



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



**INFLUENCIA DE LA CENIZA DE TRONCO DE EUCALIPTO  
EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LA RESISTENCIA  
MECÁNICA DEL CONCRETO ELABORADO EN LA  
CIUDAD DE JULIACA 2025**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. RUBEN CONDORI CONDORI**

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

**JULIACA – PERÚ  
2025**



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**INFLUENCIA DE LA CENIZA DE TRONCO DE EUCALIPTO  
EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LA RESISTENCIA  
MECÁNICA DEL CONCRETO ELABORADO EN LA  
CIUDAD DE JULIACA 2025**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. RUBEN CONDORI CONDORI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**APROBADA POR EL JURADO REVISOR:**

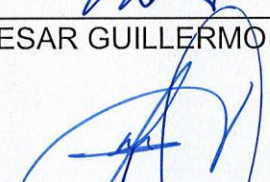
**PRESIDENTE**

:

  
Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR

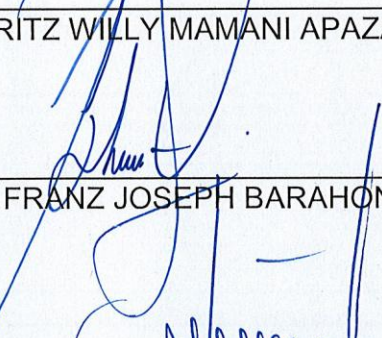
**PRIMER MIEMBRO**

:

  
Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

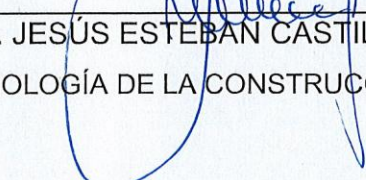
**SEGUNDO MIEMBRO**

:

  
Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

**ASESOR DE TESIS**

:

  
M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17**



# NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

## RESOLUCIÓN DECANAL N° 1647-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 02 de diciembre del 2025

**VISTO:** El expediente N° 2025 - CU - 12571 presentado por el (la) Bachiller: **RUBEN CONDORI CONDORI** 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. **RUBEN CONDORI CONDORI**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **INFLUENCIA DE LA CENIZA DE TRONCO DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO ELABORADO EN LA CIUDAD DE JULIACA 2025**, 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 merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

### RESUELVE:

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

- \* **Presidente** : Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
- \* **1er Miembro** : Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
- \* **2do Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

**ARTICULO SEGUNDO.** - **RECONOCER** como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

**ARTICULO TERCERO.** - **APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **RUBEN CONDORI CONDORI**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **INFLUENCIA DE LA CENIZA DE TRONCO DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO ELABORADO EN LA CIUDAD DE JULIACA 2025** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**. de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : jueves 11 de diciembre del 2025
- \* **HORA** : 08:00 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.

cc.  
Archivo  
interesado (a)

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

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

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

DIRECTOR

Dr. Cesar G. Camargo Najjar  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1075-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 15 de septiembre del 2025

**VISTO:** El expediente N° 2025-CU - 7797 por el señor (a): **RUBEN CONDORI CONDORI** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 835 - 2025-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 099 - 2025 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): **RUBEN CONDORI CONDORI**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **INFLUENCIA DE LA CENIZA DE TRONCO DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO ELABORADO EN LA CIUDAD DE JULIACA 2025**, 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° 099 - 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **INFLUENCIA DE LA CENIZA DE TRONCO DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO ELABORADO EN LA CIUDAD DE JULIACA 2025**, 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): **RUBEN CONDORI CONDORI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **INFLUENCIA DE LA CENIZA DE TRONCO DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO ELABORADO EN LA CIUDAD DE JULIACA 2025** 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), M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

**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 C.S. PURASDr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA  
DECANO (e)  
C.I.P. 32730UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. Fritz Willy Mamani Apaza  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.  
Archivo  
interesado (a)

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 759-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 24 de julio del 2025

**VISTO:** El expediente N° 2025-CU- 5744, presentado por el señor (a) **RUBEN CONDORI CONDORI** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el PROVEIDO - N° 590-2025-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 066-2025 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): **RUBEN CONDORI CONDORI** ha presentado su propuesta de investigación Titulada: **INFLUENCIA DE LA CENIZA DE TRONCO DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO ELABORADO EN LA CIUDAD DE JULIACA 2025**, 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° 066-2025- aprobando la propuesta de investigación titulada: **INFLUENCIA DE LA CENIZA DE TRONCO DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO ELABORADO EN LA CIUDAD DE JULIACA 2025**.

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): **RUBEN CONDORI CONDORI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulada: **INFLUENCIA DE LA CENIZA DE TRONCO DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO ELABORADO EN LA CIUDAD DE JULIACA 2025** 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 **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

**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 Cs. PURASDr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA  
DECANO (e)  
CIP. 32730UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS  
Dr. Fritz Wally Mamoni Apaza  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.  
Archivo 2025  
Interesado (a)



**RUBEN CONDORI CONDORI**

# INFLUENCIA DE LA CENIZA DE TRONCO DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LA RESISTENCIA MECÁN...

 Trabajos de tesis para ingreso a repositorio

## Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::13016:594477587

Fecha de entrega

25 may 2026, 9:47 GMT-5

Fecha de descarga

25 may 2026, 11:35 GMT-5

Nombre del archivo

T036\_70081658\_T.docx

Tamaño del archivo

49.2 MB

123 páginas

16.862 palabras

89.971 caracteres



# TESIS UANCV

## 18% 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

- 14%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 15%  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.

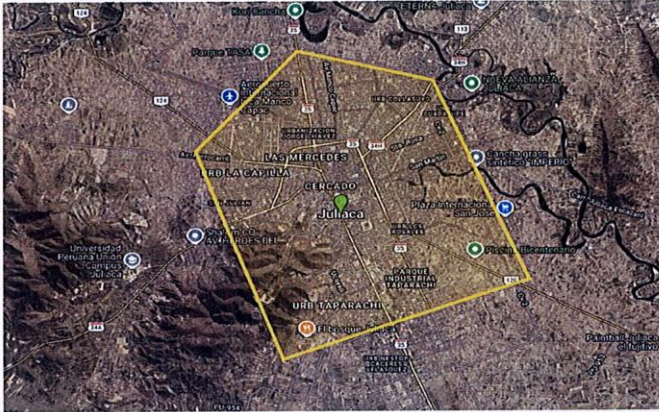
Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



## Metadatos Complementarios UANCV

| Título de la tesis                                                                                                                                                  |                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| INFLUENCIA DE LA CENIZA DE TRONCO DE EUCALIPTO EN<br>PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LA RESISTENCIA<br>MECÁNICA DEL CONCRETO ELABORADO EN LA<br>CIUDAD DE JULIACA 2025 |                                                                                           |
| Datos de autor                                                                                                                                                      |                                                                                           |
| Nombres y apellidos                                                                                                                                                 | RUBEN CONDORI CONDORI                                                                     |
| Tipo de documento de identidad                                                                                                                                      | DNI                                                                                       |
| Número de documento de identidad                                                                                                                                    | 70081658                                                                                  |
| URL de ORCID                                                                                                                                                        | <a href="https://orcid.org/0009-0000-0531-8876">https://orcid.org/0009-0000-0531-8876</a> |
| Datos de asesor                                                                                                                                                     |                                                                                           |
| Nombres y apellidos                                                                                                                                                 | JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA                                                            |
| Tipo de documento de identidad                                                                                                                                      | DNI                                                                                       |
| Número de documento de identidad                                                                                                                                    | 01323821                                                                                  |
| URL de ORCID                                                                                                                                                        | <a href="https://orcid.org/0000-0003-4595-7589">https://orcid.org/0000-0003-4595-7589</a> |
| Datos del jurado                                                                                                                                                    |                                                                                           |
| Presidente del jurado                                                                                                                                               |                                                                                           |
| Nombres y apellidos                                                                                                                                                 | CESAR GUILLERMO CAMARGO NÁJAR                                                             |
| Tipo de documento                                                                                                                                                   | DNI                                                                                       |
| Número de documento de identidad                                                                                                                                    | 02441152                                                                                  |
| Miembro del jurado 1                                                                                                                                                |                                                                                           |
| Nombres y apellidos                                                                                                                                                 | FRITZ WILLY MAMANI APAZA                                                                  |
| Tipo de documento                                                                                                                                                   | DNI                                                                                       |
| Número de documento de identidad                                                                                                                                    | 02306659                                                                                  |
| Miembro del jurado 2                                                                                                                                                |                                                                                           |
| Nombres y apellidos                                                                                                                                                 | FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES                                                             |
| Tipo de documento                                                                                                                                                   | DNI                                                                                       |



|                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Número de documento de identidad                                                                                                                                                               | 02442876                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Datos de investigación</b>                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Línea de investigación                                                                                                                                                                         | Tecnología de la Construcción - P17                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Grupo de investigación                                                                                                                                                                         | No aplica.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Agencia de financiamiento                                                                                                                                                                      | Sin financiamiento                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Ubicación geográfica de la investigación                                                                                                                                                       | <p>País: Perú<br/>Departamento: Puno<br/>Provincia: San Román<br/>Distrito: Juliaca</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Latitud: S 15° 29' 27''</li><li>- Longitud: O 70° 07' 37''</li></ul>  <p><a href="https://www.google.com/maps/d/edit?mid=14YhWThE9KqDXQEIXR4JAGl0z0oomKRk&amp;usp=sharing">https://www.google.com/maps/d/edit?mid=14YhWThE9KqDXQEIXR4JAGl0z0oomKRk&amp;usp=sharing</a></p> |
| Año o rango de años en que se realizó la investigación                                                                                                                                         | Julio 2025 – Diciembre 2025                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| URL de disciplinas OCDE<br><a href="https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html">https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html</a><br>- Librería | <p>Ingeniería Civil<br/><a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</a></p> <p>Ingeniería de la construcción<br/><a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</a></p>                                                                                                                                                                                                                  |



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



## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo RUBEN CONDORI CONDORI, identificado con DNI

Nro. 70081658, en mi condición de egresado de:

☒ **Escuela Profesional**

☐ **Programa de Segunda Especialidad,**

☐ **Programa de Maestría o Doctorado**

INGENIERÍA CIVIL

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

INFLUENCIA DE LA CENIZA DE TRONCO DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE

LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO ELABORADO EN LA CIUDAD DE JULIACA 2025

Asesorado por: M.Sc JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Es un tema original.

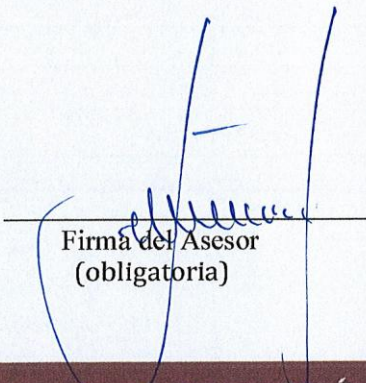
Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, 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 17 de Abril del 2026

  
Firma del Asesor  
(obligatoria)

  
Firma del Estudiante  
(obligatoria)



Huella



## AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento y cariño para mis padres, Manuela y Eufrocio; mi pareja, Yaneth; mi hijo Liam Gadiel, mi mayor bendición y fuente de motivación; y todos los familiares que han estado a mi lado en las buenas y en las malas, sin abandonarme nunca y sin dejar de animarme. Gracias por formar parte de este increíble viaje conmigo.



### DEDICATORIA

Mi familia y Dios son mis prioridades. Doy gracias a Dios, ya que es mi compañero constante y me brinda orientación, protección y fortaleza a lo largo de mi vida. Estoy agradecido a mi familia, que siempre se ha preocupado por mi bienestar y me ha apoyado en mis estudios.

Por último, me gustaría expresar mi gratitud al profesorado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por todo el tiempo y el esfuerzo que han dedicado a ayudarme a tener éxito en mis estudios. Esta prestigiosa institución nos acogió a mí y a muchos otros estudiantes merecedores como yo, y le estaré eternamente agradecido por la oportunidad que nos brindó de convertirnos en personas fuertes y expertos competentes en nuestros campos.



## CONTENIDO GENERAL

|                                             |      |
|---------------------------------------------|------|
| AGRADECIMIENTOS .....                       | i    |
| DEDICATORIA.....                            | ii   |
| CONTENIDO GENERAL .....                     | iii  |
| CONTENIDO DE TABLAS.....                    | vi   |
| CONTENIDO DE FIGURAS .....                  | viii |
| RESUMEN .....                               | x    |
| ABSTRACT .....                              | xi   |
| INTRODUCCIÓN .....                          | xii  |
| CAPÍTULO I .....                            | 15   |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....            | 15   |
| 1.1.Exposición del problema de estudio..... | 15   |
| 1.2.Planteamiento del problema.....         | 17   |
| 1.2.1. Problema general .....               | 17   |
| 1.2.2. Problemas específicos.....           | 17   |
| 1.3.Justificación de la investigación ..... | 17   |
| 1.3.1. Justificación técnica.....           | 17   |
| 1.3.2. Justificación social .....           | 18   |
| 1.3.3. Justificación ambiental.....         | 18   |
| 1.3.4. Justificación económica.....         | 19   |
| 1.4.Objetivo general .....                  | 19   |
| 1.4.1. Objetivos específicos.....           | 19   |
| 1.5.Hipótesis de la investigación .....     | 20   |
| 1.5.1. Hipótesis general .....              | 20   |
| 1.5.2. Hipótesis específicas .....          | 20   |
| 1.6.Variables de la investigación .....     | 20   |
| CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO REFERENCIAL ..... | 22   |
| 2.1.Antecedentes de la investigación .....  | 22   |
| 2.1.1. A nivel internacional.....           | 22   |
| 2.1.2. A nivel nacional.....                | 24   |
| 2.1.3. A nivel local.....                   | 26   |
| 2.2.Marco teórico .....                     | 28   |



|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.1. Concreto .....                                      | 28 |
| 2.2.2. Componentes del concreto.....                       | 29 |
| 2.2.2.1. Cemento .....                                     | 30 |
| 2.2.2.2. Agregados .....                                   | 34 |
| 2.2.2.3. Agua .....                                        | 40 |
| 2.2.2.4. Aditivos .....                                    | 41 |
| 2.2.3. Propiedades del concreto .....                      | 43 |
| 2.2.3.1. Propiedades del Concreto fresco.....              | 43 |
| 2.2.3.2. Propiedades del concreto endurecido .....         | 49 |
| 2.2.4. Eucalipto .....                                     | 50 |
| 2.3. Marco conceptual .....                                | 56 |
| 1. Concreto: .....                                         | 56 |
| 2. Mezclado del concreto: .....                            | 56 |
| 3. Relación agua cemento: .....                            | 56 |
| 4. Curado del concreto: .....                              | 57 |
| 5. Proceso de endurecimiento: .....                        | 57 |
| 6. Edad del concreto: .....                                | 58 |
| 7. Resistencia a la compresión .....                       | 58 |
| 8. Durabilidad del concreto: .....                         | 58 |
| CAPÍTULO III .....                                         | 60 |
| MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....                      | 60 |
| 3.1. Enfoque de investigación .....                        | 60 |
| 3.2. Tipo de investigación .....                           | 61 |
| 3.3. Nivel de investigación .....                          | 61 |
| 3.4. Diseño de la investigación .....                      | 61 |
| 3.5. Población y muestra .....                             | 62 |
| 3.5.1. Población .....                                     | 62 |
| 3.5.2. Muestra .....                                       | 63 |
| 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos ..... | 64 |
| 3.7. Procedimientos .....                                  | 66 |
| 3.8. Métodos de análisis de datos .....                    | 66 |
| 3.9. Aspectos éticos.....                                  | 67 |
| CAPÍTULO IV .....                                          | 68 |



|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....                                       | 68 |
| 4.1 Resultados.....                                                           | 68 |
| 3.9.1. Caracterización de agregados.....                                      | 68 |
| 3.9.2. Diseño de mezclas .....                                                | 70 |
| 3.9.3. Resultado del ensayo de resistencia a la compresión del concreto<br>71 |    |
| 3.9.4. Resumen de las resistencias obtenidas.....                             | 75 |
| CONCLUSIONES .....                                                            | 83 |
| RECOMENDACIONES.....                                                          | 84 |
| BIBLIOGRAFÍA .....                                                            | 85 |
| ANEXOS .....                                                                  | 90 |



## CONTENIDO DE TABLAS

|                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1</b> Operacionalización de variables .....                                                                  | 21 |
| <b>Tabla 2</b> Granulometría del agregado fino.....                                                                   | 37 |
| <b>Tabla 3</b> Tamices normalizados para el agregado grueso .....                                                     | 39 |
| <b>Tabla 4</b> Agua de lluvia y agua potable para concreto .....                                                      | 41 |
| <b>Tabla 5</b> Tipos de aditivos.....                                                                                 | 42 |
| <b>Tabla 6</b> Tipos de asentamiento .....                                                                            | 45 |
| <b>Tabla 7</b> Cantidades de briquetas a realizar .....                                                               | 63 |
| <b>Tabla 8</b> Resultados del análisis de los áridos de la cantera de Isla .....                                      | 68 |
| <b>Tabla 9</b> Diseño de mezcla del concreto patrón .....                                                             | 70 |
| <b>Tabla 10</b> Resultados del ensayo de compresión con un tiempo de curado de 7 días: muestra de control .....       | 71 |
| <b>Tabla 11</b> Determinación de la resistencia a la compresión del concreto con un 4 % de ceniza de eucalipto .....  | 72 |
| <b>Tabla 12</b> Determinación de la resistencia a la compresión del concreto con un 8 % de ceniza de eucalipto .....  | 72 |
| <b>Tabla 13</b> Determinación de la resistencia a la compresión del concreto con un 12 % de ceniza de eucalipto ..... | 73 |
| <b>Tabla 14</b> Determinación de la resistencia a la compresión del concreto con un 16 % de ceniza de eucalipto ..... | 74 |
| <b>Tabla 15</b> Resumen de las resistencias obtenidas de la muestra de control.....                                   | 75 |
| <b>Tabla 16</b> Resumen de las resistencias obtenidas del concreto patrón +4% de ceniza de eucalipto .....            | 76 |



|                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 17</b> Resumen de las resistencias obtenidas del concreto patrón +8% de ceniza de eucalipto .....  | 78 |
| <b>Tabla 18</b> Resumen de las resistencias obtenidas del concreto patrón +12% de ceniza de eucalipto ..... | 79 |
| <b>Tabla 19</b> Resumen de las resistencias obtenidas del concreto patrón +16% de ceniza de eucalipto ..... | 81 |



## CONTENIDO DE FIGURAS

|                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1</b> Concreto convencional ligero .....                                                                                 | 29 |
| <b>Figura 2</b> Componentes del concreto convencional.....                                                                         | 30 |
| <b>Figura 3</b> Presentación de tipos de cementos .....                                                                            | 33 |
| <b>Figura 4</b> Agregados en la cantera de exploración .....                                                                       | 34 |
| <b>Figura 5</b> Diferentes tamaños del agregado grueso .....                                                                       | 40 |
| <b>Figura 6</b> Aditivos para el concreto .....                                                                                    | 42 |
| <b>Figura 7</b> Proceso de Medición de Trabajabilidad del concreto.....                                                            | 44 |
| <b>Figura 8</b> Temperatura del concreto.....                                                                                      | 46 |
| <b>Figura 9</b> Secciones transversales de muestras de hormigón que muestran<br>distintos mecanismos de incorporación de aire..... | 48 |
| <b>Figura 10</b> Ensayo de la resistencia a la compresión del hormigón mediante la<br>aplicación de fuerzas .....                  | 50 |
| <b>Figura 11</b> Árboles de eucalipto .....                                                                                        | 51 |
| <b>Figura 12</b> Carbón de eucalipto.....                                                                                          | 53 |
| <b>Figura 13</b> Ceniza de tronco de eucalipto .....                                                                               | 55 |
| <b>Figura 14</b> Gráfica de los materiales para el concreto.....                                                                   | 70 |
| <b>Figura 15</b> Gráfica de dispersión de la resistencia del concreto patrón .....                                                 | 75 |
| <b>Figura 16</b> Relación de variación de la muestra de control .....                                                              | 76 |
| <b>Figura 17</b> Gráfica de dispersión de la resistencia del concreto patrón + 4% de<br>ceniza de eucalipto .....                  | 77 |
| <b>Figura 18</b> Relación de variación de concreto patrón + 4% de ceniza de<br>eucalipto.....                                      | 77 |



|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 19</b> Grafica de dispersión de la resistencia del concreto patrón + 8% de ceniza de eucalipto .....  | 78 |
| <b>Figura 20</b> Relación de variación de concreto patrón + 8% de ceniza de eucalipto .....                     | 79 |
| <b>Figura 21</b> Grafica de dispersión de la resistencia del concreto patrón + 12% de ceniza de eucalipto ..... | 80 |
| <b>Figura 22</b> Relación de variación de concreto patrón + 12% de ceniza de eucalipto .....                    | 80 |
| <b>Figura 23</b> Grafica de dispersión de la resistencia del concreto patrón + 16% de ceniza de eucalipto ..... | 81 |
| <b>Figura 24</b> Relación de variación de concreto patrón + 16% de ceniza de eucalipto .....                    | 82 |



## RESUMEN

Esta investigación evaluó la influencia de la adición de ceniza de tronco de eucalipto en la resistencia mecánica del concreto en la ciudad de Juliaca, buscando una alternativa sostenible para la construcción. El objetivo general fue analizar cómo las proporciones variables de este residuo afectan el desempeño del material. La metodología empleada fue de tipo aplicada con un diseño cuasi-experimental. Se elaboraron especímenes de concreto con una resistencia de diseño de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , utilizando un grupo de control (0%) y cuatro grupos experimentales con sustituciones parciales de cemento por ceniza en porcentajes de 4%, 8%, 12% y 16%. Las sondas fueron algunas pruebas de compresión a los 7, 14 y 28 días de curado bajo estándares técnicos. Los resultados revelaron que la muestra patrón alcanzó una resistencia de  $228.32 \text{ kg/cm}^2$ . Con la adición del 4%, el concreto logró  $217.72 \text{ kg/cm}^2$ , cumpliendo aún con el diseño estructural. Sin embargo, a mayores porcentajes se observará una degradación progresiva: el 8% alcanzado  $198.69 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que el 16% cayó hasta los  $167.10 \text{ kg/cm}^2$ , evidenciando una relación inversa entre la cantidad de ceniza y la capacidad de carga. Se concluye que la adición de ceniza de eucalipto influye significativamente en la resistencia, siendo el 4% el porcentaje óptimo de sustitución para mantener la integridad estructural. Dosificaciones superiores al 8% no son recomendables para finos de carga, aunque podrían emplearse en elementos secundarios, contribuyendo así a la reducción del uso de Clinker y al aprovechamiento de residuos orgánicos.

Palabras claves: Ceniza de tronco de eucalipto, resistencia a la compresión, porcentajes, muestra.



## ABSTRACT

This study evaluated the effect of adding eucalyptus trunk ash on the mechanical strength of concrete in the city of Juliaca, with the aim of identifying a sustainable alternative for construction. The overall objective was to analyze how varying proportions of this waste material affect the performance of the concrete. The methodology employed was applied research using a quasi-experimental design. Concrete specimens were prepared with a design strength of  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , using a control group (0%) and four experimental groups with partial substitutions of cement with ash at percentages of 4%, 8%, 12%, and 16%. The tests consisted of compression tests at 7, 14, and 28 days of curing under technical standards. The results revealed that the standard sample achieved a strength of  $228.32 \text{ kg/cm}^2$ . With the addition of 4%, the concrete achieved  $217.72 \text{ kg/cm}^2$ , still meeting the structural design requirements. However, at higher percentages, a progressive degradation was observed: the 8% mixture reached  $198.69 \text{ kg/cm}^2$ , while the 16% mixture dropped to  $167.10 \text{ kg/cm}^2$ , demonstrating an inverse relationship between the amount of ash and load-bearing capacity. It is concluded that the addition of eucalyptus ash significantly influences strength, with 4% being the optimal replacement percentage to maintain structural integrity. Dosages exceeding 8% are not recommended for load-bearing elements, although they could be used in secondary elements, thereby contributing to the reduction of clinker use and the utilization of organic waste.

Keywords: Eucalyptus trunk ash, compressive strength, percentages, sample.



## INTRODUCCIÓN

El cemento Portland es un componente esencial de muchos materiales de construcción, entre ellos los utilizados para carreteras, puentes y viviendas. Los materiales cementosos que aumentan la resistencia mecánica y la resistencia al ataque de los ácidos, así como aquellos que mejoran la conductividad eléctrica y el blindaje contra la radiación ionizante y electromagnética, son actualmente objeto de una intensa investigación. También se ha sugerido emplear algunos de estos residuos para crear cementos con cualidades únicas, reutilizar los residuos industriales y reducir el coste de la fabricación de cemento (Mafla B., 2009). Dichos residuos tienen propiedades puzolánicas.

El objetivo fundamental de esta investigación es proporcionar a los diseñadores de hormigón el mejor conjunto de criterios para fabricar hormigón duradero y rentable utilizando cenizas de tronco de eucalipto en proyectos de construcción.

Con el aumento de las emisiones contaminantes, la elevada tasa y nivel de contaminación son hoy en día una preocupación a escala mundial. La industria de la construcción no es ajena a esta problemática, ya que emplea cemento como principal materia prima para elaborar morteros y hormigones, lo cual daña al medio ambiente y se produce en grandes cantidades alrededor del mundo. También, la evolución tecnológica y la adaptabilidad.

El objetivo de este estudio titulado "Influencia de la ceniza de tronco de eucalipto en proporciones variables sobre la resistencia mecánica del concreto producido en la ciudad de Juliaca" es examinar el impacto que tiene la



incorporación de ceniza del tronco de un eucalipto en la resistencia mecánica del concreto. El estudio tiene como objetivo encontrar una alternativa novedosa para sustituir parte del concreto con varias concentraciones de ceniza procedente de troncos de eucalipto. El presente análisis es viable para la industria de la construcción, ya que se plantea el requerimiento de utilizar en el concreto la composición puzolánica de las cenizas de leña. La lectura de investigaciones y documentos científicos anteriores muestra que la falta de incorporación de ceniza de tronco de eucalipto en el concreto podría dar lugar a una controversia acerca de si las propiedades mecánicas del concreto se incrementan o disminuyen en cuanto a su resistencia a la compresión.

Este estudio, que tiene la perspectiva de tesis, está compuesto por cuatro capítulos:

En el primer capítulo, se describen y presentan los objetivos, la justificación, la hipótesis y las variables del estudio, así como la problemática específica.

En el capítulo II, se presenta el marco teórico, que incluye los antecedentes, el marco teórico y el conceptual; todos ellos se citan a partir de autores, libros e investigaciones.

Capítulo III: Esta sección de la investigación describe el método utilizado en este estudio, que es responsable del diseño, los niveles y el tipo de investigación. Asimismo, se presenta la población objetivo, la muestra analizada, así como las técnicas e instrumentos empleados en esta investigación para lograr los objetivos y procedimientos establecidos.



Capítulo IV: Este capítulo tiene como objetivo presentar, examinar y debatir los resultados obtenidos durante la investigación; estos reflejan los logros alcanzados en relación con la formulación de objetivos. Estos se basan en las pruebas efectuadas en laboratorio. Además, se muestran las conclusiones y sugerencias.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Exposición del problema de estudio

En 2014 se fabricaron alrededor de 3.500 millones de toneladas de cemento en todo el mundo. El sector cementero generó unas emisiones de entre 0,82 y 1 tonelada de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) por tonelada. Esto significa que se liberaron a la atmósfera entre 2.800 y 3.500 millones de toneladas de  $\text{CO}_2$ , lo que representa entre el 5 % y el 8 % de todas las emisiones provocadas por el ser humano. Además, la producción de cemento requiere una cantidad de energía inusualmente elevada debido a los largos periodos a altas temperaturas ( $1\,450\,^{\circ}\text{C}$ ) (UNAL, 2015, párr. 1).

En 2018 se produjeron en todo el mundo un total de 4 234,27 millones de toneladas de cemento (ASOCEM, 2019). Perú no es una excepción; en abril de 2019, la producción nacional de cemento fue de 852 000 toneladas, descendió a 11 000 toneladas en 2020 debido a la pandemia y alcanzó las 985 000 toneladas en abril de 2021, según los registros de datos de ASOCEM (2021).



Esto se refleja en las materias primas utilizadas y en la energía necesaria para su procesamiento, lo que tendría diferentes efectos sobre el medio ambiente.

Dado que las cenizas de biomasa incinerada, concretamente las cenizas de fondo o las cenizas volantes, son adecuadas para la producción de pequeñas cantidades de mortero, es necesario sustituir el cemento por este subproducto de la industria de la construcción, que consume recursos y materiales y ofrece una oportunidad prometedora para la valorización de residuos (CEDEX, 2014).

El objetivo principal de esta investigación es averiguar si las cenizas de madera de eucalipto pueden sustituir parcialmente al cemento, ya que ello significaría utilizar menos cemento en general en comparación con los métodos tradicionales. Como consecuencia, habría una menor necesidad de utilizar clinker. Además, se alcanzará el porcentaje ideal de cenizas de troncos de eucalipto estableciendo proporciones precisas.

Se puede utilizar esto en lugar de cemento para fabricar mortero y hormigón.

El objetivo principal del estudio es examinar un nuevo enfoque para el diseño del hormigón que sustituya parcialmente el cemento Portland (IP) por ceniza de madera. Esto se debe a que en Perú se acumula ceniza a nivel nacional y regional como consecuencia de la gran dependencia del país de la leña. En este sentido, este estudio proporciona un medio práctico para aprovechar este recurso, que se deriva del producto de desecho de la quema de troncos de eucalipto y que, por lo tanto, es un ingrediente ventajoso en las

mezclas de hormigón. Una posible solución en este caso es utilizar cenizas de troncos de eucalipto en lugar del cemento Portland IP.

## **1.2. Planteamiento del problema**

### **1.2.1. Problema general**

- ¿Cuál es la influencia de la adición de ceniza de tronco de eucalipto en la resistencia mecánica del concreto elaborado en la ciudad de Juliaca?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cuál es la influencia de la adición de ceniza de tronco de eucalipto en la resistencia a la compresión del concreto elaborado en la ciudad de Juliaca?
- ¿Cuál es el porcentaje óptimo de ceniza de tronco de eucalipto adicionado al concreto de concreto 210 kg/cm<sup>2</sup>?
- ¿Cuál es la resistencia a la compresión de un concreto convencional y concreto adicionado con ceniza de tronco de eucalipto?

## **1.3. Justificación de la investigación**

### **1.3.1. Justificación técnica**

Esta investigación tiene como objetivo estudiar el potencial de la ceniza de madera de eucalipto como sustituto parcial del cemento. Se reduciría la necesidad de clinker, ya que se necesitaría menos cemento en comparación con los procesos tradicionales. Del mismo modo, la investigación pretende

determinar la proporción ideal de ceniza de madera con respecto a otros ingredientes para fabricar mortero y hormigón utilizando este material en lugar del cemento.

Este estudio tiene como objetivo investigar la viabilidad de utilizar ceniza de troncos de eucalipto en sustitución de parte del cemento Portland en las mezclas de hormigón. Perú tiene un grave problema con la fabricación y la quema de troncos de eucalipto, lo que está provocando la acumulación de enormes cantidades de ceniza a nivel nacional y regional. Por lo tanto, nuestra investigación sugiere una forma diferente de aprovechar este recurso un producto de desecho de la quema de troncos de eucalipto. Si este método funciona, podría ser una excelente forma de preparar mezclas de hormigón que utilicen ceniza de madera de eucalipto en lugar de cemento Portland IP.

### **1.3.2. Justificación social**

Un análisis más detallado revelará que el sector de la construcción está experimentando una fuerte demanda, debida principalmente al crecimiento de la población. El uso de aditivos que mejoran las propiedades mecánicas y físicas del hormigón, permiten su reutilización y fomentan la gestión medioambiental abre la puerta a la posibilidad de construir viviendas más asequibles para personas de todos los niveles de ingresos.

### **1.3.3. Justificación ambiental**

La justificación ambiental tiene como objetivo reducir el impacto medioambiental, ya que la ceniza de tronco de eucalipto se obtiene a un costo muy bajo; este material se desecha irresponsablemente, provocando

contaminación del medio ambiente. Además, un aditivo orgánico es más barato y tiene un efecto positivo en el impacto ambiental en comparación con uno químico o artificial. A esto se suma la observancia de las normas y controles de calidad nacionales para lograr un hormigón de alta calidad que cumpla con las demandas, intereses y necesidades de la sociedad y/o del área de uso.

#### **1.3.4. Justificación económica**

El uso de ceniza de tronco de eucalipto en sustitución de parte del cemento en las mezclas de hormigón supone una ventaja económica, ya que es más barata que el cemento. Además, la fabricación de hormigón a partir de ceniza de madera podría suponer una nueva fuente de ingresos.

#### **1.4. Objetivo general**

- Analizar la influencia de la ceniza de tronco de eucalipto en proporciones variables sobre la resistencia mecánica del concreto elaborado en la Ciudad de Juliaca 2025.

##### **1.4.1. Objetivos específicos**

- Analizar y determinar la influencia de la adición de ceniza de tronco de eucalipto en la resistencia a la compresión del concreto elaborado en la ciudad de Juliaca.
- Determinar la cantidad optima de ceniza de tronco de eucalipto adicionado al diseño del concreto  $f'c=210$  kgf/cm<sup>2</sup>.

- Comparar y analizar resistencia a la compresión de un concreto convencional con el concreto adicionado con ceniza de tronco de eucalipto.

## 1.5. Hipótesis de la investigación

### 1.5.1. Hipótesis general

- La ceniza de tronco de eucalipto influye positivamente en la resistencia mecánica del concreto elaborado en la ciudad de Juliaca.

### 1.5.2. Hipótesis específicas

- La ceniza de tronco de eucalipto influye positivamente en la resistencia a la compresión del concreto elaborado en la ciudad de Juliaca.
- La ceniza de tronco de eucalipto influye positivamente en el diseño de mezcla de concreto de  $f'c=210$  kgf/cm<sup>2</sup>.
- La influencia de ceniza de tronco de eucalipto en 4%, 8%, 12% y 16% mejora la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210$  kgf/cm<sup>2</sup>, nos brinda un mejor desempeño.

## 1.6. Variables de la investigación

### Variable independiente:

- Variable: Ceniza de tronco de eucalipto.

### Indicadores:

- Porcentaje de dosificación de ceniza de tronco de eucalipto con respecto al peso del cemento

**Variable dependiente:**

- Variable: Resistencia mecánica del concreto.

**Indicadores:**

- Resistencia a la compresión.

**Tabla 1***Operacionalización de variables*

| Variable                               | Definición operacional                                                                                                                                                                                       | Dimensiones                 | Indicadores                                                                                                                                    | Escala de medición |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| (VI)<br>Cenizas de tronco de eucalipto | La cantidad de ceniza de tronco de eucalipto que se utiliza como aditivo natural para mejorar el concreto al mezclarse con él.                                                                               | Dosificación                | 4% del peso del material (gr, %)<br>8% del peso del material (gr, %)<br>12% del peso del material (gr, %)<br>16% del peso del material (gr, %) |                    |
| (VD)<br>Resistencia mecánica           | De conformidad con las normas NTP y ASTM, estos valores se determinarán mediante ensayos de laboratorio del hormigón, utilizando muestras estándar y muestras con diferentes cantidades de ceniza de madera. | Resistencia a la compresión | $F'c=210.0$ kgf/cm <sup>2</sup>                                                                                                                | Razón              |



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. *A nivel internacional*

(El trabajo de Romaldo C. y sus colaboradores en el año 2024) Según los autores del estudio, los edificios actuales deben ser robustos, fiables y duraderos; esta última característica es especialmente importante y, a menudo, determina el producto final. En este contexto, los investigadores siguen buscando formas de mejorar las propiedades del hormigón tradicional, como reducir su porosidad mediante la adición de puzolanas y la creación de nuevos adhesivos. En este artículo se examinan los efectos de las diferentes características mecánicas y cualidades sobre la resistencia a la compresión del hormigón, la absorción capilar de agua y la permeabilidad al cloruro. Se comparan combinaciones que incluyen cenizas volantes (FA) con aquellas que incluyen humo de sílice (SF) y se centra en los efectos de las primeras. Se ha determinado que la proporción y el porcentaje óptimos para la resistencia mecánica de las cenizas volantes son del 10 %. No obstante, su impacto en las



propiedades de resistencia se ve favorecido por aumentos adicionales. Las propiedades de las cenizas volantes son inferiores en todos los aspectos en comparación con el humo de sílice.

Dado que las cenizas de eucalipto aportan cualidades gelificantes al interactuar con las puzolanas del cemento, la investigación Uso de cenizas de eucalipto para sustituir parcialmente el cemento Portland en morteros (Sánchez D., 2021) analiza el uso de las cenizas de eucalipto en las propiedades de los morteros. Se prepararon muestras con diferentes cantidades de sustituto del cemento (0 %, 5 %, 10 %, 15 % y 20 % de sustitución) en lugar de cemento para observar los efectos sobre parámetros físicos y mecánicos, como la resistencia a la flexión y a la compresión. Tras 28 días, los resultados mostraron que la resistencia a la compresión (y también la resistencia a la tracción) disminuyó un 21,2 % en la concentración más baja y un 70 % en la concentración del 20 %. Podemos deducir que la concentración de hidróxido de calcio y silicato de calcio en el cemento es inversamente proporcional al porcentaje de ceniza en la mezcla. Dicho de otro modo, a medida que aumenta el contenido de ceniza, la concentración de estos dos minerales disminuye. Debido a esto, las propiedades del mortero se ven afectadas. Todas las pruebas muestran que el material de ensayo reduce la resistencia. Si bien la ceniza de madera es adecuada como agregado inerte, las pruebas de laboratorio han descartado su uso como material cementoso.

Según una investigación de Miñano y Sánchez (2022), la ceniza de madera de eucalipto se produce en los barrios más pobres de Quito, Ecuador, mediante la quema de ladrillos hechos a mano. Dado que un porcentaje



considerable de la población se ve afectada por estos residuos sólidos sin procesar, esto supone un grave problema. Los componentes naturales sostenibles, como la ceniza de madera, pueden aumentar la eficiencia del hormigón y, por lo tanto, son significativos en este contexto. Por ello, esta investigación examinó adiciones del 8 %, 12 % y 16 % en masa de cemento, utilizando probetas cilíndricas y de viga, para determinar el efecto de la ceniza de madera sobre las características mecánicas del hormigón. Y sonríe. Aparte de un aumento de temperatura de alrededor de 3 °C, los resultados de disolución y peso unitario quedaron muy por debajo de la norma industrial. Sin embargo, en comparación con la muestra de referencia, la combinación con un 8 % de cenizas de madera mostró un aumento del 9,04 % en la resistencia a la compresión (238,73 kg/cm<sup>2</sup>) y un aumento del 5,96 % en la resistencia a la flexión (45,32 kg/cm<sup>2</sup>). Tras determinar la dosis ideal, se concluye que añadir cenizas de madera al hormigón mejora considerablemente sus cualidades mecánicas.

### **2.1.2. A nivel nacional**

(Lipa L., 2023) Como problema general, en busca de mejores soluciones, propuso lo siguiente: ¿Es posible utilizar la ceniza de madera de eucalipto como sustituto del cemento en el concreto con una resistencia a la compresión  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ?, En el que se ha establecido un objetivo compartido: sustituir porciones de cemento del 2%, 4% y 6% con cenizas de madera de eucalipto. Se empleó un método científico para realizar la investigación, que es una forma de estudio; el nivel de investigación se describe como cuasi-experimental. En este estudio, los resultados generales fueron positivos. Esto se debió a que la incorporación de madera de eucalipto produjo buenos resultados en términos de



la prueba, la masa de unidades y el contenido del aire. Además, se registraron costos por M3 más bajos en comparación con los habituales. En la aplicación principal, el eucalipto puede emplearse como ceniza para sustituir el cemento en concreto en proporciones del 2%, 4% y 6%, siempre que se presenten las mejores propiedades desde la perspectiva de los cálculos. La ceniza de eucalipto debe utilizarse en el proceso de sustitución del cemento a una tasa del 6% debido a que los resultados económicos y los costos de resistencia son favorables.

(Giron Ca. Et al., 2021) El cemento es uno de los sectores industriales con la mayor emisión de CO<sub>2</sub> del planeta, según los hallazgos. Por lo tanto, es crucial que intentemos reducir la producción. Una manera restringida es sustituir una sección del cemento con un material alternativo, sin comprometer la calidad del concreto. Esta prueba incrementó las cenizas de eucalipto como material alternativo, así que se enfocó en lo que podría contener en el concreto y comprobar si esta parte podría o no. Este estudio se basa en un software que emplea un modelo con cuatro estructuras mixtas. La primera mezcla tiene una matriz de 210 kg/cm<sup>2</sup>, después el cemento es sustituido por cenizas de carbono de madera en proporciones del 10%, 12.5% y 15%. Las pruebas se llevan a cabo y los patrones cilíndricos tienen dimensiones de 15 x 30 cm. Las pruebas se llevan a cabo para determinar que la reducción del costo de cálculo está relacionada con los estados específicos en los que el nivel de cenizas es más elevado, lo cual respalda el rango de 3 a 4 pulgadas. "En caso de compresión y obstáculo en el diámetro de compresión, el comportamiento de todas las edades está diseñado con 10% de madera de eucalipto – El cemento del 90%. En lo que

respecta a la mejora de la compresión, se obtuvo un incremento del 1,4 % después de 28 días con respecto a la muestra patrón; además, en lo que concierne al ensayo a tracción, se logró una mejora del 3.27 % a los 28 días en relación con la muestra patrón.

(Sánchez D., 2021) La meta y finalidad de este estudio es proporcionar información investigativa acerca del efecto que tiene el sustituir el cemento por cenizas de madera de eucalipto en las características mecánicas y físicas del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  Anta – Cusco 2021. Se reemplazará el cemento por cemento con un contenido de cenizas del 5%, 9% y 13% en peso, respectivamente, para examinarlas a través de pruebas de resistencia a la compresión, flexión y trabajabilidad del concreto en obra. Es un análisis experimental que se caracteriza por ser metodológicamente cuasiexperimental y es una clase de investigación a nivel explicativo. Asimismo, hay una perspectiva cuantitativa. Se elaboraron 12 muestras de pilares y 12 de vigas para las pruebas, consistentes en 3 sin ceniza (estándar) y 3 por cada proporción del 5%, el 9% y el 13%, respectivamente. Se sustituyó la cantidad de cemento por ceniza de eucalipto, lo que fue analizado durante una semana. En consecuencia, los porcentajes más apropiados son el 5% y el 9%, que señalan un incremento de la resistencia a la flexión (3,92 % y 9,92 %) y a la compresión (0,66 % y 1,23 %) en comparación con la muestra. Efecto adverso en la productividad.

### **2.1.3. A nivel local**

(Couto A. et al., 2019) El objetivo de esta investigación fue examinar los efectos de las cenizas recicladas de eucalipto procedentes de granjas avícolas sobre las características mecánicas y físicas del hormigón producido en Puno en



2022 con una resistencia a la compresión de  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Este estudio de investigación aplicada cuantitativa utilizó un diseño experimental (aunque no rigurosamente experimental) y contó con 80 muestras como tamaño de la muestra. No hay probabilidad en el proceso de muestreo. Los métodos incluyen el uso de instrumentos como placas de observación de laboratorio, ensayos de caracterización y técnicas de control de calidad para hacer un seguimiento de las características físicas y químicas de las cenizas. Tras 28 días, el hormigón convencional tenía una resistencia de  $209,28 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que la resistencia a la compresión disminuyó en  $188,68 \text{ kg/cm}^2$  por cada aumento en la cantidad de cenizas volantes. Por lo tanto, tras 28 días de mezclar el hormigón con un 17,5 % de cenizas de eucalipto recicladas, la resistencia a la compresión del hormigón será inferior al valor especificado de  $188,68 \text{ kg/cm}^2$ , lo que pone en peligro su durabilidad.

Este era el objetivo de Sucasaca y Tamayo (2022). Para averiguar cómo la adición de cenizas de ichu y totora modifica las cualidades mecánicas y físicas del material en Puno, 2022, este estudio propuso  $F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  como método para medir la resistencia a la compresión. «Piensa en un modelo que se ejecutó mediante un análisis cuantitativo, con un diseño cuasi-experimental y un método explicativo». Los resultados muestran que, al añadir un 6 % de virutas de ichu, las resistencias a la compresión y a la tracción del hormigón fueron superiores a las del hormigón normal. La investigación reveló que el uso de ceniza de totora mejoró la resistencia a la tracción, la resistencia a la flexión y la resistencia a la abrasión del material en comparación con los criterios del caso particular en un 1,10 %, un 1,15 % y un 10,70 %, respectivamente. La sustitución del 3 %, 6 % y

7 % de bagazo por cenizas de totora dio lugar a una mejora del 7 % en el comportamiento mecánico de los compuestos.

## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1. Concreto**

Dado que esta tesis trata sobre el concreto, es importante comenzar por definirlo y determinar las variables que influyen en su fabricación y sus características.

Para producir hormigón se requiere una mezcla ideal de cemento Portland, áridos finos, áridos gruesos, aire y agua, que presente una serie de características deseadas, entre las que destaca su resistencia. Cuando las partículas de los áridos se unen químicamente mediante una reacción entre el cemento y el agua, se crea una sustancia heterogénea. Los aditivos son compuestos que se pueden añadir al hormigón para modificar o mejorar sus cualidades (Abanto, 2009, p. 11).

El cemento Portland, el árido fino, el árido grueso, el aire y el agua son los ingredientes principales del hormigón, que se mezclan en las proporciones adecuadas para producir atributos específicos y deseados, siendo la resistencia el más importante. La fuente es Abanto Castillo (1995).

Las partículas de áridos se unen químicamente en el hormigón mediante la reacción del cemento y el agua, creando un material heterogéneo. En ocasiones, se añaden al hormigón otros compuestos, conocidos como aditivos, para mejorar o modificar sus características (Castillo, Abanto, 1995).

**Figura 1**

*Concreto convencional ligero*



Nota: <https://www.donconcreto.com/cual-es-el-concreto-convencional>

### **2.2.2. Componentes del concreto**

Según Pasquel (1992), el cemento, el agua, los áridos y los aditivos son los componentes activos del hormigón, mientras que el aire es el pasivo. Es fundamental señalar que el cemento, al ser el principal componente activo, determina en gran medida las características y el comportamiento del hormigón, con escasa influencia externa.

Como se ha mencionado anteriormente, el cemento, los áridos, el agua y el aire son los principales componentes del hormigón. Una vez que la mezcla fragua, se endurece. Es fundamental tener en cuenta la relación agua-cemento al fabricar hormigón, ya que determina su permeabilidad. Los megapascuales (Mpa) son la unidad de medida estándar de la resistencia del hormigón; el hormigón normal tiene una resistencia máxima de 50 Mpa, mientras que el hormigón de alta resistencia puede alcanzar los 100 Mpa. Para determinar la resistencia del hormigón, se examinan probetas de ensayo con el fin de confirmar si su resistencia media cumple los requisitos técnicos previstos (Olarte, 2017).

**Figura 2**

*Componentes del concreto convencional*



Nota: <https://senapuntual.blogspot.com/p/concreto.html>

#### **2.2.2.1. Cemento**

El término cemento hace referencia a una clase de materiales que, al mezclarse con agua, pueden fraguar y endurecerse. Esta pasta puede solidificarse tanto en agua como al contacto con el aire, y puede dar lugar a compuestos estables (Rivva López, 2010).

##### **A. Cemento portland**

El cemento Portland se define como un cemento hidráulico obtenido mediante la molienda de 30ricálc, compuesto principalmente por silicatos de calcio hidráulicos y al que, por lo general, se le añaden uno o más tipos de sulfato de calcio, según la Norma Técnica Peruana NTP 334.009. Como ligante hidráulico, es un polvo inorgánico que, al mezclarse con agua, forma una pasta que se mantiene resistente y estable incluso tras una exposición prolongada al agua.

Además, Geoseismic denomina a este fenómeno (hidratación). El proceso comienza con la formación de una capa fibrosa en cada grano, que crece hasta que se une a los aditivos o se une a otras partículas de cemento. La rigidez, la

dureza y el desarrollo progresivo de la resistencia son el resultado de la intensificación del crecimiento de las fibras.

El hormigón, el material de construcción más popular y versátil del mundo, se fabrica uniendo varios materiales granulares. Entre estos componentes pueden encontrarse áridos como arena, grava, piedra triturada u otros materiales similares.

Yura afirma que la enorme resistencia y durabilidad del hormigón de cemento Portland en todas sus formas quedan demostradas en grandes edificios, edificios públicos y otras estructuras, algunas de las cuales se encuentran en terrenos accidentados, como junto al mar. En 2019, esto es lo que se sabe sobre el cemento.

## **B. Clasificación del cemento portland**

Hoy en día, existen muchos tipos diferentes de cemento Portland en el mercado, cada uno de ellos diseñado para un uso concreto. Durante todo el proceso de producción se cumplen los requisitos de cada país. Basándose en la norma ASTM C 150 y abarcando cinco tipos distintos de cemento, nuestro país cuenta con la NTP (Norma Técnica Peruana) NTP 334.009 (Cementos Portland. Requisitos):

- Yura afirma que el cemento de tipo I puede utilizarse en cualquier aplicación que no requiera las propiedades de un cemento especializado. Carreteras, suelos, puentes, canaletas, depósitos de almacenamiento, tuberías, «elementos de mampostería» y

productos prefabricados de hormigón son solo algunos ejemplos concretos. Página 2, (2019).

- Los cementos de tipo II y II (MH) ofrecen una resistencia moderada o escasa a los sulfatos y al calor, lo que hace que absorban humedad. Su uso es seguro en construcciones comunes y en elementos expuestos, incluso en situaciones en las que la temperatura del agua o el contenido de sulfatos sea superior a lo normal, pero no llegue a ser peligroso.

El cemento de tipo II, tal y como señala Yura S.A.C., presenta una escasa resistencia al azufre debido a su reducida cantidad de aluminato tricálcico (8-alúmina). El uso de cemento de tipo II con bajas relaciones agua-cemento y la preferencia por materiales de baja permeabilidad requieren un seguimiento y una gestión regulares de la adherencia al hormigón. 2019 (página 4).

- Yura afirma que el cemento de tipo III, ofrece una durabilidad superior en una fase temprana, generalmente en el plazo de una semana, desde el momento en que se mezcla por primera vez. Se utiliza cuando es necesario demoler o realizar trabajos de mantenimiento en un edificio con rapidez, y es similar al hormigón de tipo I, pero con partículas finamente molidas (2019, p. 8).
- Del tipo IV: Aquí utilizamos la definición de Yura sobre el hormigón de tipo IV: con el fin de alcanzar un bajo nivel de hidratación. Esta estrategia se aplica cuando es importante minimizar la velocidad y

la cantidad de calor generadas por la hidratación. Por lo tanto, el desarrollo de la resistencia de este tipo de hormigón es más lento que el de otros. Se utiliza en edificios de hormigón macizo cuando el curado genera demasiado calor y es necesario reducirlo. Página 9, (2019).

- El cemento de tipo V tiene una capacidad excepcional para resistir los sulfatos. Los niveles nocivos de sulfato, presentes principalmente en suelos y acuíferos, pueden ser absorbidos por los edificios de hormigón si se utiliza esta sustancia en su construcción. Su alta resistencia a los sulfatos se debe a que este cemento contiene aproximadamente un 5 % o menos de aluminato tricálcico, afirma Yura (2019, p. 10).

Para un rendimiento óptimo, cualquier estructura que entre en contacto con sulfatos debe utilizar materiales de baja permeabilidad. Sin embargo, el hormigón de cemento tipo V sucumbiría a los sulfatos tras una exposición prolongada.

### Figura 3

#### *Presentación de tipos de cementos*



### 2.2.2.2. Agregados

La fabricación de hormigón hidráulico requiere áridos, que pueden ser rocas, baldosas o fragmentos de origen natural o artificial. Tal y como establece la legislación peruana, estos materiales deben cumplir con las normas que van desde la Norma Técnica Peruana 400.010 de 2001 hasta la Norma Técnica Peruana 400.022 de 2013, además de la Norma Técnica Peruana 339.185 de 2013. Según Muñoz (2017), los áridos son una parte esencial del hormigón, ya que constituyen una parte significativa de la mezcla, con un volumen total de entre el 65 % y el 80 % en un metro cúbico.

#### Figura 4

*Agregados en la cantera de exploración*



Nota: <https://andujarynavarro.com/aridos-la-construccion>

#### A. Agregado fino

Este material, que puede consistir en arena tamizada o arena triturada, se refiere al agregado que, siendo producido de manera natural o artificial, pasa a 23 través del tamiz 3/8" y se retiene en el tamiz N°200, satisfaciendo las especificaciones definidas en la Norma NTP 400.037. Ruiz & Yupanqui (2022)

mencionan que es el material originado por la disgregación natural o mediante maquinarias para su obtención, cuyo material debe pasar por el tamiz 3/8". Los agregados finos deben ser duros, resistentes y estar libre de materiales perjudiciales para el hormigón. Debiendo cumplir los requisitos de la normativa NTP-400.037 y no exceder el 5% de sedimentos o 1 4 8 18 20 30 66 32 suciedad, ni superar el 1,5% de materiales orgánicos.

### **A.1 Propiedades del Agregado**

Para calcular el diseño de la mezcla, es necesario conocer la distribución granulométrica, la densidad aparente, la absorción, el contenido de humedad y la densidad aparente compactada en seco del árido grueso, además de los de los áridos finos y gruesos. Se recomienda realizar ensayos petrográficos, de reactividad química, de durabilidad, de resistencia a la abrasión y de materiales peligrosos en el hormigón antes de iniciar cualquier proyecto de gran envergadura o singular. Como base para el diseño de la mezcla, estos ensayos ayudan a determinar la calidad final del hormigón. Hernández y Fernández llevaron a cabo una investigación en 1999.

### **A.2 Análisis Granulométrico**

Este método divide una muestra de áridos en porciones más pequeñas, o fracciones, que contienen partículas de tamaño uniforme. Las dimensiones y los requisitos de los tamices, que tienen aberturas cuadradas, se detallan en la norma británica BS 410. Según Hernández y Hernández (1999).



La muestra debe secarse al aire antes de poder realizar el análisis granulométrico. Esto evitará que los tamices finos se obstruyan y que los aglomerados de partículas pequeñas se confundan con otras más grandes. Según Hernández y Hernández (1999).

En el caso de los áridos, las normas pertinentes son AASHTO M80, ASTM C84, ASTM C33 y ASTM C144. Según estas especificaciones, el sangrado del hormigón, la textura de la superficie, la trabajabilidad y la cantidad de árido fino que pasa por los tamices n.º 50 y n.º 100 se ven afectados por estas cantidades. Según Hernández y Hernández (1999).

Según las normas, entre el 10 % y el 30 % puede pasar por un tamiz n.º 50. Para fabricar hormigón de alta calidad, se necesita un árido con unas cualidades perfectas en todos los aspectos. Según Hernández y Hernández (1999).

La cantidad máxima de árido fino que debe pasar por dos tamices estándar sucesivos es del 45 %. Debe haber suficiente material de tamaño inferior al tamiz de 300 micras (n.º 50 ASTM) en la mezcla para que sea viable, según Hernández y Hernández (1999).

Cuando faltan determinados tamaños de partícula en un árido, el resultado se conoce como gradación discontinua. Pueden surgir problemas de segregación cuando no hay dos o más tamaños sucesivos. Según Hernández y Hernández (1999).

El análisis del Laboratorio de Hormigón sobre las restricciones del tamaño de las partículas de áridos finos se basa en la norma ASTM C33, que se detalla a continuación. Según Hernández y Hernández (1999).

Recuerde tener en cuenta lo siguiente:

**Tabla 2**

*Granulometría del agregado fino*

| TAMIZ            | PORCENTAJE QUE PASA |
|------------------|---------------------|
| 9.5 mm (3/8 in.) | 100                 |
| 4.75 mm (Nº. 4)  | 95 a 100            |
| 2.36 mm (Nº 8)   | 80 a 100            |
| 1.18 mm (Nº 16)  | 50 a 85             |
| 600 µm (Nº 30)   | 25 a 60             |
| 300 µm (Nº 50)   | 05 a 30             |
| 150 µm (Nº 100)  | 0 a 10              |

*Nota:* NTP 400.037.

Las representaciones gráficas de los datos del análisis granulométrico, como las curvas de distribución granulométrica, facilitan su comprensión. Si el material es demasiado grueso, demasiado fino o carece de un determinado porcentaje de un tamaño concreto, estas curvas permiten reconocerlo fácilmente de un solo vistazo (Hernández y Hernández, 1999).

Se debe aspirar a la curva de distribución del tamaño de las partículas óptima, aunque no exista. Además de cumplir los criterios físicos, es fundamental asegurarse de que los áridos se puedan fabricar a bajo coste para que su uso no se vea restringido. Según Hernández y Hernández (1999).

La granulometría es de vital importancia en el proporcionamiento de las mezclas, aunque su función exacta, en términos matemáticos, todavía no se conoce completamente (Hernández y Hernández, 1999).

## **B. Agregados gruesos**

Este material, normalmente grava o piedra triturada, se refiere al agregado que resulta de la disgregación natural y/o mecánica de la roca y se retiene en el tamiz N° 4, satisfaciendo las especificaciones definidas en la norma NTP 400.037. Ruiz & Yupanqui (2022) menciona que este material se retiene en el tamiz N°4 y es usado en mezclas que conforman el concreto. Se obtienen a partir de yacimientos naturales, rocas o lechos de ríos, pudiendo consistir en grava zarandeada o piedra chancada. Estos agregados deben ser seleccionados según sus características (granulometría, textura, forma, etc) y no deben contener más del 5% de finos y arcillas, ni más del 1,5% de materiales naturales, por ejemplo, carbón y otros similares.

### **B.1 Características y propiedades físicas**

#### **B.1.1 Granulometría**

Los agregados representan alrededor del 75% de la composición de un concreto estándar, por lo tanto, es crucial mantener un control adecuado sobre ellos. El ensayo granulométrico se utiliza para determinar si los datos recopilados están dentro de los límites aceptables, lo que facilita la creación de un diseño de mezcla óptimo. Este proceso es fundamental para garantizar la elaboración de un concreto adecuado para la construcción. La ejecución del análisis granulométrico resulta esencial para la realización de pruebas subsiguientes y

ejerce una influencia directa en los atributos estructurales y físicos del hormigón, lo que lo posiciona como uno de los aspectos más cruciales a tener en cuenta con respecto a los agregados. Normalmente, la granulometría se define por cómo se distribuyen en tamaño las partículas. Una granulometría adecuada de agregados se caracteriza por producir curvas suaves y cumplir con las normativas establecidas.

**Tabla 3**

*Tamices normalizados para el agregado grueso*

| HUSO | TAMAÑO MÁXIMO MONIMAL                   | PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS |                      |                  |                      |                  |                        |                  |                    |                      |                     |                   |                   |                    |                   |
|------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------|------------------|----------------------|------------------|------------------------|------------------|--------------------|----------------------|---------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
|      |                                         | 100 mm<br>(4 in.)                                | 90 mm<br>(3 1/2 in.) | 75 mm<br>(3 in.) | 63 mm<br>(2 1/2 in.) | 50 mm<br>(2 in.) | 37.5 mm<br>(1 1/2 in.) | 25 mm<br>(1 in.) | 19 mm<br>(3/4 in.) | 12.5 mm<br>(1/2 in.) | 9.5 mm<br>(3/8 in.) | 4.75 mm<br>(N° 4) | 2.36 mm<br>(N° 8) | 1.18 mm<br>(N° 16) | 300 µm<br>(N° 50) |
| 1    | 90 mm a 37.5 mm<br>(3 1/2 a 1 1/2 in.)  | 100                                              | 90 a 100             | -                | 25 a 60              | -                | 0 a 15                 | -                | 0 a 5              | -                    | -                   | -                 | -                 | -                  | -                 |
| 2    | 63 mm a 37.5 mm<br>(2 1/2 a 1 1/2 in.)  | -                                                | -                    | 100              | 90 a 100             | 35 a 70          | 0 a 15                 | -                | 0 a 5              | -                    | -                   | -                 | -                 | -                  | -                 |
| 3    | 50 mm a 25 mm<br>(2 a 1 in.)            | -                                                | -                    | -                | 100                  | 90 a 100         | 35 a 70                | 0 a 15           | -                  | 0 a 5                | -                   | -                 | -                 | -                  | -                 |
| 357  | 50 mm a 4.75 mm<br>(2 in. a N° 4)       | -                                                | -                    | -                | 100                  | 95 a 100         | -                      | 35 a 70          | -                  | 10 a 30              | -                   | 0 a 5             | -                 | -                  | -                 |
| 4    | 37.5 mm a 9 mm<br>(1 1/2 a 3/4 in.)     | -                                                | -                    | -                | -                    | 100              | 95 a 100               | 20 a 55          | 0 a 15             | -                    | 0 a 5               | -                 | -                 | -                  | -                 |
| 467  | 37.5 mm a 4.75 mm<br>(1 1/2 in. a N° 4) | -                                                | -                    | -                | -                    | 100              | 95 a 100               | -                | 35 a 70            | -                    | 10 a 30             | 0 a 5             | -                 | -                  | -                 |
| 5    | 25 mm a 12.5 mm<br>(1 a 1/2 in.)        | -                                                | -                    | -                | -                    | -                | 100                    | 90 a 100         | 20 a 55            | 0 a 10               | 0 a 5               | -                 | -                 | -                  | -                 |
| 56   | 25 mm a 9.5 mm<br>(1 a 3/8 in.)         | -                                                | -                    | -                | -                    | -                | 100                    | 90 a 100         | 40 a 85            | 10 a 40              | 0 a 15              | 0 a 5             | -                 | -                  | -                 |
| 57   | 25 mm a 4.75 mm<br>(1 in. a N° 4)       | -                                                | -                    | -                | -                    | -                | 100                    | 95 a 100         | -                  | 25 a 60              | -                   | 0 a 10            | 0 a 5             | -                  | -                 |
| 6    | 19 mm a 9.5 mm<br>(3/4 a 3/8 in.)       | -                                                | -                    | -                | -                    | -                | -                      | 100              | 90 a 100           | 20 a 55              | 0 a 15              | 0 a 5             | -                 | -                  | -                 |
| 67   | 19 mm a 4.75 mm<br>(3/4 in. a N° 4)     | -                                                | -                    | -                | -                    | -                | -                      | 100              | 90 a 100           | -                    | 20 a 55             | 0 a 10            | 0 a 5             | -                  | -                 |
| 7    | 12.5 mm a 4.75 mm<br>(1/2 in. a N° 4)   | -                                                | -                    | -                | -                    | -                | -                      | -                | 100                | 90 a 100             | 40 a 70             | 0 a 15            | 0 a 5             | -                  | -                 |
| 8    | 9.5 mm a 2.56 mm<br>(3/8 in. a N° 8)    | -                                                | -                    | -                | -                    | -                | -                      | -                | -                  | 100                  | 85 a 100            | 10 a 30           | 0 a 10            | 0 a 5              | -                 |
| 89   | 9.5 mm a 1.18 mm<br>(3/8 in. a N° 16)   | -                                                | -                    | -                | -                    | -                | -                      | -                | -                  | 100                  | 90 a 100            | 20 a 55           | 5 a 30            | 0 a 10             | 0 a 5             |
| 9    | 4.75 mm a 1.18 mm<br>(N° 4 a N° 16)     | -                                                | -                    | -                | -                    | -                | -                      | -                | -                  | -                    | 100                 | 85 a 100          | 10 a 40           | 0 a 10             | 0 a 5             |

*Nota:* NTP 400.037.

## B.1.2 Forma del agregado grueso

Incluso cuando se someten a las mismas cargas de tráfico, las mezclas asfálticas presentan requisitos de forma ligeramente diferentes en lo que respecta al árido grueso. Debido a los problemas que plantean las formas planas,

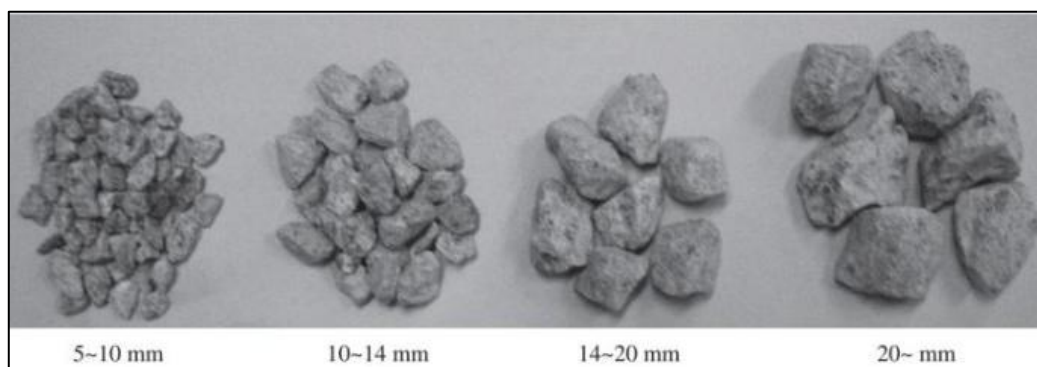
alargadas y laminares, que se rompen bajo las cargas del tráfico lo que altera la distribución granulométrica y las propiedades iniciales de las mezclas, lo ideal es que las partículas tengan forma cuboide (Padilla A, 2010).

### B.1.3 Angulosidad del agregado grueso

La estructura mineral se ve favorecida por la angularidad del árido grueso, que genera fricción interna entre las partículas. Como resultado, las partículas gruesas permanecen fijas cuando se coloca el hormigón, sin desplazarse. La angularidad de las partículas se ve reforzada cuando se utilizan áridos triturados. En función de la exposición del pavimento al tráfico, la mayoría de las normas establecen un grado mínimo de angularidad para el árido grueso (Padilla A, 2010).

#### Figura 5

*Diferentes tamaños del agregado grueso*



*Nota:* (Perez M., 2018)

### 2.2.2.3. Agua

Elemento esencial en la fabricación del concreto, ya que inicia el proceso de fraguado al mezclarse con el cemento, formando una pasta que se endurece a temperatura ambiente y al estar expuesta al agua. Cuando el hormigón se ha

solidificado, también se utiliza para el curado. Como se utiliza en la fabricación de concreto, debe cumplir unas normas particulares, como no contener ningún material orgánico.

**Tabla 4**

*Agua de lluvia y agua potable para concreto*

| Parámetro         | Aguas Lluvia (mg/L) | Agua Potabilizada (mg/L) | NTC 3459 (mg/L) |
|-------------------|---------------------|--------------------------|-----------------|
| Sulfatos          | 5,00                | 12,00                    | 1 000           |
| Cloruros          | 16,30               | 19,50                    | 1 000           |
| Sólidos totales   | 28,50               | 32,00                    | 50 000          |
| Sólidos disueltos | 27,00               | 1,00                     | 2 000           |
| pH                | 5,10                | 6,80                     | $\geq 5$        |
| Turbiedad         | 4,20 NTU            | 0,10 NTU                 | NA              |

*Nota:* NTC 3459.

#### **2.2.2.4. Aditivos**

A este respecto, citamos la siguiente información del Blog Construcción: Si bien es cierto que los productos químicos pueden alterar la forma en que se mezcla el hormigón, esto no significa que puedan sustituir a un buen diseño de la mezcla, a un procesamiento minucioso y a materias primas de alta calidad. Debido al uso generalizado del hormigón en los proyectos de construcción, es esencial llevar a cabo un estricto control de la producción, tanto en la planta como en la obra (2019, página 9).

Todo lo que había que hacer en Perú para estar listos para el proyecto se hizo de acuerdo con el protocolo de la ACI. El hormigón deseado en términos de resistencia, peso o características puede producirse siguiendo estas normas. No obstante, para poder utilizar este hormigón, deben cumplirse una serie de

condiciones. Estas condiciones incluyen las normas establecidas por el diseño de la estructura, la ubicación donde se lleva a cabo la construcción, el proceso de construcción y el estado del edificio. En este artículo, repasaremos los numerosos tipos de aditivos para hormigón, cómo se clasifican y las ventajas que aportan. En esta sección, analizaremos los múltiples usos de los aditivos y los numerosos tipos de aditivos disponibles actualmente en el mercado:

**Tabla 5**

*Tipos de aditivos*

| Tipo | Descripción                              |
|------|------------------------------------------|
| A    | Reductores de agua                       |
| B    | Retardantes de fragua                    |
| C    | Acelerantes                              |
| D    | Reductores de agua y retardantes de agua |
| E    | Reductores de agua y acelerantes         |
| F    | Super reductores de agua                 |
| G    | Super reductores de agua y acelerantes   |

*Nota:* (ASTM C 494)

**Figura 6**

*Aditivos para el concreto*



*Nota:* Blog Tecnología Concreto (2016)

### **2.2.3. Propiedades del concreto**

Según Manobanda (2013) menciona en particular, el concreto presentan dos estados iniciales desde un punto de vista práctico. Uno es en estado fresco, donde el concreto puede manipularse para adaptarse a los encofrados previstos y al estado endurecido cuando ha alcanzado tal rigidez que no puede manipularse sin producirse una fractura visible o irreversible.

#### **2.2.3.1. Propiedades del Concreto fresco**

Del campo (1963) menciona que el concreto fresco es un proceso inmediato de mezclar el agregados, cemento y agua para su fabricación. Desde la primera etapa, en el concreto se producen distintas reacciones químicas, las cuales determinan sus propiedades finales. Entre las propiedades primordiales del concreto tenemos su trabajabilidad, consistencia, exudación, fraguado, densidad.

##### **A. Trabajabilidad:**

Pasquel (1992) indica que la trabajabilidad se refiere el grado de comodidad para combinar, posicionar, compactar y transportar el hormigón. Este aspecto se ve influenciado por factores como la mezcla, la cantidad de líquido y la proporción correcta entre agregados grandes y pequeños. Se considera que el concreto es tiene trabajabilidad, en el proceso de su colocación, mantiene una cubierta de mortero de como mínimo un cuarto sobre los agregados gruesos.

El concreto de alta calidad tiene buena trabajabilidad, incluyendo deformabilidad, retención de agua y resistencia a la segregación. La trabajabilidad determina si el concreto es apto para colarse in situ. En realidad,

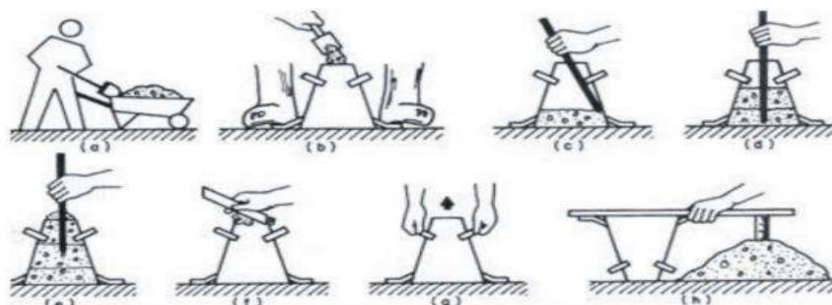
si no se calificara la trabajabilidad del concreto, la calidad de la construcción se vería muy influenciada e incluso la resistencia no podría ajustarse al estándar de diseño que conduce a la seguridad de las personas.

La consistencia del concreto se refiere al nivel en el que el fresco puede deformarse y, como resultado, llenar todos los espacios del encofrado o molde en el que se vierte. Antes de la colocación, es necesario determinar la consistencia adecuada considerando los métodos de compactación disponibles. El ensayo utilizado es el cono de Abrahams.

La prueba de se realiza con el cono de Abrams, ha sido durante mucho tiempo el método estándar para evaluar la trabajabilidad, dado que ofrece una medida numérica de este aspecto del concreto. Los procedimientos de prueba se presentan en la figura 7: llenando el cono con concreto en 3 estratos de volumen uniforme (etapas 1, 2 y 3), y se compacta cada estrato golpeándolo 25 veces con una barra de acero. El cono de caída se retira progresivamente en vertical (etapa 5) y se coloca de lado, boca abajo, una vez nivelada la superficie superior (etapa 4). La medición del asentamiento (etapa 6) es la cantidad que ha bajado.

**Figura 7**

*Proceso de Medición de Trabajabilidad del concreto*



Para prevenir inconvenientes como la separación de agregados o la aparición de vacíos, el concreto debe tener la adecuada manejabilidad para llenar los espacios alrededor de la armadura y facilitar la distribución uniforme de la masa en el molde. Esto puede lograrse planificando cuidadosamente el encofrado, la cantidad y disposición de la armadura, el método de colocación y las técnicas de compactación empleadas. (Espinoza & Lázaro, 2022). En la Tabla 6 se muestran las clases de asentamiento.

**Tabla 6***Tipos de asentamiento*

| Consistencia | Slump   | trabajabilidad  | Método de compactación |
|--------------|---------|-----------------|------------------------|
| seca         | 0" a 2" | Poco trabajable | Vibrado normal         |
| plástica     | 3" a 4" | Trabajable      | Vibrado chuseado       |
| fluido       | >5"     | Muy trabajable  | chuseado               |

*Nota:* La tabla presenta la clasificación del slump. Tomado de "NTP 339.035

### **B. Temperatura:**

Según Sánchez (2001) menciona que, dado que cada material tiene un efecto basado en sus propiedades térmicas al ser hidratado el cemento, la adición de energía durante la mezcla y el calor que absorbe o libera, la temperatura del concreto fresco viene determinada por el valor calorífico de cada uno de sus constituyentes. Las directrices establecen que el concreto fresco tendrá una temperatura media de entre 10 y 29 grados Celsius en climas cálidos. La temperatura máxima debe ser de 32 grados Celsius; una temperatura más

alta provoca una menor hidratación, lo que acelera el fraguado y da lugar a una estructura física menos consistente e inferior.

El fuego es un riesgo significativo para la integridad de las construcciones de concreto. La exposición al fuego afecta adversa e irreversiblemente el desempeño físico, mecánico y de durabilidad del concreto. Por tanto, es imperativo investigar el comportamiento del concreto expuesto al fuego. Según las investigaciones realizadas hasta el momento, los dos factores principales que pueden influir en la durabilidad de las matrices cementosas son el ambiental y el mecánico. Los factores ambientales que afectan el rendimiento del concreto son la velocidad del régimen de calentamiento y enfriamiento, la duración del incendio y la temperatura máxima a la que estuvo expuesta la matriz de concreto, las condiciones de carga de la unidad estructural y la humedad. Efecto del régimen. Mientras que las propiedades del material que influyen en las propiedades del concreto son la composición de la pasta de cemento, la unión agregado-mortero, el tipo de agregado y su compatibilidad térmica y elástica con la matriz huésped.

### Figura 8

*Temperatura del concreto*



*Nota:* Enrique Pasquel, 2018.

### C. Contenido de aire:

El aire, tal y como señala Asocreto (2003), es inherente a todas las variedades de hormigón y puede encontrarse en los poros no saturados del árido y en la matriz del hormigón, como resultado de la incorporación de aditivos o de su retención durante el mezclado.

Existe una relación entre el volumen de aire en el hormigón y la separación entre los poros de aire. La distancia entre las burbujas de aire se reduce a medida que aumenta la cantidad de aire. Sin embargo, esta correlación depende del tamaño de las burbujas atrapadas en el hormigón (Hall et al., 2021).

Dado que las combinaciones de baja eficiencia necesitan más aire para producir el mismo grado de burbujas de aire, es fundamental conocer la eficiencia del sistema de burbujas de aire. Gestionar estos mayores volúmenes de aire es más complicado y debilita el hormigón. Dado que las burbujas más pequeñas se distribuirán más ampliamente, son preferibles las mezclas con sistemas de huecos de aire de alta eficiencia (Hall et al., 2021). Sin embargo, esto resulta difícil de llevar a cabo para la industria, ya que no existe una norma para medir la eficiencia del sistema de huecos de aire.

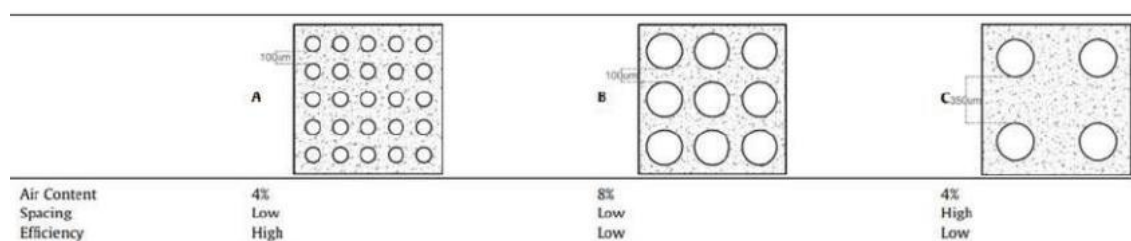
En la figura 9 se muestran tres secciones transversales abstractas de hormigón, A, B y C, para ilustrar mejor el concepto de eficiencia. Los poros de aire de distintos tamaños y espaciados conforman el contenido de aire de cada muestra de hormigón. Debajo de cada muestra se puede ver el contenido de aire, la distancia entre los poros de aire y la eficiencia. La proporción de aire en un volumen determinado se denomina contenido de aire. Se puede determinar

si la muestra de hormigón tiene burbujas densamente agrupadas o ampliamente dispersas observando la separación entre los huecos de aire. Al comparar la cantidad de aire necesaria para obtener la separación deseada entre los espacios de aire, se puede determinar la eficiencia de cada muestra. Como resultado, un sistema de huecos de aire de alta eficiencia puede lograr la misma separación con menos volumen de aire que un sistema de baja eficiencia, incluso si el primero utiliza más aire en total (Hall et al., 2021).

La muestra A de hormigón tiene una mezcla de alta eficiencia que consiste en un 4 % de aire con una baja separación entre los huecos de aire, mientras que la muestra C tiene la misma cantidad de aire pero una gran separación entre los huecos de aire. Este método será menos eficiente con la muestra C debido a la mayor separación entre los huecos de aire, incluso si la cantidad de aire en ambas muestras es igual. Además, la muestra B requiere una cantidad de aire algo mayor, aunque tiene una separación comparable a la de la muestra A. La razón del aumento del volumen de aire es que el sistema de huecos de aire de la muestra B no es muy eficiente (Hall et al., 2021).

**Figura 9**

*Secciones transversales de muestras de hormigón que muestran distintos mecanismos de incorporación de aire*



*Nota:* (p. 18), por Hall et al., 2021.

A lo largo de una serie de reacciones fisicoquímicas prolongadas, el hormigón pasa de un estado plástico a uno sólido. Al hidratarse, el material sufre un cambio de fase, pasando de ser plástico a rígido. Empieza a endurecerse y a ganar resistencia a medida que fragua. En su forma sólida, el hormigón conserva su dureza y durabilidad y no deja huellas visibles al pisarlo.

### **2.2.3.2. Propiedades del concreto endurecido**

#### **A. Resistencia a compresión**

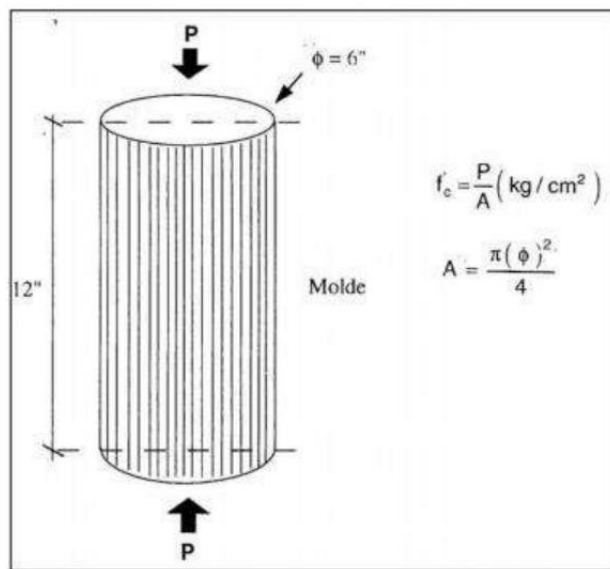
Palomino & Torres (2021) explican que la  $f'_c$ , alude a su habilidad para soportar fuerzas de compresión o carga axial, comúnmente presentes en el diseño de edificaciones. Se fractura muestras cilíndricas de concreto para medir el  $f'_c$  en una prensa hidráulica, conforme a los estándares descritos en la NTP 339.034:2008.

Abanto (2009) define la resistencia a la compresión del hormigón como la carga máxima por unidad de superficie que una probeta puede soportar antes de fallar debido a agrietamiento, compresión o fractura.

Una de las características más importantes del hormigón es su resistencia a la compresión, que se utiliza a menudo para describir su calidad. Las tensiones a las que se ve sometido el hormigón como material estructural son una consecuencia directa de las cargas que actúan sobre él. La seguridad de la estructura podría verse comprometida si las tensiones aplicadas son superiores a su capacidad de resistencia, lo que daría lugar a grietas que se propagan desde zonas localizadas a otras más extensas (Abanto, F. 2007. Págs. 15-17).

**Figura 10**

*Ensayo de la resistencia a la compresión del hormigón mediante la aplicación de fuerzas*



*Nota:* Tomado de "Propiedades del concreto" (p. 13), por Boulangger, 2015.

#### **2.2.4. Eucalipto**

Este árbol puede alcanzar una altura de 60 metros y tiene hojas perennes. Su tronco puede ser retorcido, liso o estriado. Entre los nombres comunes de esta especie se incluyen eucalipto, eucaliptus y eucalipto de goma azul. Las hojas perennes de esta planta tienen glándulas sebáceas y crecen en pares alternos de 10 a 20 cm de largo, con pecíolos oscuros y lanceolados. Las hojas jóvenes son opuestas, sésiles y de color verde claro. Las flores blancas son solitarias. El fruto es cónico o cónico truncado, de 2-3 cm de diámetro, rugoso y áspero, de color verde claro, redondeado, con valvas bien diferenciadas y un borde superior convexo.

Debido a su elevado consumo de agua, el eucalipto supone tanto una solución como un gran problema. La falta de un recuento fiable de los eucaliptos en Perú es motivo de gran preocupación. Armando Quispe, ingeniero forestal, afirma que la cifra podría acercarse a las 300 000 hectáreas, a pesar de que las plantaciones registradas por el SERFOR abarcan solo 9188,90 hectáreas. Las estimaciones están muy por debajo de la realidad, ya que muchos agricultores no registran sus cosechas.

## Figura 11

*Arboles de eucalipto*



### A. Carbón de madera de eucalipto

El carbón vegetal, un producto forestal, tiene múltiples usos.

En consecuencia, ha cobrado nueva vida como colorante alimentario, purificador de agua, ingrediente en la fabricación de acero (gracias a su baja reactividad) y remedio medicinal para problemas gastrointestinales. El carbón vegetal se está convirtiendo rápidamente en un elemento fundamental del



comercio mundial como resultado de estos nuevos usos, que están transformando la forma tradicional de utilizar la energía. El carbón vegetal es un subproducto inflamable de la combustión de la madera a altas temperaturas durante un largo periodo de tiempo sin oxígeno, un proceso que solo se produce cuando la madera se calienta a temperaturas muy elevadas. Este proceso de carbonización, conocido como pirólisis, genera los siguientes subproductos:

ácido acético, carbón vegetal, agua, metanol, alquitrán, CO<sub>2</sub> y monóxido de carbono. (Díaz Melina et al., 2010).}

La FAO (1983) afirma que, aunque una temperatura de carbonización más baja da lugar a una mayor producción de carbón vegetal, el producto resultante es de mala calidad debido a su naturaleza corrosiva. Esto se debe a que el proceso de carbonización implica ácidos, que no se queman de forma limpia sin gases. Para que la carbonización alcance los 500 °C, el carbón vegetal comercial de alta calidad debe tener un contenido de carbono fijo, o carbono puro, de alrededor del 75 %. La cantidad de lignina quemada también influyó en el rendimiento. La producción de carbón vegetal está correlacionada positivamente con la concentración de lignina, lo que sugiere que un mayor contenido de lignina conduce a una mayor producción de carbón vegetal. El carbón vegetal es quebradizo y se desmorona fácilmente, lo que lo convierte en un material frágil. A medida que aumentaba la temperatura de carbonización, la proporción de carbono fijo aumentaba y la proporción de carbono volátil disminuía, lo que provocaba un aumento de esta propiedad (alquitranes, etc.). La FAO (1983) afirma que la temperatura ideal para alcanzar el alto contenido

de carbono fijo requerido, manteniendo al mismo tiempo la friabilidad, es de alrededor de 475 °C (Díaz Melina et al., 2010).

### Figura 12

#### *Carbón de eucalipto*



### B. Ceniza

Las cenizas de origen vegetal (como la madera, el ichú, la paja, etc.) son una excelente fuente de nutrientes esenciales para las plantas, entre los que se incluyen el potasio, el magnesio, el calcio y otros. Si no contienen metales pesados ni otros contaminantes, pueden utilizarse como fertilizante. Debido a su elevado pH, pueden emplearse para neutralizar parcialmente el CO<sub>2</sub> al absorberlo del aire tras mezclarlas con agua y dejarlas reposar durante un tiempo. Otra opción es mezclarla con compost u otro fertilizante ácido. Los minerales se vuelven más accesibles cuando se descomponen en humus.

Posteriormente, se retiran de la cámara de combustión. Para evitar que las cenizas volantes se acumulen en los lodos almacenados y liberados, las



centrales térmicas deben gestionar cuidadosamente su eliminación. Esto es necesario, ya que las cenizas volantes causan problemas medioambientales.

Uno de los ingredientes activos del cemento es la ceniza volante, que es otro nombre para la ceniza de combustible granular. Las centrales térmicas liberan residuos de combustión, que luego se depositan electrostáticamente. La mayoría de sus componentes son minerales, lo que la convierte en una composición más adecuada. Según (Chumacero A. et al., 2023).

### **C. Ceniza de tronco de eucalipto**

Las cenizas volantes, a menudo denominadas cenizas de combustible granulares, son un componente activo en la fabricación de cemento. Se forman a partir de los residuos liberados tras la combustión en las centrales térmicas, que se depositan por medios electrostáticos. Dado que su componente principal son los minerales, su composición es de gran calidad. En 2015, Velásquez.

Las cenizas volantes son un subproducto de la quema de carbón para generar energía. A nivel mundial, las cenizas volantes son producidas principalmente por las centrales eléctricas que queman carbón. Algunos de los componentes de este subproducto pueden utilizarse en otros productos, como el hormigón, mientras que el resto requiere un manejo especial durante su procesamiento y almacenamiento para evitar la contaminación. La avalancha de cenizas de carbón que tuvo lugar en Tennessee en 2008 costó alrededor de mil millones de dólares, lo que demuestra las tremendas consecuencias que pueden derivarse de un almacenamiento inadecuado de estas cenizas (Ñahui C., 2023).

Las cenizas de leña son un subproducto peligroso que se genera al quemar carbón en plantas térmicas, y también son llamadas escoria de caldera, escoria de horno o cenizas volantes. Estos subproductos tienen componentes tóxicos, como el plomo y el arsénico.

### **Figura 13**

*Ceniza de tronco de eucalipto*



#### **D. Ceniza de tronco de eucalipto en el concreto**

Cuando la ceniza se mezcla con el hormigón, mejora muchas de sus propiedades, entre ellas la densidad, la resistencia, la resistencia a los ataques químicos (incluido el ataque de los sulfatos), la resistencia a la compresión y la permeabilidad (y su inversa, la impermeabilidad). Además, reduce las necesidades de cemento y los costes. Por otra parte, la puzolana es un tipo de ceniza de madera. Este material tiene mucha sílice y alúmina, aunque puede no tener capacidad aglutinante. Sin embargo, si se tamiza finamente y se mezcla con agua, reacciona químicamente con el hidróxido de calcio a temperatura ambiente y adquiere propiedades aglutinantes. La incineración de la madera

genera cenizo de leña. A pesar de que se distingue de las cenizas volantes, que provienen del carbón, este es material quemado. (Huaquisto C. & Belizario Q., 2018)

### 2.3. Marco conceptual

1. **Concreto:** Un material pastoso que se endurece con el tiempo y una mezcla de una sustancia blanda y moldeable son los dos componentes principales del hormigón. Esta última también contiene partículas similares a piedras. El agua y un aglutinante, concretamente el cemento, conforman esta última. El agua cumple una doble función: aumenta la fluidez de la mezcla y participa en una reacción química con el cemento, poniendo en marcha el proceso de endurecimiento (Harmsen L., 2019).
2. **Mezclado del concreto:** El proceso de mezclar el concreto consiste en cubrir los elementos agregados con pasta de cemento hasta obtener una combinación uniforme. Es crucial crear la mezcla de manera que pueda cumplir con las condiciones en su estado endurecido y también en su estado fresco. Para lograr una dosificación adecuada en estado fresco, es necesario satisfacer las siguientes necesidades: la manejabilidad, la resistencia, la durabilidad y el rendimiento económico. (Castells T., 2012)
3. **Relación agua cemento:** El objetivo de la cantidad de agua que se requiere para el concreto por cada unidad de volumen es hidratar las proporciones de cemento y proporcionar una condición apropiada que sea trabajable, permitiendo así que se utilice y tenga un acabado



adecuado en el lugar correspondiente en su estado fresco. (Duda A., 2021)

**4. Curado del concreto:** El hormigón se mantiene en un estado de saturación durante el curado hasta que los espacios que inicialmente estaban llenos de agua y cemento fresco se rellenan con los subproductos del proceso de hidratación. El objetivo principal del curado es regular el flujo de humedad y calor que entra y sale del hormigón. Su objetivo secundario es retrasar la compresión causada por el fraguado hasta que el hormigón alcance la resistencia mínima necesaria para soportar las cargas. Esta información procede de (Naiqian et al., 2022).

**5. Proceso de endurecimiento:** El esfuerzo del concreto se ve afectado por la temperatura y los factores climáticos durante el procedimiento de endurecimiento. Cuando la temperatura es baja, la hidratación del cemento se lleva a cabo de forma más lenta. Esto sucede porque el lugar absorbe una gran parte del calor de hidratación, lo que da como resultado un periodo de fraguado más largo y, por ende, un curado más duradero. En cambio, a temperaturas más altas, la resistencia se incrementa de manera notable en las primeras fases, pero después de alrededor de 7 días empieza a bajar progresivamente. La razón de este fenómeno es que la hidratación inicial y rápida de las partículas de cemento se lleva a cabo en la superficie, lo que podría generar una estructura física más pequeña o tal vez con mayor porosidad en la matriz del mortero. (Duda A., 2021)

**6. Edad del concreto:** El concreto ordinario tiene la capacidad de llegar a la resistencia de diseño en un periodo de 28 días. La razón es que la resistencia se incrementa solo un poco después de un tiempo determinado. No obstante, cuando se trata de concretos de alta resistencia, el aumento con 28 días es notable, por lo que sucede a los 56 o 90 días.(Sánchez D., 2021)

**7. Resistencia a la compresión:** La capacidad de resistir la compresión es un indicador fundamental que mide la habilidad de un material para oponerse a las fuerzas de compresión, es decir, su capacidad para sostener su forma cuando se le aplican cargas que tienden a disminuir su volumen. En lo que respecta al concreto, esta resistencia hace referencia a su habilidad para resistir las cargas que se le aplican de manera perpendicular en su superficie, por ejemplo, las fuerzas que actúan sobre una losa o una columna. Usualmente se expresa en unidades de presión, por ejemplo, kilogramos por centímetro cuadrado ( $\text{kg/cm}^2$ ) o megapascuales (Mpa). Es un rasgo esencial del concreto y es necesario para establecer su idoneidad en varias aplicaciones estructurales, como puentes, pavimentos y edificios.(Estrada J. & Reynoso J., 2024)

**8. Durabilidad del concreto:** Esta cualidad abarca su habilidad para soportar el impacto químico, la abrasión, las influencias del medio ambiente y otros tipos de ataques en condiciones de operaciones, en las que es necesario sostener las propiedades a lo largo de toda su vida útil.(Chuquihuaccha M. & Malca V., 2022)



**9. Ceniza de tronco de eucalipto:** Las cenizas de fondo de eucalipto están constituidas principalmente por el aceite de eucalipto, que es un aceite volátil destilado de toda la estructura de la materia en cuestión. Esta está compuesta mayormente por aldehídos volátiles, terpenos y alcoholes; además, incluye componentes que se emplean para elaborar cemento, como sílicas y/o sílices, los cuales mejoran la calidad y resistencia del concreto. (Pacheco F., 2017)



## CAPÍTULO III

### MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Enfoque de investigación

Mediante un enfoque cuantitativo, que se define como la recopilación de datos para comprobar hipótesis basadas en mediciones numéricas, este estudio tiene como objetivo determinar el efecto de las cenizas de tronco de eucalipto sobre las propiedades mecánicas del hormigón con una resistencia especificada de  $F'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ . El objetivo es establecer patrones de comportamiento y comprobar teorías (Hernández et al., 2014, p. 4). La investigación cuantitativa no solo es adecuada para el tema que nos ocupa, sino que también se basa en marcos teóricos bien conocidos que dan lugar a hipótesis sobre posibles conexiones entre los componentes que intervienen. Una vez que las nociones teóricas sustentan las hipótesis conceptuales, estas se formalizan en principios empíricos medibles que sustentan el procedimiento de recopilación de datos. Los siguientes pasos incluyen el análisis de los datos, la presentación de los

resultados y la determinación de la importancia de las relaciones encontradas en los datos.

### **3.2. Tipo de investigación**

El estudio se clasifica como un proyecto de investigación aplicada, ya que su objetivo declarado es aportar conocimientos que resulten de utilidad inmediata y práctica para abordar problemas concretos. Según Hernández et al. (2014, p. 110), el rasgo distintivo de la investigación aplicada es su enfoque en cómo se puede poner en práctica la información. El objetivo de este estudio es determinar los efectos sobre las características mecánicas de las cenizas de tronco de eucalipto añadidas al hormigón, con una resistencia estipulada de  $F'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ .

### **3.3. Nivel de investigación**

El objetivo de esta investigación es sentar las bases para una comprensión más exhaustiva de cómo la ceniza de madera de eucalipto afecta a las características mecánicas del hormigón. Tal y como señalan Hernández et al. (2014, p. 95), el nivel explicativo tiene como objetivo establecer relaciones causales al intentar explicar las causas fundamentales de un fenómeno y el contexto en el que se produce. El presente estudio pretende examinar los efectos de la ceniza de eucalipto sobre las características mecánicas del hormigón con una resistencia predefinida de  $F'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ .

### **3.4. Diseño de la investigación**

Mediante un diseño cuasi-experimental, esta investigación analizó los efectos de sustituir el cemento por ceniza de eucalipto en mezclas de hormigón

en diferentes porcentajes (control = 0 %, 4 %, 8 %, 12 % y 16 %). Las muestras se sometieron a ensayos de compresión de acuerdo con protocolos aceptados, como los establecidos por la ASTM y el NTP. Con el fin de encontrar correlaciones y patrones entre las propiedades evaluadas y la cantidad de ceniza de tronco de eucalipto, se utilizaron métodos estadísticos. Además, en lugar de asignar aleatoriamente a las personas a los grupos de estudio, los modificamos deliberadamente para poder observar cómo las propiedades mecánicas del hormigón, que son variables dependientes, se ven afectadas por la variable independiente, es decir, la cantidad de ceniza de eucalipto utilizada como sustituto parcial del cemento. Como señalan Hernández et al. (2014, p. 152), los métodos cuasi-experimentales generan sujetos o grupos a partir de situaciones preexistentes en lugar de asignarlos aleatoriamente. El diseño es adecuado para la investigación, ya que las mezclas de hormigón se elaboran en circunstancias controladas. No es posible distribuir aleatoriamente las cantidades de ceniza de tronco de eucalipto debido a las restricciones prácticas de la operación de mezcla y curado.

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

La población o universo se define como el conjunto de todos los elementos (cosas, personas o sucesos) que comparten ciertas características y que pueden ser objeto de estudio, tal y como afirman Arias, Villasís y Miranda (2016). La población del estudio incluye todas y cada una de las muestras de hormigón (briquetas) que pueden fabricarse mediante aditivos. Esta población se considera ilimitada, ya que el número total de unidades es teóricamente

incalculable y no existe un límite físico al número de muestras que pueden formarse en estas circunstancias. El concreto se fabrica mediante un proceso de fabricación continuo.

### 3.5.2. Muestra

Para este estudio se utilizarán probetas de hormigón simple. Estas probetas cumplirán los requisitos establecidos en la norma NTP 339.033. Se mantendrán la resistencia nominal ( $f'_c$ ) = 210,0 kg/cm<sup>2</sup>, las dimensiones (30 cm x 15 cm) y la altura (30 cm). El procedimiento de curado se llevará a cabo a intervalos de 28, 14 y 7 días.

A continuación, se describe la configuración del ensayo: para este experimento, utilizaremos 45 muestras de hormigón y sustituiremos parte del cemento por ceniza de tronco de eucalipto en distintos porcentajes (0 %, 4 %, 8 %, 12 % y 16 %). También emplearemos nueve muestras de hormigón sin aditivos que no incluyan ceniza de tronco de eucalipto. Por último, de acuerdo con los requisitos de la norma NTP 339.034, todas las muestras de hormigón se someterán a ensayos de resistencia a la compresión.

**Tabla 7**

*Cantidades de briquetas a realizar*

| Dosificación                     | Resistencia a compresión |          |          |
|----------------------------------|--------------------------|----------|----------|
|                                  | 7(días)                  | 14(días) | 28(días) |
| Concreto Patrón + 0%             | 3                        | 3        | 3        |
| CP. + 4% de ceniza de eucalipto  | 3                        | 3        | 3        |
| CP. + 8% de ceniza de eucalipto  | 3                        | 3        | 3        |
| CP. + 12% de ceniza de eucalipto | 3                        | 3        | 3        |
| CP. + 16% de ceniza de eucalipto | 3                        | 3        | 3        |
| Total                            |                          | 45       |          |

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Técnicas**

El procedimiento incluyó la inspección visual y el análisis de las muestras de ensayo, tanto con cómo sin la adición de ceniza de madera. A continuación, se llevó a cabo una evaluación exhaustiva de los resultados del estudio. Se utilizaron las siguientes estrategias:

- Recopilación y evaluación de datos basados en la información.
- Evaluación de la resistencia a la compresión de las briquetas de hormigón.

#### **Instrumentos**

Los principales instrumentos para la recolección de datos son:

- Descubra la resistencia de las probetas de hormigón cuando no están sometidas a compresión.
- Los diseños de mezclas de hormigón se basan en estudios de laboratorio.
- El estudio de la distribución del tamaño de las partículas de áridos se conoce como análisis granulométrico (NTP 400.012).
- Los ensayos de gravedad específica y absorción se realizan de acuerdo con las directrices establecidas por NTP 400.021 y ASTM C 128, así como por NTP 400.022. Entre las variedades.



- NTP 400.016 y ASTM C 566 son las normas para determinar el contenido de humedad de los áridos.
- Según la norma ASTM C 29, la gravedad específica de los áridos es 400:017.
- La norma ASTM-C-39 se utiliza para determinar la resistencia a la compresión.
- Ensayo estándar para conos de Abrams, según la norma NTP 339.035 y la norma ASTM C143.

## **Confiabilidad**

La precisión y la exactitud del procedimiento de medición son fundamentales para su fiabilidad. Si bien la validez es un requisito previo para que las mediciones sean fiables, la fiabilidad no es un requisito previo para que sean válidas. Por lo tanto, se recurrió a los Laboratorios de Investigación en Mecánica del Suelo para evaluar la fiabilidad.

## **Validez**

Un examen exhaustivo y una gran meticulosidad en la validación de la encuesta. Esta herramienta permite mejorar la validez y la precisión de las mediciones. Mientras que la validez de la prueba se refiere al grado en que esta evalúa lo que realmente se pretende medir, la validez del instrumento se refiere a la validez del contenido. La fiabilidad de los resultados depende de en qué medida la prueba ha cumplido los requisitos establecidos por las normas pertinentes del NTP y la ASTM.

### 3.7. Procedimientos

El diseño de la mezcla de la muestra de referencia se calculó en el laboratorio antes de fabricar las muestras. Los porcentajes de sustitución equivalentes fueron del 0 %, 4 %, 8 %, 12 % y 16 %. A continuación, se dejó que las muestras fraguaran y, una vez alcanzada una determinada edad, se sometieron a ensayos de resistencia a la compresión en un entorno de laboratorio, de acuerdo con los protocolos establecidos en la norma NTP 339.034 - 1999. Además, en los ensayos de asentamiento, que se llevaron a cabo de conformidad con la norma ASTM C-143, se siguió el proceso para determinar el asentamiento del hormigón utilizando cementos hidráulicos.

### 3.8. Métodos de análisis de datos

Como parte de este proceso, se lleva a cabo una revisión bibliográfica para determinar los posibles resultados, y se eligen las metodologías y los análisis que se utilizarán a lo largo del estudio.<sup>44</sup> Recopilamos estos datos mediante la observación directa, una técnica que nos permite observar cada prueba realizada en el laboratorio, tomar notas sobre cada experimento y, a continuación, comparar los resultados con las hipótesis planteadas para este proyecto. No solo se cumplirán los objetivos del estudio, sino que también se compararán los datos recopilados de las pruebas necesarias y se pondrán de relieve las similitudes o discrepancias. Para ayudar a comprender los resultados, se utilizarán tablas y gráficos de Excel.



### 3.9. Aspectos éticos

Nos comprometemos a realizar este trabajo con los más altos niveles de integridad, franqueza, respeto y profesionalidad como estudiantes de ingeniería civil. De conformidad con la norma ISO 690:2010, reconocemos que hemos utilizado las fuentes de forma adecuada, teniendo en cuenta los esfuerzos y las contribuciones de otros autores, y que no hemos plagiado sus estudios ni sus tesis. Además, hemos hecho referencia a todas las normas, manuales, equipos e instrumentos aplicables utilizados en este proyecto de tesis, así como a cualquier resolución pertinente. El siguiente paso será utilizar la herramienta en línea Turnitin para comprobar si hay plagio.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Resultados

Para la formulación de la mezcla se utilizaron los resultados de los ensayos de laboratorio y el cemento IP de la marca Rumi. La ficha técnica facilitada por la empresa sirvió de fuente para las especificaciones y demás información pertinente.

##### 3.9.1. Caracterización de agregados

**Tabla 8**

*Resultados del análisis de los áridos de la cantera de Isla*

| Propiedades              | Agregado fino           | Agregado grueso         |
|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Perfil                   | -                       | Redondo                 |
| Tamaño máximo nominal    | -                       | $\frac{3}{4}$           |
| Peso específico          | 2.49gr/cm <sup>3</sup>  | 2.51gr/cm <sup>3</sup>  |
| Absorción                | 3.22%                   | 1.79%                   |
| Peso unitario suelto     | 1.522gr/cm <sup>3</sup> | 1.430gr/cm <sup>3</sup> |
| Peso unitario compactado | 1.731gr/cm <sup>3</sup> | 1.518gr/cm <sup>3</sup> |
| Módulo de finura         | 2.52                    | -                       |
| Contenido de humedad     | 3.40%                   | 2.85%                   |

En la tabla 8 se recogen tanto los áridos finos como los gruesos de la cantera de Isla, junto con sus características físicas y mecánicas. La relación agua-cemento y la trabajabilidad de la mezcla vienen determinadas por estas variables, lo que las convierte en elementos fundamentales para el diseño de la mezcla de hormigón. A continuación, se ofrece un desglose más técnico de los resultados:

#### Análisis del Agregado Fino (Arena)

- Módulo de Finura (2.52): Se encuentra dentro del rango ideal (típicamente entre 2.3 y 3.1). Un valor de 2.52 indica que es una arena de finura media, lo que favorece una buena trabajabilidad sin requerir un exceso de agua o cemento.
- Absorción (3,22%) y Humedad (3,40%): La absorción es relativamente alta para un agregado fino (lo común es  $< 2\%$ ). Dado que la humedad natural (3.40%) es mayor que la absorción, el agregado tiene agua libre superficial, lo cual debe restablecerse del agua de diseño en la mezcla.
- Peso Específico (2.49 gr/cm<sup>3</sup>): Es un valor ligeramente bajo respecto al estándar común de 2.60 – 2.70 gr/cm<sup>3</sup>, lo que sugiere un material con mayor porosidad o de origen menos denso.

#### Análisis del Agregado Grueso (Piedra)

- Perfil (Redondo): El hecho de que sea redondeado (canto rodado) facilita la manejabilidad y el flujo del concreto, aunque suele tener una adherencia mecánica ligeramente menor con la pasta de cemento en comparación con la piedra chancada.

- Tamaño Máximo Nominal (3/4"): Es el tamaño estándar para concreto estructural convencional (columnas, vigas y losas).
- Absorción (1.79%): Es un valor aceptable, indicando que no absorberá una cantidad excesiva de agua de la mezcla.

En concreto, la arena de grano medio de la cantera de Isla parece ser una opción excelente para la fabricación de hormigón, ya que contribuye a crear superficies uniformemente lisas.

### 3.9.2. Diseño de mezclas

#### a. Diseño de mezclas del concreto patrón

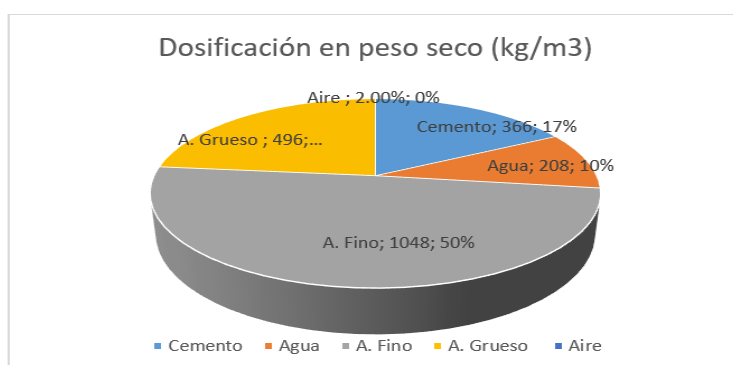
**Tabla 9**

*Diseño de mezcla del concreto patrón*

| Materiales | Peso seco (kg/m <sup>3</sup> ) | Volumen peso seco | Peso húmedo (kg/m <sup>3</sup> ) | Volumen peso seco |
|------------|--------------------------------|-------------------|----------------------------------|-------------------|
| Cemento    | 366                            | 1.0               | 367                              | 1.0               |
| Agua       | 208                            | 0.57              | 174                              | 0.47              |
| A. Fino    | 1048                           | 2.86              | 997                              | 2.71              |
| A. Grueso  | 496                            | 1.36              | 694                              | 1.89              |
| Aire       | 2.0%                           | -                 | 2.0%                             | -                 |

**Figura 14**

*Grafica de los materiales para el concreto*



La Figura 14 muestra la dosificación de una mezcla de concreto expresada en peso seco por metro cúbico ( $\text{kg/m}^3$ ). Este gráfico de sectores permite visualizar la proporción de cada componente dentro de la masa total de la mezcla.

### 3.9.3. Resultado del ensayo de resistencia a la compresión del concreto

#### a. Resistencia del concreto patrón

**Tabla 10**

*Resultados del ensayo de compresión con un tiempo de curado de 7 días:*

*muestra de control*

| N°       | Briquetas           | Esfuerzo de rotura $\text{kg/cm}^2$ |         |         |
|----------|---------------------|-------------------------------------|---------|---------|
|          |                     | 7 días                              | 14 días | 28 días |
| 1        | Espécimen de prueba | 143.44                              | 195.14  | 228.51  |
| 2        | Espécimen de prueba | 152.34                              | 200.41  | 231.50  |
| 3        | Espécimen de prueba | 156.15                              | 189.97  | 224.95  |
| Promedio |                     | 150.64                              | 195.17  | 228.32  |

Los datos de los tres especímenes de prueba muestran una baja dispersión. Por ejemplo, a los 28 días, los valores oscilan entre 224.95 y 231.50  $\text{kg/cm}^2$ . Esta cercanía entre los resultados individuales y el promedio sugiere un proceso de elaboración y curado de las sondas controlado y homogéneo. La muestra de control cumple con un patrón de endurecimiento convencional, alcanzando una resistencia final promedio de 228.32  $\text{kg/cm}^2$ . Este valor servirá como la línea base (referencia) para comparar la efectividad de cualquier aditivo o modificación que se aplique en las muestras experimentales del estudio.

**b. Resistencia del concreto patrón + 4% de ceniza de eucalipto****Tabla 11**

*Determinación de la resistencia a la compresión del concreto con un 4 % de ceniza de eucalipto*

| N°       | Briquetas           | Esfuerzo de rotura kg/cm <sup>2</sup> |         |         |
|----------|---------------------|---------------------------------------|---------|---------|
|          |                     | 7 días                                | 14 días | 28 días |
| 1        | Espécimen de prueba | 145.30                                | 189.07  | 211.24  |
| 2        | Espécimen de prueba | 141.64                                | 183.72  | 218.79  |
| 3        | Espécimen de prueba | 145.59                                | 173.42  | 223.12  |
| Promedio |                     | 144.18                                | 182.07  | 217.72  |

La incorporación del 4% de ceniza de eucalipto resulta en un concreto con una resistencia a la compresión final de 217,72 kg/cm<sup>2</sup>. Al comparar este valor con la muestra de control previa (228.32 kg/cm<sup>2</sup>), se observa una ligera disminución en la resistencia, lo que indica que el material es viable.

**c. Resistencia del concreto patrón + %8 de ceniza de eucalipto****Tabla 12**

*Determinación de la resistencia a la compresión del concreto con un 8 % de ceniza de eucalipto*

| N°       | Briquetas           | Esfuerzo de rotura kg/cm <sup>2</sup> |         |         |
|----------|---------------------|---------------------------------------|---------|---------|
|          |                     | 7 días                                | 14 días | 28 días |
| 1        | Espécimen de prueba | 130.55                                | 169.59  | 200.63  |
| 2        | Espécimen de prueba | 139.04                                | 165.07  | 196.24  |
| 3        | Espécimen de prueba | 135.42                                | 159.93  | 199.20  |
| Promedio |                     | 134.99                                | 164.87  | 198.69  |

Al comparar estos resultados con las series anteriores (control y 4%), se evidencia una tendencia decreciente en la resistencia final. Con un 8% de reemplazo, la resistencia a los 28 días (198.69 kg/cm<sup>2</sup>) representa una disminución de aproximadamente el 13% respecto a la muestra de control. Esto sugiere que elevar el contenido de ceniza de eucalipto por encima del 4% empieza a comprometer significativamente la capacidad estructural del concreto. El uso de un 8% de ceniza de eucalipto como reemplazo del cemento permite obtener un concreto funcional, pero con una resistencia notablemente inferior a la mezcla patrón. Los valores obtenidos indican que, a medida que aumenta la dosificación de este residuo orgánico, se reduce la densidad de los productos de hidratación, por lo que este diseño de mezcla sería más adecuado para aplicaciones de elementos no estructurales o de menor exigencia de carga.

#### d. Resistencia del concreto patrón + 12% de ceniza de eucalipto

**Tabla 13**

*Determinación de la resistencia a la compresión del concreto con un 12 % de ceniza de eucalipto*

| N°       | Briquetas           | Esfuerzo de rotura kg/cm <sup>2</sup> |         |         |
|----------|---------------------|---------------------------------------|---------|---------|
|          |                     | 7 días                                | 14 días | 28 días |
| 1        | Espécimen de prueba | 115.19                                | 147.73  | 179.86  |
| 2        | Espécimen de prueba | 126.36                                | 145.29  | 175.35  |
| 3        | Espécimen de prueba | 122.21                                | 154.52  | 189.27  |
| Promedio |                     | 121.25                                | 149.18  | 181.49  |

La ganancia de resistencia entre los 14 y 28 días se mantiene constante, pero el valor inicial a los 7 días es un 19,5% menor que el del grupo control. Esto

sugiere que el exceso de ceniza de eucalipto diluye el contenido de silicatos de calcio del cemento (responsables de la resistencia) y posiblemente aumenta la demanda de agua o la porosidad, debilitando la matriz cementicio. La incorporación de un 12% de ceniza de eucalipto como reemplazo del peso del cemento afecta las propiedades mecánicas del concreto. Si bien el material es estable y desarrolla resistencia, la pérdida de más de una quinta parte de su capacidad de carga respecto al control indica que este excede el porcentaje del límite óptimo para aplicaciones que requieren un desempeño estructural garantizado.

#### e. Resistencia del concreto patrón + 16% de ceniza de eucalipto

**Tabla 14**

*Determinación de la resistencia a la compresión del concreto con un 16 % de ceniza de eucalipto*

| N° | Briquetas           | Esfuerzo de rotura kg/cm2 |         |         |
|----|---------------------|---------------------------|---------|---------|
|    |                     | 7 días                    | 14 días | 28 días |
| 1  | Espécimen de prueba | 115.81                    | 136.32  | 165.84  |
| 2  | Espécimen de prueba | 104.24                    | 140.01  | 170.33  |
| 3  | Espécimen de prueba | 102.85                    | 138.64  | 165.13  |
| 1  | Promedio            | 107.63                    | 138.32  | 167.10  |

Este nivel de sustitución registra los valores de resistencia más bajos de todo el estudio. Al comparar el promedio final de 167.10 kg/cm2 con la muestra de control (228.32 kg/cm2), se observa una reducción del 26,8%. Esto confirma que, a mayor porcentaje de reemplazo de cemento por ceniza de eucalipto, la capacidad de carga del material disminuye de forma más acentuada. El uso de

un 16% de ceniza de eucalipto como reemplazo gravimétrico del cemento compromete severamente la resistencia mecánica del concreto. Bajo estas condiciones, el material pierde más de una cuarta parte de su capacidad original, por lo que su aplicación queda restringida exclusivamente a usos no estructurales, elementos de relleno o acabados donde las exigencias de carga sean mínimas.

### 3.9.4. Resumen de las resistencias obtenidas

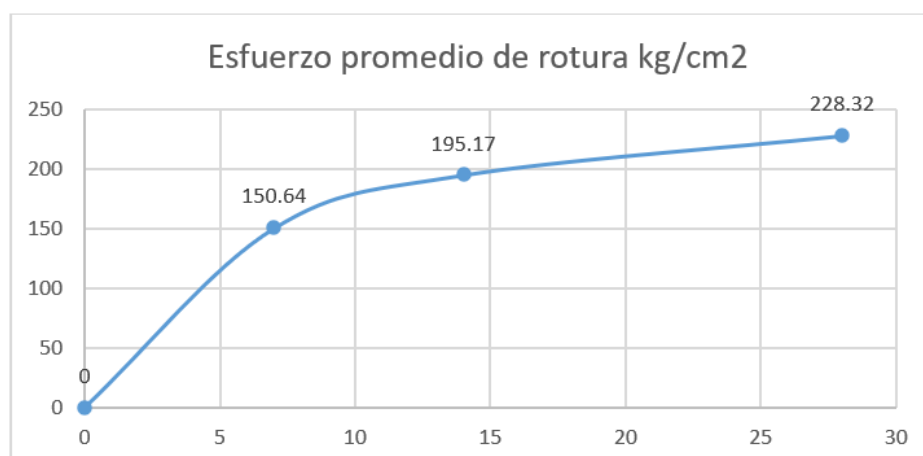
**Tabla 15**

*Resumen de las resistencias obtenidas de la muestra de control*

| Evolución de la resistencia del concreto |             |                                                |                        |
|------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------|------------------------|
| Detalles                                 | Edad (días) | Esfuerzo promedio de rotura kg/cm <sup>2</sup> | % Resistencia promedio |
|                                          | 0           | 0                                              | 0                      |
| Espécimen de prueba                      | 7           | 150.64                                         | 71.74%                 |
| Espécimen de prueba                      | 14          | 195.17                                         | 92.94%                 |
| Espécimen de prueba                      | 28          | 228.32                                         | 108.72%                |

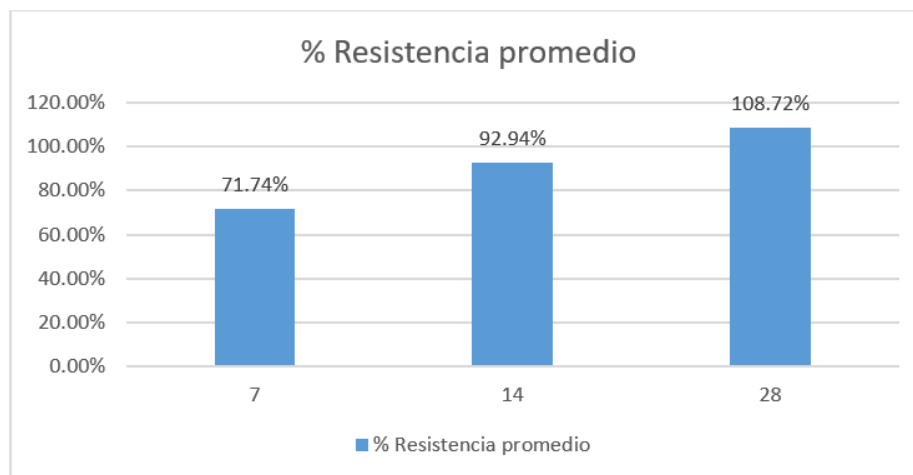
**Figura 15**

*Grafica de dispersión de la resistencia del concreto patrón*



**Figura 16**

*Relación de variación de la muestra de control*



Las figuras 15 y 16 demuestran una evolución normativa y satisfactoria del patrón concreto. La resistencia a la compresión a los 28 días de 228.32 kg/cm<sup>2</sup> confirma que la mezcla es apta para ser utilizada como base comparativa frente a las muestras con adiciones o sustituciones, garantizando que cualquier variación posterior se deba efectivamente a los materiales experimentales y no a deficiencias en la mezcla base.

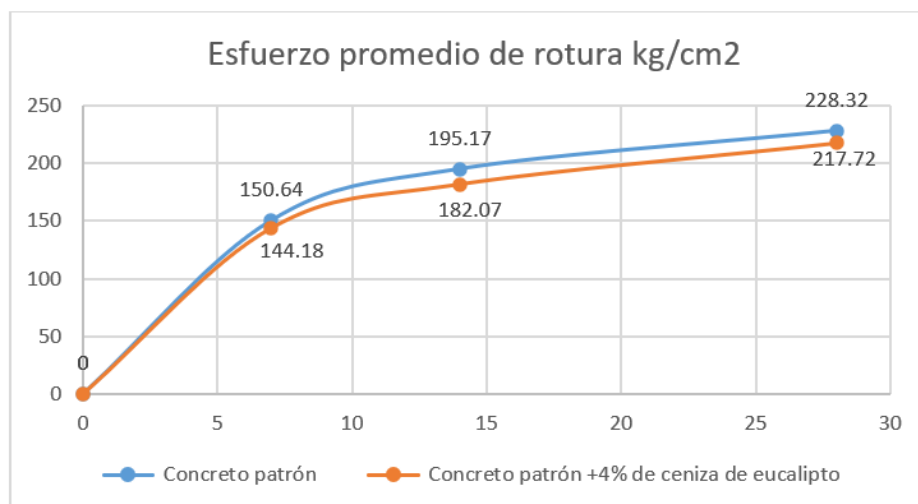
**Tabla 16**

*Resumen de las resistencias obtenidas del concreto patrón +4% de ceniza de eucalipto*

| Evolución de la resistencia del concreto |             |                                                |                        |
|------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------|------------------------|
| Detalles                                 | Edad (días) | Esfuerzo promedio de rotura kg/cm <sup>2</sup> | % Resistencia promedio |
|                                          | 0           | 0                                              | 0                      |
| Espécimen de prueba                      | 7           | 144.18                                         | 68.66%                 |
| Espécimen de prueba                      | 14          | 182.07                                         | 86.70%                 |
| Espécimen de prueba                      | 28          | 217.72                                         | 103.67%                |

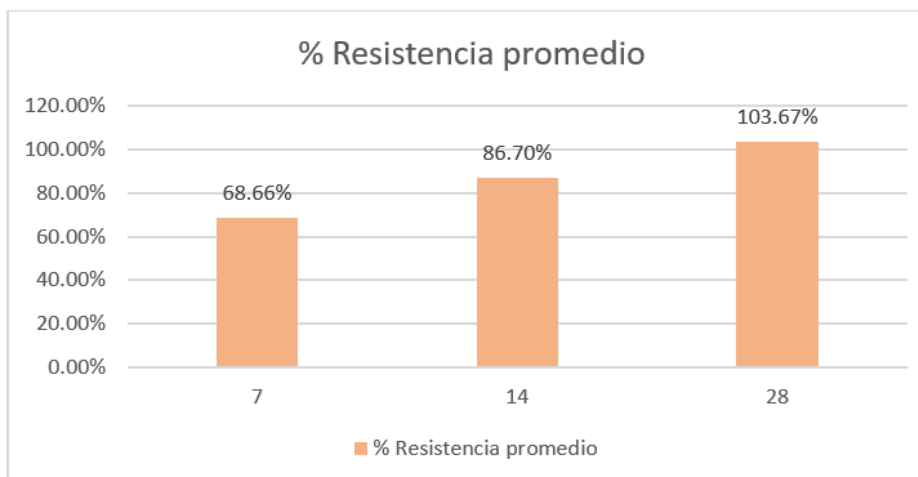
**Figura 17**

*Grafica de dispersión de la resistencia del concreto patrón + 4% de ceniza de eucalipto*



**Figura 18**

*Relación de variación de concreto patrón + 4% de ceniza de eucalipto*



La incorporación de un 4% de ceniza de eucalipto genera una reducción marginal en la resistencia a la compresión en todas las edades de control. Sin embargo, desde un enfoque de construcción sostenible, los resultados son altamente positivos: el material logra una resistencia final de 217.72 kg/cm<sup>2</sup>,

cumpliendo satisfactoriamente con los estándares para un concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Esto valida el uso de cenizas vegetales como una alternativa viable para reducir el consumo de cemento o mejorar ciertas propiedades químicas sin sacrificar el cumplimiento de las normativas de resistencia mecánica.

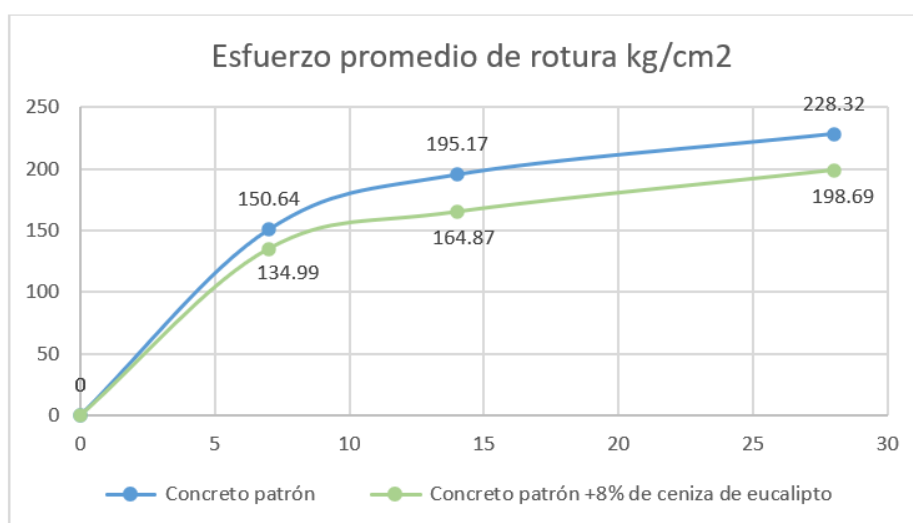
**Tabla 17**

*Resumen de las resistencias obtenidas del concreto patrón +8% de ceniza de eucalipto*

| Evolución de la resistencia del concreto |             |                                                |                        |
|------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------|------------------------|
| Detalles                                 | Edad (días) | Esfuerzo promedio de rotura kg/cm <sup>2</sup> | % Resistencia promedio |
|                                          | 0           | 0                                              | 0                      |
| Espécimen de prueba                      | 7           | 134.99                                         | 64.28%                 |
| Espécimen de prueba                      | 14          | 164.87                                         | 78.51%                 |
| Espécimen de prueba                      | 28          | 198.69                                         | 94.62%                 |

**Figura 19**

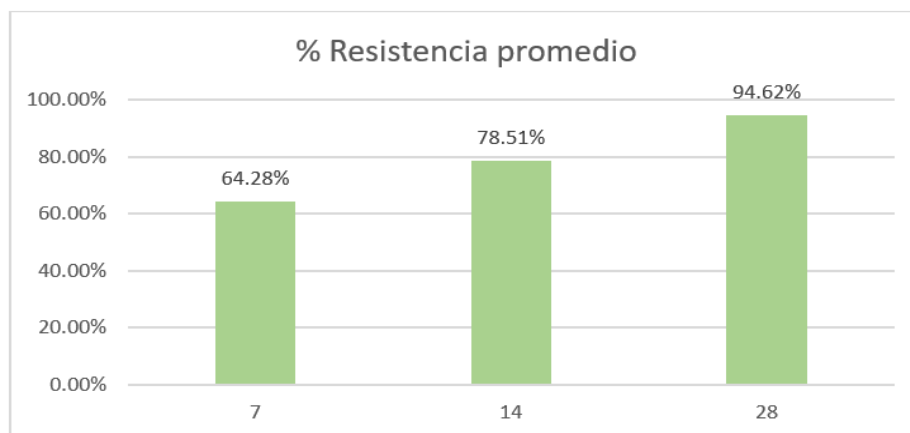
*Grafica de dispersión de la resistencia del concreto patrón + 8% de ceniza de eucalipto*



S

**Figura 20**

*Relación de variación de concreto patrón + 8% de ceniza de eucalipto*



Al llegar a los 28 días, el concreto con 8% de ceniza no logra alcanzar los 210 kg/cm (resistencia de diseño estándar). Se aproximadamente queda un 5.4% por debajo del umbral mínimo, lo que sugiere que una sustitución del 8% compromete la capacidad estructural si no se compensa con otros aditivos o una reducción en la relación agua/cemento. Mientras que el patrón llegó al 108.72% y la mezcla con 4% al 103.67%, esta mezcla con 8% es la primera en quedar por debajo del 100% de la resistencia objetivo.

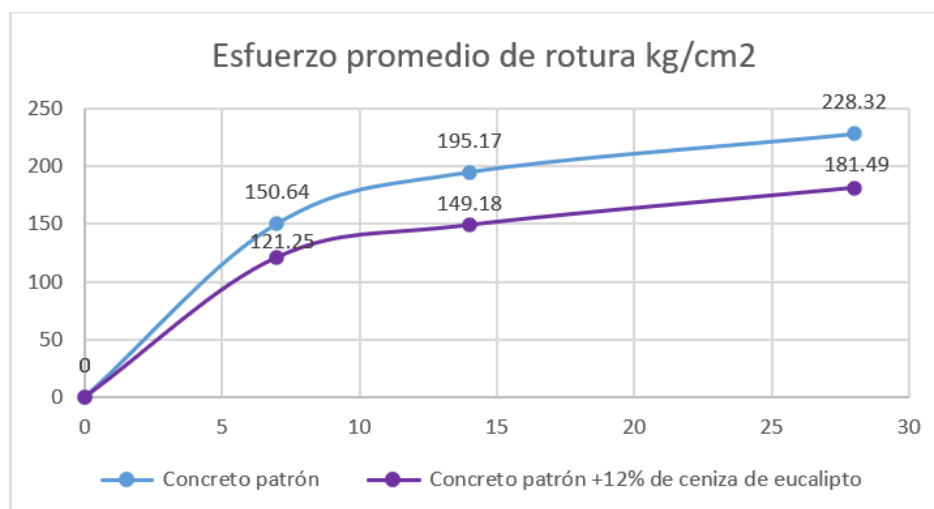
**Tabla 18**

*Resumen de las resistencias obtenidas del concreto patrón +12% de ceniza de eucalipto*

| Evolución de la resistencia del concreto |             |                                                |                        |
|------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------|------------------------|
| Detalles                                 | Edad (días) | Esfuerzo promedio de rotura kg/cm <sup>2</sup> | % Resistencia promedio |
|                                          | 0           | 0                                              | 0                      |
| Espécimen de prueba                      | 7           | 121.25                                         | 57.74%                 |
| Espécimen de prueba                      | 14          | 149.18                                         | 71.04%                 |
| Espécimen de prueba                      | 28          | 181.49                                         | 86.43%                 |

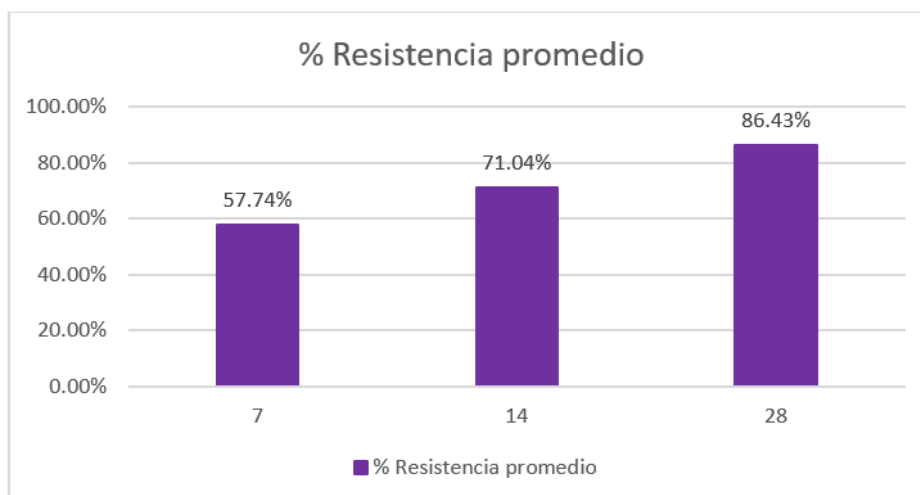
**Figura 21**

*Grafica de dispersión de la resistencia del concreto patrón + 12% de ceniza de eucalipto*



**Figura 22**

*Relación de variación de concreto patrón + 12% de ceniza de eucalipto*



Los resultados de tus figuras (de la 15 a la 22) demuestran que, a mayor porcentaje de ceniza de eucalipto, menor es la resistencia a la compresión. El 4% se identifica como la dosificación óptima para mantener el estándar

estructural. El 8% entra en una zona de riesgo y el 12% resulta inviable para concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup>. El exceso de ceniza aumenta la demanda de agua para mantener la trabajabilidad o simplemente diluye el contenido de cemento necesario para la formación de cristales de resistencia.

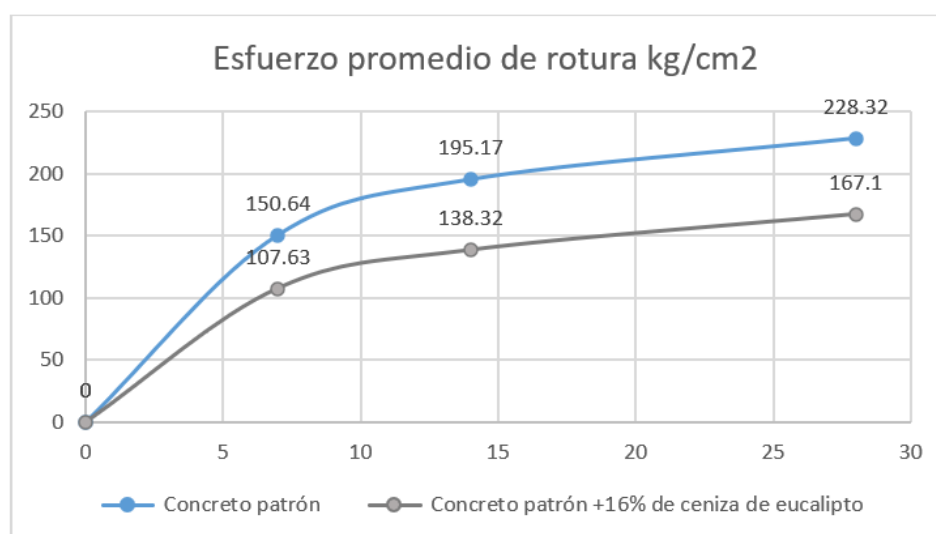
**Tabla 19**

*Resumen de las resistencias obtenidas del concreto patrón +16% de ceniza de eucalipto*

| Evolución de la resistencia del concreto |             |                                                |                        |
|------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------|------------------------|
| Detalles                                 | Edad (días) | Esfuerzo promedio de rotura kg/cm <sup>2</sup> | % Resistencia promedio |
|                                          | 0           | 0                                              | 0                      |
| Espécimen de prueba                      | 7           | 107.63                                         | 51.25%                 |
| Espécimen de prueba                      | 14          | 138.32                                         | 65.87%                 |
| Espécimen de prueba                      | 28          | 167.10                                         | 79.57%                 |

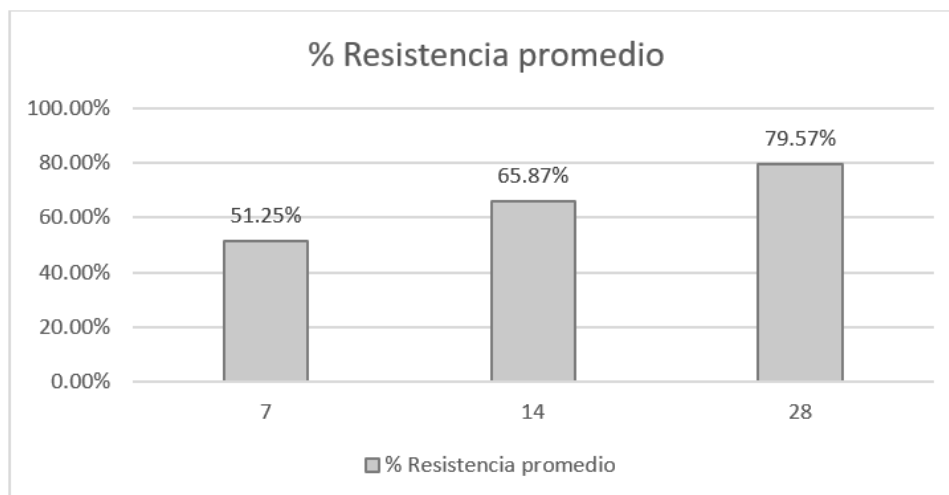
**Figura 23**

*Grafica de dispersión de la resistencia del concreto patrón + 16% de ceniza de eucalipto*



**Figura 24**

*Relación de variación de concreto patrón + 16% de ceniza de eucalipto*



Estas cifras presentan los resultados para la dosificación máxima de tu estudio: un 16% de ceniza de eucalipto. Los datos revelan el punto de mayor degradación en las propiedades mecánicas del concreto. A los 28 días, existe una diferencia de 61.22 kg/cm<sup>2</sup> respecto al patrón. Esta mezcla no alcanza ni siquiera el 80% de la resistencia de diseño típico (210 kg/cm<sup>2</sup>), lo que la descarta totalmente para aplicaciones estructurales. Al comparar con tus resultados anteriores (4%, 8% y 12%), se confirma una caída lineal negativa. El 16% representa una pérdida de casi el 30% de la eficiencia en comparación con el patrón concreto (108.72%).

Al llegar al 16% de sustitución, el contenido de cemento es insuficiente para reaccionar con la cantidad de ceniza presente. La ceniza de eucalipto deja de actuar como un material puzolánico y pasa a ser un simple material inerte que debilita la estructura interna del concreto.

## CONCLUSIONES

Primera: La adición de ceniza de tronco de eucalipto influye de manera variable en la resistencia mecánica del concreto. Se decide que, a diferencia de lo planteado en la hipótesis general, la resistencia tiende a disminuir a medida que aumenta el porcentaje de aleación por encima de ciertos niveles, aunque porcentajes bajos pueden mantener un desempeño aceptable

Segunda: El análisis de laboratorio demostró que la incorporación de ceniza afecta directamente el esfuerzo de rotura del concreto. Por ejemplo, a los 28 días, la muestra de control alcanzó  $211,24 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que con una adición del 8% la resistencia fue de  $200.63 \text{ kg/cm}^2$  y con un 12% descendió a  $179.86 \text{ kg/cm}^2$ , evidenciando una relación inversa entre el aumento de ceniza y la resistencia final.

Tercera: Se calcula que la cantidad óptima de ceniza de tronco de eucalipto para un diseño de  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$  se encuentra en los rangos más bajos evaluados (cerca al 4% o menos). Las pruebas indicaron que dosificaciones superiores al 8% impiden que el concreto alcance la resistencia de diseño de  $210 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días, reduciendo su capacidad estructural

Cuarta: Al comparar el concreto patrón con el adicionado, se concluye que el concreto convencional presenta un mejor desempeño en términos de resistencia pura. Sin embargo, el uso de ceniza en proporciones bajas es viable para aplicaciones que no requieren altas exigencias estructurales, ofreciendo beneficios en la reducción del uso de Clinker y menores costos de materiales.



## RECOMENDACIONES

Sugerimos utilizar áridos procedentes de varias canteras de Juliaca, seguir investigando sobre la incorporación de cenizas de troncos de eucalipto y experimentar con otros diseños de mezcla con diferentes resistencias.

Se sugiere realizar investigaciones adicionales sobre ensayos de resistencia a la compresión con diversos tipos de cenizas, ya que proporcionarán resultados variados debido a sus cualidades únicas. Para elegir la solución óptima, también deben realizarse ensayos de resistencia a la compresión con ellas.

Para evaluar con precisión los resultados de los ensayos de compresión y determinar la cantidad ideal de cenizas de troncos de eucalipto en el hormigón, es esencial continuar investigando con distintos porcentajes.



## BIBLIOGRAFÍA

- Alberco Vilcayauri, M. D. (2023). Evaluación de la adición de ceniza de penca de tuna en las propiedades mecánicas del concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  de la cantera Carapongo—Lurigancho 2023. *Repositorio Institucional - UCV*.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/144083>
- Bernaola Fuentes, Y., & Guardapuclla Espinoza, H. (2021). Influencia de la ceniza del tronco del eucalipto en las propiedades físico mecánicas del concreto de diseño  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  Anta, Cusco – 2021. *Repositorio Institucional* - UCV.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/83039>
- Castells, X. E. (2012). *Diccionario de términos ambientales: Reciclaje de residuos industriales*. Ediciones Díaz de Santos.
- Chumacero, J. M. G., Carrasco, G. G. A., Zapata, L. I. V., & Perez, S. P. M. (2023). Strength of Concrete Using Partial Addition of Residual Wood Ash with Respect to Cement. *Revista Politécnica*, 52(1), Article 1.  
<https://doi.org/10.33333/rp.vol52n1.05>
- Chuquihuaccha Montoro, H. J., & Malca Vasquez, A. Y. (2022). Resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210 \text{ Kg/Cm}^2$ , con adición de ceniza de madera de pino, Huaraz 2022. *Repositorio Institucional - UCV*.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/109552>
- Coaquira Coaquira, D. (2022). Influencia de ceniza de tronco de eucalipto y stipa ichu en propiedades físico mecánicas del concreto  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , Puno—2022. *Repositorio Institucional* - UCV.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/107131>



- Correa-Zeña, A., Hurtado-Bravo, A. H., & Muñoz-Pérez, S. P. (2023). Revisión sistemática de las propiedades físico-mecánicas del hormigón con incorporación de Ceniza de Madera. *Ingeniería y competitividad*, 25(2), 1-19.
- Couto, Á. F. do, Nogueira, G. S. F., Sandoval, G. F. B., Schwantes-Cezario, N., & Morales, G. (2019). Estudio inicial de Ceniza de Madera de Eucalipto (CME) como aditivo mineral en concreto. *DYNA*, 86(208), Article 208. <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n208.74580>
- Cruzado Castillo, M. Y., & Olivera Payano, R. (2022). Evaluación de las cenizas de hoja y de madera del eucalipto en el concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, Pataz-La Libertad 2022. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/96406>
- Duda, W. H. (2021). *Manual tecnológico del cemento*. Reverte. [https://books.google.com.pe/books?id=UdMfEAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=UdMfEAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Estrada J., J., & Reynoso J., J. (2024). Incidencia de ceniza de eucalipto en propiedades mecánicas del mortero de asentamiento de ladrillos artesanales. *Revista Digital Novasineria*, 7(1), 122-135. <https://doi.org/10.37135/ns.01.13.07>
- Giron Calderon, J. S., Mancha Caso, J., & Romero Yacolca, L. A. (2021). Efecto de la incorporación de ceniza de hoja de eucalipto en las propiedades mecánicas del concreto y físicas del mortero Huancayo 2021. *Universidad Continental*. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/renati/224222>
- Harmsen, teodoro. (2019). *Diseño de estructuras de concreto armado*. Alpha Editorial.



- Huaquisto Cáceres, S., & Belizario Quispe, G. (2018). Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(2), 225-234. <https://doi.org/10.18271/ria.2018.366>
- Juan, G., Guillermo, A., Luigi, V., & Socrates, M. (2023). Resistencia del Concreto Utilizando Adición Parcial de Ceniza de Madera Residual Respecto al Cemento. *Revista Politécnica*, 52(1), 45-54. <https://doi.org/10.33333/rp.vol52n1.05>
- Lipa Lipe, E. Y. (2023). Análisis de resistencia a compresión del concreto  $f'c=210$  kg/ cm<sup>2</sup> con sustitución del cemento por ceniza de aserrín de madera y yeso, Juliaca, Puno. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/132738>
- Miñano Vera, O. A., & Sanchez Vasquez, L. G. (2022). Análisis de las propiedades mecánicas del adoquín de concreto, adicionando ceniza de eucalyptus y cáscara de huevo, Trujillo, 2022. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/112719>
- Naiqian, F., Ping, L. J., & Gai-Fei, P. (2022). *Multifunctional Concrete Technology*. Materials Research Forum LLC. [https://books.google.com.pe/books?id=hPd7EAAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=hPd7EAAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Ñahui de la Cruz, J. (2023). Utilización de la ceniza de madera de eucalipto como reemplazo del cemento para el concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>. *Universidad Peruana Los Andes*. <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/6153>



- Osorio Palma, M. A. (2022). Influencia de cenizas de carbón de madera de eucalipto en la resistencia de concreto estructural  $f'c$  210 Kg/cm<sup>2</sup> en Pasco 2021. *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*.  
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2647>
- Pacheco Flores, L. M. (2017). Propiedades del concreto en estado fresco y endurecido. *Universidad José Carlos Mariátegui*.  
<https://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/226>
- Perez Mantilla, Y. (2018). *Resistencia del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> sustituyendo al cemento en 4% y 8% por la ceniza de tronco de Eucalipto (Eucalyptus Globulus)*.  
<http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/7975>
- Romaldo Chávez, R., Sandoval Tamariz, A. E., Reynoso Oscanoa, J., & Perez Pereda, F. Y. (2024). Adición de Ceniza de Eucalipto y Fibra de Coco para Optimizar las Propiedades del Concreto. *Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar*, 8(1), 342-358.
- Sánchez Dahua, J. L. (2021). *Análisis de las propiedades mecánicas de la madera de eucalipto (Eucalyptus), provenientes de la provincia de Tungurahua y su factibilidad como material estructural de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 (NEC 2015)* [bachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil].  
<https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/33541>
- Velásquez C., C. A. C., & Maestre Y., Y. L. G. (2015). *PRODUCCIÓN, PROPIEDADES Y USOS DE LOS RESIDUOS DE LA COMBUSTIÓN DEL CARBÓN DE TERMOTASAJERO*.



Vilca Apaza, E. (2022). Adición de ceniza reciclada de eucalipto de la pollería para mejorar las propiedades del concreto  $f'c=210\text{Kg/cm}^2$  en edificaciones, Puno 2022. *Repositorio Institucional - UCV*.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/102200>

Villanueva Manrique, J. E. (2018). Resistencia de concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con sustitución de 15% de cemento por cenizas de eucalipto de hornos artesanales. *Universidad San Pedro*.  
<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2675749>



# ANEXOS



## ANEXO 01

### MATRIZ DE CONSISTENCIA



| Problema                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Objetivos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Hipótesis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Variables                                                             | Dimensiones              | Indicadores           | Método y Técnicas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Problema General:</b><br><br>¿Cuál es la influencia de la adición de ceniza de tronco de eucalipto en la resistencia mecánica del concreto elaborado en la ciudad de Juliaca?                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Objetivo General:</b><br><br>Analizar la influencia de la ceniza de tronco de eucalipto en proporciones variables sobre la resistencia mecánica del concreto elaborado en la Ciudad de Juliaca 2025.                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>Hipótesis General:</b><br><br>La ceniza de tronco de eucalipto influye positivamente en la resistencia mecánica del concreto elaborado en la ciudad de Juliaca.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>Variable Independiente</b><br><br>Ceniza de tronco de eucalipto.   | Dosificación             | 0%, 4%, 8%, 12% y 16% | <b>Enfoque de investigación:</b><br>Cuantitativo<br><br><b>Nivel y tipo de investigación:</b><br>Según el estudio de la investigación es de nivel explicativo de tipo aplicativo<br><br><b>Diseño de la investigación:</b> Experimental                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Problemas Específicos:</b><br><br>¿Cuál es la influencia de la adición de ceniza de tronco de eucalipto en la resistencia a la compresión del concreto elaborado en la ciudad de Juliaca?<br><br>¿Cuál es el porcentaje óptimo de ceniza de tronco de eucalipto adicionado al concreto de concreto 210 kg/cm2?<br><br>¿Cuál es la resistencia a la compresión de un concreto convencional y concreto adicionado con ceniza de tronco de eucalipto? | <b>Objetivos Específicos:</b><br><br>Analizar y determinar la influencia de la adición de ceniza de tronco de eucalipto en la resistencia a la compresión del concreto elaborado en la ciudad de Juliaca.<br><br>Determinar la cantidad optima de ceniza de tronco de eucalipto adicionado al diseño del concreto $f'c=210$ kgf/cm2.<br><br>Comparar y analizar resistencia a la compresión de un concreto convencional con el concreto adicionado con ceniza de tronco de eucalipto. | <b>Hipótesis Específicos:</b><br><br>La ceniza de tronco de eucalipto influye positivamente en la resistencia a la compresión del concreto elaborado en la ciudad de Juliaca.<br><br>La ceniza de tronco de eucalipto influye positivamente en el diseño de mezcla de concreto de $f'c=210$ kgf/cm2.<br><br>La influencia de ceniza de tronco de eucalipto en 4%, 8%, 12% y 16% mejora la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kgf/cm2, nos brinda un mejor desempeño. | <b>Variable Dependiente</b><br><br>Resistencia mecánica del concreto. | Resistencia a compresión | ( $f'c=210$ kg/cm2)   | <b>Población:</b><br>La población del estudio incluye todas y cada una de las muestras de hormigón (briquetas) que pueden fabricarse mediante aditivos. Esta población se considera ilimitada, ya que el número total de unidades es teóricamente incalculable y no existe un límite físico al número de muestras que pueden formarse en estas circunstancias.<br><br><b>Muestra:</b><br>Como muestra de estudio se determina 45 testigos de concreto.<br><br><b>Instrumentos a utilizar:</b><br>Ensayos de laboratorio con el objetivo de diseñar mezclas.<br>Granulometría NTP 400.012: Estudio de la granulometría de las sustancias pétreas.<br>Prueba de absorción y peso específico de acuerdo con ASTM C 127, ASTM C 128, NTP 400.021 y NTP 400.022.<br>De los compuestos.<br>Prueba de humedad de los agregados NTP 400.016, ASTM C 566.<br>Agregados NTP 400:017, ASTM C 29: peso específico.<br>Resistencia a la compresión según ASTM-C-39.<br>Posicionamiento en el cono de Abrams, según la ASTM C143 y la NTP 339.035. |



## ANEXO 02

### PANEL FOTOGRÁFICO



**Fotografia01:** Realizando los ensayos de laboratorio para el diseño de mezclas.



**Fotografía 02:** Realización de ensayos en laboratorio para diseño de mezclas.



**Fotografía 03:** pesando de materiales.



**Fotografía 04:** Muestras de concreto en el molde



**Fotografía 05:** Llenado del concreto fresco en el molde.



**Fotografía 06:** Curado de las briquetas



**Fotografía 07:** Ensayo de compresión en probetas.



**Fotografía 08:** Fallo de la briqueta ante la aplicación de cargas.



## **ANEXO 03**

### **ENSAYOS DE LABORATORIO**



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



## DISEÑO DE MEZCLA F'c = 210 Kg./cm.<sup>2</sup>

TESIS INFLUENCIA DE LA CENIZA DE TRONCO DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LA RESISTENCIA

MECÁNICA DEL CONCRETO ELABORADO EN LA CIUDAD DE JULIACA 2025

SOLICITANTE Bach. RUBEN CONDORI CONDORI

CANTERA ISLA

UBICACIÓN CARRETERA JULIACA - ISLA km 17- SECTOR ISLA

FECHA 21 DE JULIO DEL 2025

PROCESO DE DISEÑO

NORMAS: ACI 211.1.74

ACI 211.1.81

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión F'c =

entonces la resistencia promedio F'cr =

Las condiciones de colocación permiten un asentamiento de 3" a 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:

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

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

**RESULTADOS DE LABORATORIO**

| CARACTERÍSTICAS FÍSICAS | AGREGADO GRUESO (GRAVA) | AGREGADO FINO (ARENA) |
|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| P.e de Sólidos          | 2.51                    | 2.49                  |
| P.e SSS                 |                         |                       |
| P.e Bulk                |                         |                       |
| P.U. Varillado          | 1518                    | 1684                  |
| P.U. Suelto             | 1399                    | 1472                  |
| % de Absorción          | 1.79                    | 3.22                  |
| % de Humedad Natural    | 1.42                    | 8.65                  |
| Modulo de Fineza        | -                       | 2.52                  |

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

El asentamiento dado es de 3" a 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)

2. 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<sup>3</sup>

3. Como el concreto estará sometido a intemperismo severo se considera un contenido de aire

atrapado de 2.0 %

4. Como se prevé que el concreto no será atacado por sulfatos, entonces la relación

agua/cemento (a/c) será de: 0.56

5. De acuerdo a la información obtenida en los ítems 3 y 4 el requerimiento de cemento será de

( 205 Lt/m<sup>3</sup> ) / ( 0.56 ) = 367 Kg/m<sup>3</sup>

UNIVERSIDAD ANDINA "MESTOR CAGRES VELÁSQUEZ"  
FICP- CAP INGENIERÍA CIVIL  
Dr. Arnaldo Yana Torres  
Caf. 103257

BIE: B006-00319889



## DOSIFICACIÓN

8.64 BOLSAS / m3 DE CEMENTO

### DOSIFICACIÓN POR PESO:

|                        |           |
|------------------------|-----------|
| Cemento                | 42.50 Kg  |
| Agregado fino húmedo   | 80.23 Kg  |
| Agregado grueso húmedo | 115.33 Kg |
| Agua efectiva          | 20.13 Kg  |

ICA DE SUELOS CONCRETO Y

ICA DE SUELOS CONCRETO Y

ICA DE SUELOS CONCRETO Y  
ICA DE SUELOS CONCRETO Y

ICA DE SUELOS CONCRETOS

ICA DE SUELOS CON

LABORATO  
USC

ICA DE SUELOS CON QUEFATU

ICA DE SUELOS CONO

ICA DE SUELOS CONCRETOS Y  
ICA DE SUELOS CONCRETOS Y

ICA DE SUELOS CONCRETO Y

ICA DE SUELOS CONCRETO Y  
ICA DE SUELOS CONCRETO YICA DE SUELOS CONCRETO Y  
ICA DE SUELOS CONCRETO Y

ICA DE SUELOS CONCRETO Y

ICA DE SUELOS CONCRETOS

---

31

**N**ew York City Mayor Michael Bloomberg has announced that he will not seek re-election in 2009. Bloomberg, who has served as mayor since 2002, said he will focus on his business and philanthropic interests. His decision leaves the 2009 election open to other potential candidates, including Governor Eliot Spitzer and U.S. Senator Charles Schumer.

1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 26

BIE: B006-00319888



### DOSIFICACIÓN POR TANDAS:

Para Mezcladora de 9 pies<sup>3</sup>

1.0 Bolsa de Cemento:

Redondeo

1.93 p<sup>3</sup> de Arena

1.9 p<sup>3</sup> de Arena

2.91 p<sup>3</sup> de Grava

2.9 p<sup>3</sup> de Grava

20 Lt de Agua

20 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.



UNIVERSIDAD NARIÑO VÍCTOR CARRERA VELÁSQUEZ  
FICP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres  
CIP: 103257



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



TESIS INFLUENCIA DE LA CENIZA DE TRONCO DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LA RESISTENCIA

SOLICITANTE MECÁNICA DEL CONCRETO ELABORADO EN LA CIUDAD DE JULIACA 2025

CANTERA Bach. RUBEN CONDORI CONDORI

LUGAR ISLA

FECHA CARRETERA JULIACA - ISLA km 12, SECTOR ISLA

21 DE JULIO DEL 2025

### ANÁLISIS MECÁNICO Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

#### ARENA

| Malla                                          | Peso Retenido | % Retenido | % Ret. Acumulado | % Pasa | Peso Específico y Absorción Método del Pícnómetro |
|------------------------------------------------|---------------|------------|------------------|--------|---------------------------------------------------|
| 3/8"                                           | 0             | 0.00       | 0.00             | 100.00 | A -Peso de muestra secada al horno (SSS) 494.38   |
| N° 4                                           | 2.15          | 0.43       | 0.43             | 99.57  | B -Peso de muestra saturada seca (SSS) 500.00     |
| N° 8                                           | 60.10         | 12.02      | 12.45            | 87.55  | Wc -Peso del picnómetro con agua 1312.80          |
| N° 16                                          | 58.65         | 11.73      | 24.18            | 75.82  | W -Peso del Pic. + muestra + agua 1612.35         |
| N° 30                                          | 121.30        | 24.26      | 48.44            | 51.56  |                                                   |
| N° 50                                          | 128.65        | 25.73      | 74.17            | 25.83  |                                                   |
| N° 100                                         | 93.17         | 18.63      | 92.80            | 7.20   |                                                   |
| N° 200                                         | 29.57         | 5.91       | 98.72            | 1.28   |                                                   |
| FONDO                                          | 6.41          | 1.28       | 100.00           | 0.00   |                                                   |
| SUMA                                           | 500.00        | 100.00     |                  |        |                                                   |
| Observaciones sobre el Análisis Granulométrico |               |            |                  |        |                                                   |
| Mf = MÓDULO DE FINEZA                          |               |            |                  |        | 2.52                                              |

#### GRAVA

| Malla                                          | Peso Retenido | % Retenido | % Ret. Acumulado | % Pasa | Peso Específico y Absorción Método del Pícnómetro |
|------------------------------------------------|---------------|------------|------------------|--------|---------------------------------------------------|
| 2"                                             | 0             | 0.00       | 0.00             | 100.00 | A -Peso de muestra secada al horno 785.94         |
| 1 1/2"                                         | 0             | 0.00       | 0.00             | 100.00 | B -Peso de muestra saturada seca (SSS) 800.00     |
| 1"                                             | 2             | 0.05       | 0.05             | 99.95  | Wc -Peso del picnómetro con agua 1312.80          |
| 3/4"                                           | 156           | 3.90       | 3.95             | 96.05  | W -Peso del Pic. + muestra + agua 1794.15         |
| 1/2"                                           | 368           | 9.21       | 13.16            | 86.84  |                                                   |
| 3/8"                                           | 1379          | 34.46      | 47.63            | 52.38  |                                                   |
| 1/4"                                           | 0             | 0.00       | 47.63            | 52.38  |                                                   |
| N° 4                                           | 1595          | 39.88      | 87.50            | 12.50  |                                                   |
| FONDO                                          | 0.00          | 0.00       | 87.50            | 12.50  |                                                   |
| SUMA                                           | 3500.00       | 87.50      |                  |        |                                                   |
| Observaciones sobre el Análisis Granulométrico |               |            |                  |        |                                                   |

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FICP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL  
Dr. Arnaldo Yana Torres  
CIP 103257

BIE: 0006-00319888



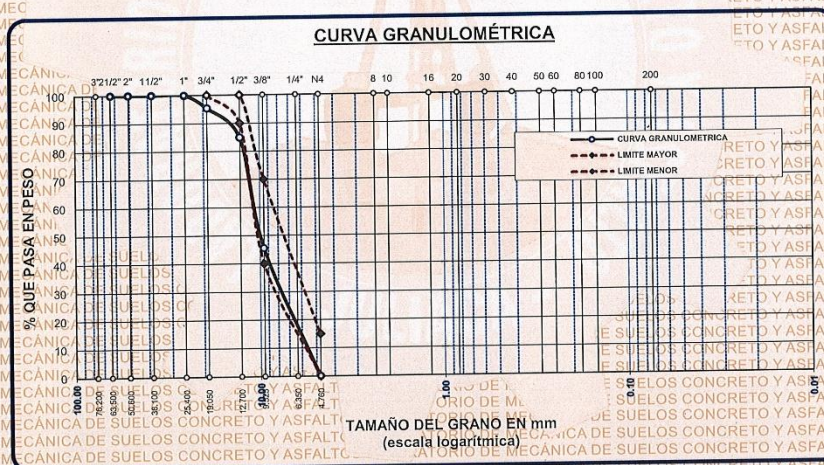
NORMA: ASTM C 33

MECÁNICA DEL CONCRETO ELABORADO EN LA CIUDAD DE JULIACA 2025

**MUESTRA DE SUELO: GRAVA**

FECHA : 21 DE JULIO DEL 2025

| TAMICES   | ABERTURA<br>mm | PESO<br>RETENIDO | %RETENIDO<br>PARCIAL | %RETENIDO<br>ACUMULADO | % QUE<br>PASA | ESPECIF.  | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA  |
|-----------|----------------|------------------|----------------------|------------------------|---------------|-----------|----------------------------|
| ASTM      |                |                  |                      |                        |               |           |                            |
| 3"        | 76.200         |                  |                      |                        |               |           |                            |
| 2 1/2"    | 63.500         | 0.00             | 0.00                 | 0.00                   | 100.00        |           | Peso Inicial = 3500 gr.    |
| 2"        | 50.600         | 0.00             | 0.00                 | 0.00                   | 100.00        |           | Tamaño máx. nominal = 3/4" |
| 1 1/2"    | 38.100         | 0.00             | 0.00                 | 0.00                   | 100.00        |           |                            |
| 1 1/4"    | 25.400         | 2.18             | 0.06                 | 0.06                   | 99.94         |           |                            |
| 3/4"      | 19.050         | 155.92           | 4.45                 | 4.52                   | 95.48         |           |                            |
| 1/2"      | 12.700         | 368.40           | 10.53                | 15.04                  | 84.96         | 100 %     | OBSERVACIONES:             |
| 3/8"      | 9.525          | 1378.50          | 39.39                | 54.43                  | 45.57         | 40 - 70 % |                            |
| 1/4"      | 6.350          | 0.00             | 0.00                 | 54.43                  | 45.57         |           |                            |
| No.4      | 4.760          | 1595.00          | 45.57                | 100.00                 | 0.00          | 0 - 15 %  |                            |
| BASE      |                | 0.00             | 0.00                 | 0.0                    | 100.0         |           |                            |
| TOTAL     |                | 3500.00          | 100.00               |                        |               |           |                            |
| % PERDIDA |                | 0.00             |                      |                        |               |           |                            |



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UNIVERSIDAD ANDRÉS BELLÓ  
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE M  
LABORATORIO DE M  
Dr. Arnaldo Yana Torres  
CIP 103257

FILE: B006 - 00319888





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



## PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C 29 AASHTO T 19

TESIS INFLUENCIA DE LA CENIZA DE TRONCO DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LA RESISTENCIA

MECÁNICA DEL CONCRETO ELABORADO EN LA CIUDAD DE JULIACA 2025

SOLICITANTE : Bach. RUBEN CONDOMI CONDOMI

MUESTRA : ARENA

FECHA : 21 DE JULIO DEL 2025

### DENSIDAD MINIMA AGREGADO (ARENA)

|                                    |                          |                          |                          |
|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| PESO DEL MOLDE                     | 5970 gr                  | 5970 gr                  | 5970 gr                  |
| VOLUMEN DEL MOLDE                  | 2099 cm <sup>3</sup>     | 2099 cm <sup>3</sup>     | 2099 cm <sup>3</sup>     |
| COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE      | CAIDA LIBRE              | CAIDA LIBRE              | CAIDA LIBRE              |
| PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA    | 9069.00 gr               | 9065.00 gr               | 9049.00 gr               |
| PESO DE LA MUESTRA SUELTA          | 3099.00 gr               | 3095.00 gr               | 3079.00 gr               |
| DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA | 1.476 gr/cm <sup>3</sup> | 1.474 gr/cm <sup>3</sup> | 1.467 gr/cm <sup>3</sup> |
| PROMEDIO                           |                          | 1.522 gr/cm <sup>3</sup> |                          |

### DENSIDAD MÁXIMA AGREGADO (ARENA)

|                                     |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| PESO DEL MOLDE                      | 5970 gr                  | 5970 gr                  | 5970 gr                  |
| VOLUMEN DEL MOLDE                   | 2099 cm <sup>3</sup>     | 2099 cm <sup>3</sup>     | 2099 cm <sup>3</sup>     |
| Nº DE CAPAS                         | 3                        | 3                        | 3                        |
| Nº DE GOLPES POR CAPA               | 25                       | 25                       | 25                       |
| PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA | 9497.00 gr               | 9515.00 gr               | 9503.00 gr               |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA       | 3527.00 gr               | 3545.00 gr               | 3533.00 gr               |
| DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA  | 1.680 gr/cm <sup>3</sup> | 1.689 gr/cm <sup>3</sup> | 1.683 gr/cm <sup>3</sup> |
| PROMEDIO                            |                          | 1.731 gr/cm <sup>3</sup> |                          |

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL  
Dr. Arnaldo Yana Torres  
CUI/103257

BIE: 8006 - 00319888



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



## PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C 29 AASHTO T-19

TESIS: INFLUENCIA DE LA CENIZA DE TRONCO DE EUCAUPTO EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LA RESISTENCIA

MECÁNICA DEL CONCRETO ELABORADO EN LA CIUDAD DE JULIACA 2025

SOLICITANTE: Bach. RUBÉN CONDORI CONDORI

MUESTRA: GRAVA

FECHA: 11 DE JULIO DEL 2025

## DENSIDAD MINIMA AGREGADO (GRAVA)

|                                    |                          |                          |                          |
|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| PESO DEL MOLDE                     | 7950 gr                  | 7950 gr                  | 7950 gr                  |
| VOLUMEN DEL MOLDE                  | 3249 cm <sup>3</sup>     | 3249 cm <sup>3</sup>     | 3249 cm <sup>3</sup>     |
| COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE      | CAIDA LIBRE              | CAIDA LIBRE              | CAIDA LIBRE              |
| PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA    | 12489.00 gr              | 12496.00 gr              | 12502.00 gr              |
| PESO DE LA MUESTRA SUELTA          | 4539.00 gr               | 4546.00 gr               | 4552.00 gr               |
| DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA | 1.397 gr/cm <sup>3</sup> | 1.399 gr/cm <sup>3</sup> | 1.401 gr/cm <sup>3</sup> |
| PROMEDIO                           |                          | 1.430 gr/cm <sup>3</sup> |                          |

## DENSIDAD MÁXIMA AGREGADO (GRAVA)

|                                     |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| PESO DEL MOLDE                      | 7950 gr                  | 7950 gr                  | 7950 gr                  |
| VOLUMEN DEL MOLDE                   | 3249 cm <sup>3</sup>     | 3249 cm <sup>3</sup>     | 3249 cm <sup>3</sup>     |
| Nº DE CAPAS                         | 3                        | 3                        | 3                        |
| Nº DE GOLPES POR CAPA               | 25                       | 25                       | 25                       |
| PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA | 12879.00 gr              | 12888.00 gr              | 12881.00 gr              |
| PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA       | 4929.00 gr               | 4938.00 gr               | 4931.00 gr               |
| DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA  | 1.517 gr/cm <sup>3</sup> | 1.520 gr/cm <sup>3</sup> | 1.518 gr/cm <sup>3</sup> |
| PROMEDIO                            |                          | 1.518 gr/cm <sup>3</sup> |                          |

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



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



## CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216 MTC E108-2000

TESIS: INFLUENCIA DE LA CENIZA DE TRONCO DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LA RESISTENCIA

MECÁNICA DEL CONCRETO ELABORADO EN LA CIUDAD DE JULIACA 2025

SOLICITANTE: Bach. RUBEN CONDORI CONDORI

MUESTRA: GRAVA- ARENA

FECHA: 21 DE JULIO DEL 2025

| MUESTRA : ARENA                         |        |
|-----------------------------------------|--------|
| Nº DE TARRO                             | 1      |
| PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.) | 314.50 |
| PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)   | 292.30 |
| PESO DEL TARRO (gr.)                    | 35.60  |
| PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)         | 278.90 |
| PESO DE LA MUESTRA SECO (gr.)           | 256.70 |
| PESO DEL AGUA (gr.)                     | 22.20  |
| % HUMEDAD                               | 3.40   |

| MUESTRA : GRAVA                         |        |
|-----------------------------------------|--------|
| Nº DE TARRO                             | 2      |
| PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.) | 436.90 |
| PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)   | 431.50 |
| PESO DEL TARRO (gr.)                    | 51.50  |
| PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)         | 385.40 |
| PESO DE LA MUESTRA SECO (gr.)           | 380.00 |
| PESO DEL AGUA (gr.)                     | 5.40   |
| % HUMEDAD                               | 2.85   |

### OBSERVACIONES:

\* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CACERES VELÁSQUEZ"  
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL  
Dr. Arnaldo Yana Torres  
CIP 103257

BIE: 8006 - 00319888



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



## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TESIS: INFLUENCIA DE LA CENIZA DE TRONCO DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LA RESISTENCIA

MECÁNICA DEL CONCRETO ELABORADO EN LA CIUDAD DE JULIACA 2025

SOLICITANTE: Bach. RUBEN CONDORI CONDORI

MUESTRA: PATRÓN

LUGAR: CIUDAD DE JULIACA

FECHA: 30 DE AGOSTO DEL 2025

EDAD : 7 DIAS - MUESTRA PATRÓN

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA                | CARGA                       | Ø     | AREA            | ESF. ROTURA        | F'C                | FECHA VACIADO | FECHA ROTURA | EDAD DIAS | %      |
|----|------------------------------------------|-----------------------------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|---------------|--------------|-----------|--------|
|    |                                          | Kg                          | cm    | cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> |               |              |           |        |
| 1  | PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm<br>M-1 | 25450.00                    | 15.03 | 177.42          | 143.44             | 210                | 23/07/2025    | 30/07/2025   | 7         | 68.31% |
| 2  | PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm<br>M-2 | 27100.00                    | 15.05 | 177.89          | 152.34             | 210                | 23/07/2025    | 30/07/2025   | 7         | 72.54% |
| 3  | PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm<br>M-3 | 27630.00                    | 15.01 | 176.95          | 156.15             | 210                | 23/07/2025    | 30/07/2025   | 7         | 74.36% |
|    |                                          | PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup> |       |                 | 150.64             |                    |               | PROMEDIO     |           | 71.74% |

EDAD : 14 DIAS - MUESTRA PATRÓN

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA                | CARGA                       | Ø     | AREA            | ESF. ROTURA        | F'C                | FECHA VACIADO | FECHA ROTURA | EDAD DIAS | %      |
|----|------------------------------------------|-----------------------------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|---------------|--------------|-----------|--------|
|    |                                          | Kg                          | cm    | cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> |               |              |           |        |
| 1  | PROBETA DE PRUEBA 15.06 x 30.0 cm<br>M-1 | 34760.00                    | 15.06 | 178.13          | 195.14             | 210                | 23/07/2025    | 6/08/2025    | 14        | 92.92% |
| 2  | PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm<br>M-2 | 35510.00                    | 15.02 | 177.19          | 200.41             | 210                | 23/07/2025    | 6/08/2025    | 14        | 95.43% |
| 3  | PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm<br>M-3 | 33750.00                    | 15.04 | 177.66          | 189.97             | 210                | 23/07/2025    | 6/08/2025    | 14        | 90.46% |
|    |                                          | PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup> |       |                 | 195.17             |                    |               | PROMEDIO     |           | 92.94% |

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA PATRÓN

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA                | CARGA                       | Ø     | AREA            | ESF. ROTURA        | F'C                | FECHA VACIADO | FECHA ROTURA | EDAD DIAS | %       |
|----|------------------------------------------|-----------------------------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|---------------|--------------|-----------|---------|
|    |                                          | Kg                          | cm    | cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> |               |              |           |         |
| 1  | PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm<br>M-1 | 40650.00                    | 15.05 | 177.89          | 228.51             | 210                | 23/07/2025    | 20/08/2025   | 28        | 108.82% |
| 2  | PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm<br>M-2 | 41020.00                    | 15.02 | 177.19          | 231.50             | 210                | 23/07/2025    | 20/08/2025   | 28        | 110.24% |
| 3  | PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm<br>M-3 | 39910.00                    | 15.03 | 177.42          | 224.95             | 210                | 23/07/2025    | 20/08/2025   | 28        | 107.12% |
|    |                                          | PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup> |       |                 | 228.32             |                    |               | PROMEDIO     |           | 108.72% |

OBSERVACIONES:

LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL  
Dr. Arnaldo Yana Torres  
CIP: 103257

IE: B006 - 00319888



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



### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTD 339.034

TESIS: INFLUENCIA DE LA CENIZA DE TRONCO DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LA RESISTENCIA

MUESTRA: MECÁNICA DEL CONCRETO ELABORADO EN LA CIUDAD DE JULIACA 2025

SOLICITANTE: Bach. RUBEN CONDORI CONDORI

CON 4% DE CENIZA DE TRONCO DE EUCALIPTO

LUGAR: CIUDAD DE JULIACA

FECHA: 20 DE AGOSTO DEL 2025

EDAD : 7 DÍAS - MUESTRA CON 4% CENIZA DE EUCALIPTO

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA                | CARGA                       | Ø     | AREA            | ESF. ROTURA        | F'C                | FECHA VACIADO | FECHA ROTURA | EDAD DÍAS | %      |
|----|------------------------------------------|-----------------------------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|---------------|--------------|-----------|--------|
|    |                                          | Kg                          | cm    | cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> |               |              |           |        |
| 1  | PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm<br>M-1 | 25710.00                    | 15.01 | 176.95          | 145.30             | 210                | 23/07/2025    | 30/07/2025   | 7         | 69.13% |
| 2  | PROBETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm<br>M-2 | 25030.00                    | 15.00 | 176.71          | 141.64             | 210                | 23/07/2025    | 30/07/2025   | 7         | 67.15% |
| 3  | PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm<br>M-3 | 25830.00                    | 15.03 | 177.42          | 145.59             | 210                | 23/07/2025    | 30/07/2025   | 7         | 69.33% |
|    |                                          | PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup> |       |                 |                    | 144.18             |               |              | PROMEDIO  | 68.66% |

EDAD : 14 DÍAS - MUESTRA CON 4% CENIZA DE EUCALIPTO

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA                | CARGA                       | Ø     | AREA            | ESF. ROTURA        | F'C                | FECHA VACIADO | FECHA ROTURA | EDAD DÍAS | %      |
|----|------------------------------------------|-----------------------------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|---------------|--------------|-----------|--------|
|    |                                          | Kg                          | cm    | cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> |               |              |           |        |
| 1  | PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm<br>M-1 | 33590.00                    | 15.04 | 177.66          | 189.07             | 210                | 23/07/2025    | 6/08/2025    | 14        | 90.93% |
| 2  | PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm<br>M-2 | 32510.00                    | 15.01 | 176.95          | 183.72             | 210                | 23/07/2025    | 6/08/2025    | 14        | 87.49% |
| 3  | PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm<br>M-3 | 30850.00                    | 15.05 | 177.89          | 173.42             | 210                | 23/07/2025    | 6/08/2025    | 14        | 82.58% |
|    |                                          | PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup> |       |                 |                    | 182.07             |               |              | PROMEDIO  | 86.70% |

EDAD : 28 DÍAS - MUESTRA CON 4% CENIZA DE EUCALIPTO

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA                | CARGA                       | Ø     | AREA            | ESF. ROTURA        | F'C                | FECHA VACIADO | FECHA ROTURA | EDAD DÍAS | %       |
|----|------------------------------------------|-----------------------------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|---------------|--------------|-----------|---------|
|    |                                          | Kg                          | cm    | cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> |               |              |           |         |
| 1  | PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm<br>M-1 | 37430.00                    | 15.02 | 177.19          | 211.24             | 210                | 23/07/2025    | 20/08/2025   | 28        | 100.55% |
| 2  | PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm<br>M-2 | 38920.00                    | 15.05 | 177.89          | 218.79             | 210                | 23/07/2025    | 20/08/2025   | 28        | 104.18% |
| 3  | PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm<br>M-3 | 39640.00                    | 15.04 | 177.66          | 223.12             | 210                | 23/07/2025    | 20/08/2025   | 28        | 106.25% |
|    |                                          | PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup> |       |                 |                    | 217.72             |               |              | PROMEDIO  | 103.67% |

OBSERVACIONES:

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



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS  
Dr. Arnaldo Lara Torres  
CIP 103257

BIE: 0006 - 00319888



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



## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TESIS: INFLUENCIA DE LA CENIZA DE TRONCO DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LA RESISTENCIA

SOLICITANTE: Bach. RUBÉN CONDORI CONDORI  
MUESTRA: CON 8% DE CENIZA DE TRONCO DE EUCALIPTO

LUGAR: CIUDAD DE JULIACA

FECHA: 20 DE AGOSTO DEL 2025

EDAD: 7 DÍAS - MUESTRA CON 8% CENIZA DE EUCALIPTO

| Nº                          | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA                | CARGA    | Ø     | AREA            | ESF. ROTURA        | F'C                | FECHA VACIADO | FECHA ROTURA | EDAD DÍAS | %      |
|-----------------------------|------------------------------------------|----------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|---------------|--------------|-----------|--------|
|                             |                                          | Kg       | cm    | cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> |               |              |           |        |
| 1                           | PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm<br>M-1 | 23100.00 | 15.01 | 176.95          | 130.55             | 210                | 23/07/2025    | 30/07/2025   | 7         | 62.16% |
| 2                           | PROBETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm<br>M-2 | 24570.00 | 15.00 | 176.71          | 139.04             | 210                | 23/07/2025    | 30/07/2025   | 7         | 66.21% |
| 3                           | PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm<br>M-3 | 24020.00 | 15.03 | 177.42          | 135.38             | 210                | 23/07/2025    | 30/07/2025   | 7         | 64.47% |
| PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup> |                                          |          |       |                 | 134.99             |                    |               |              |           | 64.28% |

EDAD: 14 DÍAS - MUESTRA CON 8% CENIZA DE EUCALIPTO

| Nº                          | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA                | CARGA    | Ø     | AREA            | ESF. ROTURA        | F'C                | FECHA VACIADO | FECHA ROTURA | EDAD DÍAS | %      |
|-----------------------------|------------------------------------------|----------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|---------------|--------------|-----------|--------|
|                             |                                          | Kg       | cm    | cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> |               |              |           |        |
| 1                           | PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm<br>M-1 | 30130.00 | 15.04 | 177.66          | 169.59             | 210                | 23/07/2025    | 6/08/2025    | 14        | 80.76% |
| 2                           | PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm<br>M-2 | 29210.00 | 15.01 | 176.95          | 165.07             | 210                | 23/07/2025    | 6/08/2025    | 14        | 78.61% |
| 3                           | PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm<br>M-3 | 28450.00 | 15.05 | 177.89          | 159.93             | 210                | 23/07/2025    | 6/08/2025    | 14        | 76.16% |
| PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup> |                                          |          |       |                 | 164.87             |                    |               |              |           | 78.51% |

EDAD: 28 DÍAS - MUESTRA CON 8% CENIZA DE EUCALIPTO

| Nº                          | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA                | CARGA    | Ø     | AREA            | ESF. ROTURA        | F'C                | FECHA VACIADO | FECHA ROTURA | EDAD DÍAS | %      |
|-----------------------------|------------------------------------------|----------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|---------------|--------------|-----------|--------|
|                             |                                          | Kg       | cm    | cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> |               |              |           |        |
| 1                           | PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm<br>M-1 | 35550.00 | 15.02 | 177.19          | 200.63             | 210                | 23/07/2025    | 20/08/2025   | 28        | 95.54% |
| 2                           | PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm<br>M-2 | 34910.00 | 15.05 | 177.89          | 196.24             | 210                | 23/07/2025    | 20/08/2025   | 28        | 93.45% |
| 3                           | PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm<br>M-3 | 35390.00 | 15.04 | 177.66          | 199.26             | 210                | 23/07/2025    | 20/08/2025   | 28        | 94.86% |
| PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup> |                                          |          |       |                 | 198.69             |                    |               |              |           | 94.62% |

## OBSERVACIONES:

M: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FICP: CIVIL INGENIERÍA CIVIL  
Dr. Arnaldo Yana Torres  
CIP: 103287

BIE: B006-00319888



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



## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TESIS: INFLUENCIA DE LA CENIZA DE TRONCO DE EUCAUPTO EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ELABORADO EN LA CIUDAD DE JULIACA 2025

SOLICITANTE: Bach. RUBEN CONDORI CONDORI

MUESTRA: CON 12% DE CENIZA DE TRONCO DE EUCAUPTO

LUGAR: CIUDAD DE JULIACA

FECHA: 20 DE AGOSTO DEL 2025

EDAD : 7 DIAS - MUESTRA CON 12% CENIZA DE EUCAUPTO

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA                | CARGA                       | Ø     | AREA            | ESF. ROTURA        | F'C                | FECHA VACIADO | FECHA ROTURA | EDAD DIAS | %      |
|----|------------------------------------------|-----------------------------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|---------------|--------------|-----------|--------|
|    |                                          | Kg                          | cm    | cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> |               |              |           |        |
| 1  | PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm<br>M-1 | 20410.00                    | 15.02 | 177.19          | 115.19             | 210                | 23/07/2025    | 30/07/2025   | 7         | 54.85% |
| 2  | PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm<br>M-2 | 22450.00                    | 15.04 | 177.66          | 126.36             | 210                | 23/07/2025    | 30/07/2025   | 7         | 60.17% |
| 3  | PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm<br>M-3 | 21740.00                    | 15.05 | 177.89          | 122.21             | 210                | 23/07/2025    | 30/07/2025   | 7         | 58.20% |
|    |                                          | PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup> |       |                 | 121.25             |                    |               |              | PROMEDIO  | 57.74% |

EDAD : 14 DIAS - MUESTRA CON 12% CENIZA DE EUCAUPTO

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA                | CARGA                       | Ø     | AREA            | ESF. ROTURA        | F'C                | FECHA VACIADO | FECHA ROTURA | EDAD DIAS | %      |
|----|------------------------------------------|-----------------------------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|---------------|--------------|-----------|--------|
|    |                                          | Kg                          | cm    | cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> |               |              |           |        |
| 1  | PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm<br>M-1 | 26210.00                    | 15.03 | 177.42          | 147.73             | 210                | 23/07/2025    | 6/08/2025    | 14        | 70.35% |
| 2  | PROBETA DE PRUEBA 15.06 x 30.0 cm<br>M-2 | 25880.00                    | 15.06 | 178.13          | 145.29             | 210                | 23/07/2025    | 6/08/2025    | 14        | 69.18% |
| 3  | PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm<br>M-3 | 27380.00                    | 15.02 | 177.19          | 154.52             | 210                | 23/07/2025    | 6/08/2025    | 14        | 73.88% |
|    |                                          | PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup> |       |                 | 149.18             |                    |               |              | PROMEDIO  | 71.04% |

EDAD : 28 DIAS - MUESTRA CON 12% CENIZA DE EUCAUPTO

| Nº | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA                | CARGA                       | Ø     | AREA            | ESF. ROTURA        | F'C                | FECHA VACIADO | FECHA ROTURA | EDAD DIAS | %      |
|----|------------------------------------------|-----------------------------|-------|-----------------|--------------------|--------------------|---------------|--------------|-----------|--------|
|    |                                          | Kg                          | cm    | cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> | Kg/cm <sup>2</sup> |               |              |           |        |
| 1  | PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm<br>M-1 | 31910.00                    | 15.03 | 177.42          | 179.86             | 210                | 23/07/2025    | 20/08/2025   | 28        | 85.65% |
| 2  | PROBETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm<br>M-2 | 31070.00                    | 15.02 | 177.19          | 175.35             | 210                | 23/07/2025    | 20/08/2025   | 28        | 83.50% |
| 3  | PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm<br>M-3 | 33670.00                    | 15.05 | 177.89          | 189.27             | 210                | 23/07/2025    | 20/08/2025   | 28        | 90.13% |
|    |                                          | PROMEDIO kg/cm <sup>2</sup> |       |                 | 181.49             |                    |               |              | PROMEDIO  | 86.43% |

OBSERVACIONES:

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



Dr. Arnaldo Yana Torres  
CIP: 103257



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



## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

INFLUENCIA DE LA CENIZA DE TRONCO DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LA RESISTENCIA

SOLICITANTE: Bach. RUBÉN CONDORI CONDORI

MUESTRA: CON 16% DE CENIZA DE TRONCO DE EUCALIPTO

LUGAR: CIUDAD DE JULIACA

FECHA: 20 DE AGOSTO DEL 2025

EDAD: 7 DÍAS - MUESTRA CON 16% CENIZA DE EUCALIPTO

| EDAD : 7 DIAS - MUESTRA CON 10% CEMENTO 10.41% |                                   |  |          |       |        |             |          |            |            |      |        |        |
|------------------------------------------------|-----------------------------------|--|----------|-------|--------|-------------|----------|------------|------------|------|--------|--------|
| Nº                                             | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA         |  | CARGA    | Ø     | AREA   | ESF. ROTURA | F'C      | FECHA      | FECHA      | EDAD | %      |        |
|                                                | PRUEBA DE SUELOS CON CONCRETO     |  | Kg       | cm    | cm2    | Kg/cm2      | Kg/cm2   | VACIADO    | ROTURA     | DÍAS |        |        |
| 1                                              | PROBETA DE PRUEBA 15.06 x 30.0 cm |  | 20630.00 | 15.06 | 178.13 | 115.81      | 210      | 23/07/2025 | 30/07/2025 | 7    | 55.15% |        |
| 2                                              | PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm |  | 18520.00 | 15.04 | 177.66 | 104.24      | 210      | 23/07/2025 | 30/07/2025 | 7    | 49.64% |        |
| 3                                              | PROBETA DE PRUEBA 15.06 x 30.0 cm |  | 18320.00 | 15.06 | 178.13 | 102.85      | 210      | 23/07/2025 | 30/07/2025 | 7    | 48.97% |        |
| PROMEDIO kg/cm2                                |                                   |  |          |       | 107.63 |             | PROMEDIO |            |            |      |        | 51.25% |

EDAD: 14 DÍAS - MUESTRA CON 16% CENIZA DE EUCALIPTO

| EDAD : 14 DIAS - MUESTRA CON 10% CEMENTO DE LOSA |                                          |             |         |             |                       |               |                  |                 |              |                         |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------|---------|-------------|-----------------------|---------------|------------------|-----------------|--------------|-------------------------|
| Nº                                               | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA                | CARGA<br>Kg | φ<br>cm | AREA<br>cm2 | ESF. ROTURA<br>Kg/cm2 | F'C<br>Kg/cm2 | FECHA<br>VACIADO | FECHA<br>ROTURA | EDAD<br>DÍAS | %<br>FALTOS LABORATORIO |
| 1                                                | PROBETA DE PRUEBA 15.05 x 30.0 cm<br>M-1 | 24250.00    | 15.05   | 177.89      | 136.32                | 210           | 23/07/2025       | 6/08/2025       | 14           | 64.91%                  |
| 2                                                | PROBETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm<br>M-2 | 24840.00    | 15.03   | 177.42      | 140.01                | 210           | 23/07/2025       | 6/08/2025       | 14           | 66.67%                  |
| 3                                                | PROBETA DE PRUEBA 15.07 x 30.0 cm<br>M-3 | 24730.00    | 15.07   | 178.37      | 138.64                | 210           | 23/07/2025       | 6/08/2025       | 14           | 66.02%                  |
| PROMEDIO kg/cm2                                  |                                          |             |         |             | 138.32                |               | PROMEDIO         |                 |              | 65.87%                  |

EDAD: 28 DÍAS - MUESTRA CON 16% CENIZA DE EUCALIPTO

| Nº              | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA                | CARGA    | Ø     | AREA   | ESF. ROTURA | F'C      | FECHA      | FECHA      | EDAD | FALTOS | LABORATORIO |             |
|-----------------|------------------------------------------|----------|-------|--------|-------------|----------|------------|------------|------|--------|-------------|-------------|
|                 |                                          | Kg       | cm    | cm2    | Kg/cm2      | Kg/cm2   | VACIADO    | ROTURA     | DÍAS |        |             | %           |
| 1               | PROBETA DE PRUEBA 15.07 x 30.0 cm<br>M-1 | 29580.00 | 15.07 | 178.37 | 165.84      | 210      | 23/07/2025 | 20/08/2025 | 28   | 78.97% | LABORATORIO |             |
| 2               | PROBETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm<br>M-2 | 30260.00 | 15.04 | 177.66 | 170.33      | 210      | 23/07/2025 | 20/08/2025 | 28   | 81.11% | LABORATORIO |             |
| 3               | PROBETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm<br>M-3 | 29220.00 | 15.01 | 176.95 | 165.13      | 210      | 23/07/2025 | 20/08/2025 | 28   | 78.63% | LABORATORIO |             |
| PROMEDIO kg/cm2 |                                          |          |       |        | 167.10      | PROMEDIO |            |            |      |        | 79.57%      | LABORATORIO |

OBSERVACIONES:

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



INVESTIGADOR: NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres  
CIP: 103257

BIE: 8006-00319888



ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 17-04-2026

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: RUBEN CONDORI CONDORI

Dirección: JR. LA MAR 179

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70081658

Teléfono: 910981059

email: ruben.c.987.1.1@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: INGENIERO CIVIL

Asesor: M.Sc JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación ☐

Tesis ☒

Trabajo de Suficiencia Profesional ☐

Trabajo Académico ☐

Título: INFLUENCIA DE LA CENIZA DE TRONCO DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES VARIABLES SOBRE LA  
RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO ELABORADO EN LA CIUDAD DE JULIACA 2025

Palabras claves, (3 a 5 términos): Ceniza de tronco de eucalipto, resistencia a la compresión, porcentajes, muestra.

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV <sup>1, 2</sup>?

1, 2

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> 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 MATERIALES – P17

Firma de Autor



huella digital

17 de Abril de 2026

Fecha