghurair (2020) en su estudio "*Evaluación del uso de cenizas de residuos de madera en el hormigón*" concluyo que la ceniza de madera puede utilizarse como material alternativo en proporciones controladas hasta el 15%, pero que porcentajes elevados afectan negativamente el desempeño mecánico del concreto.

Respecto al ámbito Nacional, Cespedes (2023), en sus resultados muestra que conforme va incrementando las cantidades de ceniza su consistencia o slump tiende a bajar con respecto a su diseño original.

Discusión de la resistencia a compresión

En cuando a los ensayos de compresión para todas las mezclas, la resistencia aumenta con la edad de curado (7, 14 y 28 días), lo cual confirma el desarrollo normal del proceso de hidratación del cemento.

A los 7 y 14 días, las mezclas con ceniza presentan menores resistencias que el concreto patrón, lo que se explica por el efecto de dilución del cemento y la baja reactividad inicial de la ceniza de madera, que no contribuye significativamente a la resistencia en edades tempranas. A los 28 días, el concreto patrón alcanzó 214.70

kg/cm² (102.24%), mientras que la mezcla con 10% de ceniza alcanzó 210.66 kg/cm² (100.31%), cumpliendo plenamente la resistencia de diseño. Esto demuestra que, a este nivel de reemplazo, la ceniza de madera no afecta negativamente la resistencia final del concreto, y su efecto físico como material de relleno (filler) contribuye a una mejor compactación de la matriz cementante. La mezcla con 15% de ceniza alcanzó 200.98 kg/cm² (95.71%), mostrando una disminución moderada de la resistencia, mientras que la mezcla con 20% de ceniza alcanzó solo 183.56 kg/cm² (87.41%), evidenciando una reducción significativa del desempeño mecánico. Esto confirma con otros autores que, cuando aumentan, la reducción del contenido de cemento predomina sobre los beneficios físicos de la ceniza, afectando la resistencia final.

Respecto al ámbito nacional, Timoteo (2021), en su resultado indica que debido a que esto produce mayor resistencia en comparación con el 15% y el 20%, he llegado a la conclusión de que la proporción ideal para crear concreto con un porcentaje de renovación en peso de cemento por ceniza es del 10%. Esto se debe a que la resistencia máxima de $f'c = 236$ kg/cm² se logra con esta proporción.

Por su parte Cespedes (2023), en su estudio indica que su resultado idóneo fue al utilizar el 10% como adición al momento de mezclar el cemento el cual llegó a una media de 269.08 kg/cm² en a compresión siendo este resultado muy óptimo.

Discusión de la resistencia a flexión

En estos resultados tienen de manera similar a la de compresión, donde el concreto con 10% de ceniza presenta un comportamiento cercano al concreto patrón, mientras que las mezclas con 15% y 20% muestran una disminución progresiva de la capacidad resistente. Esto indica que el comportamiento frágil del concreto se acentúa cuando se incrementa excesivamente el contenido de ceniza y se reduce el material cementante activo.



Respecto al ámbito local, Quispe (2024), en concluye que la resistencia a la flexión fue de 36.16 kg/cm² de la mezcla patrón, mientras que adicionando el 5% se tuvo 32.97 kg/cm² siendo este resultado el más cercano, el cual coincide con nuestros resultados el cual muestra que la resistencia a la flexión disminuye moderadamente hasta la adición del 10%.

CONCLUSIONES

CONCLUSIÓN GENERAL. Se concluye al utilizar ceniza de madera como sustituto hasta un 10% en la producción del concreto hidráulico, ya que a este porcentaje se logra mantener la resistencia mecánica y una trabajabilidad aceptable, el cual logra disminuir el consumo de cemento y el aprovechamiento de un residuo local, constituyendo una alternativa técnica, económica y ambientalmente viable.

PRIMERO. Se concluye cuando se va aumentando ceniza de madera en la mezcla reduce progresivamente el revenimiento del concreto, reduciendo su trabajabilidad debido a la mayor finura y absorción del material, en cambio los resultados que se tuvo están dentro los parámetros permitidos en un rango aceptable para concreto estructural.

SEGUNDO. Al usar el porcentaje del 10% de CM es el idóneo el cual permite alcanzar la resistencia de diseño ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$), en cambio al usar cantidades mayores como 15% y 20% provocan una reducción progresiva en el ensayo a compresión, lo que demuestra que la ceniza debe emplearse en proporciones controladas.

TERCERO. Se concluye que el comportamiento a flexión del concreto con 10% de ceniza de madera es similar al del concreto patrón, mientras que al incrementar el porcentaje de reemplazo se produce una reducción de la capacidad resistente, confirmando que la cantidad idónea este alrededor del 10% de CM.



RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que futuras investigaciones analicen porcentajes de reemplazo cercanos al 10%, como 5%, 8% o 12%, para delimitar de una manera adecuada la utilización de la CM el cual pueda reemplazar una parte del cemento.
2. Se recomienda que futuros estudios evalúen el uso de aditivos plastificantes para que sea manipulable y no contenga gran cantidad de agua, para compensar la reducción de trabajabilidad provocada por la incorporación de ceniza de madera.
3. Se recomienda investigar el efecto del tratamiento previo de la ceniza de madera (molienda, tamizado o activación térmica), como propósito de optimizar desarrollo de resistencias y minimizar la pérdida de resistencia en porcentajes mayores al 10%.
4. Se recomienda ampliar el estudio hacia el comportamiento a flexión en elementos estructurales reales (vigas o losas), para verificar el desempeño del concreto con ceniza de madera en condiciones de servicio.

BIBLIOGRAFÍA

- American Concrete Institute (ACI). (2019). *Building code requirements for structural concrete (ACI 318-19)*. ACI.
- Abrams, D. (1918). *Design of concrete mixtures*. Lewis Institute.
- ACI Committee 201. (2016). *Guide to Durable Concrete (ACI 201.2R)*. American Concrete Institute.
- ACI Committee 211. (2019). *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1)*. American Concrete Institute.
- Alghurair, M. S. (2020). *Evaluation of Using Wood Waste Ash in Concrete*. Arab Journal for Scientific Publishing (AJSP).
- ASTM C39 / C39M. (2020). *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. ASTM International.
- ASTM C78 / C78M. (2020). *Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading)*. ASTM International.
- ASTM C143 / C143M. (2020). *Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete*. ASTM International.
- ASTM C150. (2022). *Standard Specification for Portland Cement*. ASTM International.
- ASTM C1602. (2021). *Standard Specification for Mixing Water for Concrete*. ASTM International.
- ASTM C192 / C192M. (2019). *Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory*. ASTM International.



- Barrantes, T., & Beccerra, W. (2025). *Influencia en las propiedades mecánicas del concreto $f_c=210$ kg/cm² incorporando ceniza de madera eucalipto al 2.5%, 3.5% y 4.5%* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/43646>
- Berra, M., Mangialardi, T., Paolini, A. E., & Piga, L. (2015). Reuse of woody biomass fly ash in cement-based materials. *Construction and Building Materials*, 76, 286–296.
- Cheah, C. B., & Ramli, M. (2011). The implementation of wood waste ash as a partial cement replacement material in the production of structural concrete and mortar. *Materials and Design*, 32, 505–514.
- Céspedes Mejía, J. I. (2023). *Evaluación del rendimiento mecánico del concreto, reemplazando parcialmente el cemento por cenizas de madera faique*. <https://hdl.handle.net/20.500.12802/11858>
- Demeyer, A., Nkana, J. C. V., & Verloo, M. G. (2001). Characteristics of wood ash and influence on soil properties and nutrient uptake. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 32(19–20), 2871–2882.
- Etiegni, L., & Campbell, A. G. (1991). Physical and chemical characteristics of wood ash. *Bioresource Technology*, 37, 173–178.
- Frías, M., Villar-Cociña, E., & Valencia-Morales, E. (2007). Characterisation of biomass ashes as pozzolanic materials. *Waste Management*, 27, 533–538.
- Fuller, W. B., & Thompson, S. E. (1907). The laws of proportioning concrete. *Transactions of the ASCE*.
- Gartner, E. (2004). Industrially interesting approaches to “low-CO₂” cements. *Cement and Concrete Research*, 34, 1489–1498.
- Hewlett, P. (2004). *Lea’s chemistry of cement and concrete*. Elsevier.



- Kosmatka, S., & Wilson, M. (2016). *Design and control of concrete mixtures*. Portland Cement Association.
- Lea, F. M. (2004). *The chemistry of cement and concrete*. Elsevier.
- Lipa Lipe, E. Y. (2023). *Análisis de resistencia a compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm² con sustitución del cemento por ceniza de aserrín de madera y yeso, Juliaca, Puno*. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/132738>
- Mehta, P., & Monteiro, P. (2014). *Concrete: Microstructure, properties, and materials*. McGraw-Hill.
- Mindess, S., Young, J., & Darwin, D. (2003). *Concrete*. Prentice Hall.
- Neville, A. M. (2011). *Properties of concrete*. Pearson Education.
- Popovics, S. (1998). *Strength and related properties of concrete*. Wiley.
- Powers, T. (1968). *The properties of fresh concrete*. Wiley.
- Quispe Huachaca, V. (2024). *Influencia de la sustitución del cemento por ceniza de aserrín en propiedades físicas - mecánicas del concreto hidráulico*. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/153150>
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2018). *Norma E.060 Concreto Armado*. Perú.
- Shetty, M. S. (2005). *Concrete technology*. S. Chand & Company.
- Taylor, H. F. W. (1997). *Cement chemistry*. Thomas Telford.
- Timoteo Caro, Y. R. (2021). *Influencia de sustitución del cemento por ceniza de madera sobre la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm² – 2021*. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/85877>
- Vassilev, S. V., Baxter, D., Andersen, L. K., & Vassileva, C. G. (2013). An overview of the chemical composition of biomass ash. *Fuel*, 105, 19–39.



Werkelin, J., Skrifvars, B. J., & Hupa, M. (2005). Ash-forming elements in Scandinavian wood species. *Biomass and Bioenergy*, 29, 451–466.



ANEXOS



Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
Problema General: ¿Cómo incide la incorporación de cenizas de madera en el comportamiento físico mecánico del concreto hidráulico en la ciudad de Puno?	Objetivo General: Determinar cómo incide la incorporación de cenizas de madera en el comportamiento físico-mecánico del concreto hidráulico en la ciudad de Puno.	Hipótesis General: El uso de cenizas de madera influye significativamente en el comportamiento físico-mecánico del concreto hidráulico en la ciudad de Puno.	Variable Independiente Ceniza de madera Dimensiones: % de cenizas 0%,10%,15%,20% Variable Dependiente Propiedades del concreto Dimensiones: - Resistencia a la compresión - Trabajabilidad - Resistencia a flexión	Tipo. Aplicada Enfoque. Cuantitativo Nivel. Explicativo Diseño. Cuasi experimental Corte transversal Instrumentos Fichas y Herramientas de Laboratorio Técnica. Observación experimental
Problemas Específicos 1. ¿Cómo incide la incorporación de ceniza de madera en el revenimiento del concreto hidráulico en estado fresco? 2. ¿De qué manera la incorporación de ceniza de madera afecta la resistencia a compresión del concreto hidráulico a diferentes edades de curado? 3. ¿Cómo incide la incorporación de ceniza de madera en la resistencia a flexión del concreto hidráulico?	Objetivos Específicos 1. Determinar el efecto de la incorporación de ceniza de madera en el revenimiento del concreto hidráulico en estado fresco. 2. Determinar la influencia de la incorporación de ceniza de madera en la resistencia a compresión del concreto hidráulico a diferentes edades de curado. 3. Analizar como incide la incorporación de ceniza de madera en la resistencia a flexión del concreto hidráulico.	Hipótesis Específicas 1. La incorporación de ceniza de madera incide significativamente en el revenimiento del concreto hidráulico en estado fresco. 2. El uso de ceniza de madera incide significativamente en la resistencia a compresión del concreto hidráulico a diferentes edades de curado. 3. El uso de ceniza de madera incide significativamente en la resistencia a flexión del concreto hidráulico.		

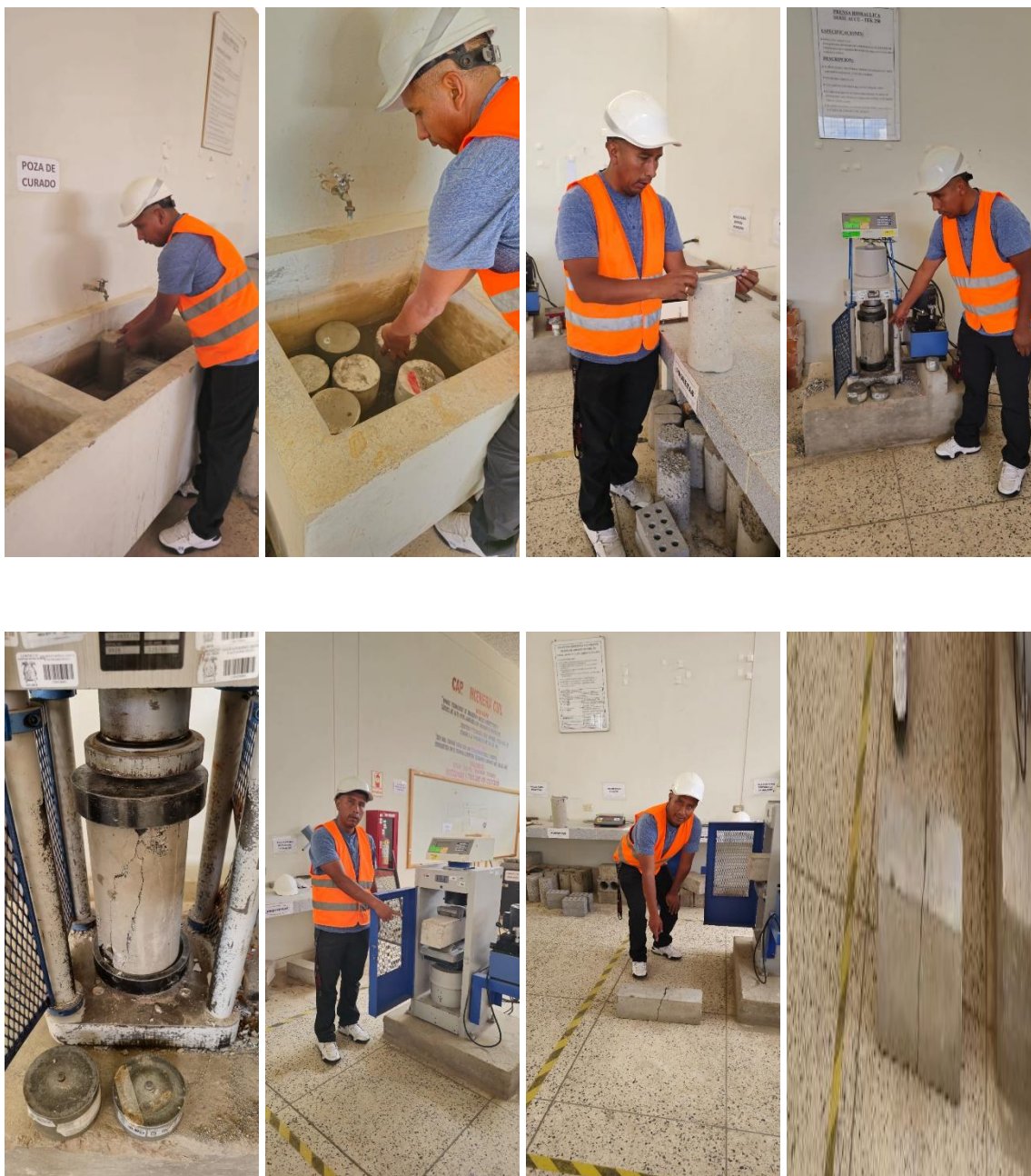
2. Panel fotográfico



1. Ensayo de los agregados, contenido de humedad granulometría de la arena y la grava



2. Ensayo de los agregados, absorción, peso específico, peso unitario suelto y varillado



3. Sacamos las probetas de la poza de curado, luego medimos el área de las probetas, luego sometemos a rotura las probetas y anotamos la carga, de la misma manera rompemos las vigas



3. Ensayos de laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL "NÉSTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (SLUMP)

TESIS

SOLICITANTE

MUESTRA

FECHA

EFFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE MADERA EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO
MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN LA CIUDAD DE PUÑO

Ing. EDUARDO YVAN FRANCO PEREZ

PATRÓN Y CON 10%, 15%, 20% CENIZA DE MADERA

18 DE MARZO DEL 2025

PROCESO DEL ENSAYO	
CAPAS	N° DE GOLPES
1	25
2	25
3	25

CONSISTENCIA EN CONO	
CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO (cm)
SECA	0 - 5.08
PLÁSTICA	7.62 - 10.16
FLUIDA	≥ 12.7

DIMENSIONES DEL MOLDE



N°	FECHA	MUESTRA	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO		°C
			SLUMP (pulgadas)	PLÁSTICA	
1	18/03/2025	PATRÓN	3.90		23.50°

N°	FECHA	MUESTRA	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO		°C
			SLUMP (pulgadas)	CONSISTENCIA	
1	18/03/2025	CON 15% CM	2.90	PLÁSTICA	20.30°

N°	FECHA	MUESTRA	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO		°C
			SLUMP (pulgadas)	PLÁSTICA	
2	18/03/2025	PATRÓN	4.00		23°

N°	FECHA	MUESTRA	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO		°C
			SLUMP (pulgadas)	CONSISTENCIA	
2	18/03/2025	CON 15% CM	2.50	SECA	20.2°

N°	FECHA	MUESTRA	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO		°C
			SLUMP (pulgadas)	PLÁSTICA	
3	18/03/2025	PATRÓN	3.80		23.5°

N°	FECHA	MUESTRA	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO		°C
			SLUMP (pulgadas)	CONSISTENCIA	
3	18/03/2025	CON 15% CM	3.00	PLÁSTICA	20.8°

N°	FECHA	MUESTRA	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO		°C
			SLUMP (pulgadas)	PLÁSTICA	
1	18/03/2025	CON 10% CM	3.70		22.9°

N°	FECHA	MUESTRA	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO		°C
			SLUMP (pulgadas)	CONSISTENCIA	
1	18/03/2025	CON 10% CCA	2.20	SECA	18.1°

N°	FECHA	MUESTRA	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO		°C
			SLUMP (pulgadas)	PLÁSTICA	
2	18/03/2025	CON 10% CM	3.40		22.2°

N°	FECHA	MUESTRA	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO		°C
			SLUMP (pulgadas)	CONSISTENCIA	
2	18/03/2025	CON 10% CCA	2.10	SECA	18.3°

N°	FECHA	MUESTRA	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO		°C
			SLUMP (pulgadas)	PLÁSTICA	
3	18/03/2025	CON 10% CM	3.40		22.2°

N°	FECHA	MUESTRA	ASENTAMIENTO DEL CONCRETO		°C
			SLUMP (pulgadas)	CONSISTENCIA	
3	18/03/2025	CON 10% CCA	2.20	SECA	18.3°

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON REALIZADAS POR EL SOLICITANTE

Dr. Arnaldo Yvan Torres
CIP 103257

B. N° 006-00314573



DISEÑO DE MEZCLA $F'c = 210 \text{ Kg./cm.}^2$

TESIS EFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE MADERA EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO

SOLICITANTE MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRAULICO EN LA CIUDAD DE PUÑO

CANTERA Bach. EDWARD YVAN FRANCO PEREZ

UBICACIÓN ISLA

FECHA CARRETERA JULIACA - ISLA km 17

18 DE MARZO DEL 2025

PROCESO DE DISEÑO

NORMAS: ACI 211.1.74

ACI 211.1.81

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión $F'c = 210 \text{ Kg./cm.}^2$ a los 28 días
entonces la resistencia promedio $F'cr = 294 \text{ Kg./cm.}^2$

Las condiciones de colocación permiten un asentamiento de $3'' \pm 4''$ (76.2 mm. A 101.6 mm).

Dado el uso del agregado grueso, se utilizará el único agregado de calidad satisfactoria y económicamente disponible, el cual cumple con las especificaciones. Cuya graduación para el diámetro máximo nominal es de: $3/4''$ (19.05mm)

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

RESULTADOS DE LABORATORIO

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	AGREGADO GRUESO (GRAVA)	AGREGADO FINO (ARENA)
P.e de Sólidos		
P.e SSS	2.54	2.53
P.e Bulk		
P.U. Varillado	1466	1512
P.U. Suelto	1363	1405
% de Absorción	1.74	3.14
% de Humedad Natural	1.64	9.08
Modulo de Fineza	-	2.77

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

- El asentamiento dado es de $3'' \pm 4''$ (76.2 mm. A 101.6 mm.).
- Se usará el agregado disponible en la localidad, el cual posee un diámetro nominal $3/4''$ (19.05mm)
- Puesto que no se utilizará incorporador de aire, pero la estructura estará expuesta a intemperismo severo, la cantidad aproximada de agua de mezclado que se empleará para producir el asentamiento indicado será de: 205 Lt/m^3
- Como el concreto estará sometido a intemperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de: 2.0%
- Como se prevé que el concreto no será atacado por sulfatos, entonces las relación agua/cemento (a/c) será de: 0.558
- De acuerdo a la información obtenida en los ítems 3 y 4 el requerimiento de cemento será de: $(205 \text{ Lt/m}^3) / (0.558) = 367 \text{ Kg/m}^3$



Dr. Arnoldo Yvan Franco Perez

006-00314573

CIP 103251



7. De acuerdo al módulo de finza del agregado fino = 2.77 el peso específico aparente del agregado grueso variado compactado de 1466 Kg/m³ y un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 3/4" (19.05 mm) se recomienda el uso de 0.623 m³ de agregado grueso por m³ de concreto. Por tanto el peso seco del agregado grueso será de:

$$(0.6231) \times (1466) = 914 \text{ Kg/m}^3$$

8. Una vez determinadas las cantidades de agua, cemento y agregado grueso, los materiales resultantes para completar un m³ de concreto consistirán en arena y aire atrapado. La cantidad de arena requerida se puede determinar en base al volumen absoluto como se muestra a continuación.

Con las cantidades de agua, cemento y agregado grueso ya determinadas y considerando el contenido aproximado de aire atrapado, se puede calcular el contenido de arena como sigue:

$$\text{Volumen absoluto de agua} = (205) / (1000) = 0.205$$

$$\text{Volumen absoluto de cemento} = (367) / (2.68 \times 1000) = 0.128$$

$$\text{Volumen absoluto de agregado grueso} = (914) / (2.54 \times 1000) = 0.360$$

$$\text{Volumen de aire atrapado} = (2.0) / (100) = 0.020$$

$$\text{Volumen sub total} = 0.712$$

$$\text{Volumen absoluto de arena}$$

$$\text{Por tanto el peso requerido de arena seca será de:} = (1.000 - 0.712) = 0.288 \text{ m}^3$$

$$(0.288) \times (2.53) \times 1000 = 728 \text{ Kg/m}^3$$

9. De acuerdo a las pruebas de laboratorio se tienen % de humedad, por las que se tiene que ser corregidos los pesos de los agregados:

$$\text{Agregado grueso húmedo} (914) \times (1.018447) = 929 \text{ Kg}$$

$$\text{Agregado Fino húmedo} (728) \times (1.0908) = 794 \text{ Kg}$$

10. El agua de absorción no forma parte del agua de mezclado y debe excluirse y ajustarse por adición de agua. De esta manera la cantidad de agua efectiva es:

$$205 - 914 \times \left(\frac{1.64 - 1.74}{100} \right) - 728 \left(\frac{9.08 - 3.14}{100} \right) = 163$$

DOSIFICACIÓN

AGREGADO	DOSIFICACIÓN EN PESO SECO	PROPORCIÓN EN VOLUMEN	DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO	PROPORCIÓN EN VOLUMEN
	(Kg/m ³)	PESO SECO	(Kg/m ³)	PESO HÚMEDO
Cemento	367	1.00	367	1.00
Agua	205	0.558	163	0.41
Agreg. Grueso	914	2.57	929	2.67
Agreg. Fino	728	1.83	794	1.97
Aire	2.0 %		2.0 %	

8.64 BOLSAS / m³ DE CEMENTO

DOSIFICACIÓN POR PESO:

Cemento	42.50 Kg
Agregado fino húmedo	91.88 Kg
Agregado grueso húmedo	107.43 Kg
Agua efectiva	16.81 Kg



OFICINA DE INVESTIGACIÓN
FICP CAP INGENIERÍA

Dr. Arnaldo Irujo Torres
CIP 103257

B. N° 006-00314573



Para Mezcladora de 9 pies³

1.0 Bolsa de Cemento

Redondeo

2.31 p³ de Arena

2.3 p³ de Arena

2.79 p³ de Grava

2.8 p³ de Grava

19 Lt de Agua

19 Lt de Agua

RECOMENDACIONES

Debido a las características de los agregados, se recomienda que la dosificación tanto de la arena

como de la grava se realice en forma separada, tal como se indica en el ítem DOSIFICACIÓN POR TANDAS.

* Se deberá de hacer las correcciones del W% del A.F. y A.G.

OBSERVACIONES

LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



INGENIERO JORGE LUIS VILLALBA
FICP/CAP INGENIERIA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257

B. N° 006-00314573



TESIS EFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE MADERA EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO

SOLICITANTE

MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN LA CIUDAD DE PUNO

CANTERA

Bach. EDUARDO IVAN FRANCO PÉREZ

LUGAR

ISLA, CARRETERA JULIACA - ISLA km 17

FECHA

18 DE MARZO DEL 2025

ANÁLISIS MECÁNICO Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

ARENA

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro	
3/8"	0	0.00	0.00	100.00	A	-Peso de muestra secada al horno <u>484.78</u>
N° 4	6.72	1.34	1.34	98.66	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) <u>500.00</u>
N° 8	69.84	13.97	15.31	84.69	Wc	-Peso del picnómetro con agua <u>1313.40</u>
N° 16	85.10	17.02	32.33	67.67	W	-Peso del Pic. + muestra + agua <u>1615.84</u>
N° 30	99.37	19.87	52.21	47.79	PESO ESPECÍFICO	
N° 50	138.12	27.62	79.83	20.17	Wc+B =	<u>1613</u> Wc+B-W = <u>198</u>
N° 100	80.27	16.05	95.88	4.12	Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = \frac{500}{1613-500} = 2.53 \text{ gr/cm}^3$
N° 200	11.06	2.21	98.10	1.90	ABSORCIÓN	
FONDO	9.52	1.90	100.00	0.00	B =	<u>500.00</u> B-A = <u>15.22</u>
SUMA	500.00	100.00			Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = \frac{15.22 \times 100}{484.78} = 3.14 \%$
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico						
Mf = MÓDULO DE FINEZA					2.77	

GRAVA

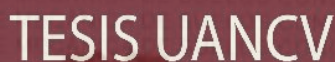
Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro	
2"	0	0.00	0.00	100.00	A	-Peso de muestra secada al horno <u>786.30</u>
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) <u>800.00</u>
1"	0	0.00	0.00	100.00	Wc	-Peso del picnómetro con agua <u>1313.40</u>
3/4"	29	0.49	0.49	99.51	W	-Peso del Pic. + muestra + agua <u>1798.35</u>
1/2"	292	7.30	7.79	92.21	PESO ESPECÍFICO	
3/8"	1388	34.69	42.48	57.62	Wc+B =	<u>2113</u> Wc+B-W = <u>315</u>
1/4"					Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = \frac{800}{2113-800} = 2.54 \text{ gr/cm}^3$
N° 4	1801	45.02	87.50	12.50	ABSORCIÓN	
FONDO	0.00	0.00	87.50	12.50	B =	<u>800.00</u> B-A = <u>13.70</u>
SUMA	3500.00	87.50			Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = \frac{13.70 \times 100}{786.30} = 1.74 \%$
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico						

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PREPARADAS EN EL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103237

B. N° 006-00314573



"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

FECHA

EFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE MADERA EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO

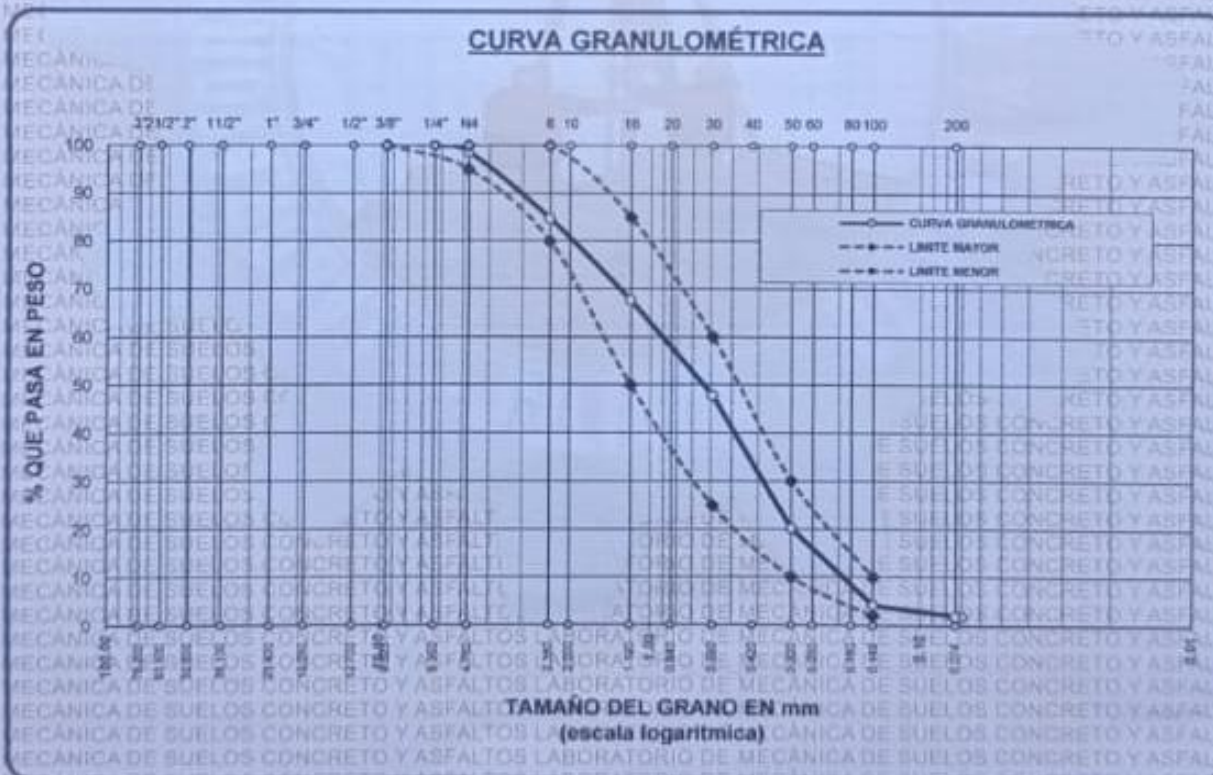
MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRAÚLICO EN LA CIUDAD DE PLINO

Bach, EDWARD YVAN FRANCO PEREZ

ARENA

18 DE MARZO DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	%RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIE	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100 %	Peso Inicial = 500 grs Módulo de Fineza = 2.77
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	95 - 100 %	
No4	4.760	6.72	1.34	1.34	98.66	80 - 100 %	
No8	2.380	69.84	13.97	15.31	84.69		
No10	2.000						
No16	1.190	85.10	17.02	32.33	67.67	50 - 85 %	
No20	0.840						
No30	0.590	99.37	19.87	52.21	47.79	25 - 60 %	
No40	0.420						
No50	0.300	138.12	27.62	79.83	20.17	10 - 30 %	
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.149	80.27	16.05	95.88	4.12	2-10%	
No200	0.074	11.06	2.21	98.10	1.90		
BASE		9.52	1.90	100	0.00		
TOTAL		500.00	100.00				
% PERDIDA		1.90					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



B. N° 006-00314573



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

TESIS: EFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE MADERA EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO

MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN LA CIUDAD DE PUNO

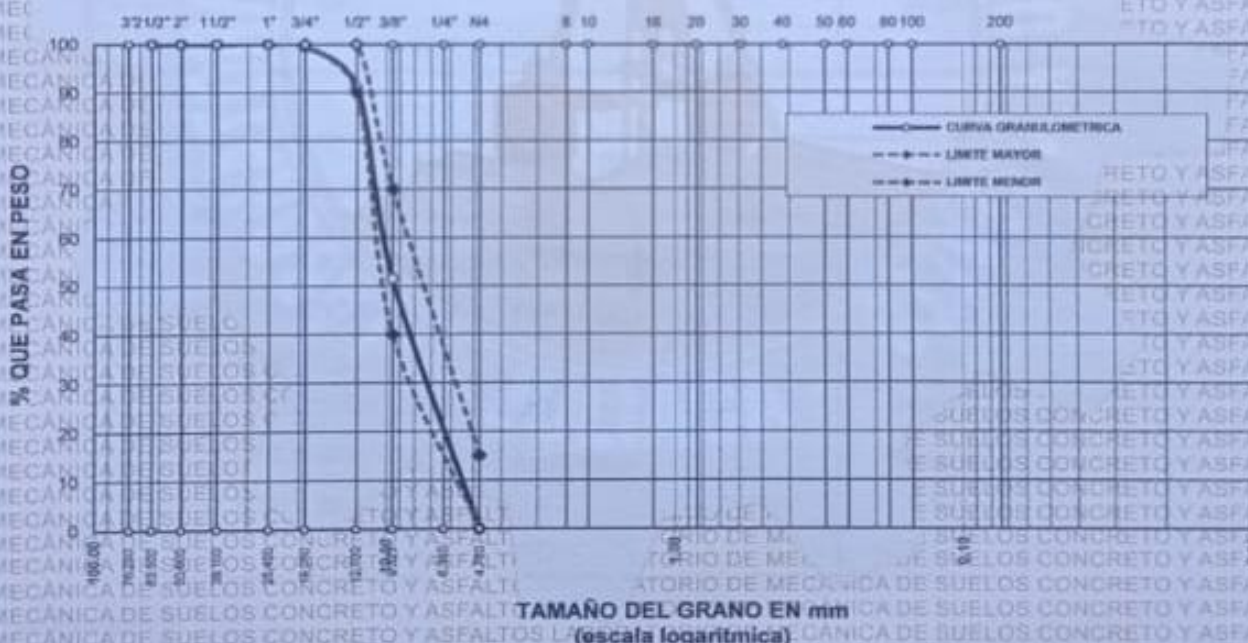
SOLICITANTE: Bach. EDWARD YVAN FRANCO PEREZ

MUESTRA: GRAVA

FECHA: 18 DE MARZO DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIE	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso Inicial = CR3500 gr.
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Tamaño máx. nominal = 3/4"
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/4"	19.050	19.50	0.56	0.56	99.44	100 %	
1/2"	12.700	292.17	8.35	8.90	91.10	90 - 100 %	
3/8"	9.525	1387.60	39.65	48.55	51.45	40 - 70 %	
1/4"	6.350						
Not	4.750	1800.73	51.45	100.00	0.00	0 - 15 %	
BASE		0.00	0.00	0.0	100.0		
TOTAL		3500.00	100.00				
% PERDIDA		0.00					

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP / CAP. INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103267

B. N° 006-00314573



CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216 MTC E108-2000

TESIS : EFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE MADERA EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO

MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN LA CIUDAD DE PUÑO

SOLICITANTE : Bach. EDWARD IVAN FRANCO PEREZ

MUESTRA : GRAVA - ARENA

FECHA : 18 DE MARZO DEL 2025

MUESTRA : ARENA

N° DE TARRO	1
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	401.20
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	372.40
PESO DEL TARRO (gr.)	55.30
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	345.90
PESO DE LA MUESTRA SECO (gr.)	317.10
PESO DEL AGUA (gr.)	28.80
% HUMEDAD	9.08

MUESTRA : GRAVA

N° DE TARRO	2
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	455.10
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	448.50
PESO DEL TARRO (gr.)	47.20
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	407.90
PESO DE LA MUESTRA SECO (gr.)	401.30
PESO DEL AGUA (gr.)	6.60
% HUMEDAD	1.64

OBSERVACIONES:

* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS EXACTAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

De. Arnaldo Yana Torres
GIP 103257

B. N° 006-00314573



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

TESIS

EFFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE MADERA EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO

MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN LA CIUDAD DE PUNO

SOLICITANTE : Bach. EDWARD IVAN FRANCO PÉREZ

MUESTRA : ARENA

FECHA : 18 DE MARZO DEL 2025

DENSIDAD MINIMA AGREGADO (ARENA)

PESO DEL MOLDE	5967 gr	5967 gr	5967 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2099 cm ³	2099 cm ³	2099 cm ³
COLGACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	8919.00 gr	8906.00 gr	8924.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	2952.00 gr	2939.00 gr	2957.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.406 gr/cm ³	1.400 gr/cm ³	1.408 gr/cm ³
PROMEDIO	1.405 gr/cm ³		

DENSIDAD MÁXIMA AGREGADO (ARENA)

PESO DEL MOLDE	5967 gr	5967 gr	5967 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2099 cm ³	2099 cm ³	2099 cm ³
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	9132.00 gr	9143.00 gr	9152.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	3165.00 gr	3176.00 gr	3185.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.508 gr/cm ³	1.513 gr/cm ³	1.517 gr/cm ³
PROMEDIO	1.512 gr/cm ³		

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP / CAP. VICERRECTORADO

De Arnaldo Yana Torres
CIP 103257

B. N° 006-00314573



PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

TESIS EFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE MADERA EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO

MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN LA CIUDAD DE PUÑO

SOLICITANTE : Bach. EDWARD IVAN FRANCO PEREZ

MUESTRA : GRAVA

FECHA : 18 DE MARZO DEL 2025

DENSIDAD MINIMA AGREGADO (GRAVA)

PESO DEL MOLDE	7955 gr	7955 gr	7955 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3249 cm ³	3249 cm ³	3249 cm ³
COLOCACIÓN DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	12380.00 gr	12368.00 gr	12399.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	4425.00 gr	4413.00 gr	4444.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.362 gr/cm ³	1.358 gr/cm ³	1.368 gr/cm ³
PROMEDIO		1.363 gr/cm ³	

DENSIDAD MÁXIMA AGREGADO (GRAVA)

PESO DEL MOLDE	7955 gr	7955 gr	7955 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3249 cm ³	3249 cm ³	3249 cm ³
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	12707.00 gr	12719.00 gr	12733.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	4752.00 gr	4764.00 gr	4778.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.462 gr/cm ³	1.466 gr/cm ³	1.470 gr/cm ³
PROMEDIO		1.466 gr/cm ³	

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257

B. N° 006-00314573



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP: 339.034

TESIS - EFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE MADERA EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRÁULICO EN LA CIUDAD DE PUNO

SOLICITANTE - RACH, EDWARD YVAN FRANCO PEREZ

MUESTRA - PATRÓN

LUGAR - DISTRITO DE PUNO

FECHA - 15 DE ABRIL DEL 2025

EDAD : 7 DÍAS - MUESTRA PATRÓN

EDAD : 7 DIAS - MUESTRA PATRON											
Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	CARGA	d	AREA	ESF. ROTURA	FC	FECHA	FECHA	EDAD	%	
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS		
1	PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm M-1	24350	15.02	177.2	137.42	210	18/03/2025	25/03/2025	7	65.44%	
2	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm M-2	25010	15.05	177.9	140.59	210	18/03/2025	25/03/2025	7	66.85%	
3	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm M-3	24910	15.03	177.42	140.40	210	18/03/2025	25/03/2025	7	66.88%	
PROMEDIO kg/cm2					139.47		PROMEDIO %				
							66.42%				

EDAD : 14 DÍAS - MUESTRA PATRÓN

EDAD : 14 DIAS - MUESTRA PATRON											
N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	FC	FECHA	FECHA	EDAD	%
			Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DÍAS	
1	PROBETA DE PRUEBA	15.02 x 30.0 cm	32180	15.02	177.2	181.61	210	18/03/2025	01/04/2025	14	66.48%
	M-1										
2	PROBETA DE PRUEBA	15.01 x 30.0 cm	31900	15.01	177	180.28	210	18/03/2025	01/04/2025	14	66.85%
	M-2										
3	PROBETA DE PRUEBA	15.02 x 30.0 cm	33320	15.02	177.2	188.05	210	18/03/2025	01/04/2025	14	68.55%
	M-3										
PROMEDIO kg/cm2						183.31		PROMEDIO %			67.29%

EDAD : 28 DÍAS - MUESTRA PATRÓN

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA PATRON										
N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	FC	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DÍAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm M-1	37330	15.03	177.4	210.40	210	28/03/2025	15/04/2025	28	100.19%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm M-2	38850	15.04	177.7	218.68	210	18/03/2025	15/04/2025	28	104.12%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm M-3	38100	15.02	177.2	215.02	210	18/03/2025	15/04/2025	28	102.39%
PROMEDIO kg/cm2					214.70		PROMEDIO %			102.24%

OBSERVACIONES:

1. LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



Dr. Arnaldo Yana Torres

CIP 103287

B N° 006-00314573



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TESIS: EFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE MADERA EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRAULICO EN LA CIUDAD DE PUNO

SOLICITANTE: Bach. EDWARD IVAN FRANCO PEREZ

MUESTRA: CON 10% DE CENIZA DE MADERA

LUGAR: DISTRITO DE PUNO

FECHA: 15 DE ABRIL DEL 2025

EDAD : 7 DIAS - MUESTRA CON 10% DE CENIZA DE MADERA

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm	23920	15.01	177	135.18	210	18/03/2025	25/03/2025	7	64.37%
	M-1									
2	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm	23470	15.03	177.4	132.28	210	18/03/2025	25/03/2025	7	62.99%
	M-2									
3	PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm	24170	15.04	177.66	136.05	210	18/03/2025	25/03/2025	7	64.78%
	M-3									
			PROMEDIO kg/cm2		134.50		PROMEDIO %			64.05%

EDAD : 14 DIAS - MUESTRA CON 10% DE CENIZA DE MADERA

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	FC	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DÍAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm	31660	15.03	177.4	178.45	210	18/03/2025	01/04/2025	14	84.97%
	M-1									
2	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm	32070	15.05	177.9	180.28	210	18/03/2025	01/04/2025	14	85.85%
	M-2									
3	PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm	32700	15.04	177.7	184.06	210	18/03/2025	01/04/2025	14	87.65%
	M-3									
PROMEDIO kg/cm2			180.93				PROMEDIO		%	86.16%

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA CON 10% DE CENIZA DE MADERA

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	FC	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DÍAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm M-1	36910	15.02	177.2	208.31	210	18/03/2025	15/04/2025	28	98.19%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.06 x 30.0 cm M-2	38120	15.06	178.1	214.00	210	18/03/2025	15/04/2025	28	101.31%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm M-3	37200	15.03	177.4	209.67	210	18/03/2025	15/04/2025	28	99.84%
PROMEDIO kg/cm2					210.66			PROMEDIO %		100.31%

OBSERVACIONES:

1. LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103287

B. N° 006-00314573



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TESIS EFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE MADERA EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRAULICO EN LA CIUDAD DE PUNO

SOLICITANTE BACH. EDWARD IVAN FRANCO PEREZ

MUESTRA CON 15% DE CENIZA DE MADERA

LUGAR DISTRITO DE PUNO

FECHA 15 DE ABRIL DEL 2025

EDAD : 7 DIAS - MUESTRA CON 15% DE CENIZA DE MADERA

EDAD : 7 DIAS - MUESTRA CON 15% DE CENIZA DE MADERA										
Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	FC	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm M-1	22710	15.04	177.7	127.83	210	18/03/2025	25/03/2025	7	60.87%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm M-2	23160	15.01	177	130.88	210	18/03/2025	25/03/2025	7	62.33%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm M-3	22400	15.05	177.89	125.92	210	18/03/2025	25/03/2025	7	59.98%
PROMEDIO kg/cm2					128.21		PROMEDIO		%	61.05%

EDAD : 14 DIAS - MUESTRA CON 15% DE CENIZA DE MADERA

EDAD : 14 DIAS - MUESTRA CON 15% DE CENIZA DE MADERA										
Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	FC	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm	30140	15.04	177.7	169.65	210	18/03/2025	01/04/2025	14	80.79%
	M-1									
2	PROBETA DE PRUEBA 15.06 x 30.0 cm	29670	15.06	178.1	166.56	210	18/03/2025	01/04/2025	14	79.32%
	M-2									
3	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm	31220	15.03	177.4	175.97	210	18/03/2025	01/04/2025	14	83.79%
	M-3									
			PROMEDIO kg/cm2		170.73		PROMEDIO		%	
									81.30%	

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA CON 15% DE CENIZA DE MADERA

EDAD : 28 DIAS - MUSTIRA CON 15% DE CENIZA DE MADERA										
Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	FC	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm M-1	35700	15.03	177.4	201.22	210	18/03/2025	15/04/2025	28	96.02%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm M-2	35290	15.03	177.4	198.91	210	18/03/2025	15/04/2025	28	94.72%
3	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm M-3	36080	15.05	177.9	202.82	210	18/03/2025	15/04/2025	28	96.58%
PROMEDIO kg/cm2					200.98	PROMEDIO %				95.71%

OBSERVACIONES:

LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁZQUEZ"
FICP / CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257

B. N° 006-00314573



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

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TESIS - EFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE MADERA EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO MECÁNICO DEL CONCRETO
HIDRAULICO EN LA CIUDAD DE PUNO

SOLICITANTE - Bach. EDWARD IVAN FRANCO PEREZ

MUESTRA - CON 20% DE CENIZA DE MADERA

LUGAR - DISTRITO DE PUNO

FECHA - 15 DE ABRIL DEL 2025

EDAD : 7 DIAS - MUESTRA CON 20% DE CENIZA DE MADERA

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm	20770	15.04	177.7	116.91	210	18/03/2025	25/03/2025	7	55.97%
2	PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm	20830	15.01	177	117.72	210	18/03/2025	25/03/2025	7	56.00%
	M-2									
3	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm	20440	15.05	177.89	114.90	210	18/03/2025	25/03/2025	7	54.72%
	M-3									
PROMEDIO kg/cm ²					116.51				PROMEDIO %	55.48%

EDAD : 14 DIAS - MUESTRA CON 20% DE CENIZA DE MADERA

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm	28140	15.04	177.7	158.39	210	18/03/2025	01/04/2025	14	75.42%
	M-1									
2	PROBETA DE PRUEBA 15.06 x 30.0 cm	28130	15.06	178.1	157.92	210	18/03/2025	01/04/2025	14	75.20%
	M-2									
3	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm	27350	15.03	177.4	154.15	210	18/03/2025	01/04/2025	14	72.41%
	M-3									
PROMEDIO kg/cm ²					156.82				PROMEDIO %	74.30%

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA CON 20% DE CENIZA DE MADERA

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm	33320	15.03	177.4	187.80	210	18/03/2025	15/04/2025	28	89.43%
	M-1									
2	PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm	31800	15.03	177.4	179.24	210	18/03/2025	15/04/2025	28	86.36%
	M-2									
3	PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm	32670	15.05	177.9	183.65	210	18/03/2025	15/04/2025	28	87.49%
	M-3									
PROMEDIO kg/cm ²					183.56				PROMEDIO %	87.41%

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
Dr. Arnoldo Yona Torres
CIP 103257

B. N° 006-00314573



RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

NORMA ASTM C - 78

TESIS EFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE MADERA EN EL COMPORTAMIENTO FÍSICO MECÁNICO DEL CONCRETO

HIDRÁULICO EN LA CIUDAD DE PUNO

SOLICITANTE: Bach. EDWARD IVAN FRANCO PÉREZ

MUESTRA: PATRÓN - CON 10%, 15%, 20% DE CENIZA DE MADERA

LUGAR: DISTRITO DE PUNO

FECHA: 15 DE ABRIL DEL 2025

EDAD: 28 DÍAS - MUESTRA PATRÓN

N°	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	LUZ LIBRE			LECTURA DEL DIAL (kg)	RESISTENCIA A FLEXIÓN (Mr) kg/cm ²
					cm	b (cm)	h (cm)		
1	VIGA M-1	18/03/2025	15/04/2025	28	30.00	15.03	15.05	3650.00	32.52
2	VIGA M-2	18/03/2025	15/04/2025	28	30.00	15.02	15.04	3710.00	32.78
3	VIGA M-3	18/03/2025	15/04/2025	28	30.00	15.01	15.03	3650.00	32.29
PROMEDIO								kg/cm ²	32.52

EDAD: 28 DÍAS - MUESTRA CON 10% DE CENIZA DE MADERA

N°	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	LUZ LIBRE			LECTURA DEL DIAL (kg)	RESISTENCIA A FLEXIÓN (Mr) kg/cm ²
					cm	b (cm)	h (cm)		
1	VIGA M-1	18/03/2025	15/04/2025	28	30.00	15.02	15.05	3500.00	31.66
2	VIGA M-2	18/03/2025	15/04/2025	28	30.00	15.05	15.02	3700.00	32.69
3	VIGA M-3	18/03/2025	15/04/2025	28	30.00	15.00	15.04	3650.00	32.36
PROMEDIO								kg/cm ²	32.24

EDAD: 28 DÍAS - MUESTRA CON 15% DE CENIZA DE MADERA

N°	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	LUZ LIBRE			LECTURA DEL DIAL (kg)	RESISTENCIA A FLEXIÓN (Mr) kg/cm ²
					cm	b (cm)	h (cm)		
1	VIGA M-1	18/03/2025	15/04/2025	28	30.00	15.03	15.07	3470.00	30.50
2	VIGA M-2	18/03/2025	15/04/2025	28	30.00	15.05	15.06	3330.00	29.27
3	VIGA M-3	18/03/2025	15/04/2025	28	30.00	15.04	15.03	3400.00	30.02
PROMEDIO								kg/cm ²	29.93

EDAD: 28 DÍAS - MUESTRA CON 20% DE CENIZA DE MADERA

N°	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	LUZ LIBRE			LECTURA DEL DIAL (kg)	RESISTENCIA A FLEXIÓN (Mr) kg/cm ²
					cm	b (cm)	h (cm)		
1	VIGA M-1	18/03/2025	15/04/2025	28	30.00	15.03	15.05	3050.00	26.86
2	VIGA M-2	18/03/2025	15/04/2025	28	30.00	15.05	15.03	3130.00	27.62
3	VIGA M-3	18/03/2025	15/04/2025	28	30.00	15.06	15.04	2990.00	26.33
PROMEDIO								kg/cm ²	26.94

OBSERVACIONES:

LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



Dr. Arnoldo Yana Torres
CIP 103257



ANEXO 1 FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 20-03-2026

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: EDWARD YVAN FRANCO PEREZ

Dirección: Av. TITICACA N° 227 - PUNO

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 43918779

Teléfono: 951300190 email: eduardo228317@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

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

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

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

Asesor: Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación ☐ Tesis ☒ Trabajo de Suficiencia Profesional ☐ Trabajo Académico ☐

Título: EFFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZAS DE MADERA EN EL COMPORTAMIENTO
FÍSICO MECÁNICO DEL CONCRETO HIDRAÚLICO EN LA CIUDAD DE PUNO

Palabras claves, (3 a 5 términos): CENIZAS DE MADERA, CONCRETO HIDRAÚLICO, RESISTENCIA A COMPRESION
Y FLEXIÓN

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

2

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

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



2. Referencia de tesis:

☐ Bachiller ☒ Título ☐ 2da Especialidad ☐ Maestría ☐ Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

- ☐ Sí autorizo
- ☒ No autorizo

Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

☒ Internacional

☐ Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17

Firma de Autor



huella digital

20 - 03 - 2026

Fecha