



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



**INFLUENCIA DEL USO DE ZEOLITAS NATURALES EN LA
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:
Bach. ESCHDRODIN CALDERON LOPEZ

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 DEL USO DE ZEOLITAS NATURALES EN LA
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ESCHDRODIN CALDERON LOPEZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:


Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

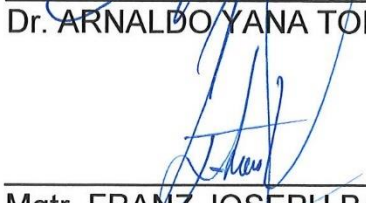
PRIMER MIEMBRO

:


Dr. ARNALDO YANA TORRES

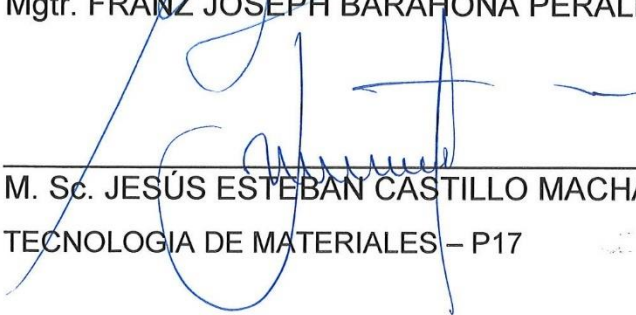
SEGUNDO MIEMBRO

:


Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ASESOR DE TESIS

:


M. Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGIA DE MATERIALES – P17

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1315-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 20 de octubre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025 - CU - 9343 presentado por el (la) Bachiller: **ESCHDRODIN CALDERON LOPEZ** 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. **ESCHDRODIN CALDERON LOPEZ**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **INFLUENCIA DEL USO DE ZEOLITAS NATURALES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

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

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

RESUELVE:

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

- * **Presidente** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **1er Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES
- * **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: **ESCHDRODIN CALDERON LOPEZ**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **INFLUENCIA DEL USO DE ZEOLITAS NATURALES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : miércoles 29 de octubre del 2025
- * **HORA** : 15:30 horas
- * **LUGAR** : Aula 306 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y C. PURASDr. OSCAR V. VILAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y C. PURASDr. Fritz Wally Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 653-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 08 de julio del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU - 4951 por el señor (a): **ESCHDRODIN CALDERON LOPEZ** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 478 - 2025-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS) formato N° 014- 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): **ESCHDRODIN CALDERON LOPEZ**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **INFLUENCIA DEL USO DE ZEOLITAS NATURALES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Dr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 014- 2025 **aprobandolo** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **INFLUENCIA DEL USO DE ZEOLITAS NATURALES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**.

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **ESCHDRODIN CALDERON LOPEZ**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **INFLUENCIA DEL USO DE ZEOLITAS NATURALES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**, en virtud a los considerandos expuestos.

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



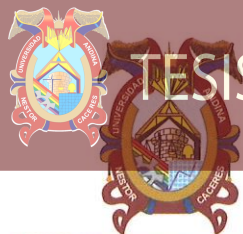
UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURAS

D. OSCAR V. VILLAMONTE CALLA
DECANO (c)
CIP. 37730



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

cc.
Archivo
interesado (a)

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1919-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 30 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 18521, presentado el señor (a) **ESCHDRODIN CALDERON LOPEZ** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 1531 -2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 396-2024 del integrante del comité de investigación **EPIC** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **ESCHDRODIN CALDERON LOPEZ** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **INFLUENCIA DEL USO DE ZEOLITAS NATURALES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 396-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **INFLUENCIA DEL USO DE ZEOLITAS NATURALES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO**.

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **ESCHDRODIN CALDERON LOPEZ**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **INFLUENCIA DEL USO DE ZEOLITAS NATURALES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**.

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

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **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. MILTRON QUISPE HUANGA
DECANO
CIP. 47790UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR
Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo 2024
Interesado (a)



TESIS UANCV

20% 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

- 12%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 18%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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

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



Metadatos complementarios

Título de la Tesis	
INFLUENCIA DEL USO DE ZEOLITAS NATURALES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	ESCHDRODIN CALDERON LOPEZ
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	42800722
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0007-9318-8792
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	https://orcid.org/0000-0003-4595-7589
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876



Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de materiales - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: Puno Distrito: Puno Coordenadas: Latitud: -15.19804405 Longitud: -69.8824293  URL Maps: https://maps.app.goo.gl/P5JwoWtapwoeMxdX8
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Diciembre 2024 – Octubre 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html Librería	Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 Ingeniería de materiales https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.05.01



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

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo ESCHDRODIN CALDERON LOPEZ, identificado con DNI
Nro. 42800722, 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 DEL USO DE ZEOLITAS NATURALES EN LA RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO

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 03 de NOVIEMBRE del 2025


Firma del Asesor
(obligatoria)
Firma del Estudiante
(obligatoria)
Huella



DEDICATORIA

Principalmente dedico a Dios
quien me ha guiado y me ha dado
la fortaleza y la inspiración para
seguir adelante, en mi vida.

A mis padres Marcelino y Rosa, por su
amor, trabajo y sacrificio en todos estos
años, que han sabido formarme con
buenos sentimientos, hábitos y valores
lo cual me ha ayudado a seguir adelante
en los momentos difíciles dándome el
apoyo moral, que me brindaron a lo largo
de mi vida.



AGRADECIMIENTO

Primero quiero agradecer a Dios por darme la vida, quien me ha guiado y me ha dado toda la fortaleza y persistencia hasta lograr una de mis metas.

A la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez", en especial a la Escuela profesional de Ingeniería Civil por abrirme las puertas y permitirme haberme formado como profesional.

A mis docentes por brindarme sus conocimientos.



CONTENIDO GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO	ii
CONTENIDO GENERAL.....	iii
CONTENIDO DE TABLAS	vi
CONTENIDO DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Exposición de la realidad problemática	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.2.1. Problema general:.....	2
1.2.2. Problemas específicos:	3
1.3. Justificación de la investigación.....	3
1.3.1. Técnica	3
1.3.2. Metodológica.....	3
1.3.3. Social	4
1.3.4. Ambiental	4
1.3.5. Económica	5
1.4. Objetivo general:.....	5
1.4.1. Objetivos específicos:	5
1.5. Hipótesis de la investigación.....	6



1.5.1. Hipótesis general:	6
1.5.2. Hipótesis específicas:	6
1.6. Variables de la investigación	6
1.7. Operacionalización de variables	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes de la investigación	8
2.1.1. Antecedentes internacionales	8
2.1.2. Antecedentes nacionales	11
2.1.3. Antecedentes locales	13
2.2. Marco teórico	14
2.2.1. Concreto	14
2.2.2. Componentes del concreto	15
2.2.3. Zeolitas Naturales	32
2.2.4. Zeolita en el concreto	36
2.2.5. Propiedades físicas del concreto	37
2.2.6. Propiedades mecánicas del concreto	40
2.3. Marco conceptual	42

CAPÍTULO III

MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque de investigación	44
3.2. Tipo de investigación	45
3.3. Nivel de investigación	45
3.4. Diseño de la investigación	45
3.5. Ámbito de la investigación	46



3.6. Población y muestra	46
3.6.1. Población	46
3.6.2. Muestra	46
3.7. Técnicas	47
3.7.1. Ensayos de laboratorio	48
3.7.2. Propiedades físicas del agregado fino	49
3.8. Método de análisis de datos	54
3.9. Aspectos éticos.....	54

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Resultados de la investigación	55
4.1.1 Procedimientos de trabajos en laboratorio	55
4.1.2 Resultados para el diseño de mezclas.....	63
4.1.3 Ensayo del asentamiento	68
4.1.4 Result. de resistencia a compresión	69
CONCLUSIONES	89
RECOMENDACIONES	91
BIBLIOGRAFÍA	92
ANEXOS	96



CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	7
Tabla 2 Componentes del cemento	20
Tabla 3 Clasificación según su tamaño de los agregados	23
Tabla 4 Clasificación según su densidad de los agregados	24
Tabla 5 Límites de impurezas para el agua de mezcla del hormigón	28
Tabla 6 Clasificación de la trabajabilidad	38
Tabla 7 Cantidades de especímenes a realizar	46
Tabla 8 Resum. de los result. de contenido de humedad de los agregados ..	56
Tabla 9 Granulom. del agregado fino	57
Tabla 10 Granulom. del agregado grueso	58
Tabla 11 Resumen de datos sobre P. esp. y absorc. de áridos finos	59
Tabla 12 Resumen de Resultados de pesos específicos y absorc. del agregado grueso	60
Tabla 13 Valores promedios del p. unit suelto y compac. del agregado fino ..	61
Tabla 14 Valores promedios del p. unit suelto y compac. del agregado grueso	62
Tabla 15 Cantidad de materiales corregidos por m ³	63
Tabla 16 Modificaciones en el peso del agregado grueso se sustituye el 10 % de zeolita natural	65
Tabla 17 Modificaciones en el peso del agregado grueso se sustituye el 15 % de zeolita natural	66
Tabla 18 Modificaciones en el peso del agregado grueso se sustituye el 20 % de zeolita natural	67



Tabla 19 Resumen del asentamiento de las muestras	68
Tabla 20 Resist. a compresión a 7 días para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	69
Tabla 21 Resist. a compresión a 14 días para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	71
Tabla 22 Resist. a compresión a 28 días para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	72
Tabla 23 Resistencia promedio obtenidos de los distintos días, 0% de zeolitas naturales	73
Tabla 24 Resist. a compresión a 7 días +10% de zeolitas naturales.....	75
Tabla 25 Resist. a compresión a 14 días +10% de zeolitas naturales.....	76
Tabla 26 Resist. a compresión a 28 días +10% de zeolitas naturales.....	78
Tabla 27 Resistencia promedio obtenidos de los distintos días, 10% de zeolitas naturales	79
Tabla 28 Resist. a compresión a 7 días +15% de zeolitas naturales.....	81
Tabla 29 Resist. a compresión a 14 días +15% de zeolitas naturales.....	82
Tabla 30 Resist. a compresión a 28 días +15% de zeolitas naturales.....	83
Tabla 31 Resistencia promedio obtenidos de los distintos días, 15% de zeolitas naturales	84
Tabla 32 Resist. a compresión a 7 días +20% de zeolitas naturales.....	85
Tabla 33 Resist. a compresión a 14 días +20% de zeolitas naturales.....	86
Tabla 34 Resist. a compresión a 28 días +20% de zeolitas naturales.....	87
Tabla 35 Resistencia promedio obtenidos de los distintos días, 20% de zeolitas naturales	88



CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1 Concreto convencional.....	15
Figura 2 Componentes del concreto convencional.....	16
Figura 3 Tipos de cementos	20
Figura 4 Agregados.....	22
Figura 5 Agua para el concreto	27
Figura 6 Tipos de Aditivos.....	31
Figura 7 Muestra de zeolitas naturales	32
Figura 8 Esquema de la estructura de la zeolita	34
Figura 9 Zeolita Natural.....	35
Figura 10 Ensayo del “Slump” o Revenimiento	38
Figura 11 Propiedades mecánicas del concreto.....	40
Figura 12 $f'c$ del concreto	41
Figura 13 Diagrama del contenido de humedad.....	56
Figura 14 Curva granulométrica del A. Fino	57
Figura 15 Curva granulométrica de los agregados gruesos	58
Figura 16 Diagrama de P. esp. y absorc. del agregado fino	59
Figura 17 Resultados de P. esp. y absorc. AG.....	60
Figura 18 Comparativa de p. unit suelto y compac. del agregado fino	61
Figura 19 Comparativa de p. unit suelto y compac. del agregado grueso.....	62



Figura 20 Proporciones de materiales para 1m3.....	64
Figura 21 Cantidad de materiales + 10% de zeolita natural	65
Figura 22 Cantidad de materiales + 15% de zeolita natural	66
Figura 23 Cantidad de materiales + 20% de zeolita natural	67
Figura 24 Resultados de revenimiento	68
Figura 25 Variación de la resist. a compresión a 7 días para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	70
Figura 26 Variación de la resist. a compresión a 14 días para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	71
Figura 27 Comportamiento de la resist. a compresión a 28 días para $f'c = 210$ kg/cm ²	72
Figura 28 Comparativa de la resistencia obtenida a los distintos días	74
Figura 29 Comportamiento de la resist. a compresión a 7 días +10% de zeolitas naturales	75
Figura 30 Comportamiento de la resist. a compresión a 14 días +10% de zeolitas naturales	77
Figura 31 Comportamiento de la resist. a compresión a 28 días +10% de zeolitas naturales	78
Figura 32 Comparativa de la resistencia obtenida a los distintos días	80
Figura 33 Comportamiento de la resist. a compresión a 7 días +15% de zeolitas naturales	81
Figura 34 Comportamiento de la resist. a compresión a 14 días +15% de zeolitas naturales	82



Figura 35 Comportamiento de la resist. a compresión a 28 días +15% de zeolitas naturales	83
Figura 36 Comparativa de la resistencia obtenida a los distintos días	84
Figura 37 Comportamiento de la resist. a compresión a 7 días +20% de zeolitas naturales	85
Figura 38 Comportamiento de la resist. a compresión a 14 días +20% de zeolitas naturales	86
Figura 39 Comportamiento de la resist. a compresión a 28 días +20% de zeolitas naturales	87
Figura 40 Comparativa de la resistencia obtenida a los distintos días	88



RESUMEN

Esta investigación tiene como finalidad determinar la influencia del uso de zeolita natural en la resistencia a la compresión del concreto convencional en la región de Puno. Con el propósito de garantizar una adecuada resistencia y mejorar el comportamiento del concreto fresco, se propone la incorporación de zeolitas naturales como material complementario. El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo y aplicado, con un diseño cuasi-experimental, empleando 36 muestras de concreto elaboradas y ensayadas en un entorno controlado de laboratorio. Los resultados obtenidos en las pruebas físicas evidenciaron que el concreto mantiene su trabajabilidad, aunque presenta una reducción en el asentamiento con el incremento de zeolita. Para un diseño de 210 kg/cm^2 , las mezclas con 10 %, 15 % y 20 % de zeolita mostraron descensos de 3", $2\frac{1}{2}"$ y $1\frac{4}{5}"$, respectivamente. Sin embargo, esta disminución no afecta negativamente el desempeño del material. En cuanto a la resistencia a la compresión simple, se registraron valores de 229.88 kg/cm^2 , 249.13 kg/cm^2 y 229.97 kg/cm^2 , lo que demuestra que la adición de zeolitas naturales incrementa la capacidad de carga del concreto, manteniéndose dentro de los rangos normativos de trabajabilidad y desempeño estructural.

Palabras clave: Zeolita natural, concreto, resistencia a la compresión, propiedades mecánicas.

ABSTRACT

The purpose of this research is to determine the influence of natural zeolite use on the compressive strength of conventional concrete in the Puno region. In order to ensure adequate strength and improve the performance of fresh concrete, the incorporation of natural zeolites as a complementary material is proposed. The study was conducted using a quantitative and applied approach, with a quasi-experimental design, using 36 concrete samples prepared and tested in a controlled laboratory environment. The results obtained in the physical tests showed that the concrete maintains its workability, although there is a reduction in settlement with an increase in zeolite. For a design of 210 kg/cm^2 , mixtures with 10%, 15%, and 20% zeolite showed decreases of 3", $2\frac{1}{2}"$, and $1\frac{4}{5}"$, respectively. However, this decrease does not negatively affect the performance of the material. In terms of simple compressive strength, values of 229.88 kg/cm^2 , 249.13 kg/cm^2 , and 229.97 kg/cm^2 were recorded, demonstrating that the addition of natural zeolites increases the load-bearing capacity of the concrete, while remaining within the standard ranges of workability and structural performance.

Keywords: Natural zeolite, concrete, compressive strength, mechanical properties.



INTRODUCCIÓN

En todo el mundo, la indiferencia de las personas hacia la protección del planeta y sus recursos naturales ha sido el problema más acuciante de los últimos cien años. Debido en gran parte a la industrialización y la urbanización de los países industrializados, el uso de los recursos naturales ha aumentado a un ritmo exponencial, lo que ha provocado cambios y una expansión sustancial en nuestro medio ambiente global. El reciclaje, la reducción y la reutilización de las materias primas son pasos importantes hacia un medio ambiente más limpio. Esto dará lugar a una reducción efectiva del uso de materias primas, lo que abrirá la puerta al descubrimiento de muchas nuevas fuentes de energía. Por eso es fundamental utilizar la abundancia de materiales de la naturaleza para mejorar las propiedades de los elementos mediante el uso o la sustitución de otros materiales. Es importante llamar la atención sobre la sobreexplotación de los yacimientos de nuestro país para la extracción de áridos, y debemos fomentar el uso de ingredientes naturales en su fabricación.

Por lo tanto, para que el ejecutor garantice y logre las cualidades necesarias, la preparación y la evolución modernas del hormigón implican asegurar las características mínimas que se requerirán en la implementación del diseño. Si bien es cierto que se pueden utilizar aditivos químicos de alto valor, existen elementos naturales que pueden servir para el mismo propósito. En consecuencia, se pueden utilizar componentes como las zeolitas naturales para mejorar las características mínimas requeridas del hormigón. Para averiguar cómo afecta este material natural al hormigón y a sus cualidades, se añadirá al árido grueso o fino en proporciones variables. Por esta razón, el uso de



materiales naturales en lugar de depender de recursos no renovables es crucial para desarrollar y construir de forma sostenible. Uno de estos materiales son las zeolitas naturales, que pueden añadirse al hormigón para mejorar sus cualidades.

La investigación está organizada en los siguientes cuatro capítulos:

Capítulo I: Planteamiento del problema

Se describe el problema central de la investigación, sus antecedentes, justificación, objetivos generales y específicos, así como las hipótesis planteadas y las variables en estudio.

Capítulo II: Marco teórico referencial

Se presentan los fundamentos teóricos que sustentan la investigación, incluyendo conceptos sobre el concreto, puzolanas, zeolitas naturales, así como estudios previos relacionados al uso de estos materiales en la construcción.

Capítulo III: Metodología de la investigación

Se detalla el tipo de investigación, diseño de investigación, las técnicas de recolección de datos, el procedimiento en laboratorio y la forma en que se aplicaron los ensayos de resistencia a la compresión.

Capítulo IV: Resultados

Se exponen y analizan los resultados obtenidos a partir de los ensayos realizados a las muestras de concreto con diferentes proporciones de zeolitas naturales, comparándolos con la mezcla patrón, para finalmente emitir conclusiones y recomendaciones.



Este estudio pretende no solo aportar conocimiento científico sobre el uso de zeolitas naturales en la construcción, sino también brindar una opción técnica viable y sostenible para mejorar la calidad del concreto utilizado en distintas regiones del país.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Exposición de la realidad problemática

En las últimas décadas, se han llevado a cabo numerosas iniciativas destinadas a hacer que el hormigón sea más rentable sin sacrificar la calidad ni la durabilidad. Es bien sabido que la incorporación de determinados minerales al hormigón puede mejorar sus propiedades. El cambio en la resistencia del hormigón es el más notable de ellos. La reducción de los costes de los materiales y de los contaminantes relacionados con la fabricación del cemento puede lograrse reduciendo la cantidad de cemento utilizada en las mezclas de hormigón.

Desde una perspectiva monetaria, las infraestructuras tienen una vida útil limitada debido a la degradación de los materiales de construcción a lo largo de su vida útil prevista y a la exposición a condiciones físicas y químicas. El hormigón armado puede deteriorarse cuando el agua y los compuestos disueltos en él penetran en él. La capacidad del hormigón para resistir este tipo de tensiones es un indicador importante de su durabilidad.

El uso de zeolitas naturales en combinación con el hormigón normal ofrece una perspectiva interesante en este sentido. Las zeolitas son minerales microscópicos que poseen características químicas distintivas, como la capacidad de absorber agua, mejorar la resistencia de los materiales de construcción y facilitar el intercambio catiónico. Aunque estas características son prometedoras, no se ha realizado una investigación exhaustiva sobre cómo el empleo de zeolitas naturales afecta a la resistencia a la compresión del hormigón en la zona de Puno.

Por lo tanto, es evidente que se requiere una investigación más profunda. No estamos aprovechando al máximo la capacidad de las zeolitas naturales para mejorar las características del hormigón en nuestro contexto local, ya que no se han realizado suficientes investigaciones específicas en esta área. Para ayudar a los ingenieros civiles y al sector de la construcción de la región de Puno a tomar decisiones informadas sobre el uso de zeolitas en proyectos de hormigón, es fundamental llenar este vacío de información.

El estudio previsto no solo contribuirá al conocimiento de la ingeniería civil, sino que también podría mejorar drásticamente la longevidad y la eficacia de los códigos de construcción de la zona de Puno.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general:

¿De qué manera influye el uso de zeolita natural en la resistencia a la compresión del concreto convencional en la región Puno?

1.2.2. Problemas específicos:

1. ¿Cuál es el diseño de mezcla óptimo del concreto convencional con el uso de zeolita natural?
2. ¿Cuál es la influencia de cada porcentaje de zeolita natural en la trabajabilidad del concreto convencional?
3. ¿Cómo evoluciona la resistencia a la compresión del concreto convencional con diferentes porcentajes de zeolita natural a las edades de 7, 14 y 28 días?

1.3. Justificación de la investigación

1.3.1. Técnica

Desde un punto de vista puramente técnico, este estudio está justificado, ya que los requisitos estructurales y climáticos únicos de la región de Puno requieren una mejora en el rendimiento del hormigón estándar. Su objetivo principal es utilizar experimentos controlados en laboratorio para determinar el efecto de las zeolitas naturales en la resistencia a la compresión del hormigón. Se puede encontrar una solución tecnológica práctica que mejore el comportamiento mecánico del hormigón en proyectos de ingeniería civil locales comparando las resistencias obtenidas, lo que permitirá identificar la dosis más eficaz.

1.3.2. Metodológica

La presente investigación se llevará a cabo bajo un enfoque cuantitativo y un diseño experimental, realizando ensayos de resistencia a la compresión en

probetas cilíndricas de concreto fabricadas con distintas proporciones de zeolita natural. Conforme a las normas técnicas vigentes, las pruebas se realizarán a los 7, 14 y 28 días de curado. La recolección ordenada de datos, acompañada de su análisis estadístico e interpretación, permitirá comprobar o rechazar las hipótesis formuladas y alcanzar los objetivos establecidos. Esta metodología asegura la fiabilidad y reproducibilidad de los resultados, garantizando el rigor científico y la validez experimental del estudio.

1.3.3. Social

Desde un punto de vista social, el estudio se centra en ofrecer a los residentes de la región de Puno, especialmente en lugares donde predomina la autoconstrucción y los recursos son escasos, un enfoque que sea asequible y respetuoso con el medio ambiente. La incorporación de componentes naturales al hormigón estándar puede ser una forma realista de mejorar la calidad de los edificios, su longevidad y la reducción de riesgos estructurales, lo que tendría un impacto positivo directo en las poblaciones vulnerables.

1.3.4. Ambiental

El uso de zeolitas naturales en el hormigón convencional puede tener importantes efectos positivos en el medio ambiente. Las zeolitas, cuando se añaden al hormigón, pueden reducir la necesidad de recursos no renovables, lo que a su vez disminuye las emisiones de carbono causadas por la fabricación de cemento, en comparación con las técnicas más convencionales. En la zona de Puno en particular, este estudio arrojará luz sobre los efectos del empleo de zeolitas naturales en el hormigón convencional desde un punto de vista holístico,

lo que ampliará nuestros conocimientos sobre cómo los ingenieros civiles pueden resolver problemas técnicos, económicos, sociales y medioambientales.

1.3.5. Económica

En la actualidad, la edificación de complejos habitacionales, centros comerciales, obras públicas y condominios presenta una alta demanda en el país. Este crecimiento del sector constructivo concentra cerca del 45 % del consumo total de energía y de recursos naturales, además de generar aproximadamente el 45 % de los residuos sólidos producidos por dicha actividad. Considerando que la reutilización y el reprocesamiento de las zeolitas naturales permiten un ahorro significativo para los usuarios finales, se puede concluir que la industria de la construcción ejerce un impacto considerable y creciente en la economía nacional, tanto por su nivel de producción como por su potencial para fomentar prácticas más sostenibles.

1.4. Objetivo general:

Determinar la influencia del uso de zeolita natural en la resistencia a la compresión del concreto convencional en la región Puno.

1.4.1. Objetivos específicos:

1. Determinar el diseño de la mezcla del concreto convencional con el uso de zeolita natural en diferentes porcentajes.
2. Evaluar la trabajabilidad del concreto convencional con los diferentes porcentajes de zeolita natural.

3. Evaluar la resistencia a la compresión del concreto convencional y de los diferentes porcentajes de zeolita natural a los 7, 14 y 28 días.

1.5. Hipótesis de la investigación

1.5.1. Hipótesis general:

El uso de zeolita natural influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto convencional en la región Puno.

1.5.2. Hipótesis específicas:

1. El diseño de mezcla del concreto convencional cumplirán con las normativas vigentes.
2. La trabajabilidad del concreto convencional mejora favorablemente con los diferentes porcentajes de zeolita natural.
3. La resistencia a la compresión del concreto convencional mejora favorablemente con los diferentes porcentajes de zeolita natural a los 7, 14 y 28 días.

1.6. Variables de la investigación

a) Variable independiente:

- zeolita natural (zn)

Concepto: La incorporación de zeolita natural reactiva, que se origina en erupciones volcánicas, en las mezclas de hormigón altera el comportamiento mecánico del material.

Indicador: Porcentajes (0%, 10%, 15% y 20%).

b) Variable dependiente:

- Resistencia a la compresión

Concepto: La resistencia del hormigón viene determinada por su resistencia a la compresión, que se mide en megapascuales (MPa) y se evalúa mediante ensayos con probetas cilíndricas.

Indicadores: Resistencia en MPa a los 7, 14 y 28 días.

1.7. Operacionalización de variables**Tabla 1***Operacionalización de variables*

Variable	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
Variable Independiente: zeolitas naturales	Porcentaje de adición de zeolita. Tipo de zeolita	10%, 15%, 20% de zeolita. Zeolita natural de la región de Atuncolla – Puno	Cualitativa nominal –
Variable Dependiente: Resistencia a la compresión del concreto	Resistencia a 28 días. Desarrollo de resistencia a diferentes edades	Carga máxima soportada (kg/cm ²) Resistencia a 7, 14 y 28 días	Cuantitativa continua (kg/cm ²) –



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. *Antecedentes internacionales*

El estudio realizado por Qassem Ahdal et al. (2022) aborda la utilización de zeolita natural y fibras recicladas de PET como sustitutos parciales del cemento en la fabricación de un hormigón ecológico. Esta investigación, de naturaleza experimental, desarrolló diferentes mezclas y una muestra de control siguiendo los criterios establecidos por las normas ASTM, con el fin de comparar el rendimiento del material. El análisis de difracción de rayos X (XRD) reveló que la zeolita natural proveniente de Taiz presenta una estructura de alta cristalinidad, conformada principalmente por zeolita A, cuarzo, tschemichita, zeolita ANA y mordanita. Además, se identificaron dos formulaciones óptimas: una compuesta por 2,5 % de fibras PET y 10 % de zeolita natural, y otra con 1 % de fibras PET y 15 % de zeolita, las cuales incrementaron la resistencia a la compresión en 6,45 % y 1 %, respectivamente. Estos resultados demuestran que la incorporación de materiales reciclados y naturales favorece la sostenibilidad y la resistencia mecánica del concreto.

El trabajo de Rodríguez (2021), tuvo como propósito desarrollar un método para elaborar hormigón estructural sustituyendo parcialmente el cemento Portland por zeolita natural proveniente de la cordillera de Chongón Colonche. Mediante un enfoque cuantitativo y explicativo, se aplicó un diseño experimental con porcentajes de adición del 0 %, 10 %, 15 % y 20 % de zeolita. Los resultados mostraron que el tiempo de fraguado inicial aumentó progresivamente de 53 a 127 minutos, mientras que el tiempo final se extendió de 280 a 390 minutos. Tras 28 días de curado, la resistencia media a la compresión alcanzó 28,9 MPa, observándose incrementos de 19,5 MPa, 18,6 MPa y 19,5 MPa para las mezclas con 10 %, 15 % y 20 % de zeolita, respectivamente. Los ensayos según la norma NTE INEN 158 evidenciaron que la incorporación de zeolita retarda el endurecimiento del concreto y mejora su flexibilidad, aunque las mezclas con mayores porcentajes de sustitución no alcanzaron la resistencia requerida frente a la muestra de referencia.

La investigación desarrollada por Oviedo (2022) tuvo como objetivo evaluar la eficacia del uso de zeolita y pomacita como sustitutos parciales del cemento en la fabricación de hormigón permeable. El estudio se realizó bajo un enfoque experimental aplicado, estructurado en cuatro fases: validación del método de diseño, selección de una mezcla base con puzolana natural, reemplazo parcial del cemento por zeolita y análisis del comportamiento de dicha puzolana. Los ensayos de resistencia a la compresión realizados sobre las muestras —tanto sin adición como con 10 % y 20 % de zeolita— registraron valores de 2,5 MPa, 1,9 MPa y 2,4 MPa, respectivamente. Los resultados indicaron que la incorporación de zeolita en estas proporciones no produjo

variaciones significativas en la resistencia del material, manteniendo un comportamiento estructural uniforme y adecuado para las condiciones requeridas en este tipo de concreto.

Valenzuela Romero Yadira Guadalupe (2017) se propuso estudiar el efecto de incorporar zeolita natural y una mezcla de zeolita y cal en muestras cilíndricas de hormigón que se dosificaron para soportar 240 kg/cm^2 de compresión. La idea era sustituir parcialmente el cemento, el ingrediente principal del material, por estos materiales alternativos. Para investigar la resistencia a la compresión del tema, esta investigación descriptiva-experimental utilizó probetas cilíndricas fabricadas de conformidad con la norma NTE INEN 1576 [48] como población, muestra y estrategia de muestreo del estudio. Se utilizaron las siguientes herramientas: una hoja de registro, pruebas de laboratorio y equipos de la norma NTE INEN 1573. Los principales resultados indicaron que la resistencia a la compresión variaba con el porcentaje de cemento sustituido por zeolita; a los 7, 14 y 28 días, la resistencia a la compresión resultó ser mayor en el hormigón que contenía un 10 % de zeolita natural en peso en comparación con el grupo de control. Los resultados mostraron que a) el hormigón tradicional se asienta 6 cm y se vuelve blando; la firmeza se conserva cuando se utiliza un 10 % y un 20 % de zeolita en lugar de cemento. B) En la prueba de compresión, el hormigón obtuvo mejores resultados cuando se utilizó un 10 % de zeolita en lugar de cemento, con un aumento de la resistencia del 8,05 %, pasando de $241,11 \text{ kg/cm}^2$ a $260,52 \text{ kg/cm}^2$. C) Al aumentar el nivel de sustitución al 20 % y al 30 % de zeolita y zeolita-cal en lugar

de cemento, disminuyó la resistencia a la compresión, por lo que no deben utilizarse estos porcentajes.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Rodríguez y Ventura (2015) trabajaron juntos. Cómo se ve afectada la resistencia del hormigón cuando el cemento se sustituye parcialmente por zeolita natural. Universidad Nacional de Ingeniería. Según la investigación, se obtuvieron los siguientes resultados cuando se utilizó zeolita en lugar del 5 % de cemento en una mezcla de hormigón: Los resultados finales de la prueba de compresión mostraron que las muestras experimentales superaron a las muestras convencionales, alcanzando una resistencia media de 156,20 kg/cm² después de 7 días, en comparación con 151,54 kg/cm². Por la misma razón, después de 14 días, la resistencia media fue de 192,36 kg/cm² (estándar = 160,80 kg/cm²), y después de 28 días fue de 210,03 kg/cm² (estándar = 185,31 kg/cm²).

El estudio realizado por Gómez Luis Eduardo (2019) tuvo como propósito evaluar el efecto de incorporar zeolita natural y una mezcla de zeolita con cal como sustitutos parciales del cemento en probetas cilíndricas de concreto, con el fin de determinar su resistencia a la compresión para un diseño de 240 kg/cm². La investigación, de carácter aplicado y explicativo, se planteó como una prueba tecnológica orientada a ofrecer una alternativa viable en la producción de concreto, especialmente útil ante limitaciones económicas o problemas de durabilidad estructural. El estudio se desarrolló siguiendo la norma NTP 334.051 (2013), utilizando un total de 27 muestras de mortero, de las cuales tres correspondieron al grupo de control, nueve contenían un 15 % de polvo de roca

zeolítica y nueve un 20 %. Los ensayos de laboratorio evidenciaron que, tras 28 días de curado, el mortero con 15 % de reemplazo de cemento por zeolita mostró una resistencia superior al mortero convencional y al de 20 %, confirmando que un mayor contenido de zeolita reduce la resistencia del material. Finalmente, se determinó que el polvo de roca zeolítica posee una alta actividad puzolánica, atribuida a su composición química —con un 96,93 % de óxidos de calcio, silicio, aluminio e hierro—, lo que permite su uso potencial como sustituto del cemento Portland tipo I.

Bravo y Chura (2018) analizaron la variación del módulo de elasticidad y la resistencia a la compresión del concreto en distintas etapas de curado —7, 14 y 28 días— para un diseño de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, incorporando zeolita natural en proporciones del 10 % y 20 % respecto al peso del cemento. La investigación, de carácter aplicado y explicativo, permitió determinar que la adición del 10 % de zeolita generó un incremento del 9,34 % en la resistencia a la compresión, mientras que el 20 % produjo una mejora del 6,25 %. En cuanto al módulo de elasticidad, se observó un aumento del 6,73 % con el 10 % de adición y un 4,71 % con el 20 %. Los resultados demostraron que la proporción del 10 % de zeolita natural constituye la dosificación óptima, al ofrecer mejores propiedades mecánicas y mayor eficiencia estructural en comparación con porcentajes superiores.

La investigación desarrollada por Izquierdo (2020) tuvo como propósito evaluar el efecto de la adición de zeolita y cal sobre el comportamiento mecánico del concreto, particularmente en su resistencia a compresión, tracción diametral y flexión. El estudio se enmarcó dentro de un diseño metodológico experimental

con enfoque aplicado y cuantitativo, característico de los estudios de ingeniería. Las pruebas de compresión se efectuaron utilizando mezclas con diferentes relaciones agua-cemento (0.60, 0.65 y 0.70), observándose incrementos del 5 % y 10 % en la resistencia al añadir zeolita y cal en proporciones del 5 %, 10 % y 15 %, siendo esta última menos efectiva. Los ensayos de tracción diametral mostraron resultados similares: un aumento notable de resistencia con el 5 % y 10 % de adición, pero un comportamiento desfavorable con el 15 %. En cuanto a la resistencia a flexión, las pruebas realizadas con diferentes proporciones agua-cemento (0.60, 0.65 y 0.75) y periodos de curado de 7, 14 y 28 días evidenciaron también mejoras con el 5 % y 10 % de adición, y una disminución con el 15 %. En general, se concluyó que el desempeño mecánico del concreto mejora conforme se reduce la proporción de zeolita y cal, destacando los porcentajes intermedios como los más eficientes.

2.1.3. Antecedentes locales

Callohuanca (2023) tuvo como objetivo evaluar los efectos del uso de zeolita natural en el concreto destinado a obras de pavimentación, con la finalidad de mejorar el asentamiento, aumentar la resistencia a la compresión, elevar el contenido de aire y extender el tiempo de fraguado. El estudio se llevó a cabo bajo un diseño experimental de tipo aplicado, sustentado en un enfoque cuantitativo. Los resultados indicaron que, en un concreto diseñado para 280 kg/cm², el asentamiento disminuyó progresivamente a medida que se incrementó la cantidad de zeolita natural, registrando reducciones de 2,4", 1,0" y 0,5" para adiciones del 3 %, 6 % y 10 %, respectivamente. De forma paralela, la resistencia a la compresión simple aumentó hasta 322,77 kg/cm², 345,07 kg/cm² y 350,63

kg/cm² en esas mismas proporciones. Asimismo, el contenido de aire se elevó gradualmente en 1,6 %, 2,1 %, 2,4 % y 2,9 % al aplicar 3 %, 6 %, 10 % y 15 % de zeolita, respectivamente. En el caso del diseño de 175 kg/cm², se evidenció una reducción del asentamiento de 2,8", 1,8" y 1,4", acompañada de un incremento en la capacidad de carga de 188,53 kg/cm² a 200,67 kg/cm². En conclusión, los hallazgos demuestran que la incorporación de zeolita natural mejora las propiedades mecánicas y la estabilidad del concreto, optimizando su desempeño estructural dentro de las proporciones evaluadas.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Concreto

El ICG considera que el hormigón es una combinación de cemento, agua, partículas finas y áridos gruesos en las proporciones adecuadas. También puede contener fibras, aditivos y aditivos.

Encontrar la mejor combinación de ingredientes por unidad cúbica de hormigón y la más rentable es esencial para producir un producto plástico con la consistencia y la trabajabilidad adecuadas para verterlo con precisión en los moldes y, tras el endurecimiento, con las propiedades deseadas.

Después de verter el cemento, hay que dejarle tiempo para que reaccione químicamente y adquiera resistencia. Es fundamental mantener la humedad durante los primeros siete días, ya que es cuando se produce principalmente. El curado del hormigón es el nombre que se le da a este procedimiento. Cuando se trabaja con hormigón, hay dos fases principales: la fase fresca y la fase endurecida.

Se requieren las cantidades adecuadas de agua, áridos finos, áridos gruesos, aire y cemento Portland para producir hormigón con las características deseadas, la más importante de las cuales es la resistencia (Abanto Castillo, 1996).

El aglutinante suele ser una mezcla de áridos, agua y cemento (a menudo cemento Portland) en cantidades que provocan una reacción de hidratación. El diámetro medio es el factor determinante para las partículas de áridos (arena, grava, trituradas) utilizadas en el hormigón. Si se combina cemento con agua, se obtiene pasta de cemento; si se añade arena, se obtiene mortero; y si se añade grava o piedra al mortero, se obtiene hormigón. «RAE» en 2022.

Figura 1

Concreto convencional



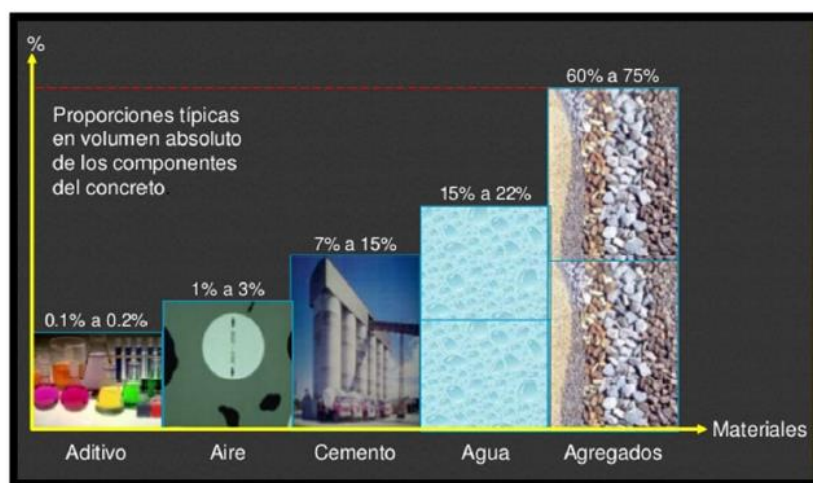
2.2.2. Componentes del concreto

Ya se han mencionado los tres ingredientes principales del hormigón: cemento, áridos y agua. Juntos, estos ingredientes crean un todo cohesionado que, al combinarse con el agua, confiere gradualmente diferentes cualidades al hormigón. Para comprender cómo los numerosos componentes del hormigón

afectan a sus características finales, es necesario investigar cada uno de estos ingredientes por separado.

Figura 2

Componentes del concreto convencional



2.2.2.1. Cemento

Se denomina cemento a los materiales en polvo que poseen la capacidad de fraguar y endurecer, generando una pasta aglutinante al mezclarse con una cantidad adecuada de agua. Esta mezcla puede solidificarse tanto en contacto con el aire como bajo el agua, formando compuestos estables y duraderos (Rivva López, 1996).

2.2.2.2. Cemento portland

El cemento Portland es un producto ampliamente disponible en el mercado, que al combinarse con agua —ya sea de manera individual o junto con agregados, piedra u otros materiales— reacciona gradualmente hasta formar una masa sólida y resistente. Está compuesto principalmente por clinker

finamente molido, obtenido mediante la cocción a altas temperaturas de mezclas de cal y arcilla en proporciones específicas (Abanto Castillo, 1996).

Este tipo de cemento es un aglomerante hidráulico, lo que significa que fragua y endurece al reaccionar con el agua, formando un material con excelentes propiedades de cohesión. Al mezclarse con áridos, agua y eventualmente fibras metálicas, origina una masa pétreo compacta y duradera conocida como concreto u hormigón, siendo el material más empleado en la industria de la construcción para la elaboración de estructuras resistentes y de larga vida útil.

a) Tipos de cemento

Cemento Tipo I:

Corresponde al cemento de uso general, empleado principalmente en obras donde el concreto no estará sometido a condiciones agresivas provenientes del suelo o del agua, como presencia de sulfatos o temperaturas elevadas durante la hidratación. Es el más versátil, adecuado para edificaciones comunes tales como pavimentos, losas, estructuras de concreto armado, puentes, túneles, depósitos de agua, ductos, elementos de albañilería y prefabricados de concreto.

Cemento Tipo II:

Se formula para ofrecer una moderada resistencia al ataque de sulfatos y reducir el calor de hidratación generado durante el fraguado. Por estas características, se recomienda en

construcciones masivas donde se requiere controlar la temperatura interna, como muros de contención, estribos robustos o pilas de gran tamaño. Su comportamiento térmico es más estable que el del Tipo I.

Cemento Tipo III:

Se caracteriza por alcanzar resistencias elevadas en etapas tempranas del fraguado. Su composición química es similar a la del Tipo I, pero su molienda es más fina, lo que acelera las reacciones de hidratación. Es ideal para obras que demandan una rápida habilitación estructural o donde se necesita retirar los encofrados en un corto periodo.

Cemento Tipo IV:

Diseñado para estructuras masivas, este cemento desarrolla su resistencia de manera gradual y genera un calor de hidratación reducido. Es especialmente utilizado en proyectos donde es necesario minimizar los gradientes térmicos, como en la construcción de presas de gravedad u otras obras de gran volumen de concreto.

Cemento Tipo V:

Su principal propiedad es la alta resistencia a la acción de los sulfatos, lo que lo convierte en la opción más adecuada para ambientes con suelos o aguas subterráneas con elevada concentración de estos compuestos. Su ganancia de resistencia es

lenta, similar al Tipo I, pero su durabilidad frente a medios agresivos es superior..

b) Cementos adicionados

Los cementos adicionados se elaboran a partir de una combinación de clínker, yeso y materiales minerales complementarios incorporados en proporciones específicas. Estas adiciones —que pueden incluir puzolanas naturales o artificiales, fillers calizos y escorias granuladas de alto horno— modifican la composición del cemento base, mejorando determinadas propiedades físicas y químicas del concreto. Gracias a estas adiciones, el producto final adquiere características especiales como mayor durabilidad, menor permeabilidad y mejor comportamiento frente a agentes agresivos.

Además, la reducción parcial del contenido de clínker durante su fabricación contribuye significativamente a disminuir las emisiones de dióxido de carbono y otros gases contaminantes, haciendo de estos cementos una alternativa más sostenible y ecológica en comparación con los tipos tradicionales.

Ejemplos representativos de cementos adicionados incluyen:

- ✓ Cemento Antisalitre con Fortimax 3, diseñado para ambientes expuestos a humedad o sales.
- ✓ Cemento Extraforte ICo, que ofrece alta resistencia mecánica y buena trabajabilidad.
- ✓ Cemento Extradurable HS, formulado para brindar mayor durabilidad en zonas con presencia de sulfatos.

Figura 3

Tipos de cementos



c) Propiedades Químicas del Cemento

La composición química del cemento está determinada principalmente por cuatro compuestos esenciales, cuya proporción relativa define las características particulares de cada tipo de cemento Portland. Las variaciones en la cantidad de estos componentes afectan de manera directa el comportamiento del material durante las etapas de fraguado, endurecimiento y ganancia de resistencia, influyendo en su rendimiento y desempeño estructural según la aplicación a la que esté destinado.

Tabla 2

Componentes del cemento

Nombre de Compuesto	Composición del Óxido	Abreviatura	%
Silicato tricálcico	3CaOSiO_2	C_3S	48
Silicato dicálcico	2CaOSiO_2	C_2S	27
Aluminio tricálcico	$3\text{CaOAl}_2\text{O}_3$	C_3A	12
Ferro aluminato tetra-cálcico	$4\text{CaOFe}_2\text{O}_3\text{Al}_2\text{O}_3$	C_4AF	8

2.2.2.3. Agregados

También denominados áridos, los agregados conforman entre el 60 % y el 75 % del volumen total del concreto en una mezcla convencional. Se definen como conjuntos de partículas naturales o sintéticas, tratadas o sin tratar, cuyas dimensiones se encuentran dentro de los límites especificados por la Norma Técnica Peruana NTP 400.011 (2008, revisión 2013).

Estos materiales granulares e inertes, clasificados cuidadosamente según su tamaño, tienen como función principal proporcionar soporte estructural dentro del concreto al combinarse con la pasta de cemento. Pueden presentarse en forma de arena, grava o piedra triturada, y constituyen la fracción más densa y volumétrica del material, influyendo de manera decisiva en su resistencia, durabilidad y estabilidad estructural.

Dado su rol esencial en la resistencia y durabilidad del material, la selección adecuada de los agregados resulta fundamental. Deben estar conformados por partículas sólidas, resistentes e impermeables, y libres de sustancias que puedan generar reacciones perjudiciales o alterar el proceso de fraguado del cemento. Una elección inadecuada puede comprometer significativamente la calidad del concreto y la estabilidad de las estructuras construidas con él (Rodríguez et al., 2020).

Figura 4**Agregados**

Nota: (Rodríguez, 2020)

Los agregados se clasifican según su tamaño, modo de fragmentación y peso específico.

a. Clasificación por Tamaño de Partícula

Para la correcta dosificación del concreto es fundamental dividir los agregados en dos grupos principales, considerando una frontera nominal de 4.75 mm, equivalente a la malla N.º 4 según ASTM.

Se denomina agregado fino al material cuyas partículas tienen diámetros comprendidos entre 0.074 mm y 4.75 mm, comúnmente conocido como arena. Por otro lado, las partículas con tamaño superior a 4.75 mm se clasifican como agregado grueso, que incluye gravas o piedras trituradas.

Esta separación permite garantizar una adecuada distribución granulométrica, optimizando la densidad, la resistencia y la trabajabilidad del concreto. A continuación, se suele incluir una tabla con la clasificación de los agregados según su tamaño, sus denominaciones comunes y su idoneidad como material constituyente del concreto.

Tabla 3

Clasificación según su tamaño de los agregados

Tamaño de las Partículas en mm (pulg.)	Denominación más Corriente	Clasificación	Clasificación como Agregado para Concreto
Inferior a 0.002 Entre 0.002 - 0.074 (No.200)	Arcilla Limo	Fracción muy fina	No recomendable
Entre 0.074 - 4.76 (No.200)-(No.4)	Arena	Agregado fino	Material apto
Entre 4.76 - 19.1 (No.4)-(3/4") Entre 19.1 - 50.8 (3/4") - (2") Entre 50.8 - 152.4 (2")-(6") Superior a 152.4 (6")	Gravilla Grava Piedra Rajón, piedra bola	Agregado grueso	Material apto para producir concreto

b. Según el Modo de Fragmentación

De acuerdo con el proceso mediante el cual se origina o fragmenta el material, los agregados pueden agruparse en tres categorías:

- ✓ **Naturales:** Son aquellos que se obtienen directamente de procesos geológicos o erosivos, como el arrastre fluvial o la meteorización de rocas.
- ✓ **Manufacturados:** Resultan de procedimientos industriales o mecánicos, tales como la trituración, molienda o cribado artificial de piedras.
- ✓ **Mixtos:** Corresponden a materiales que combinan partículas formadas por ambos procesos, es decir, parcialmente naturales y parcialmente manufacturados.

Esta clasificación es relevante, ya que la forma y textura superficial del agregado influyen en la adherencia con la pasta cementicia y, por tanto, en la resistencia final del concreto.

c. Clasificación por Peso Específico

El peso específico de un agregado se define como la relación entre su peso y el peso de un volumen igual de agua. Aunque este parámetro no constituye un indicador directo de calidad, sí se emplea en el control de la mezcla para calcular volúmenes y proporciones.

De acuerdo con sus densidades, los agregados pueden clasificarse en livianos, normales o pesados, y cada tipo se emplea en diferentes aplicaciones estructurales dependiendo de los requerimientos de resistencia o aislamiento:

Tabla 4

Clasificación según su densidad de los agregados

Tipo de Concreto	Peso Unitario aprox. Del Concreto Kg/m ³	Peso Unitario del Agregado kg/m ³	Ejemplo de Utilización	Ejemplo de Agregado
Ligero	400-800	60-480	Concreto para aislamiento	Piedra Pómez Perlita
	950-1350	480-1040	Concreto para relleno y mampostería no estructural	
	1450-2000		Concreto estructural	
Normal	2000-2500	1300-1600	Concreto estructural y no estructural	Canto rodado agregado de río
Pesado	2500-5600	3400-7500	Concreto para protección contra radiación gamma o x,y contrapesas	Piedra barita y magnetita

Dependiendo de sus características y dimensiones la Norma Técnica Peruana clasifica y denomina a los agregados en: (Abanto Castillo, 1996).

a. Agregados gruesos

Según la Norma Técnica Peruana NTP 400.011 (2008, revisión 2013), se define como agregado grueso al material que permanece retenido en el tamiz de 4,75 mm (N.º 4). Este tipo de agregado está compuesto por grava o piedra triturada, de origen natural o artificial, y se utiliza de manera frecuente en la elaboración de concretos tanto convencionales como livianos, aportando resistencia, estabilidad y durabilidad a la mezcla final.

Los agregados gruesos deben cumplir con las siguientes especificaciones normativas:

- La granulometría debe ser preferiblemente continua, con el fin de lograr una distribución homogénea de los tamaños de partícula.
- La curva granulométrica debe maximizar la densidad del concreto, garantizando al mismo tiempo una adecuada consistencia y trabajabilidad según las condiciones de colocación.
- No se permitirá que más del 5 % del material quede retenido en la malla de 1½", ni que más del 6 % pase por la malla de ¼", asegurando así una distribución de tamaños adecuada para el desempeño estructural del concreto.

b. Agregados finos

Según la NTP 400.011 (2008, revisada en 2013) y la norma ASTM C33, el agregado fino se obtiene de la desintegración natural o mecánica de las rocas. Está compuesto por partículas que pasan el tamiz de 9.51 mm (3/8") y quedan retenidas en el tamiz de 0.074 mm (N.º 200).

El agregado fino puede estar formado por arena natural, arena manufacturada o una combinación de ambas, y debe cumplir con las siguientes condiciones:

- Las partículas deben ser limpias, duras, compactas y preferentemente angulosas.
- Deben estar libres de contaminantes tales como polvo excesivo, terrones de arcilla, materia orgánica, sales, álcalis, o partículas blandas y escamosas.
- Ningún tamiz consecutivo debe retener más del 45 % del material, para mantener una distribución uniforme.
- La granulometría deberá ajustarse a los límites establecidos por la NTP 400.037, lo que garantiza una adecuada cohesión y manejabilidad de la mezcla.

2.2.2.4. El Agua

El agua empleada en la elaboración del concreto debe ser transparente y libre de impurezas, tales como aceites, ácidos, sales, materia orgánica o cualquier sustancia que pueda afectar negativamente las propiedades del concreto o del acero de refuerzo. Si existen dudas sobre su calidad, el agua no debe utilizarse salvo que se cuente con ensayos previos que demuestren su inocuidad.

Las fuentes naturales de agua pueden contener elementos orgánicos o minerales indeseables. En especial, las aguas superficiales suelen presentar impurezas en suspensión como sedimentos, hojas, aceites o arcillas. Por esta

razón, cuando se utilicen, deben someterse previamente a procesos de filtración o sedimentación para eliminar los contaminantes.

Figura 5

Agua para el concreto



a) Agua de Amasado

Se denomina agua de amasado a la que se incorpora durante la mezcla de los componentes del concreto. Su función principal es hidratar el cemento, facilitar la trabajabilidad de la masa y crear los espacios necesarios para el desarrollo de los productos de hidratación.

Este tipo de agua se clasifica en dos grupos:

- Agua de Hidratación: participa en la reacción química con el cemento, formando el gel hidratado; es no evaporable, ya que no se elimina a 110 °C.
- Agua Evaporable: corresponde al agua que puede perderse por calentamiento. Incluye tres subtipos:
 - Agua de absorción, que se adhiere a las partículas del gel.

- Agua capilar, que ocupa los poros del cemento.
- Agua libre, que se evapora durante el secado.

En las normas técnicas se establecen límites máximos permisibles de impurezas para garantizar la idoneidad del agua empleada en el mezclado del concreto

Tabla 5

Límites de impurezas para el agua de mezcla del hormigón

Impurezas	Máximo Tolerado (ppm)
Carbonato de Sodio y Potasio	1.000
Cloruro de sodio	20.000
Sulfato de sodio	10.000
Sulfato, como SO ₄	3.000
Carbonatos de calcio y magnesio, como ión bicarbonato	400
Cloruro de magnesio	40.000
Sulfato de magnesio	25.000
Cloruro de calcio (por peso de cemento en el concreto)	2%
Sales de hierro	40.000
Yodato, fosfato, arsenato y borato de sodio	500
Sulfito de sodio	100
Ácido sulfúrico y ácido clorhídrico	10.000
PH	6,0 a 8,0
Hidróxido de potasio (por peso de cemento en el concreto)	0.5%
Hidróxido de potasio (por peso de cemento en el concreto)	1.2%
Azúcar	500
Partículas en suspensión	2.000
Aceite mineral (por peso de cemento en el concreto)	2%
Agua con algas	0
Materia orgánica	20
Agua de mar	35.000

b) Agua de Curado

El agua de curado es aquella que se aplica al concreto endurecido para conservar su humedad y asegurar el desarrollo óptimo de sus propiedades

mecánicas. Su función es compensar la pérdida de agua provocada por la evaporación, especialmente en condiciones de alta temperatura, viento o exposición solar.

En ausencia de productos selladores o compuestos de curado, es necesario mantener la superficie constantemente húmeda mediante riego o recubrimiento con materiales que retengan la humedad, evitando la fisuración y mejorando la durabilidad del concreto.

2.2.2.5. Aditivos

En la actualidad, los aditivos se reconocen como componentes auxiliares del concreto, incorporados con el propósito de mejorar o modificar sus propiedades tanto en estado fresco como una vez endurecido. Según el Comité 116R del ACI y la norma ASTM C125, se entiende por aditivo a todo material diferente del agua, los agregados, el cemento o las fibras de refuerzo, que se añade antes o durante el proceso de mezclado. Su aplicación permite controlar la calidad del concreto en las etapas de mezclado, transporte, colocación y curado, favoreciendo un mejor rendimiento, mayor durabilidad y una optimización de los costos de producción (Torre, 2004).

A. Condiciones de empleo

Según lo establecido en la norma ASTM C494, los aditivos deben cumplir con requisitos técnicos específicos dependiendo de su clasificación y función. Su aplicación requiere la aprobación de la supervisión técnica del proyecto, además de ajustarse a las condiciones y criterios definidos en las especificaciones técnicas. Entre los principales parámetros que se regulan mediante el uso de

aditivos se incluyen el contenido de agua, el tiempo de fraguado, la resistencia a la compresión y a la flexión, así como la contracción y la durabilidad del concreto, garantizando así un desempeño adecuado del material en obra.

B. Razones de empleo

Los aditivos se incorporan principalmente para modificar las propiedades del concreto con los siguientes fines:

- ✓ Reducir la cantidad de agua o mantener la trabajabilidad con un menor contenido de cemento.
- ✓ Aumentar o retardar el tiempo de fraguado según las necesidades constructivas.
- ✓ Disminuir la segregación y el sangrado, mejorando la cohesión de la mezcla.
- ✓ Acelerar el desarrollo de resistencia, especialmente en etapas iniciales.
- ✓ Reducir el calor de hidratación y controlar los efectos de contracción.
- ✓ Mejorar la durabilidad, impermeabilidad y adherencia entre el concreto y el acero de refuerzo.

C. Clasificación de aditivos

La clasificación de los aditivos no es única, ya que un mismo producto puede influir en varias propiedades simultáneamente. Según la ASTM C494 y las directrices del ACI, los aditivos pueden dividirse en grupos como:

- Plastificantes y superplastificantes, que reducen el contenido de agua.
- Acelerantes y retardantes de fraguado, que modifican los tiempos de endurecimiento.
- Incorporadores de aire, que mejoran la resistencia a los ciclos de congelación y deshielo.
- Impermeabilizantes, que reducen la permeabilidad del concreto.

Cada tipo de aditivo tiene una función específica dentro del diseño de mezclas y debe seleccionarse considerando las condiciones ambientales, las características del cemento y las exigencias estructurales del proyecto.

Figura 6

Tipos de Aditivos

TIPO A	• Aditivos reductores de agua
TIPO B	• Aditivo retardante
TIPO C	• Aditivo acelerante
TIPO D	• Aditivo reductor de agua y retardante
TIPO E	• Aditivo Reductor de agua y acelerante
TIPO F	• Aditivo reductor de agua de alto rango
TIPO G	• Aditivo reductor de agua de alto rango y retardante
TIPO S	• Aditivo de desempeño específico

Nota: NTP 334.088

2.2.3. Zeolitas Naturales

Se denomina zeolita a un mineral cristalino compuesto principalmente por óxidos de silicio y aluminio, el cual puede formarse de manera natural o sintética. Su origen natural se asocia a los procesos volcánicos, donde las erupciones y posteriores transformaciones de las rocas generan estructuras ricas en sílice (SiO_2). Estas se desarrollan al descender la temperatura, dando lugar a la formación de zeolitas con características físico-químicas particulares (Lekha et al., 2017).

Las zeolitas pertenecen al grupo de los minerales aluminosilicatos hidratados, caracterizados por poseer una estructura cristalina tridimensional y microporosa, que contiene cationes intercambiables como sodio, potasio, calcio o magnesio. Su composición y estructura guardan similitud con los feldespatos, aunque se diferencian por su capacidad de retener y liberar agua dentro de sus cavidades internas. Esta propiedad les otorga funciones específicas como la adsorción selectiva, el intercambio iónico y una notable estabilidad estructural frente a diferentes condiciones físico-químicas (McCarthy & Dyer, 2019).

Figura 7

Muestra de zeolitas naturales



2.2.3.1. Características de las Zeolitas

Gracias a su arquitectura particular, que presenta amplios canales y cavidades, estos minerales poseen propiedades propias de los materiales nanoporosos, entre ellas la capacidad de retener o liberar agua en proporciones que pueden superar el 30 % respecto a su masa seca (Mijailović et al., 2022).

La disposición cristalina de la zeolita es altamente ordenada y está formada por unidades de construcción primarias, constituidas por tetraedros de silicio [SiO_4] y de aluminio [AlO_4], enlazados mediante átomos de oxígeno compartidos. Estos tetraedros se organizan en lo que se conoce como unidades de construcción secundarias (SBU). De acuerdo con la regla de Löwenstein, los tetraedros de silicio pueden enlazarse entre sí (Si-O-Si), mientras que los de aluminio solo se conectan con los de silicio (Si-O-Al) (Chaves et al., 2019).

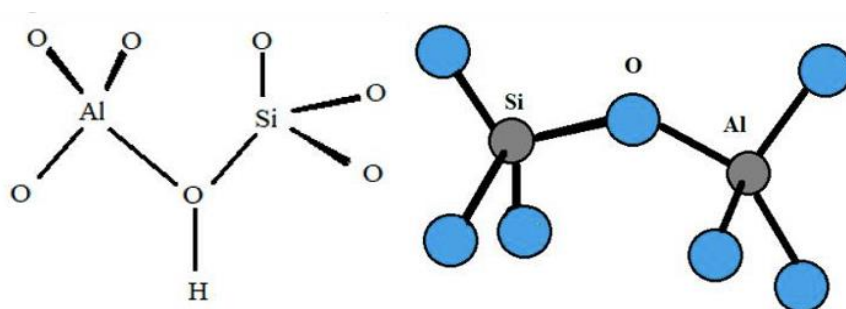
La sustitución de un catión de silicio (Si^{4+}) por aluminio (Al^{3+}) genera un exceso de electrones que confiere carga negativa a la estructura, compensada por cationes intercambiables como Na^+ , K^+ , NH_4^+ , H^+ , Ca^{2+} , Sr^{2+} o Mg^{2+} (Król, 2020). Dichos cationes, junto con moléculas de agua, se ubican en las cavidades del armazón de aluminosilicato, desplazándose con facilidad dentro del mineral y pudiendo reemplazarse por otros iones presentes en el medio (Jarosz et al., 2022).

La compleja red interna de las zeolitas proviene de la disposición variable de tetraedros, que origina un sistema de canales y cavidades de distintos tamaños (Kuldeyev et al., 2023). Bajo condiciones ambientales normales, estos espacios suelen estar ocupados por moléculas de agua, conocidas como agua

zeolítica. Mediante un tratamiento térmico es posible eliminar dicha agua sin modificar la organización cristalina de la zeolita. Los poros resultantes quedan disponibles para alojar nuevamente agua u otras moléculas adsorbidas (B. Ahmadi & Shekarchi, 2010).

Figura 8

Esquema de la estructura de la zeolita



Nota: Kordala & Wyszowski (2024).

2.2.3.2. Zeolita Natural de uso comercial

La zeolita natural destinada al uso industrial se obtiene a partir de la selección y procesamiento controlado de minerales zeolíticos mediante equipos especializados que garantizan un tamaño de partícula uniforme y adecuado para su aplicación. Una de sus principales propiedades es su alta capacidad de adsorción, especialmente frente a gases como el amoníaco, característica que la hace útil en diversos sectores productivos.

En el ámbito constructivo, la zeolita natural se emplea como componente en la fabricación de concretos ligeros y de alta resistencia, aprovechando su baja densidad y su estructura microporosa para mejorar la trabajabilidad y reducir el peso propio de las estructuras (Rodríguez, 2021).

Figura 9*Zeolita Natural**Nota.* (Rodríguez, 2021)

2.2.3.3. Aplicaciones de las zeolitas naturales

Las zeolitas naturales poseen una amplia gama de aplicaciones industriales debido a su capacidad de intercambio iónico, adsorción selectiva y retención molecular. En el campo de la metalurgia y minería, se utilizan para capturar metales pesados generados durante los procesos metalúrgicos. Asimismo, contribuyen a la conservación energética, ya que se emplean en la purificación de gas natural, gasificación del carbón, refinación del petróleo y en tecnologías de almacenamiento solar.

En el ámbito ambiental, la zeolita desempeña un papel relevante en el tratamiento de aguas residuales, la eliminación de contaminantes atmosféricos, la generación de oxígeno, y la depuración de gases industriales. En la agricultura, su uso permite mejorar la calidad del suelo, retener nutrientes y adsorber pesticidas y metales, contribuyendo a una producción más sostenible.

Por su parte, en la industria de la construcción, se aplica en la fabricación de detergentes, papel, y materiales cementicios, aprovechando su naturaleza absorbente y su estabilidad térmica (Valdebenito et al., 2016).

2.2.4. Zeolita en el concreto

La incorporación de zeolita como material cementante suplementario en las mezclas de concreto ha demostrado múltiples beneficios. Puede reemplazar hasta un 40 % del contenido de cemento sin afectar de forma negativa la resistencia mecánica, permitiendo la obtención de concretos ligeros con densidades entre 500 kg/m³ y 1,500 kg/m³, y resistencias a la compresión que varían entre 50 y 300 kg/cm² (Saltos et al., 2016).

Diversas investigaciones confirman que la zeolita reduce la permeabilidad del concreto, actuando como un sellador natural que dificulta la penetración de sulfatos y otros agentes agresivos en la superficie de las estructuras (Flórez, 2019; Izquierdo, 2020). Además, al mantener la humedad durante el proceso de fraguado, favorece la hidratación de los silicatos de calcio de reacción lenta, lo que mejora la densificación de la matriz y previene la formación de fisuras y expansiones causadas por reacciones álcali-sílice o carbonato (Dopico et al., 2009).

Entre los principales efectos de su uso en el concreto destacan:

- Mayor resistencia mecánica: la zeolita refuerza la estructura interna del concreto, incrementando su capacidad de carga tanto a compresión como a flexión.

- Control de la retracción: su inclusión reduce la aparición de grietas por contracción plástica durante el curado, mejorando la integridad estructural.
- Sostenibilidad ambiental: al ser un mineral natural y abundante, la zeolita disminuye la huella de carbono del concreto al reducir el consumo de cemento y favorecer procesos de captura de CO₂, consolidándose como una alternativa ecológica y eficiente en la construcción moderna.

2.2.5. Propiedades físicas del concreto

Las propiedades físicas del concreto son determinantes para comprender su comportamiento en estado fresco y endurecido, las cuales están influenciadas por la calidad de los materiales empleados y las condiciones del proceso de mezclado (Sánchez, 2017).

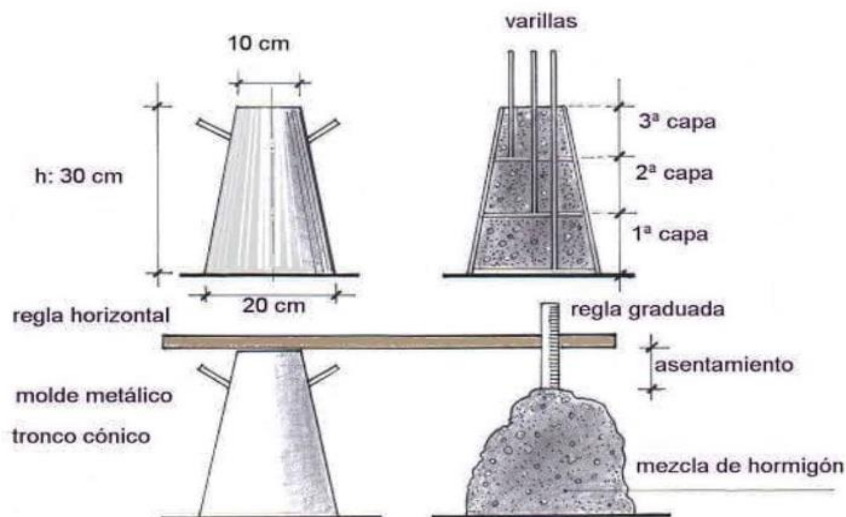
a. Trabajabilidad

La trabajabilidad hace referencia a la facilidad con que el concreto puede mezclarse, colocarse y compactarse manteniendo su uniformidad. Esta característica depende principalmente de la fricción interna entre las partículas de los agregados y la fricción externa generada entre la mezcla y las superficies con las que entra en contacto (Panimbosa, 2022).

Durante el vaciado, es fundamental aplicar una vibración controlada que elimine los vacíos internos y garantice la compactación adecuada del concreto fresco.

Figura 10

Ensayo del "Slump" o Revenimiento



Nota: (Valencia Castro, y otros, 2016)

De acuerdo con el Comité ACI 116, la trabajabilidad se evalúa mediante el ensayo de revenimiento (slump test), expresado en pulgadas. Este parámetro refleja la fluidez de la mezcla: valores de slump mayores indican una mezcla más plástica y manejable, lo que reduce el riesgo de segregación y erosión durante el fraguado (Chávez et al., 2021).

Tabla 6

Clasificación de la trabajabilidad

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

Nota: Chávez & Mendoza (2021).

b. Contenido de aire

El aire incluido o atrapado en el concreto cumple una función esencial al permitir su expansión y contracción térmica, especialmente en ambientes con variaciones extremas de temperatura. Sin embargo, un exceso de aire puede aumentar la porosidad del concreto, comprometiendo la durabilidad, favoreciendo la corrosión del acero de refuerzo y permitiendo la filtración de agua hacia las capas internas (Rondan, 2018).

c. Consistencia

La consistencia se refiere al grado de fluidez o movilidad que presenta la mezcla bajo determinadas condiciones de humedad. Cuanto mayor es el contenido de agua, mayor será la facilidad de colocación del concreto. No obstante, la consistencia no debe confundirse con la trabajabilidad, ya que una mezcla puede ser fluida pero no necesariamente manejable. En estructuras con elevada congestión de acero, se requieren mezclas plásticas y cohesivas que faciliten el vaciado sin segregación (Riva, 2010).

d. Exudación

La exudación o sangrado ocurre cuando, tras la colocación, el agua contenida en el concreto migra hacia la superficie, generando una fina película. Este fenómeno se debe al asentamiento de las partículas sólidas y a la elevación simultánea del agua. Si bien una ligera exudación puede ser útil para evitar fisuras por retracción plástica, un exceso de agua superficial puede provocar debilitamiento y agrietamiento si no se realiza un curado adecuado (Subagya, 2011).

e. Peso unitario del concreto

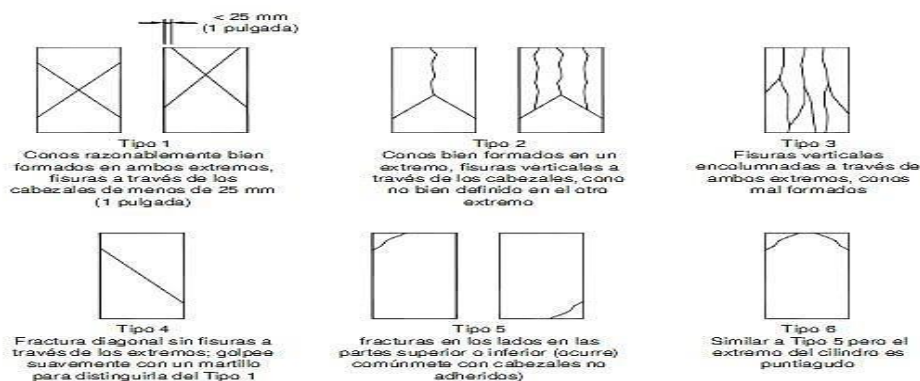
La densidad o peso unitario del concreto depende de factores como el tipo y cantidad de agregados, el contenido de aire, la proporción de agua y cemento, y el tamaño máximo del agregado. Generalmente, al aumentar el contenido de agregados y reducir la cantidad de pasta, se obtiene un concreto más denso y resistente. Por tanto, la selección adecuada de los materiales y su dosificación influye directamente en la resistencia, durabilidad y desempeño estructural del concreto.

2.2.6. Propiedades mecánicas del concreto

Las propiedades mecánicas del concreto hacen referencia a la capacidad del material endurecido para resistir esfuerzos externos sin sufrir deformaciones o fallas estructurales. Estas propiedades se evalúan mediante ensayos de laboratorio, donde el concreto se somete a cargas controladas con el objetivo de determinar su comportamiento frente a diferentes tipos de esfuerzos, como compresión, tracción o flexión.

Figura 11

Propiedades mecánicas del concreto



Nota. NTP (2015)

a. Resistencia a la compresión del concreto

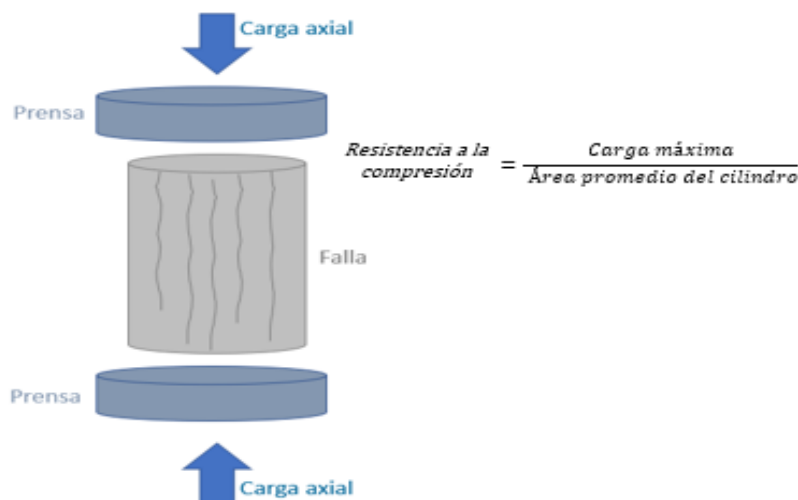
La resistencia a la compresión es el parámetro más representativo de la calidad y desempeño estructural del concreto endurecido. Este ensayo determina la capacidad del material para soportar cargas de compresión antes de su fractura.

El procedimiento consiste en aplicar una carga axial progresiva sobre probetas cilíndricas o cúbicas, registrando el esfuerzo máximo que el material puede resistir antes de fallar. Los resultados dependen directamente de la edad de curado de las muestras, realizándose comúnmente a los 7, 14 y 28 días para evaluar el desarrollo de resistencia en el tiempo (Parvina, 2020).

El valor obtenido permite clasificar el concreto según su calidad estructural, definiendo su uso en elementos portantes, losas o acabados, según el nivel de resistencia alcanzado.

Figura 12

f'_c del concreto



Nota. Lopera (2020)

2.3. Marco conceptual

1. **Agregados:** Los agregados son materiales granulares que, al combinarse con cemento y agua, conforman el concreto. Se clasifican en agregados finos, como la arena, y agregados gruesos, como la grava o la piedra triturada. Su función principal es aportar volumen, estabilidad y resistencia estructural a la mezcla, además de influir de manera significativa en la trabajabilidad, densidad y durabilidad del concreto una vez endurecido.
2. **Asentamiento (Slump):** El asentamiento es una medida de la consistencia y fluidez del concreto fresco, obtenida mediante el ensayo del cono de Abrams. Este parámetro refleja la facilidad de colocación y compactación de la mezcla, siendo un indicador clave de la trabajabilidad. Valores intermedios de slump aseguran una mezcla manejable y homogénea, reduciendo la posibilidad de segregación.
3. **Capacidad de Carga a Compresión:** Esta propiedad se refiere a la habilidad del concreto para soportar fuerzas que tienden a reducir su volumen, es decir, cargas de compresión. Representa uno de los indicadores más importantes de su desempeño estructural, ya que determina la estabilidad y seguridad de los elementos sometidos a esfuerzos compresivos prolongados.
4. **Concreto:** El concreto es una mezcla de cemento, agua y agregados que, tras el proceso de fraguado y endurecimiento,

adquiere propiedades de resistencia y durabilidad. Dependiendo de su dosificación, puede emplearse en elementos estructurales, pavimentos o prefabricados. Su éxito como material constructivo radica en su versatilidad, bajo costo y adaptabilidad a diversas condiciones ambientales y estructurales.

5. Granulometría: La granulometría es el proceso mediante el cual se determina la distribución de tamaños de partículas en un agregado. A través del análisis por tamizado, es posible identificar las proporciones de arena, limo y arcilla presentes, lo cual permite ajustar las proporciones de la mezcla para obtener un concreto con densidad, resistencia y trabajabilidad óptimas.
6. Mezcla de Concreto: El concreto se forma mediante la combinación controlada de cemento, agua, áridos finos y gruesos, la cual, una vez endurecida, constituye uno de los materiales más resistentes y utilizados en la construcción. El proceso de amasado o mezclado busca lograr una distribución homogénea de los componentes, garantizando una estructura compacta y uniforme al endurecer.
7. Zeolita Natural: La zeolita natural es un mineral aluminosilicatado microporoso de origen volcánico, con una estructura cristalina tridimensional que le otorga una alta capacidad de intercambio iónico y adsorción de agua. Estas propiedades la hacen útil en aplicaciones industriales, ambientales y en materiales de construcción, donde puede actuar como aditivo o sustituto parcial del cemento.



CAPÍTULO III

MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque de investigación

El presente estudio adopta un enfoque cuantitativo, dado que busca medir, comparar y analizar de forma objetiva el comportamiento del concreto dúctil al incorporar zeolitas naturales como material complementario. Este tipo de enfoque permite establecer relaciones numéricas y tendencias verificables entre las variables estudiadas, garantizando la validez y confiabilidad de los resultados.

La obtención de datos se llevará a cabo a través de ensayos experimentales de laboratorio, en los que se evaluarán las propiedades físicas y mecánicas del concreto —particularmente su resistencia a la compresión— bajo distintas proporciones de zeolita. Posteriormente, los resultados serán procesados y analizados estadísticamente para determinar el grado de influencia del aditivo sobre el desempeño estructural del material. Este enfoque

proporciona una base empírica sólida que permitirá validar o rechazar las hipótesis planteadas y respaldar las conclusiones con evidencia cuantificable.

3.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación corresponde a una investigación aplicada, ya que su propósito principal es proponer soluciones prácticas al problema identificado, mediante la incorporación de un material alternativo (zeolita natural) en la composición del concreto. Esta propuesta busca mejorar la resistencia y durabilidad del material, contribuyendo al desarrollo de soluciones constructivas sostenibles en la región de Puno.

3.3. Nivel de investigación

El estudio tiene un nivel explicativo, puesto que pretende analizar y describir las causas del comportamiento físico y mecánico del concreto cuando se incorpora zeolita natural en diferentes porcentajes. El propósito es explicar cómo y por qué esta adición modifica las propiedades del material en sus fases fresca y endurecida.

3.4. Diseño de la investigación

La investigación se estructura bajo un diseño cuasi experimental, en el cual se manipula intencionadamente la variable independiente —porcentaje de adición de zeolita natural— para observar sus efectos sobre la variable dependiente, que corresponde a las propiedades mecánicas del concreto. No se empleará un control absoluto de todas las condiciones experimentales, pero se mantendrán constantes los factores que puedan influir en los resultados.

3.5. Ámbito de la investigación

El desarrollo experimental de la investigación se llevará a cabo en la región de Puno, Perú, considerando las condiciones ambientales y la disponibilidad de materiales locales.

3.6. Población y muestra

3.6.1. Población

La población de estudio está conformada por la totalidad de probetas de concreto elaboradas con y sin adición de zeolita natural, preparadas según los diferentes diseños de mezcla definidos para la investigación.

3.6.2. Muestra

La muestra consiste en probetas cilíndricas destinadas al ensayo de resistencia a la compresión, elaboradas con cemento tipo I y distintos porcentajes de zeolita natural. Se realizarán cuatro diseños de mezcla, correspondientes al concreto patrón y a tres sustituciones del 10 %, 15 % y 20 % de cemento por zeolita natural.

Tabla 7

Cantidades de especímenes a realizar

Dosificación	Compresión		
	7(días)	14(días)	28(días)
Concreto Patrón	3	3	3
C.P. + 10% de zeolitas naturales	3	3	3
C.P. + 15% de zeolitas naturales	3	3	3
C.P. + 20% de zeolitas naturales	3	3	3
Total	36		

3.7. Técnicas

Se empleará la técnica de observación directa, mediante la cual el investigador participará activamente en la toma de datos y en la ejecución de los ensayos de laboratorio, registrando la información en fichas de control y hojas de resultados.

Los ensayos destructivos seguirán las especificaciones de la norma ASTM C39/C39M y las NTP peruanas vigentes para evaluar la resistencia a la compresión del concreto.

a) Búsqueda de información

El desarrollo del estudio se sustentó en una revisión bibliográfica exhaustiva, abarcando tesis previas, artículos científicos, normas técnicas y publicaciones especializadas. Esta etapa permitió establecer el marco teórico y validar la importancia de la aplicación de zeolitas naturales en el mejoramiento de concretos estructurales.

b) Materiales empleados para la investigación

- ✓ Agregados (finos y gruesos) seleccionados según norma NTP 400.011.
- ✓ Zeolitas naturales, extraídas del centro poblado de Llungo, distrito de Atuncolla, provincia de Puno.
- ✓ Cemento Portland Tipo I, empleado como material base en todas las mezclas.

3.7.1. Ensayos de laboratorio

A. Análisis Granulométrico

Se realizará conforme a las normas NTP 400.010, ASTM C702 y NTP 400.012, determinando la distribución del tamaño de partículas mediante tamices progresivamente más finos. El proceso incluye el secado, pesado y clasificación del material para obtener la curva granulométrica correspondiente.

B. Tamaño Máximo

El tamaño máximo del agregado grueso se definirá según la mayor malla que permita el paso del material sin exceder los límites establecidos por las normas técnicas.

C. Peso específico y contenido de absorción

Se seleccionarán muestras representativas (aprox. 2000 g) y se saturarán en agua durante 24 horas. Posteriormente se secarán superficialmente y se determinarán las masas saturada, sumergida y seca, calculando el peso específico aparente y el porcentaje de absorción.

D. Peso Unitario

✓ Peso Unitario Suelto

Se pesa el recipiente con el material vertido sin compactar y se calcula el peso por unidad de volumen.

✓ Peso Unitario Compactado

El agregado se introduce en capas, aplicando 25 golpes de varilla por capa para calcular el peso unitario compactado.

E. % de Humedad

Se pesarán muestras de 100 g, se secarán en horno a 110 °C por 24 horas y se registrará la diferencia de peso. Este valor indica el porcentaje de humedad presente en los agregados.

3.7.2. Propiedades físicas del agregado fino

A. Análisis Granulométrico

Para establecer la distribución del tamaño de las partículas del agregado fino, la muestra fue secada en horno durante 24 horas, asegurando la eliminación total de humedad antes de iniciar el proceso de clasificación. Posteriormente, se procedió a tamizar el material con el tamiz N.º 200, con el propósito de retirar el polvo y las partículas demasiado finas que pudieran alterar los resultados. Una vez obtenida una muestra seca, limpia y homogénea, se realizó un tamizado progresivo utilizando una serie de tamices de aberturas estandarizadas, registrando con precisión la masa retenida en cada nivel.

El análisis granulométrico es una técnica fundamental para caracterizar los agregados empleados en la elaboración del concreto, ya que proporciona información sobre la distribución porcentual de los tamaños de partícula presentes en la muestra. Esta información resulta esencial para evaluar la calidad, la gradación, la uniformidad y la idoneidad del material, factores que influyen directamente en la trabajabilidad, densidad y resistencia del concreto, así como en su comportamiento estructural y durabilidad dentro de las obras de construcción.

El resultado se representa mediante una curva granulométrica, la cual describe el porcentaje acumulado de partículas retenidas o pasantes en cada tamiz, siendo una herramienta esencial para verificar el cumplimiento de las normas técnicas y garantizar la adecuada trabajabilidad, densidad y resistencia del concreto.

B. Peso específico y absorción

El ensayo de peso específico y absorción del agregado fino se realizó aplicando la técnica del cuarteo, mediante la cual se seleccionó una muestra representativa de aproximadamente 500 gramos. Esta fue sumergida completamente en agua durante 24 horas, permitiendo que las partículas alcanzaran el estado de saturación con superficie seca (SSS). Posteriormente, se retiró el exceso de agua superficial utilizando papel absorbente, procurando que el material no llegara a deshidratarse.

A continuación, la muestra húmeda fue colocada en un frasco volumétrico de 500 ml, el cual se llenó hasta la marca con agua, registrando el peso total bajo el agua. Luego, el material se secó en horno por 24 horas para determinar su peso seco, lo que permitió calcular el peso específico aparente, el peso específico saturado con superficie seca y el porcentaje de absorción del agregado.

Este procedimiento proporciona datos esenciales para evaluar la porosidad y capacidad de absorción del material, aspectos fundamentales al momento de ajustar la relación agua-cemento en el diseño de mezclas. De esta manera, se logra mantener la consistencia, resistencia y durabilidad del

concreto, evitando posibles variaciones en su desempeño estructural y su comportamiento a largo plazo.

C. Peso unitario

El ensayo de peso unitario tiene por finalidad determinar la masa de agregado contenida en un volumen determinado, expresada en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3). Se realizó en dos condiciones: compactada y suelta.

- Peso unitario compactado:

El agregado se colocó en un recipiente metálico de $\frac{1}{3}$ de pie cúbico, distribuyéndose en tres capas iguales. Cada capa fue compactada aplicando 25 golpes uniformes con una varilla metálica. Luego de nivelar la superficie, se registró el peso total del recipiente con el agregado y, conociendo el volumen del molde, se obtuvo el valor del peso unitario compactado.

- Peso unitario suelto:

Para este caso, el agregado se vertió en el mismo recipiente sin aplicar ningún tipo de compactación, procurando no alterar la posición natural de las partículas. Finalmente, se pesó el conjunto y se calculó el peso unitario suelto, útil para determinar la densidad aparente y el grado de compactación del material.

D. Contenido de humedad

Se extrajo una muestra representativa de 1 kg de agregado fino, de la cual se tomaron submuestras de 100 g para su análisis. Cada una fue colocada en un horno de secado durante 24 horas, hasta alcanzar un peso constante. Posteriormente, se registró la pérdida de masa, que corresponde al porcentaje de humedad presente en el material.

Este parámetro es esencial, ya que el agua contenida en los agregados influye directamente en las propiedades del concreto fresco y endurecido. Un contenido de humedad no controlado puede alterar la relación agua-cemento, afectando la resistencia, durabilidad y trabajabilidad del concreto. Por ello, el control de este factor es fundamental para asegurar una mezcla uniforme y de calidad estructural óptima.

E. Diseño de mezcla

El diseño de mezcla constituye una etapa crítica del proceso de elaboración del concreto, cuyo objetivo es definir las proporciones óptimas de cada componente (cemento, agua, agregados y aditivos) para lograr las propiedades requeridas en el producto final. Este procedimiento busca equilibrar la resistencia, durabilidad, trabajabilidad y economía, reduciendo al mínimo los defectos o propiedades indeseables.

En el ámbito de la ingeniería civil, el diseño de mezcla permite establecer una relación coherente entre la dosificación de materiales, la consistencia del concreto y las condiciones de exposición ambiental.

Ensayo de asentamiento (slump):

- ✓ La evaluación de la consistencia del concreto en estado fresco se efectuó utilizando el ensayo del cono de Abrams, método que permite determinar la capacidad de la mezcla para fluir y conservar su uniformidad sin presentar segregación. A través de este procedimiento se obtiene un valor de asentamiento, expresado en centímetros o pulgadas, que sirve como indicador del grado de trabajabilidad, cohesión y fluidez del concreto. Dicho resultado permite verificar si la mezcla cumple con las condiciones óptimas para su colocación, compactación y acabado, garantizando así un desempeño adecuado durante el proceso constructivo.

F. Procedimiento de resistencia a compresión

El ensayo de compresión se efectuó sobre probetas cilíndricas previamente curadas durante 7, 14 y 28 días. Las muestras se extrajeron del tanque o piscina de curado, se dejaron secar entre 5 y 24 horas, y se limpiaron las superficies que estarían en contacto con las placas de la prensa.

Con ayuda de un calibre Vernier, se midieron los diámetros de las probetas en dos direcciones perpendiculares, obteniendo un promedio. Las probetas se colocaron en la máquina de compresión hidráulica, asegurando una alineación correcta y centrada antes de aplicar la carga.

El ensayo se ejecutó a una velocidad constante de 3.5 kg/cm² por segundo, hasta la rotura del espécimen, la cual debe producirse en un tiempo máximo de 100 segundos. Se registró la carga máxima (P) en kilogramos, y la

resistencia a la compresión (f_c) se calculó dividiendo esa carga entre el área transversal de la probeta.

3.8. Método de análisis de datos

Los resultados obtenidos de los ensayos físicos y mecánicos serán presentados en tablas y gráficos comparativos, permitiendo observar la variación del comportamiento del concreto con los diferentes porcentajes de zeolita natural. Posteriormente, los valores serán contrastados con los criterios establecidos en las Normas Técnicas Peruanas (NTP) para verificar su conformidad y consistencia.

El análisis estadístico permitirá identificar tendencias, comparar promedios y evaluar la significancia de los resultados, asegurando la validez científica de las conclusiones.

3.9. Aspectos éticos

La investigación se desarrollará bajo el código de ética institucional de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez (UANCV), cumpliendo con los principios de honestidad, transparencia y responsabilidad científica. Se garantizará la autenticidad de los datos, el respeto a la propiedad intelectual, la originalidad del contenido y el cumplimiento de las normas sobre derechos humanos y ambientales.

Asimismo, se evitará cualquier tipo de manipulación de resultados o uso indebido de información, asegurando que la investigación se conduzca de forma ética, verificable y técnicamente rigurosa.



CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Resultados de la investigación

Los datos recopilados a partir de pruebas de laboratorio exhaustivas se revisan minuciosamente y se recopilan en este capítulo. Los datos obtenidos se presentan en un resumen completo con tablas, gráficos y análisis que muestran los resultados de las pruebas. El siguiente paso para proporcionar un análisis exhaustivo de los datos es una explicación detallada de los resultados, prestando atención a las relaciones y tendencias que se han identificado.

4.1.1 *Procedimientos de trabajos en laboratorio*

A. Muestreo de cantera

El procedimiento para extraer y muestrear los agregados se estandarizó de acuerdo con la norma NTP 400.010. En el departamento de Puno, en la provincia de San Román, las canteras (Isla) fueron los lugares donde se realizaron los muestreos. Los técnicos que realizan pruebas en materiales de cantera deben actuar con sumo cuidado y cumplir todos los protocolos de

seguridad aplicables mientras recogen muestras que proporcionarán información sobre las características y el estado del elemento de interés.

Tras visitar ambas canteras, el científico del laboratorio decidió que la cantera (Isla) tenía el mejor material.

Equipos:

✓ Pala, Envase de traslado

B. Contenido de humedad

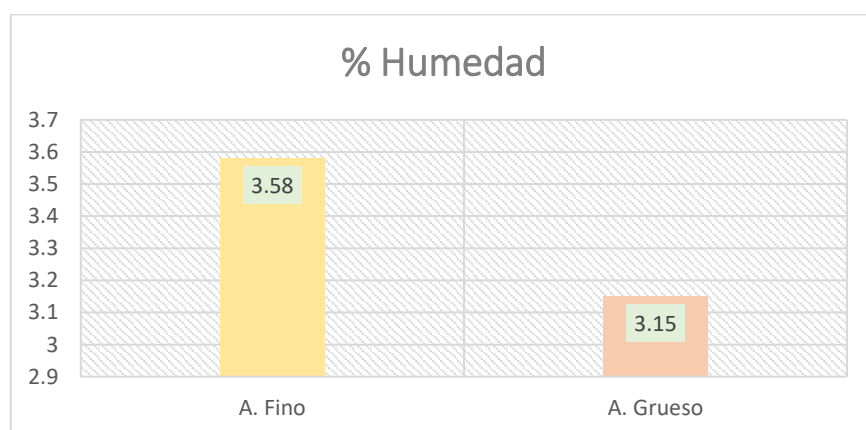
Tabla 8

Resum. de los result. de contenido de humedad de los agregados

Descripción	A. Fino	A. Grueso
% Humedad	3.58	3.15

Figura 13

Diagrama del contenido de humedad



Los resultados de laboratorio para los áridos finos indican un porcentaje de humedad del 3,58 %. El porcentaje de humedad de laboratorio para los áridos

gruesos de la cantera de Isla es del 3,15 %, como se muestra en la tabla 8. Su bajo contenido de humedad es claramente visible

C. Granulometría

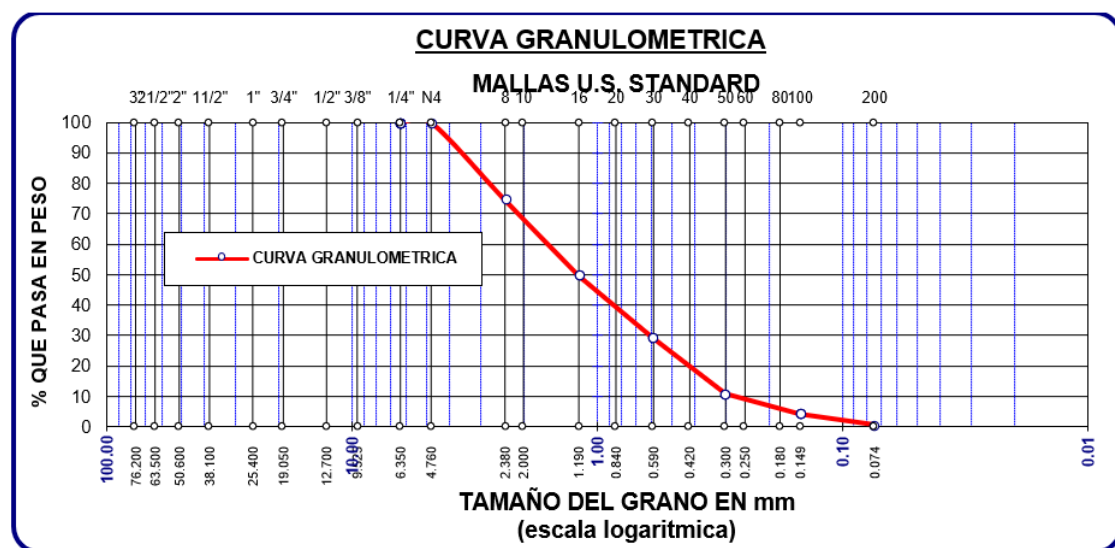
Tabla 9

Granulom. del agregado fino

Tamiz	P. retenido (gr)	% R. parcial	% R. acumulado	% pasa
1/4	0	0,00	0,00	100,00
No4	1,62	0,11	0,11	99,89
No8	367,12	25,46	25,57	74,43
No16	359,20	24,91	50,49	49,51
No30	296,09	20,54	71,02	28,98
No 50	262,03	18,17	89,19	10,81
No100	96,54	6,70	95,89	4,11
No200	50,14	3,48	99,37	0,63
Base	9,12	0,63	100,00	0,00

Figura 14

Curva granulométrica del A. Fino



Con un módulo de finura de 3.32, los pesos conservados en las distintas mallas estándar para áridos finos se muestran en la tabla 9. La figura 14 demuestra claramente que el árido utilizado se encuentra dentro de los límites establecidos.

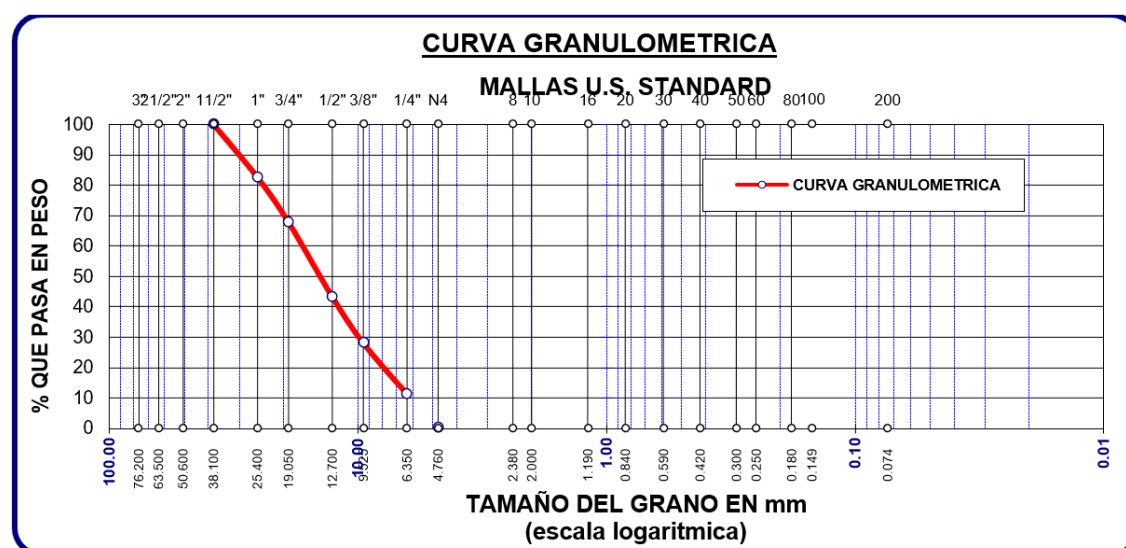
Tabla 10

Granulom. del agregado grueso

Tamiz	P. retenido	% R. parcial	% R. acumulado	% pasa
1 ½"	0	0,00	0,00	100,00
1"	1731,09	17,36	17,36	82,64
¾"	1469,01	14,73	32,08	67,92
½"	2452,10	24,58	56,67	43,33
⅜"	1524,14	15,28	71,95	28,05
¼"	1672,54	16,77	88,72	11,28
No4	1058,04	10,61	99,33	0,67
Base	67,12	67,12	0,67	100,00

Figura 15

Curva granulométrica de los agregados gruesos



Un valor de 7.09 de módulo de finura de agregado grueso indica una mayor proporción de agregado grueso. La curva granulométrica se ajusta al parámetro definido, como se muestra en la figura 15, cumpliendo así los requisitos.

D. P. esp. y absorc. del agregado fino

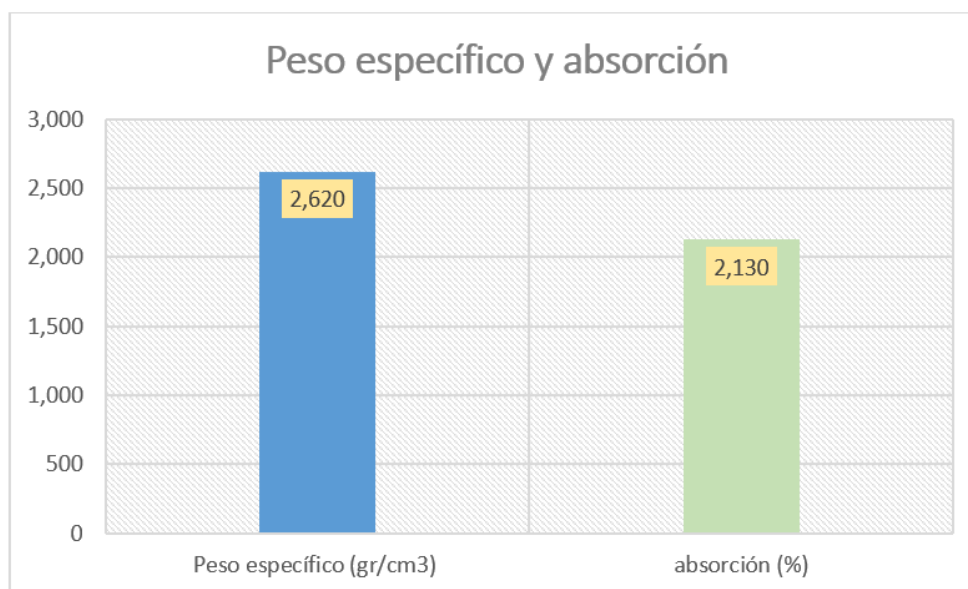
Tabla 11

Resumen de datos sobre P. esp. y absorc. de áridos finos

Ensayos	P. esp. (gr/cm ³)	absorc. (%)
Fino	2.620	2.130

Figura 16

Diagrama de P. esp. y absorc. del agregado fino



El P. esp. del agregado fino fue de 2,620 y el porcentaje de absorc. fue del 2,130 %, tal y como se muestra en la tabla 11 y la figura 16.

E. P. esp. y absorc. del agregado grueso

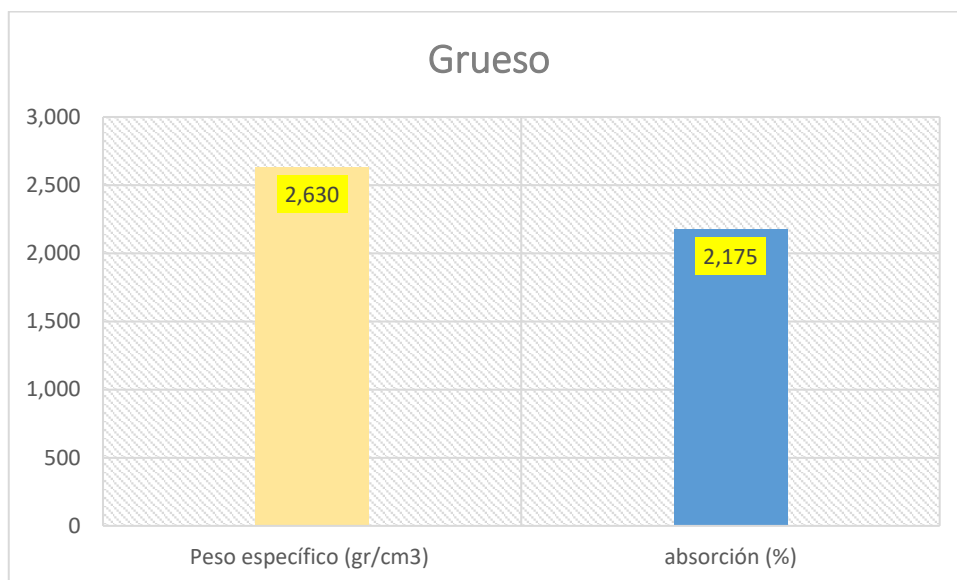
Tabla 12

Resumen de Resultados de pesos específicos y absorc. del agregado grueso

Prueb.	P. esp. (gr/cm ³)	absorc. (%)
Grueso	2.630	2.175

Figura 17

Resultados de P. esp. y absorc. AG



El agr. grueso analizado registró un p. esp. de 2.630 g/cm³ y una absorción. del 2.175 %, valores que se ubican dentro de los límites permitidos por las NTP y las especific. ASTM. Estos resultados indican que el material presenta una densidad apropiada y una absorción. moderada, asegurando su aptitud para la producción de concreto estructural.

F. Peso unitario suelto y compactado de los agregados

Divida la masa seca del agregado por su volumen, incluyendo los espacios de aire, para obtener su densidad total y peso unitario. Para esta

prueba se utilizó la técnica de ensayo estándar NTP 400.017 para evaluar la masa por unidad de volumen o densidad (peso unitario) y los huecos del agregado. Nuestra muestra debe estar seca para esta prueba. La prueba es la misma para partículas gruesas y finas.

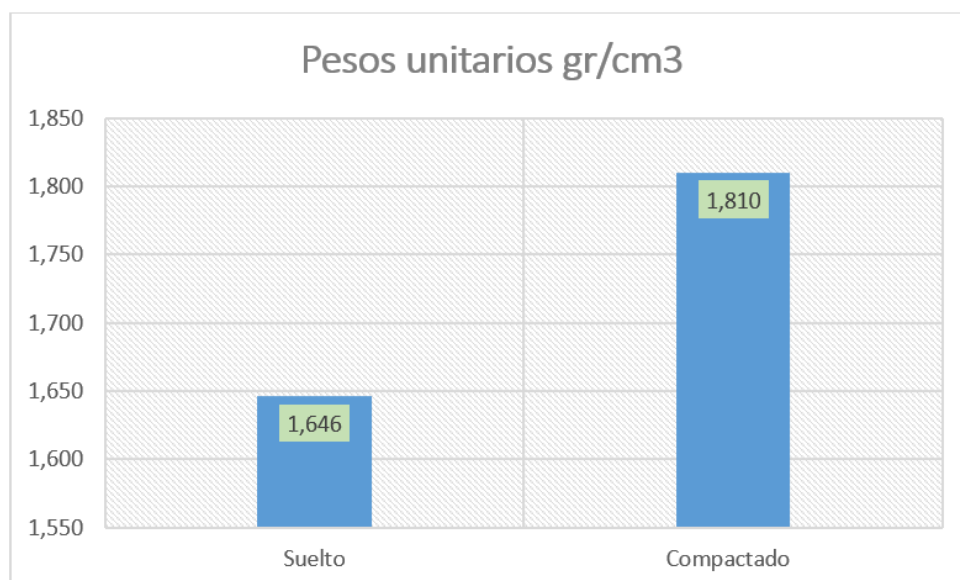
Tabla 13

Valores promedios del p. unit suelto y compac. del agregado fino

Pesos unitarios gr/cm ³	
Suelto	1.646
Compactado	1.810

Figura 18

Comparativa de p. unit suelto y compac. del agregado fino



El agregado fino presentó un peso unitario suelto de 1.646 g/cm³ y un peso unitario compactado de 1.810 g/cm³, resultados que se aprecian en la Tabla 13 y en la Figura 18. Para la ejecución del ensayo, se determinó previamente el

volumen del molde metálico, el cual fue pesado antes y después de cada medición para obtener la relación masa-volumen. El procedimiento consistió en llenar el molde en tres capas sucesivas, aplicando 25 golpes uniformes con una varilla metálica en cada una de ellas para garantizar la compactación homogénea del material. En la última capa, el agregado se niveló cuidadosamente hasta lograr una superficie regular. Posteriormente, se pesó el conjunto y se registraron los valores correspondientes. Este procedimiento se repitió dos veces para asegurar la precisión y confiabilidad de los resultados.

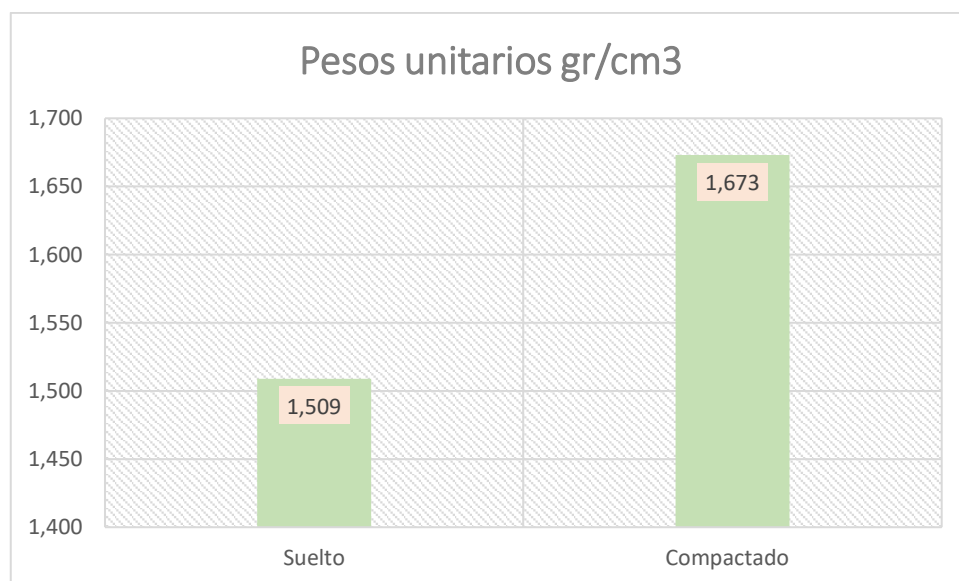
Tabla 14

Valores promedios del p. unit suelto y compac. del agregado grueso

Pesos unitarios gr/cm ³	
Suelto	1.509
Compactado	1.673

Figura 19

Comparativa de p. unit suelto y compac. del agregado grueso



El agregado grueso presentó un peso unitario suelto promedio de 1.509 g/cm³ y un peso unitario compactado de 1.673 g/cm³, tal como se detalla en la Tabla 14 y se observa en la Figura 19. Estos resultados reflejan el comportamiento característico del material frente al proceso de compactación, evidenciando un aumento en la densidad al reducirse los vacíos entre partículas. Dicha diferencia confirma la importancia de la compactación en la determinación de la masa volumétrica real del agregado, factor que influye directamente en el diseño de la mezcla de concreto. Los valores obtenidos son coherentes con los rangos esperados para agregados de origen pétreo natural, por lo que el material se considera apto para la producción de concretos estructurales, garantizando uniformidad y estabilidad en las mezclas elaboradas.

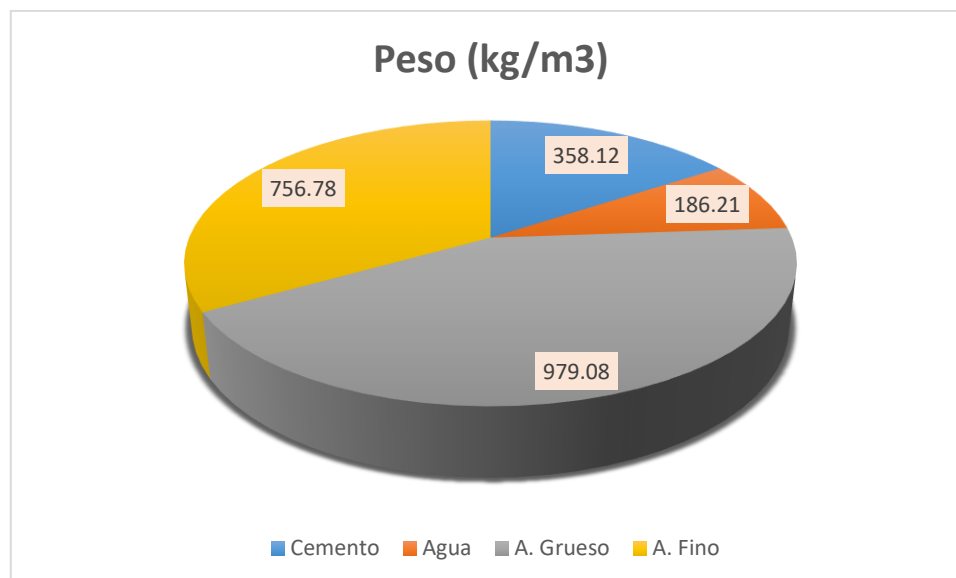
4.1.2 Resultados para el diseño de mezclas

A. Diseño del concreto patrón

Tabla 15

Cantidad de materiales corregidos por m³

Material	Peso (kg/m ³)	Para 3 briquetas (0.016 m ³)
Cemento	358.12	5.730
Agua	186.21	2.979
A. Grueso	979.08	15.665
A. Fino	756.78	12.108

Figura 20*Proporciones de materiales para 1m³*

El diseño de mezcla patrón se elaboró en base a los materiales seleccionados y sus respectivas correcciones por humedad y densidad. Los valores promedios obtenidos se presentan en la Tabla 15, donde se detalla la cantidad de cada componente por metro cúbico de concreto y su equivalencia para tres probetas de ensayo. En la Figura 20 se aprecia la distribución porcentual de los materiales que conforman la mezcla. Se observa que el agregado grueso representa la proporción más elevada dentro de la composición total, seguido por el agregado fino, mientras que el cemento y el agua se emplean en cantidades menores pero determinantes para lograr la trabajabilidad y la resistencia deseadas. El predominio del agregado grueso contribuye a obtener un concreto con mayor densidad, resistencia y estabilidad estructural, reduciendo la retracción y mejorando su desempeño mecánico. Asimismo, la relación agua/cemento fue cuidadosamente ajustada para asegurar una mezcla

cohesiva, manejable y con adecuada resistencia a la compresión, cumpliendo con los parámetros establecidos para concretos de uso estructural.

B. Diseño de concreto patrón + 10% de zeolita natural

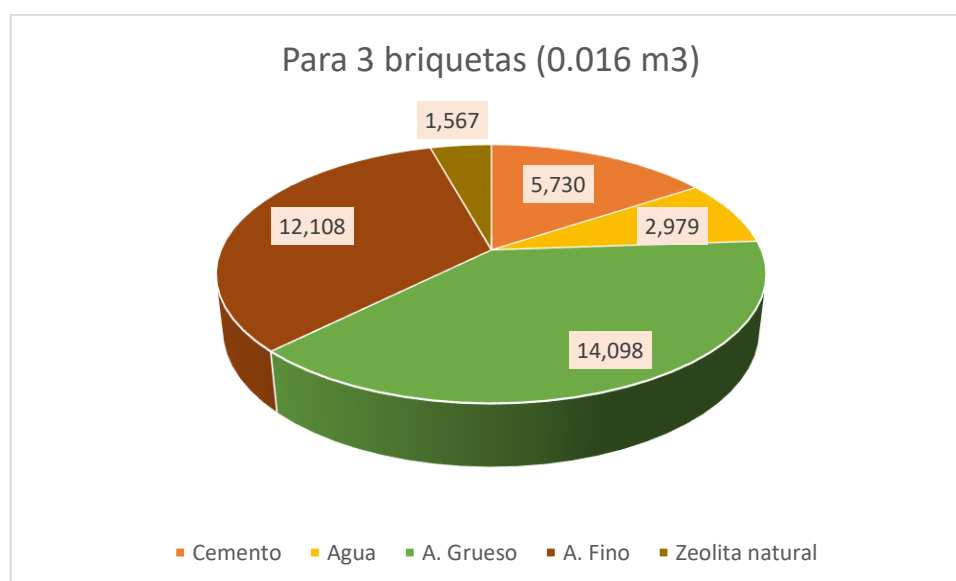
Tabla 16

Modificaciones en el peso del agregado grueso se sustituye el 10 % de zeolita natural

Material	Peso (kg/m3)	Para 3 briquetas (0.016 m3)
Cemento	358.12	5.730
Agua	186.21	2.979
A. Grueso	979.08	14.098
A. Fino	756.78	12.108
Zeolita natural	97.908	1.567

Figura 21

Cantidad de materiales + 10% de zeolita natural



C. Diseño de concreto patrón + 15% de zeolita natural

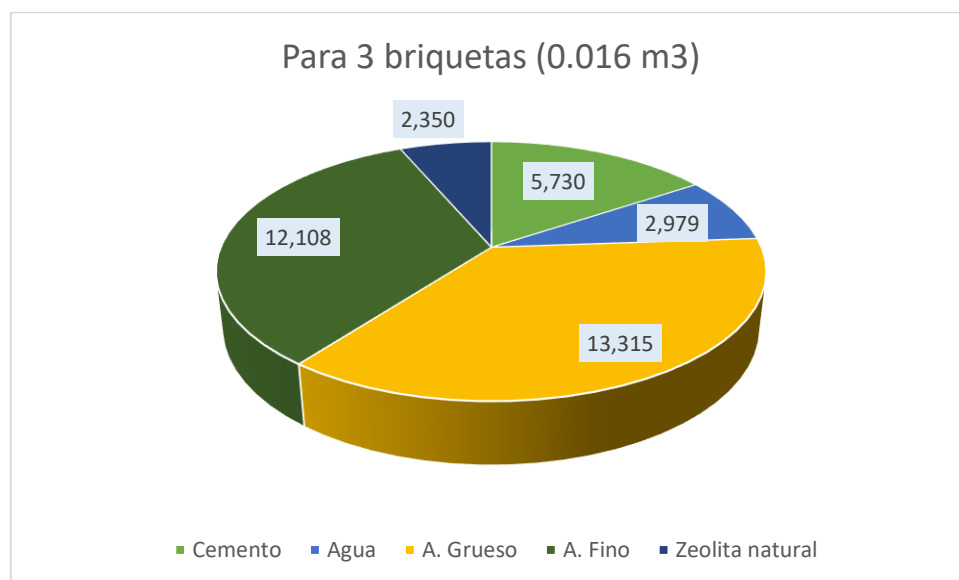
Tabla 17

Modificaciones en el peso del agregado grueso se sustituye el 15 % de zeolita natural

Material	Peso (kg/m3)	Para 3 briquetas (0.016 m3)
Cemento	358.12	5.730
Agua	186.21	2.979
A. Grueso	979.08	13.315
A. Fino	756.78	12.108
Zeolita natural	146.862	2.350

Figura 22

Cantidad de materiales + 15% de zeolita natural



D. Diseño de concreto patrón + 20% de zeolita natural

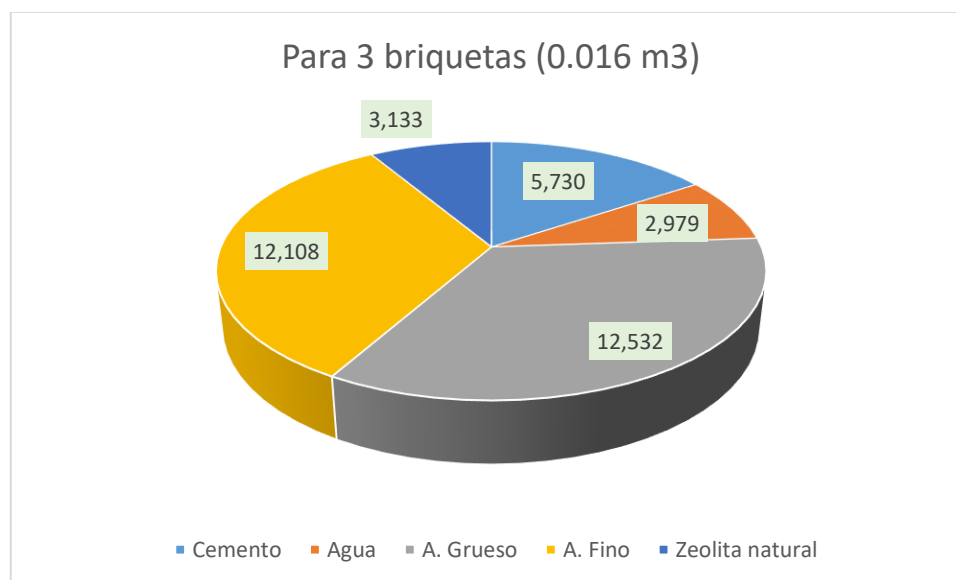
Tabla 18

Modificaciones en el peso del agregado grueso se sustituye el 20 % de zeolita natural

Material	Peso (kg/m3)	Para 3 briquetas (0.016 m3)
Cemento	358.12	5.730
Agua	186.21	2.979
A. Grueso	979.08	12.532
A. Fino	756.78	12.108
Zeolita natural	195.816	3.133

Figura 23

Cantidad de materiales + 20% de zeolita natural



4.1.3 Ensayo del asentamiento

Tabla 19

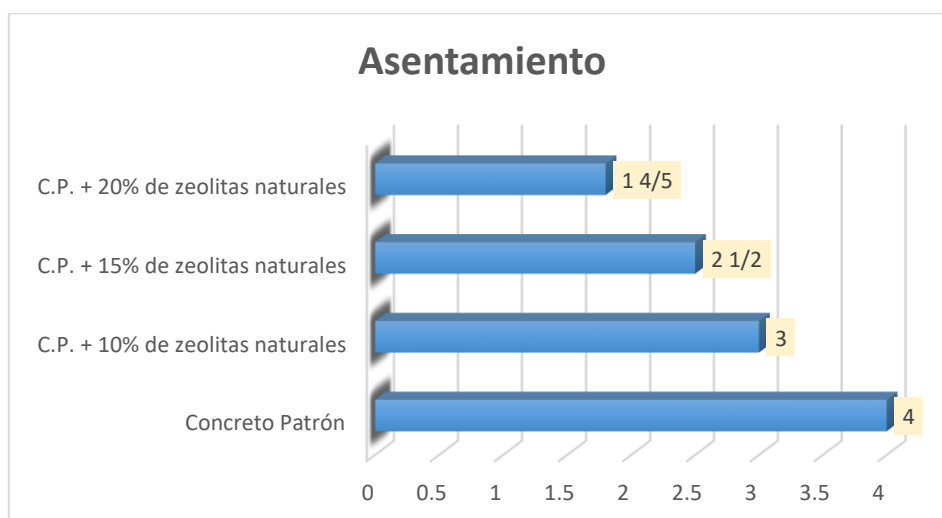
Resumen del asentamiento de las muestras

Muestra	Asentamiento	Consistencia
Concreto Patrón	4"	Estado plástico
C.P. + 10% de zeolitas naturales	3"	Estado plástico
C.P. + 15% de zeolitas naturales	2 1/2"	Estado seco
C.P. + 20% de zeolitas naturales	1 4/5"	Estado seco

La tabla 19 ilustra los asentamientos alcanzados en hormigón nuevo sin aditivos y con un 10 %, un 15 % y un 20 % de zeolitas naturales añadidas a un diseño de 210 kg/cm². Cabe señalar que la cantidad de material añadido determina la cantidad de asentamiento.

Figura 24

Resultados de revenimiento



En la Figura 24 se presentan los resultados obtenidos en el ensayo de revenimiento correspondiente al diseño de mezcla de 210 kg/cm². Se aprecia

una tendencia decreciente en el valor del asentamiento conforme aumenta el porcentaje de zeolita natural incorporada en la mezcla. Las variaciones registradas evidencian una reducción progresiva del “slump” para los niveles de sustitución del 10 %, 15 % y 20 %, en comparación con el concreto patrón.

Este comportamiento revela que, a medida que se incrementa la cantidad de zeolita, el concreto pierde fluidez y plasticidad, lo que se traduce en una disminución de la trabajabilidad en estado fresco. Esta reducción se asocia a la alta porosidad y gran superficie específica de la zeolita, que demanda una mayor cantidad de agua para lubricar las partículas, limitando la movilidad de la mezcla. En consecuencia, la incorporación de este material modifica la reología del concreto, por lo que resulta necesario controlar el contenido de agua o emplear aditivos plastificantes para compensar la pérdida de asentamiento.

4.1.4 Result. de resistencia a compresión

A. Result. de rotura de testigos concreto patrón

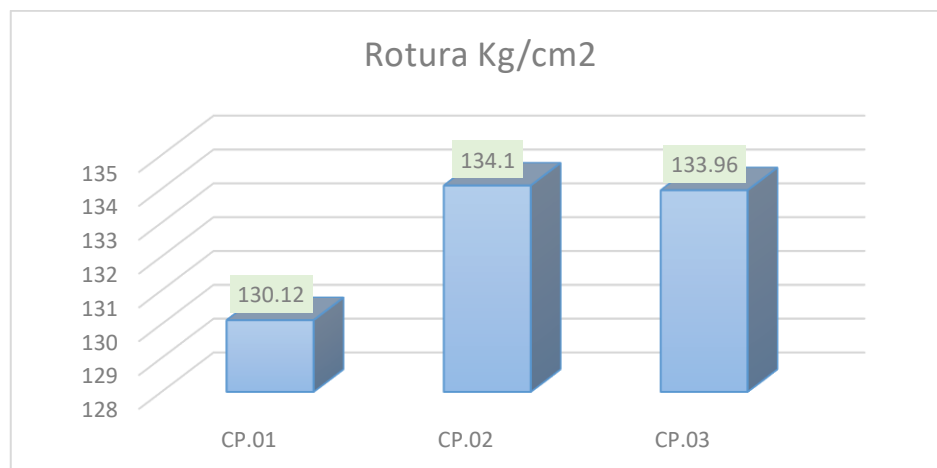
Tabla 20

Resist. a compresión a 7 días para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Código	Edad	F'c=Kg/cm2	Rotura Kg/cm2	Promedio
CP.01	7	210	130.12	132.73
CP.02			134.10	
CP.03			133.96	

Figura 25

Variación de la resist. a compresión a 7 días para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$



En la Figura 25 se presentan los resultados del ensayo de compresión realizados sobre tres probetas del concreto patrón a una edad de 7 días. Los valores registrados reflejan un comportamiento uniforme en la capacidad resistente del material, lo que demuestra la homogeneidad de la mezcla y la adecuada calidad del curado aplicado durante el proceso experimental. Luego del análisis de los datos obtenidos, se determinó un valor promedio de resistencia de 132.73 kg/cm^2 , considerado como el indicador principal del desempeño mecánico inicial del concreto patrón. Este resultado evidencia que el concreto desarrolla una resistencia temprana consistente con las especificaciones del diseño estructural y constituye la base comparativa para evaluar el efecto de la adición de zeolitas naturales en las siguientes fases del estudio.

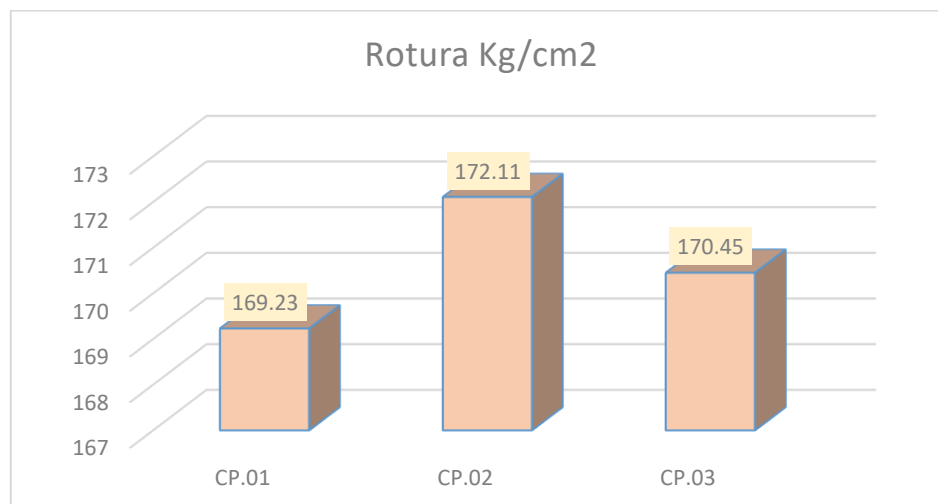
Tabla 21

Resist. a compresión a 14 días para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Código	Edad	F'c=Kg/cm2	Rotura Kg/cm2	Promedio
CP.01	14	210	169.23	170.60
CP.02			172.11	
CP.03			170.45	

Figura 26

Variación de la resist. a compresión a 14 días para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$



En la Figura 26 se presentan los resultados del ensayo de resistencia a la compresión realizado en tres probetas de concreto patrón con una edad de 14 días. Los valores consignados en la Tabla 21 muestran un aumento significativo en la resistencia promedio, alcanzando 170.60 kg/cm^2 , lo que representa una mejora evidente respecto a los resultados obtenidos a los 7 días de curado. Este incremento progresivo de la resistencia confirma el adecuado proceso de hidratación del cemento y la buena calidad del curado, factores que favorecen el desarrollo de la microestructura del concreto. Los

resultados se mantienen uniformes entre las tres probetas, lo que demuestra una mezcla homogénea y controlada durante la preparación y el moldeo. El valor promedio de 170.60 kg/cm² se considera representativo del comportamiento mecánico intermedio del concreto patrón, constituyendo una referencia importante para el análisis comparativo con las mezclas modificadas con zeolitas naturales. Este resultado cumple con los parámetros establecidos en las normas NTP 339.034 y ASTM C39/C39M, que regulan los ensayos de compresión en concretos a diferentes edades de curado.

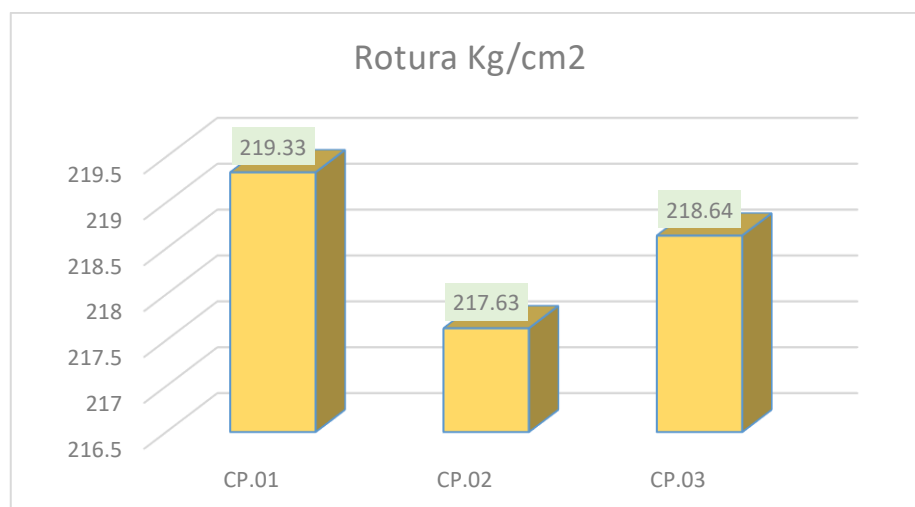
Tabla 22

Resist. a compresión a 28 días para $f'c = 210$ kg/cm²

Código	Edad	F'c=Kg/cm2	Rotura Kg/cm2	Promedio
CP.01	28	210	219.33	218.53
CP.02			217.63	
CP.03			218.64	

Figura 27

Comportamiento de la resist. a compresión a 28 días para $f'c = 210$ kg/cm²



En la Figura 27 se muestran los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión realizado sobre tres probetas de concreto patrón a una edad de 28 días, correspondiente al periodo de evaluación estándar establecido por las normas técnicas. Los valores registrados reflejan una resistencia promedio de 218.53 kg/cm², la cual supera ligeramente la resistencia de diseño de 210 kg/cm², indicando un desempeño satisfactorio del concreto. El incremento en la resistencia respecto a los resultados obtenidos a los 7 y 14 días confirma el proceso continuo de hidratación del cemento, así como la eficiencia de las condiciones de curado durante el ensayo. La uniformidad observada entre las tres muestras ensayadas demuestra que el concreto patrón posee una mezcla homogénea y estable, con una correcta dosificación y distribución de los componentes. El valor promedio alcanzado a los 28 días representa la resistencia máxima esperada del concreto convencional, sirviendo como referencia base para la comparación con las mezclas que incorporan zeolitas naturales. Estos resultados cumplen plenamente con las especificaciones establecidas en las normas NTP 339.034 y ASTM C39/C39M, garantizando la confiabilidad del comportamiento estructural del material.

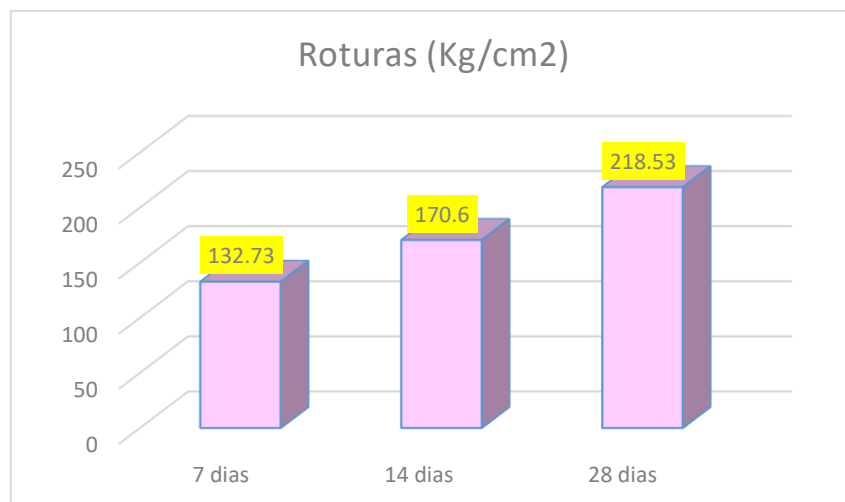
Tabla 23

Resistencia promedio obtenidos de los distintos días, 0% de zeolitas naturales

Días	Roturas (Kg/cm2)
7 días	132.73
14 días	170.60
28 días	218.53

Figura 28

Comparativa de la resistencia obtenida a los distintos días



El análisis presentado en la Figura 28 permite apreciar claramente la evolución de la resistencia a la compresión del concreto patrón en función del tiempo de curado. Durante los primeros 7 días, el material alcanzó una resistencia promedio de 132.73 kg/cm², correspondiente a la etapa inicial del proceso de hidratación del cemento, donde comienza la formación de los compuestos responsables de la cohesión interna.

Al extender el periodo de curado a 14 días, se evidenció un incremento significativo en la capacidad resistente, registrando un valor promedio de 170.60 kg/cm², lo que refleja un avance importante en la densificación y consolidación estructural del concreto.

Finalmente, a los 28 días, la resistencia máxima alcanzó 218.53 kg/cm², superando la resistencia de diseño de 210 kg/cm². Este comportamiento confirma una ganancia progresiva de resistencia con el tiempo, resultado del continuo desarrollo de los productos de hidratación, así como de un proceso de

curado adecuado y controlado, factores que aseguran la calidad y durabilidad del concreto elaborado.

B. Result. de rotura de testigos CP+10% de zeolitas naturales

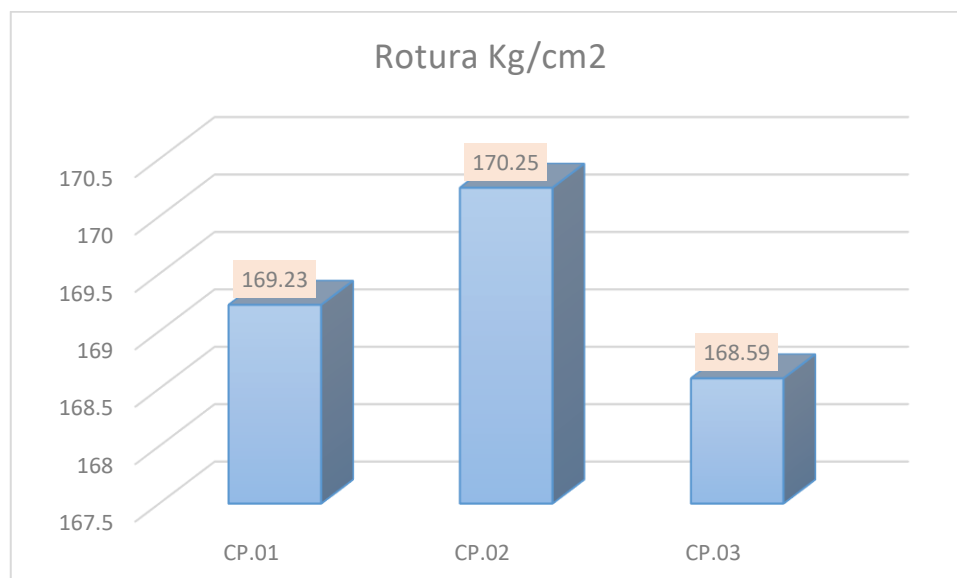
Tabla 24

Resist. a compresión a 7 días +10% de zeolitas naturales

Código	Edad	F'c=Kg/cm2	Rotura Kg/cm2	Promedio
CP.01	7	210	169.23	169.36
CP.02			170.25	
CP.03			168.59	

Figura 29

Comportamiento de la resist. a compresión a 7 días +10% de zeolitas naturales



En la Figura 29 se muestran los resultados del ensayo de resistencia a la compresión realizados sobre tres probetas de concreto con 10% de adición de

zeolita natural a los 7 días de curado. Los valores obtenidos presentan un promedio de 169.36 kg/cm², evidenciando un incremento notable en comparación con el concreto patrón a la misma edad (132.73 kg/cm²). Este resultado sugiere que la incorporación de zeolita natural mejora la ganancia temprana de resistencia, probablemente debido a su efecto puzolánico y a la reducción de la porosidad capilar en la mezcla. Además, la consistencia entre los valores individuales refleja una mezcla homogénea y estable, con un proceso de curado adecuado que favorece la hidratación del cemento y la reacción secundaria de la zeolita con el hidróxido de calcio.

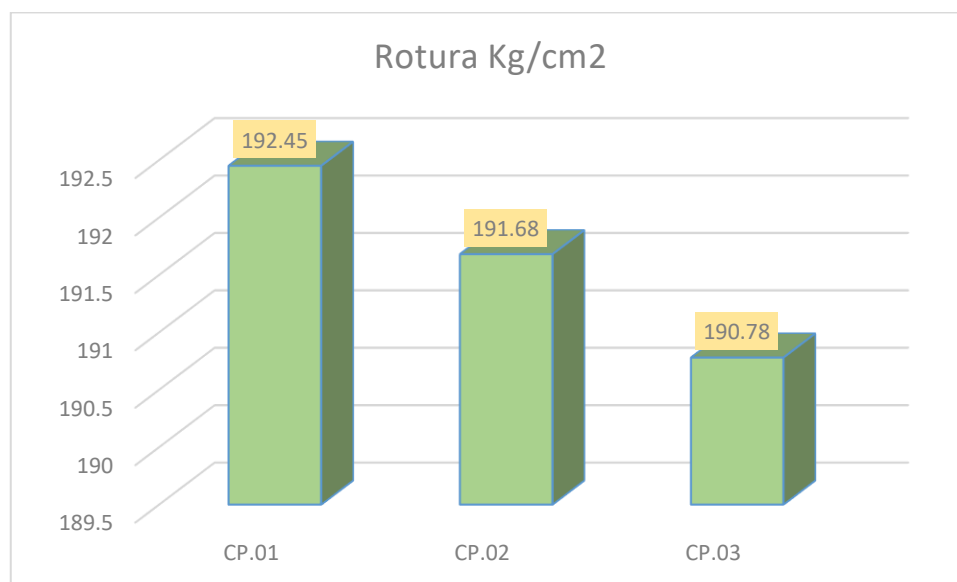
Tabla 25

Resist. a compresión a 14 días +10% de zeolitas naturales

Código	Edad	F'c=Kg/cm2	Rotura Kg/cm2	Promedio
CP.01	14	210	192.45	191.64
CP.02			191.68	
CP.03			190.78	

Figura 30

Comportamiento de la resist. a compresión a 14 días +10% de zeolitas naturales



En la Figura 30 se muestran los resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 14 días correspondientes a las probetas de concreto con una incorporación del 10 % de zeolita natural. La resistencia promedio alcanzó 191.64 kg/cm², evidenciando un aumento respecto a los valores registrados a los 7 días. Este crecimiento progresivo confirma el buen comportamiento mecánico del concreto modificado, asociado a la reacción puzolánica de la zeolita, la cual favorece la formación de compuestos cementantes secundarios y la densificación de la estructura interna del material. Asimismo, la uniformidad de los resultados obtenidos demuestra una adecuada compatibilidad entre la zeolita y los demás componentes del concreto, lo que valida su potencial uso en aplicaciones estructurales.

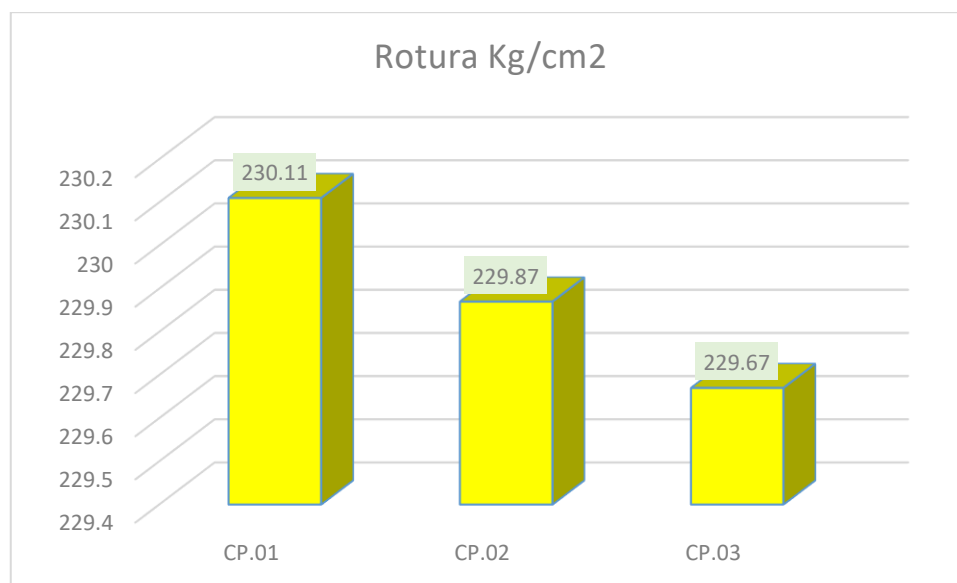
Tabla 26

Resist. a compresión a 28 días +10% de zeolitas naturales

Código	Edad	F'c=Kg/cm2	Rotura Kg/cm2	Promedio
CP.01	28	210	230.11	229.88
CP.02			229.87	
CP.03			229.67	

Figura 31

Comportamiento de la resist. a compresión a 28 días +10% de zeolitas naturales



En la Figura 31 se presentan los resultados correspondientes al ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días en las probetas de concreto con una adición del 10 % de zeolita natural. El promedio alcanzado fue de 229.88 kg/cm², lo que representa un aumento notable en comparación con el concreto patrón, cuyo valor fue de 218.53 kg/cm². Este comportamiento evidencia que la

incorporación del 10 % de zeolita natural mejora las propiedades mecánicas del concreto, permitiéndole superar la resistencia de diseño prevista.

La optimización de la resistencia se asocia con la actividad puzolánica de la zeolita, que promueve la formación adicional de compuestos hidratados de silicato de calcio (C-S-H), los cuales reducen la porosidad y fortalecen la cohesión interna de la mezcla. De manera general, los resultados obtenidos a los 7, 14 y 28 días confirman que la sustitución parcial del cemento por un 10 % de zeolita natural genera un efecto favorable en la resistencia a la compresión, tanto en etapas iniciales como en fases avanzadas del curado. En consecuencia, se demuestra que la zeolita natural es un aditivo compatible con los componentes del concreto, capaz de mejorar su comportamiento estructural sin afectar su trabajabilidad ni su durabilidad.

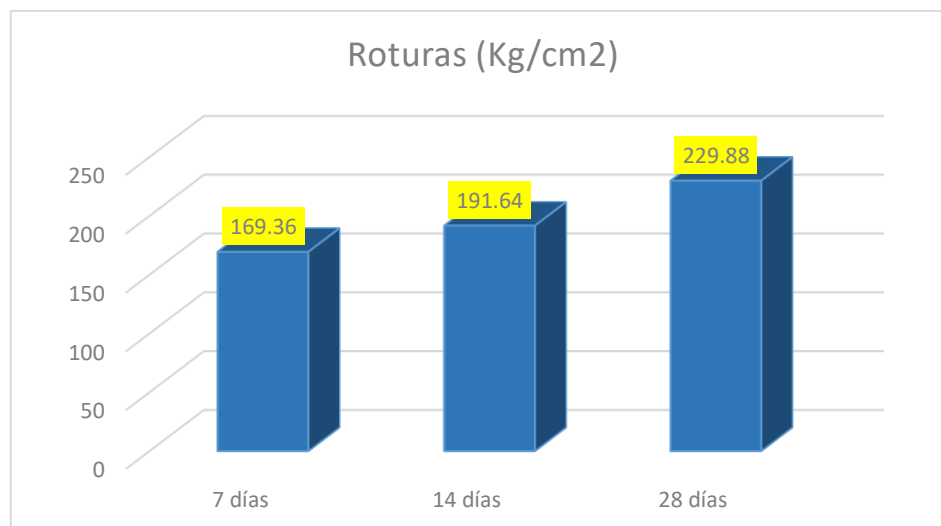
Tabla 27

Resistencia promedio obtenidos de los distintos días, 10% de zeolitas naturales

Días	Roturas (Kg/cm2)
7 días	169.36
14 días	191.64
28 días	229.88

Figura 32

Comparativa de la resistencia obtenida a los distintos días



La Figura 32 muestra la tendencia de crecimiento de la resistencia a la compresión del concreto con una adición del 10 % de zeolita natural en distintas edades de curado. A los 7 días, el material alcanzó una resistencia promedio de 169.36 kg/cm², evidenciando un rendimiento superior al del concreto patrón durante la fase inicial de endurecimiento. Con 14 días de curado, la resistencia aumentó hasta 191.64 kg/cm², demostrando el efecto positivo de la zeolita, que favorece una mayor compactación y densificación de la mezcla, fortaleciendo la adhesión entre las partículas. Finalmente, a los 28 días, el concreto registró una resistencia media de 229.88 kg/cm², valor que supera la resistencia de diseño de 210 kg/cm². Este comportamiento confirma que la sustitución parcial del cemento por un 10 % de zeolita natural produce una mejora sustancial en el desempeño mecánico del concreto, especialmente en etapas avanzadas del proceso de curado.

C. Result. de rotura de testigos CP+15% de zeolitas naturales

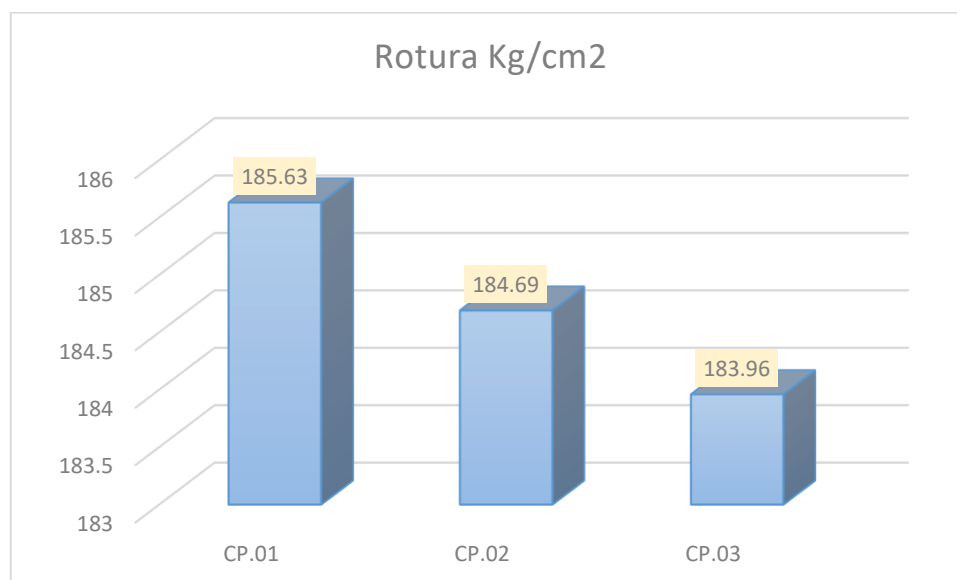
Tabla 28

Resist. a compresión a 7 días +15% de zeolitas naturales

Código	Edad	F'c=Kg/cm2	Rotura Kg/cm2	Promedio
CP.01	7	210	185.63	184.76
CP.02			184.69	
CP.03			183.96	

Figura 33

Comportamiento de la resist. a compresión a 7 días +15% de zeolitas naturales



La Tabla 28 presenta los valores de resistencia a la compresión obtenidos a los 7 días de curado para el concreto con 15% de zeolita natural. El promedio alcanzado fue de 184.76 kg/cm², según lo representado en la Figura 33. Estos resultados evidencian un incremento notable respecto al concreto patrón, lo que demuestra un desarrollo inicial favorable de la resistencia cuando se incorpora este porcentaje de zeolita al diseño de mezcla.

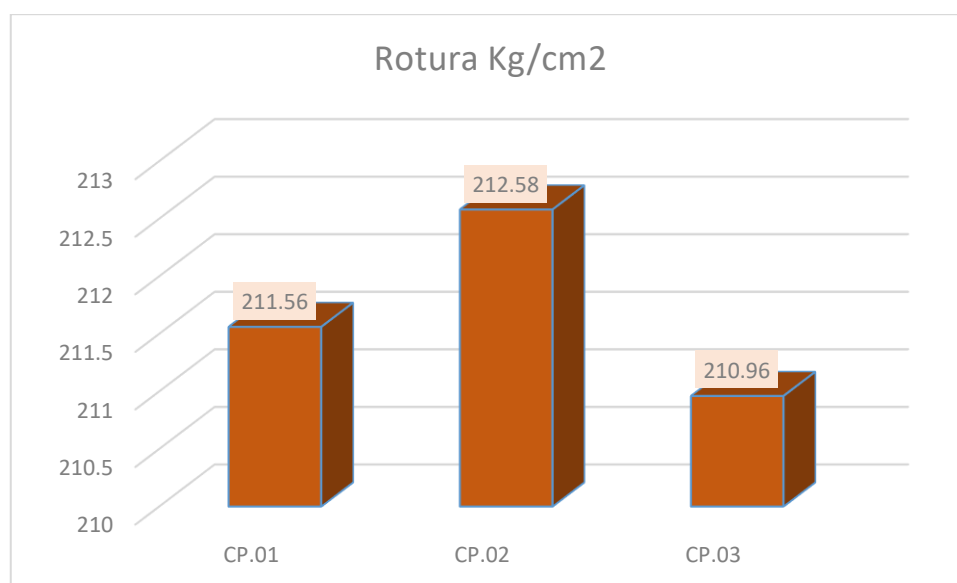
Tabla 29

Resist. a compresión a 14 días +15% de zeolitas naturales

Código	Edad	F'c=Kg/cm2	Rotura Kg/cm2	Promedio
CP.01	14	210	211.56	211.70
CP.02			212.58	
CP.03			210.96	

Figura 34

Comportamiento de la resist. a compresión a 14 días +15% de zeolitas naturales



A los 14 días, conforme a la Tabla 29 y la Figura 34, el concreto alcanzó una resistencia promedio de 211.70 kg/cm², lo que refleja un avance progresivo en la capacidad de carga del material. Este resultado indica una interacción eficiente entre la zeolita y los compuestos del cemento, favoreciendo un proceso de endurecimiento más estable y uniforme.

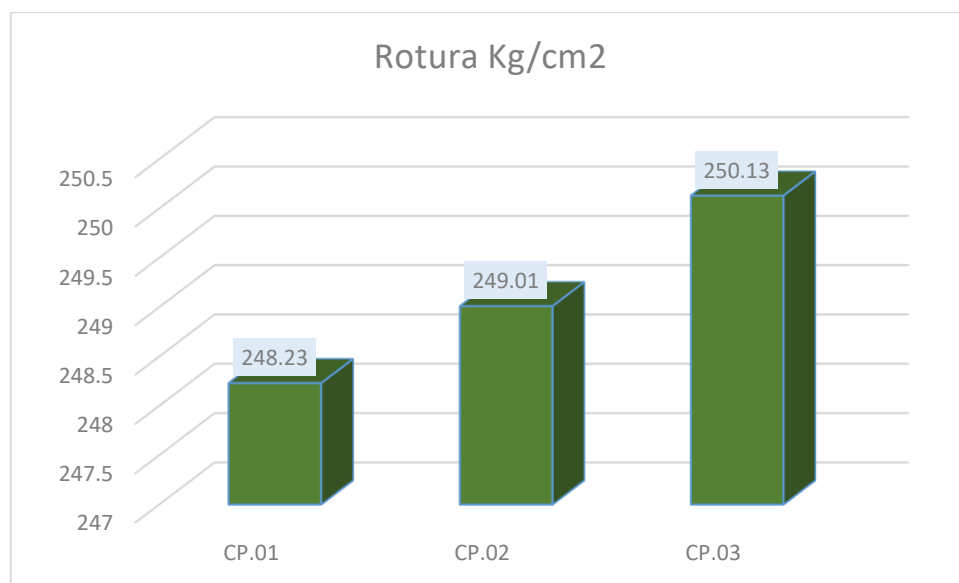
Tabla 30

Resist. a compresión a 28 días +15% de zeolitas naturales

Código	Edad	F'c=Kg/cm2	Rotura Kg/cm2	Promedio
CP.01	28	210	248.23	249.13
CP.02			249.01	
CP.03			250.13	

Figura 35

Comportamiento de la resist. a compresión a 28 días +15% de zeolitas naturales



Los resultados obtenidos a los 28 días se muestran en la Tabla 30 y la Figura 35, donde se observa una resistencia promedio de 249.13 kg/cm². Este valor supera ampliamente la resistencia de diseño de 210 kg/cm², lo que demuestra que la adición del 15% de zeolita natural mejora la durabilidad y el comportamiento estructural del concreto a largo plazo.

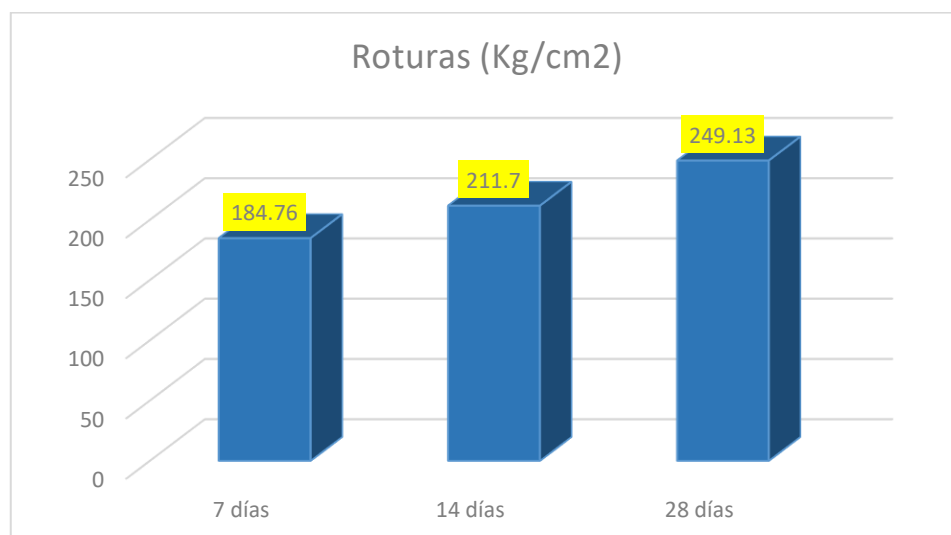
Tabla 31

Resistencia promedio obtenidos de los distintos días, 15% de zeolitas naturales

Días	Roturas (Kg/cm2)
7 días	184.76
14 días	211.70
28 días	249.13

Figura 36

Comparativa de la resistencia obtenida a los distintos días



La Tabla 31 y la Figura 36 resumen el comportamiento general del concreto modificado con 15% de zeolita, mostrando un aumento constante de la resistencia en función del tiempo: 184.76 kg/cm² a los 7 días, 211.70 kg/cm² a los 14 días y 249.13 kg/cm² a los 28 días. Esta evolución confirma la eficacia del material como adición mineral activa, logrando un concreto más denso y resistente con el transcurso del curado.

D. Result. de rotura de testigos CP+20% de zeolitas naturales

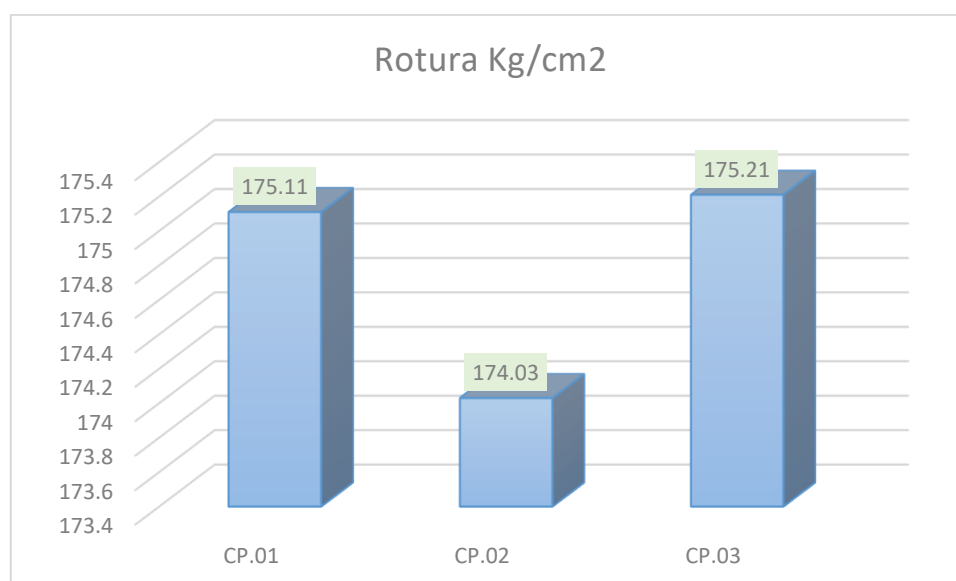
Tabla 32

Resist. a compresión a 7 días +20% de zeolitas naturales

Código	Edad	F'c=Kg/cm2	Rotura Kg/cm2	Promedio
CP.01	7	210	175.11	174.78
CP.02			174.03	
CP.03			175.21	

Figura 37

Comportamiento de la resist. a compresión a 7 días +20% de zeolitas naturales



Los resultados de resistencia a la compresión del concreto con 20% de zeolita natural se muestran en la Tabla 32, correspondiente a los 7 días de curado, donde se alcanzó un promedio de 174.78 kg/cm², tal como se aprecia en la Figura 37. Aunque ligeramente menor al obtenido con 15% de adición, este valor indica un comportamiento favorable en etapas tempranas del fraguado.

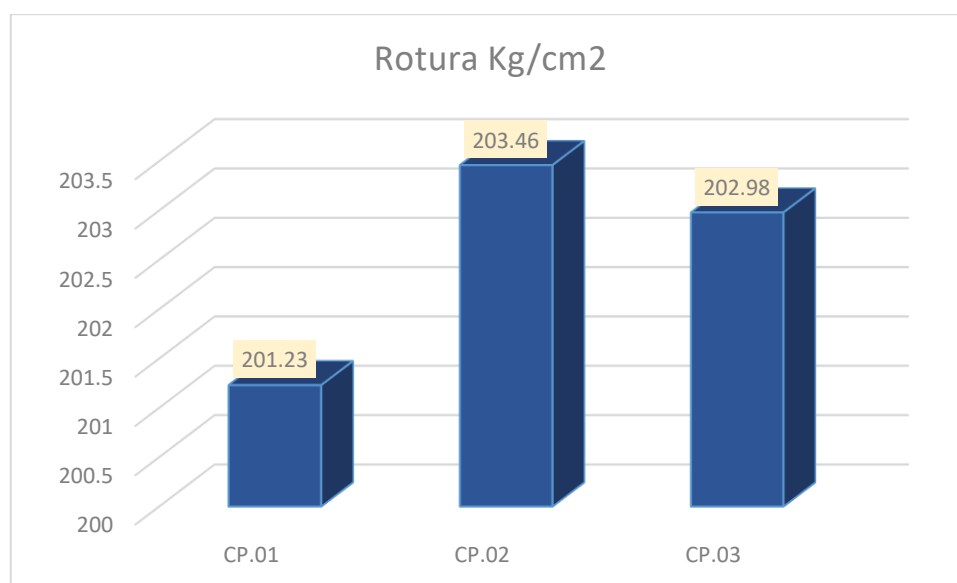
Tabla 33

Resist. a compresión a 14 días +20% de zeolitas naturales

Código	Edad	F'c=Kg/cm2	Rotura Kg/cm2	Promedio
CP.01	14	210	201.23	202.57
CP.02			203.46	
CP.03			202.98	

Figura 38

Comportamiento de la resist. a compresión a 14 días +20% de zeolitas naturales



A los 14 días, la Tabla 33 y la Figura 38 reflejan un incremento de la resistencia, alcanzando 202.57 kg/cm², lo que demuestra una ganancia significativa conforme avanza el proceso de curado. Esto sugiere que la zeolita sigue participando activamente en el desarrollo de la estructura del concreto, contribuyendo a la reducción de poros y al aumento de la cohesión interna.

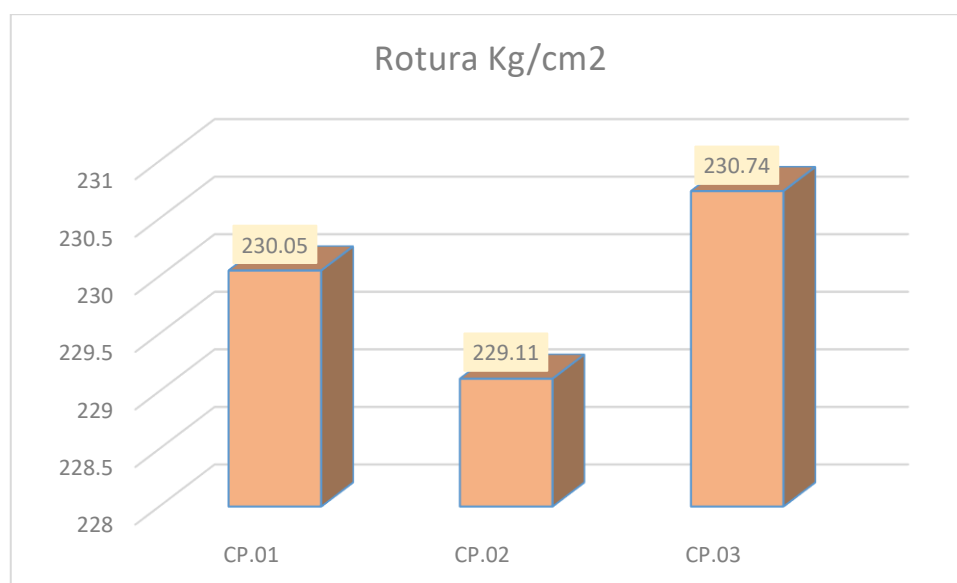
Tabla 34

Resist. a compresión a 28 días +20% de zeolitas naturales

Código	Edad	F'c=Kg/cm2	Rotura Kg/cm2	Promedio
CP.01	28	210	230.05	229.97
CP.02			229.11	
CP.03			230.74	

Figura 39

Comportamiento de la resist. a compresión a 28 días +20% de zeolitas naturales



En esta ilustración, en la etapa de 28 días, los resultados presentados en la Tabla 34 y la Figura 39 muestran una resistencia promedio de 229.97 kg/cm², valor que supera la resistencia de diseño y confirma el buen desempeño del concreto con esta proporción de zeolita natural..

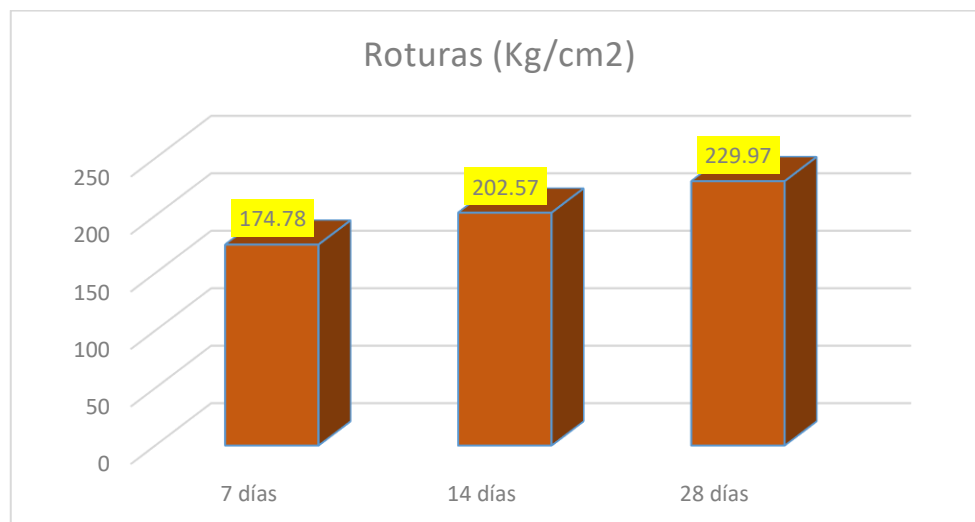
Tabla 35

Resistencia promedio obtenidos de los distintos días, 20% de zeolitas naturales

Días	Roturas (Kg/cm2)
7 días	174.78
14 días	202.57
28 días	229.97

Figura 40

Comparativa de la resistencia obtenida a los distintos días



la Tabla 35 y la Figura 40 comparan la evolución de los resultados obtenidos a diferentes edades: 174.78 kg/cm² a los 7 días, 202.57 kg/cm² a los 14 días, y 229.97 kg/cm² a los 28 días. Esta tendencia ascendente evidencia que el concreto con 20% de zeolita natural mantiene un crecimiento progresivo en su resistencia, aunque ligeramente menor que el observado con el 15%. En conjunto, los resultados indican que ambos porcentajes de adición mejoran las propiedades mecánicas del concreto, siendo el 15% el punto óptimo de sustitución para maximizar la resistencia a la compresión.

CONCLUSIONES

Conclusión 1: El presente estudio demostró que la incorporación de zeolitas naturales como material de sustitución en el concreto convencional contribuye a mejorar sus propiedades mecánicas. En laboratorio se evaluaron los parámetros de consistencia (ensayo de revenimiento) y resistencia a la compresión simple en mezclas con diferentes porcentajes de adición (10%, 15% y 20%) para un diseño de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Los resultados evidencian que la zeolita natural actúa favorablemente hasta un 15% de sustitución, incrementando la resistencia del concreto en comparación con la mezcla patrón. Sin embargo, al superar este porcentaje, se observa una ligera reducción en el desempeño mecánico, lo que sugiere que adiciones mayores al 20% generan efectos contraproducentes sobre la cohesión y la resistencia final del material.

Conclusión 2: Respecto a la trabajabilidad del concreto, se comprobó que la adición de zeolita natural reduce progresivamente el revenimiento (slump) a medida que aumenta su porcentaje en la mezcla. Para el diseño de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, se registraron valores de 3 pulgadas, $2\frac{1}{2}$ pulgadas y $1\frac{1}{2}$ pulgadas de slump para las mezclas con 10%, 15% y 20% de zeolita respectivamente. Este comportamiento indica que la zeolita incrementa la demanda de agua y disminuye la fluidez del concreto fresco, lo cual debe considerarse al momento de su dosificación y colocación en obra.

Conclusión 3: En cuanto a la resistencia a la compresión, los resultados muestran un incremento notable en las mezclas con 10% y 15% de zeolita natural, alcanzando 229.88 kg/cm^2 y 249.13 kg/cm^2 , respectivamente, frente a los 218.53 kg/cm^2 obtenidos en el concreto patrón. En cambio, la mezcla con



20% de adición presentó una resistencia promedio de 229.97 kg/cm², evidenciando una ligera disminución respecto a la de 15%. Se concluye, por tanto, que el uso de zeolita natural mejora la resistencia del concreto, siendo el 15% la proporción más eficiente para optimizar su comportamiento estructural.

RECOMENDACIONES

Recomendación 1: Se recomienda que en investigaciones posteriores se explore un rango más amplio de dosificación de zeolitas naturales, con el fin de evaluar de manera más precisa su impacto en las propiedades mecánicas y la durabilidad del concreto. Este enfoque permitiría definir con mayor exactitud el porcentaje óptimo de sustitución que maximice el rendimiento y la estabilidad del material en diferentes condiciones de aplicación.

Recomendación 2: Se recomienda realizar un análisis específico de las propiedades físico-químicas de la zeolita natural utilizada. En este estudio se empleó material proveniente del centro poblado de Atuncolla, por lo que las características podrían variar según la procedencia geológica, influyendo directamente en el desempeño del concreto.

Recomendación 3: Se aconseja efectuar ensayos de resistencia a la compresión en edades mayores (más allá de los 28 días convencionales) para evaluar la curva completa de desarrollo de resistencia y observar el comportamiento del concreto a largo plazo, especialmente en condiciones ambientales variables.

BIBLIOGRAFÍA

Abanto Castillo, F. (1996). Tecnología del Concreto. Lima, Peru: San Marcos.

Ahmadi, B., & Shekarchi, M. (2010). Use of natural zeolite as a supplementary cementitious material. Cement and Concrete Composites, 32(2), 134-141. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2009.10.006>

Análisis de factibilidad y desempeño mecánico de concreto verde preparado con zeolita natural local y fibras plásticas PET de desecho como sustitutos del cemento. QASSEM, Ammar, y otros. 2022. Australia : Revista UIS Ingenierías, 2022, Casos de estudio en materiales de construcción., Vol. 17. ISSN: 22145095

BRAVO, Carlos y CHURA, Edwin. 2018. Determinación de la evolución de la resistencia a la compresión de un concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, añadiendo zeolita natural al 10 % y 20 % respecto al peso del cemento y la magnitud del módulo de elasticidad según las Normas ASTM C - 39 y C - 469. Universidad Andina de Cusco. Cusco : UAC, 2018. Pregrado

Callohuanca Mamani, J. M. (2023). Optimización de las propiedades del concreto usando zeolitas naturales en pavimentos rígidos, Jr. Asillo, Ayaviri, Puno, 2023. *Repositorio Institucional - UCV*.

Chaves, R., Bieseki, L., Vinaches, P., & Castellã, S. (2019). Environmentally Friendly Zeolites. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-19970-8>.

DOPICO, J., y otros. 2009. Efecto de la adición mineral cal- zeolita sobre la resistencia a la compresión y la durabilidad de un hormigón. 2009.

FLÓREZ, C. 2019. Análisis del desempeño puzolánico de las zeolitas naturales pre tratadas como adición al cemento Portland ordinario. s.l. : Universidad Nacional de Colombia, 2019.

Izquierdo Olivares, B. H. (2020). Comportamiento mecánico del concreto de mediana resistencia con la adición de zeolitas naturales más cal hidratada – Lima, 2020. *Repositorio Institucional - UCV*.

Jarosz, R., Szerement, J., Gondek, K., & Mierzwa, M. (2022). The use of zeolites as an addition to fertilisers – A review. *CATENA*, 213, 106125. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106125>

Król, 29(5), 1069. M. (2020). Natural vs. Synthetic Zeolites. *Crystals*, 10(7), 622. <https://doi.org/10.3390/cryst10070622>.

Kuldeyev, E., Seitzhanova, M., Tanirbergenova, S., Tazhu, K., Doszhanov, E., Mansurov, Z., Azat, S., Nurlybaev, R., & Berndtsson, R. (2023). Modifying Natural Zeolites to Improve Heavy Metal <https://doi.org/10.3390/w15122215>

LEKHA, K. y VANREYK, J. 2017. Zeolite Addition on Concrete Sustainability-a Review. 2017 .

McCarthy, M., & Dyer, T. (2019). Pozzolanas and Pozzolanic Materials. En *Lea's Chemistry of Cement and Concrete* (pp. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100773-0.00009-5>.

Mijailović, N., Nedić, B., Ranković, M., Milanović, V., & Uskoković, S. (2022). Environmental and Pharmacokinetic Aspects of Zeolite/Pharmaceuticals Systems— Two Facets of Adsorption <https://doi.org/10.3390/catal12080837>

OVIEDO, Ignacio. 2022. evaluación de hormigones Permeables con zeolita o pomacita como material de reemplazo parcial del cemento. Universidad de Concepción. Concepción, Chile : UDEC, 2022.

PANIMBOSA, Ricardo. 2022. Efectos de la zeolita como material suplementario del cemento portland en la resistencia a tracción indirecta del concreto estructural. Ambato-Ecuador : UTA, 2022.

RAE. (22 de marzo de 2022). *En Wikipedia*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Concreto#:~:text=El%20concreto%20u%20hormig%C3%B3n%20es,a%C3%B1adir%20agua%20a%20un%20conglomerante>.

Rivva López, E. (1996). Diseño de Mezclas. Lima - Perú.: Editorial Williams.

Rodriguez, D., Reyes, J., & Uclés, K. (2020). Predicción de la resistencia a compresión del concreto 1:2:3 a partir del tiempo del inicio fraguado. *INNOVARE Revista de Ciencia y Tecnología*, 9(3).

RODRÍGUEZ, Gonzalo. 2021. Efectos de la zeolita como material suplementario del cemento portland en la resistencia a compresión del concreto estructural. Ambato - Ecuador : Universidad Técnica de Ambato, 2021.

RODRÍGUEZ, Y. 2017. Rehabilitación con concreto zeolítico sintético para mejorar la resistencia de los pavimentos asfálticos de la Av. Libertadores, San Martín de Porres, Lima- 2017. s.l. : Universidad César Vallejo, 2017.



S. H. Kosmatka, B. Kerkhoff, W. C. Panarese, and J. Tanesi, *Diseño y Control de Mezcla de Concreto*, vol. 1. 2004.

SALTOS, C. y EGUEZ, H. 2016. Efectos de la adición de zeolita en las propiedades mecánicas de un hormigón convencional de cemento Portland Tipo I. EEUU : s.n., 2016.

VALDEBENITO, M. y GARCÍA, M. 2016. Diseño Marshall de mezcla semicaliente con adición de Zeolitas Naturales. s.l. : Universidad de La Frontera, 2016.

CHÁVEZ, Anthony y MENDOZA, Juan. 2021. Análisis de las propiedades mecánicas del pavimento rígido incorporando virutas de aluminio reciclado en Ate 2021. Universidad Cesar Vallejo. Lima : UCV, 2021.

SÁNCHEZ, Jenny. 2017. Evaluación del estado del pavimento de la Av. Ramón Castilla, Chulucanas, mediante el método PCI. Universidad de Piura. Piura : UDEP, 2017

RONDAN, D. 2018. Mejoramiento de la mezcla del concreto permeable adicionando polipropileno en el Jirón La Libertad provincia de Recuay, Ancash - 2017. Lima : Universidad César Vallejo, 2018

PARVINA, Cristopher. 2020. "Adición de fibras de aluminio reciclado en bloques de concreto vibrado para mejorar las propiedades físico mecánica, Villa María-Lima 2020. Universidad César Vallejo. Lima : UCV, 2020.



ANEXOS



PANEL FOTOGRAFICO





PRUEB. DE LABORATORIO



GEOESTUDIO J & M S.A.C. RUC: 20613137921
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos

PROYECTO : INFLUENCIA DEL USO DE ZEOLITAS NATURALES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO
TESISTAS : Bach. ESCHDRODIN CALDERON LOPEZ
UBICACIÓN : JULIACA
CANTERA : AGREGADO GRUESO ISLA
FECHA : MARZO DEL 2025

CONTENIDO DE HUMEDAD

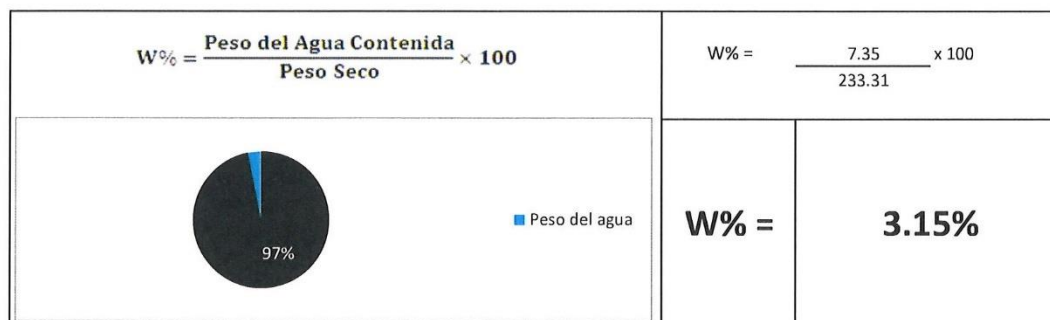
(ASTM D - 2216 - MTC - E 108)

DATOS DEL LABORATORIO

PT	=	34.69	[gr]	(a)
PT + SUELO HUMEDO	=	275.35	[gr]	(b)
PT + SUELO SECO	=	268	[gr]	(c)

SOLUCION

PESO DEL SUELO SECO (c - a)	=	233.31	[gr]
PESO DEL AGUA (b - c)	=	7.35	[gr]



OBSERVACIONES:

Las muestras fueron elaboradas en el Laboratorio.



GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC 20613137921

Kevin Quapaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059



GEOESTUDIO J & M S.A.C. RUC: 20613137921
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos

PROYECTO : INFLUENCIA DEL USO DE ZEOLITAS NATURALES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO
TESISTAS : Bach. ESCHDRODIN CALDERON LOPEZ
UBICACIÓN : JULIACA
CANTERA : AGREGADO GRUESO ISLA
FECHA : MARZO DEL 2025

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

ASTM D - 424 - D 4318 AASHTO - T 90

Nº TARRO	UND	LIMITE LIQUIDO	
		A	B
PT	[gr]	NP	
PT + SUELO HUMEDO	[gr]		
PT + SUELO SECO	[gr]		

....(a)....
....(b)....
....(c)....

LIMITE PLASTICO	
1	2
NP	

SOLUCION

GABINETE	UND	A	B
PESO DEL SUELO SECO (c - a)	[gr]	NP	
PESO DEL AGUA (b - c)	[gr]		
HUMEDAD	%		
PROMEDIO HUMEDAD	%		
Nº GOLPES		24	24

1	2
NP	

$LL = W_n \times \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$	LL = Límite Líquido Wn = Contenido de Humedad Promedio (%) N = Numero de Golpes
---	---

LIMITE LIQUIDO	:	0.00%	LIMITE PLASTICO	:	0.00%
----------------	---	-------	-----------------	---	-------

INDICE DE PLASTICIDAD	:	0.00%
-----------------------	---	-------

OBSERVACIONES:

Las muestras fueron elaboradas en el Laboratorio y etiquetadas por los Tesistas.



GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC: 20613137921

Kevin Quapaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059

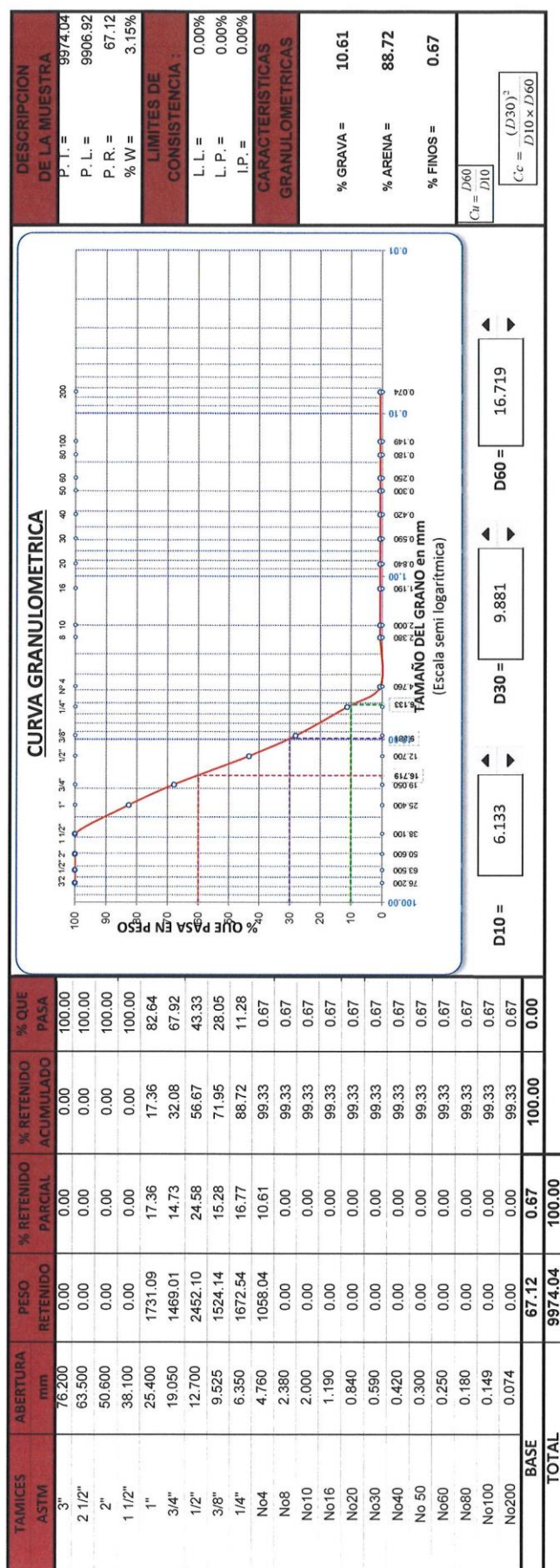


GEOESTUDIO J & M S.A.C. RUC: 20613137921
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos

PROYECTO : INFLUENCIA DEL USO DE ZEOLITAS NATURALES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO
TESISTAS : Bach. ESCHDRODIN CALDERON LOPEZ
UBICACIÓN : JULIACA
CANTERA : AGREGADO GRUESO ISLA
FECHA : MARZO DEL 2025

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ENSAYOS ESTÁNDARES DE CLASIFICACIÓN (D422 - D7216 - D4318 - D427 - D2487)



OBSERVACIONES : La muestra fueron tamizados por los TESISTAS



GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC 20613137921

KEVIN QUIPAPAZA ORTIZ
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yicra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059



GEOESTUDIO J & M S.A.C. RUC: 20613137921
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos

PROYECTO : DIAGNOSTICO DEL MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE MOVILIDAD URBANA EN LA INFRAESTRUCTURA VIAL DE LA AVENIDA ANDRÉS AVELINO CACERES DE LA CIUDAD DE JULIACA
TESISTAS : Bach. ESCHDRODIN CALDERON LOPEZ
UBICACIÓN : JULIACA
CANETRA : ISLA AGREGADO FINO
FECHA : MARZO DEL 2025

CONTENIDO DE HUMEDAD

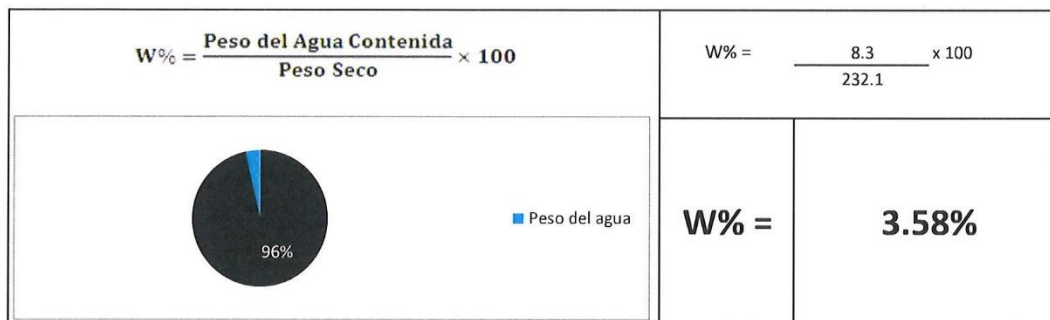
(ASTM D - 2216 - MTC - E 108)

DATOS DEL LABORATORIO

PT	=	34.9	[gr]	(a)
PT + SUELO HUMEDO	=	275.3	[gr]	(b)
PT + SUELO SECO	=	267	[gr]	(c)

SOLUCION

PESO DEL SUELO SECO (c - a)	=	232.1	[gr]
PESO DEL AGUA (b - c)	=	8.3	[gr]



OBSERVACIONES:

Las muestras fueron elaboradas en el Laboratorio.



GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC 20613137921

Kevin Quiapaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059



GEOESTUDIO J & M S.A.C. RUC: 20613137921
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos

PROYECTO : DIAGNOSTICO DEL MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE MOVILIDAD URBANA EN LA INFRAESTRUCTURA VIAL DE LA AVENIDA ANDRÉS AVELINO CACERES DE LA CIUDAD DE JULIACA

TESISTAS : Bach. ESCHDRODIN CALDERON LOPEZ

UBICACIÓN : JULIACA

CALICATA : ISLA AGREGADO FINO

FECHA : MARZO DEL 2025

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

ASTM D - 424 - D 4318 AASHTO - T 90

Nº TARRO	UND	LIMITE LIQUIDO	
		A	B
PT	[gr]		
PT + SUELO HUMEDO	[gr]	NP	
PT + SUELO SECO	[gr]		

....(a)....
....(b)....
....(c)....

LIMITE PLASTICO	
NP	

SOLUCION

GABINETE	UND	A	B
PESO DEL SUELO SECO (c - a)	[gr]		
PESO DEL AGUA (b - c)	[gr]	NP	
HUMEDAD	%		
PROMEDIO HUMEDAD	%		
Nº GOLPES		24	24

1	2
NP	

$LL = W_n \times \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$	LL = Límite Líquido Wn = Contenido de Humedad Promedio (%) N = Numero de Golpes
---	---

LIMITE LIQUIDO	:	0.00%	LIMITE PLASTICO	:	0.00%
INDICE DE PLASTICIDAD		:	0.00%		

OBSERVACIONES:

Las muestras fueron elaboradas en el Laboratorio y etiquetadas por los Tesistas.



GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC/20613137921

Kevin Quiapaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059

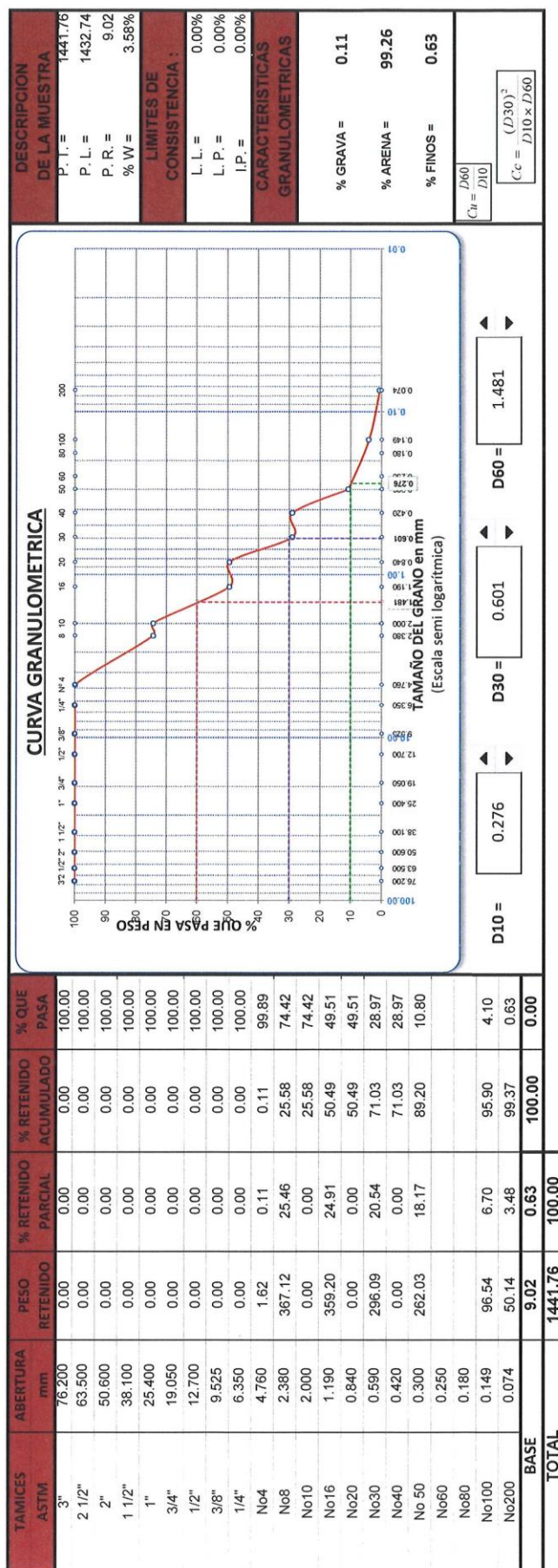


GEOESTUDIO J & M S.A.C. RUC: 20613137921
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos

PROYECTO : DIAGNOSTICO DEL MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE MOVILIDAD URBANA EN LA INFRAESTRUCTURA VIAL DE LA AVENIDA ANDRÉS AVELINO CACERESDE LA CIUDAD DE JULIACA
UBICACIÓN : JULIACA
TESISTAS : Bach. ESCHDRODIN CALDERON LOPEZ
CANTERA : ISLA AGREGADO FINO
FECHA : MARZO DEL 2025

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ENSAYOS ESTÁNDARES DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)



OBSERVACIONES : La muestra fueron tamizados por los TESISTAS

Julio Ronald Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059

GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC/ 20613137921
TÉCNICO LABORATORISTA



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

PROYECTO:	INFLUENCIA DEL USO DE ZEOLITAS NATURALES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO
SOLICITA :	Bach. ESCHDRODIN CALDERON LOPEZ
FECHA :	MARZO DEL 2025
UBICACIÓN :	PUNO
LABORATORIO :	GEOESTUDIO J&M S.A.C.
JEFE DE LAB. :	ING. JULIO RONALDO YUCRA QUISPE

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO ASTM C-39/NTP 339.034

RESULTADOS DE ROTURA DE TESTIGOS CP+10% DE ZEOLITAS NATURALES

DATOS-IDENTIFICACIÓN	CP-01	CP-02	CP-03	OBSERVACIONES
Fecha de extracion de muestra	03/03/2025	03/03/2025	03/03/2025	DISEÑO DE MEZCLA ESPECIFICADO SEGÚN EXPEDIENTE TÉCNICO - NINGUNA PROBETA DEBE SER MENOR AL 75% DE F'C. Y EL PROMEDIO DEBE SER AL MENOS EL 85% DEL F'C
Fecha de rotura	10/03/2025	10/03/2025	10/03/2025	
Edad en días	7.00	7.00	7.00	
Diametro (cm)	14.80	14.90	15.00	
Altura (cm)	30.00	30.00	30.00	
Area (CM2)	172.03	174.37	176.71	
Carga Aplicada en KN.	285.50	291.12	292.16	
Carga Aplicada en kg-f.	29,112.90	29,685.98	29,791.93	
Esfuerzo (kg/cm2)	169.23	170.25	168.59	
Relacion: Altura / Diametro	2.03	2.01	2.00	
Factor de Correccion	1.000	1.000	1.000	
Peso de especimen (kgf)	11.56	11.73	11.65	
Tipo de Falla	C	C	C	
RESISTENCIA FINAL	169.23	170.25	168.59	

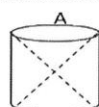
RESULTADO DE ESPECIMEN

Nº	f'c - kgf/cm ² (DISEÑO)	f'c - kgf/cm ² (OBTENIDO)	EDAD (Días)	f'c Esperado - kgf/cm ²	% ALCANZADO	f'c - kgf/cm ² PROMEDIO ALCANZADO	OBSERVACIONES
1	210.00	169.23	7	139.74	121.00%	169.36	
2	210.00	170.25	7	139.74	122.00%		
3	210.00	168.59	7	139.74	121.00%		

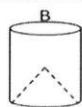
Según el art 5.6.4 de la norma E060 indica que para probetas curadas en obra el limite mínimo aceptable para la resistencia a compresion del concreto no debe ser menor al 85% de las probetas curadas en laboratorio o las establecidas según el expediente técnico, por lo que en todos los casos antes indicados cumplen con la normativa vigente.

RESULTADO OBTENIDO: Todos los resultados cumplen con la normativa E060 de concreto.

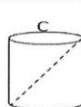
TIPOS DE FALLA:



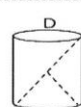
CÓNICO



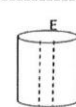
CONO Y SEPARACIÓN



CORTE



CORTE CÓNICO



COLUMNAR

** OBSERVACIONES:

Las muestras de briquetas de concreto fueron entregadas en el laboratorio por el profesional responsable de la obra. En tal sentido, se deja constancia que la veracidad y representatividad de los resultados obtenidos dependen directamente de la autenticidad, manejo y correcta identificación de dichas muestras, presumiendo que estas han sido elaboradas, curadas y extraídas de manera adecuada y fiel a las condiciones reales de la obra. El laboratorio no se responsabiliza por resultados de ensayos de muestras no representativas o manipuladas previamente.

RUC: 20613137921

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
C.O. 360050



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

PROYECTO:	INFLUENCIA DEL USO DE ZEOLITAS NATURALES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO
SOLICITA :	Bach. ESCHDRODIN CALDERON LOPEZ
FECHA :	MARZO DEL 2025
UBICACIÓN :	PUNO
LABORATORIO :	GEOESTUDIO J&M S.A.C.
JEFE DE LAB. :	ING. JULIO RONALDO YUCRA QUISPE

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO ASTM C-39/NTP 339.034

RESISTENCIA A COMPRESIÓN A 14 DÍAS +10% DE ZEOLITAS NATURALES

DATOS-IDENTIFICACIÓN	CP-01	CP-02	CP-03	OBSERVACIONES
Fecha de extracion de muestra	03/03/2025	03/03/2025	03/03/2025	DISEÑO DE MEZCLA ESPECIFICADO SEGÚN EXPEDIENTE TÉCNICO - NINGUNA PROBETA DEBE SER MENOR AL 75% DE F'C, Y EL PROMEDIO DEBE SER AL MENOS EL 85% DEL F'C
Fecha de rotura	17/03/2025	17/03/2025	17/03/2025	
Edad en días	14.00	14.00	14.00	
Diametro (cm)	15.00	15.00	15.00	
Altura (cm)	30.00	30.00	30.00	
Area (CM2)	176.71	176.71	176.71	
Carga Aplicada en KN.	333.51	332.17	330.62	
Carga Aplicada en kg-f.	34,008.56	33,871.81	33,713.86	
Esfuerzo (kg/cm2)	192.45	191.68	190.78	
Relacion: Altura / Diametro	2.00	2.00	2.00	
Factor de Correccion	1.000	1.000	1.000	
Peso de especimen (kgf)	11.71	11.56	11.68	
Tipo de Falla	E	C	C	
RESISTENCIA FINAL	192.45	191.68	190.78	

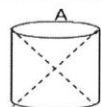
RESULTADO DE ESPECIMEN

Nº	f'c - kgf/cm ² (DISEÑO)	f'c - kgf/cm ² (OBTENIDO)	EDAD (Días)	f'c Esperado - kgf/cm ²	% ALCANZADO	f'c - kgf/cm ² PROMEDIO ALCANZADO	OBSERVACIONES
1	210.00	192.45	14	188.41	102.00%	191.64	
2	210.00	191.68	14	188.41	102.00%		
3	210.00	190.78	14	188.41	101.00%		

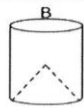
Según el art 5.6.4 de la norma E060 indica que para probetas curadas en obra el límite mínimo aceptable para la resistencia a compresion del concreto no debe ser menor al 85% de las probetas curadas en laboratorio o las establecidas según el expediente técnico, por lo que en todos los casos antes indicados cumplen con la normativa vigente.

RESULTADO OBTENIDO: Todos los resultados cumplen con la normativa E060 de concreto.

TIPOS DE FALLA:



CÓNICO



CONO Y SEPARACIÓN



CORTE



CORTE CÓNICO



COLUMNAR

** OBSERVACIONES:

Las muestras de briquetas de concreto fueron entregadas en el laboratorio por el profesional responsable de la obra. En tal sentido, se deja constancia que la veracidad y representatividad de los resultados obtenidos dependen directamente de la autenticidad, manejo y correcta identificación de dichas muestras, presumiendo que estas han sido elaboradas, curadas y extraídas de manera adecuada y fiel a las condiciones reales de la obra. El laboratorio no se responsabiliza por resultados derivados de muestras no representativas o manipuladas previamente.

RUC/20613137921

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

PROYECTO:	INFLUENCIA DEL USO DE ZEOLITAS NATURALES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO
SOLICITA :	Bach. ESCHDRODIN CALDERON LOPEZ
FECHA :	MARZO DEL 2025
UBICACIÓN :	PUNO
LABORATORIO :	GEOESTUDIO J&M S.A.C.
JEFE DE LAB. :	ING. JULIO RONALDO YUCRA QUISPE

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO ASTM C-39/NTP 339.034

RESISTENCIA A COMPRESIÓN A 28 DÍAS +10% DE ZEOLITAS NATURALES

DATOS-IDENTIFICACIÓN	CP-01	CP-02	CP-03	OBSERVACIONES
Fecha de extracion de muestra	03/03/2025	03/03/2025	03/03/2025	DISEÑO DE MEZCLA ESPECIFICADO SEGÚN EXPEDIENTE TÉCNICO - NINGUNA PROBETA DEBE SER MENOR AL 75% DE F'C, Y EL PROMEDIO DEBE SER AL MENOS EL 85% DEL F'C
Fecha de rotura	31/03/2025	31/03/2025	31/03/2025	
Edad en dias	28.00	28.00	28.00	
Diametro (cm)	15.00	15.00	15.00	
Altura (cm)	30.00	30.00	30.00	
Area (CM2)	176.71	176.71	176.71	
Carga Aplicada en KN.	398.78	398.36	398.01	
Carga Aplicada en kg-f.	40,664.24	40,621.42	40,585.72	
Esfuerzo (kg/cm2)	230.11	229.87	229.67	
Relacion: Altura / Diametro	2.00	2.00	2.00	
Factor de Correccion	1.000	1.000	1.000	
Peso de especimen (kgf)	11.71	11.56	11.68	
Tipo de Falla	E	C	C	
RESISTENCIA FINAL	230.11	229.87	229.67	

RESULTADO DE ESPECIMEN

Nº	f'c - kgf/cm ² (DISEÑO)	f'c - kgf/cm ² (OBTENIDO)	EDAD (Días)	f'c Esperado - kgf/cm ²	% ALCANZADO	f'c - kgf/cm ² PROMEDIO ALCANZADO	OBSERVACIONES
1	210.00	230.11	28	209.73	110.00%	229.88	
2	210.00	229.87	28	209.73	110.00%		
3	210.00	229.67	28	209.73	110.00%		

Según el art 5.6.4 de la norma E060 indica que para probetas curadas en obra el límite mínimo aceptable para la resistencia a compresion del concreto no debe ser menor al 85% de las probetas curadas en laboratorio o las establecidas según el expediente técnico, por lo que en todos los casos antes indicados cumplen con la normativa vigente.

RESULTADO OBTENIDO: Todos los resultados cumplen con la normativa E060 de concreto.

TIPOS DE FALLA:

CÓNICO	CONO Y SEPARACIÓN	CORTE	CORTE CÓNICO	COLUMNAR
CÓNICO	SEPARACIÓN	CORTE	CORTE CÓNICO	COLUMNAR

** OBSERVACIONES:

Las muestras de briquetas de concreto fueron entregadas en el laboratorio por el profesional responsable de la obra. En tal sentido, se deja constancia que la veracidad y representatividad de los resultados obtenidos dependen directamente de la autenticidad, manejo y correcta identificación de dichas muestras, presumiendo que estas han sido elaboradas, curadas y extraídas de manera adecuada y fiel a las condiciones reales de la obra. El laboratorio no se responsabiliza por resultados derivados de muestras no representativas o manipuladas previamente.

GEOESTUDIO J&M S.A.C.
RUC: 20613157921

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL

<http://repositorio.uancv.edu.pe/>



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

PROYECTO:	INFLUENCIA DEL USO DE ZEOLITAS NATURALES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO
SOLICITA :	Bach. ESCHDRODIN CALDERON LOPEZ
FECHA :	MARZO DEL 2025
UBICACIÓN :	JULIACA - PUNO - PERÚ
LABORATORIO :	GEOESTUDIO J&M S.A.C.
JEFE DE LAB. :	ING. JULIO RONALDO YUCRA QUISPE

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO ASTM C-39/NTP 339.034

RESULTADOS DE ROTURA DE TESTIGOS CP+15% DE ZEOLITAS NATURALES

DATOS-IDENTIFICACIÓN	CP-01	CP-02	CP-03	OBSERVACIONES
Fecha de extracion de muestra	03/03/2025	03/03/2025	03/03/2025	DISEÑO DE MEZCLA ESPECIFICADO SEGÚN EXPEDIENTE TÉCNICO - NINGUNA PROBETA DEBE SER MENOR AL 75% DE F'C, Y EL PROMEDIO DEBE SER AL MENOS EL 85% DEL F'C
Fecha de rotura	10/03/2025	10/03/2025	10/03/2025	
Edad en días	7.00	7.00	7.00	
Diametro (cm)	15.00	15.00	15.00	
Altura (cm)	30.00	30.00	30.00	
Area (CM2)	176.71	176.71	176.71	
Carga Aplicada en KN.	321.69	320.06	318.80	
Carga Aplicada en kg-f.	32,803.53	32,637.42	32,508.42	
Esfuerzo (kg/cm2)	185.63	184.69	183.96	
Relacion: Altura / Diametro	2.00	2.00	2.00	
Factor de Correccion	1.000	1.000	1.000	
Peso de especimen (kgf)	11.68	11.65	11.78	
Tipo de Falla	C	D	C	
RESISTENCIA FINAL	185.63	184.69	183.96	

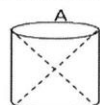
RESULTADO DE ESPECIMEN

Nº	f'c - kgf/cm ² (DISEÑO)	f'c - kgf/cm ² (OBTENIDO)	EDAD (Días)	f'c Esperado - kgf/cm ²	% ALCANZADO	f'c - kgf/cm ² PROMEDIO ALCANZADO	OBSERVACIONES
1	210.00	185.63	7	139.74	133.00%	184.76	
2	210.00	184.69	7	139.74	132.00%		
3	210.00	183.96	7	139.74	132.00%		

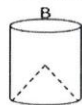
Según el art 5.6.4 de la norma E060 indica que para probetas curadas en obra el limite minimo aceptable para la resistencia a compresion del concreto no debe ser menor al 85% de las probetas curadas en laboratorio o las establecidas según el expediente técnico, por lo que en todos los casos antes indicados cumplen con la normativa vigente.

RESULTADO OBTENIDO: Todos los resultados cumplen con la normativa E060 de concreto.

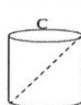
TIPOS DE FALLA:



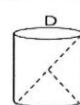
CÓNICO



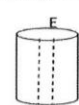
CONO Y SEPARACIÓN



CORTE



CORTE CÓNICO



COLUMNAR

** OBSERVACIONES:

Las muestras de briquetas de concreto fueron entregadas en el laboratorio por el profesional responsable de la obra. En tal sentido, se deja constancia que la veracidad y representatividad de los resultados obtenidos dependen directamente de la autenticidad, manejo y correcta identificación de dichas muestras, presumiendo que las mismas han sido elaboradas, curadas y extraídas de manera adecuada y fiel a las condiciones reales de la obra. El laboratorio no se responsabiliza por resultados derivados de muestras no representativas o manipuladas previamente.





ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

PROYECTO:	INFLUENCIA DEL USO DE ZEOLITAS NATURALES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO
SOLICITA :	Bach. ESCHDRODIN CALDERON LOPEZ
FECHA :	MARZO DEL 2025
UBICACIÓN :	JULIACA - PUNO - PERÚ
LABORATORIO :	GEOESTUDIO J&M S.A.C.
JEFE DE LAB. :	ING. JULIO RONALDO YUCRA QUISPE

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO ASTM C-39/NTP 339.034

RESULTADOS DE ROTURA DE TESTIGOS CP+15% DE ZEOLITAS NATURALES

DATOS-IDENTIFICACIÓN	CP-01	CP-02	CP-03	OBSERVACIONES
Fecha de extracion de muestra	03/03/2025	03/03/2025	03/03/2025	DISEÑO DE MEZCLA ESPECIFICADO SEGÚN EXPEDIENTE TÉCNICO - NINGUNA PROBETA DEBE SER MENOR AL 75% DE F'C, Y EL PROMEDIO DEBE SER AL MENOS EL 85% DEL F'C
Fecha de rotura	17/03/2025	17/03/2025	17/03/2025	
Edad en días	14.00	14.00	14.00	
Diametro (cm)	15.00	15.00	15.00	
Altura (cm)	30.00	30.00	30.00	
Area (CM2)	176.71	176.71	176.71	
Carga Aplicada en KN.	366.63	368.40	365.59	
Carga Aplicada en kg-f.	37,385.74	37,565.99	37,279.71	
Esfuerzo (kg/cm2)	211.56	212.58	210.96	
Relacion: Altura / Diametro	2.00	2.00	2.00	
Factor de Correccion	1.000	1.000	1.000	
Peso de especimen (kgf)	11.68	11.65	11.78	
Tipo de Falla	C	C	C	
RESISTENCIA FINAL	211.56	212.58	210.96	

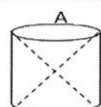
RESULTADO DE ESPECIMEN

Nº	f'c - kgf/cm ² (DISEÑO)	f'c - kgf/cm ² (OBTENIDO)	EDAD (Días)	f'c Esperado - kgf/cm ²	% ALCANZADO	f'c - kgf/cm ² PROMEDIO ALCANZADO	OBSERVACIONES
1	210.00	211.56	14	188.41	112.00%	211.70	
2	210.00	212.58	14	188.41	113.00%		
3	210.00	210.96	14	188.41	112.00%		

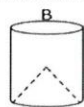
Según el art 5.6.4 de la norma E060 indica que para probetas curadas en obra el limite mínimo aceptable para la resistencia a compresion del concreto no debe ser menor al 85% de las probetas curadas en laboratorio o las establecidas según el expediente técnico, por lo que en todos los casos antes indicados cumplen con la normativa vigente.

RESULTADO OBTENIDO: Todos los resultados cumplen con la normativa E060 de concreto.

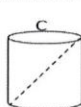
TIPOS DE FALLA:



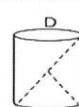
CÓNICO



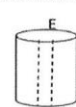
CONO Y SEPARACIÓN



CORTE



CORTE CÓNICO



COLUMNAR

** OBSERVACIONES:

Las muestras de briquetas de concreto fueron entregadas en el laboratorio por el profesional responsable de la obra. En tal sentido, se deja constancia que la veracidad y representatividad de los resultados obtenidos dependen directamente de la autenticidad, manejo y correcta identificación de dichas muestras presumiendo que estas han sido elaboradas, curadas y extraídas de manera adecuada y fiel a las condiciones reales de la obra. El laboratorio no se responsabiliza por resultados erróneos de muestras no representativas o manipuladas previamente.



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

PROYECTO:	INFLUENCIA DEL USO DE ZEOLITAS NATURALES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO
SOLICITA :	Bach. ESCHDRODIN CALDERON LOPEZ
FECHA :	MARZO DEL 2025
UBICACIÓN :	JULIACA - PUNO - PERÚ
LABORATORIO :	GEOESTUDIO J&M S.A.C.
JEFE DE LAB. :	ING. JULIO RONALDO YUCRA QUISPE

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO ASTM C-39/NTP 339.034

RESULTADOS DE ROTURA DE TESTIGOS CP+15% DE ZEOLITAS NATURALES

DATOS-IDENTIFICACIÓN	CP-01	CP-02	CP-03	OBSERVACIONES
Fecha de extracion de muestra	03/03/2025	03/03/2025	03/03/2025	DISEÑO DE MEZCLA ESPECIFICADO SEGÚN EXPEDIENTE TÉCNICO - NINGUNA PROBETA DEBE SER MENOR AL 75% DE F'C, Y EL PROMEDIO DEBE SER AL MENOS EL 85% DEL F'C
Fecha de rotura	17/03/2025	17/03/2025	17/03/2025	
Edad en días	14.00	14.00	14.00	
Diametro (cm)	15.00	15.00	15.00	
Altura (cm)	30.00	30.00	30.00	
Area (CM2)	176.71	176.71	176.71	
Carga Aplicada en KN.	366.63	368.40	365.59	
Carga Aplicada en kg-f.	37,385.74	37,565.99	37,279.71	
Esfuerzo (kg/cm2)	211.56	212.58	210.96	
Relacion: Altura / Diametro	2.00	2.00	2.00	
Factor de Correccion	1.000	1.000	1.000	
Peso de especimen (kgf)	11.68	11.65	11.78	
Tipo de Falla	C	C	C	
RESISTENCIA FINAL	211.56	212.58	210.96	

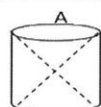
RESULTADO DE ESPECIMEN

Nº	f'c - kgf/cm ² (DISEÑO)	f'c - kgf/cm ² (OBTENIDO)	EDAD (Días)	f'c Esperado - kgf/cm ²	% ALCANZADO	f'c - kgf/cm ² PROMEDIO ALCANZADO	OBSERVACIONES
1	210.00	211.56	14	188.41	112.00%	211.70	
2	210.00	212.58	14	188.41	113.00%		
3	210.00	210.96	14	188.41	112.00%		

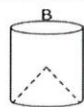
Según el art 5.6.4 de la norma E060 indica que para probetas curadas en obra el limite mínimo aceptable para la resistencia a compresion del concreto no debe ser menor al 85% de las probetas curadas en laboratorio o las establecidas según el expediente técnico, por lo que en todos los casos antes indicados cumplen con la normativa vigente.

RESULTADO OBTENIDO: Todos los resultados cumplen con la normativa E060 de concreto.

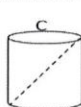
TIPOS DE FALLA:



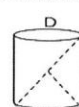
CÓNICO



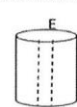
CONO Y SEPARACIÓN



CORTE



CORTE CÓNICO



COLUMNAR

** OBSERVACIONES:

Las muestras de briquetas de concreto fueron entregadas en el laboratorio por el profesional responsable de la obra. En tal sentido, se deja constancia que la veracidad y representatividad de los resultados obtenidos dependen directamente de la autenticidad, manejo y correcta identificación de dichas muestras presumiendo que estas han sido elaboradas, curadas y extraídas de manera adecuada y fiel a las condiciones reales de la obra. El laboratorio no se responsabiliza por resultados erróneos de muestras no representativas o manipuladas previamente.



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

PROYECTO:	INFLUENCIA DEL USO DE ZEOLITAS NATURALES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO
SOLICITA :	Bach. ESCHDRODIN CALDERON LOPEZ
FECHA :	MARZO DEL 2025
UBICACIÓN :	JULIACA - PUNO - PERÚ
LABORATORIO :	GEOESTUDIO J&M S.A.C.
JEFE DE LAB. :	ING. JULIO RONALDO YUCRA QUISPE

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO ASTM C-39/NTP 339.034

RESULTADOS DE ROTURA DE TESTIGOS CP+15% DE ZEOLITAS NATURALES

DATOS-IDENTIFICACIÓN	CP-01	CP-02	CP-03	OBSERVACIONES
Fecha de extracion de muestra	03/03/2025	03/03/2025	03/03/2025	DISEÑO DE MEZCLA ESPECIFICADO SEGÚN EXPEDIENTE TÉCNICO - NINGUNA PROBETA DEBE SER MENOR AL 75% DE F'C, Y EL PROMEDIO DEBE SER AL MENOS EL 85% DEL F'C
Fecha de rotura	31/03/2025	31/03/2025	31/03/2025	
Edad en días	28.00	28.00	28.00	
Diametro (cm)	15.00	15.00	15.00	
Altura (cm)	30.00	30.00	30.00	
Area (CM2)	176.71	176.71	176.71	
Carga Aplicada en KN.	430.18	431.53	433.47	
Carga Aplicada en kg-f.	43,865.86	44,003.70	44,201.62	
Esfuerzo (kg/cm2)	248.23	249.01	250.13	
Relacion: Altura / Diametro	2.00	2.00	2.00	
Factor de Correccion	1.000	1.000	1.000	
Peso de especimen (kgf)	11.68	11.65	11.78	
Tipo de Falla	D	C	C	
RESISTENCIA FINAL	248.23	249.01	250.13	

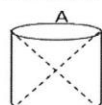
RESULTADO DE ESPECIMEN

Nº	f'c - kgf/cm ² (DISEÑO)	f'c - kgf/cm ² (OBTENIDO)	EDAD (Días)	f'c Esperado - kgf/cm ²	% ALCANZADO	f'c - kgf/cm ² PROMEDIO ALCANZADO	OBSERVACIONES
1	210.00	248.23	28	209.73	118.00%	249.13	
2	210.00	249.01	28	209.73	119.00%		
3	210.00	250.13	28	209.73	119.00%		

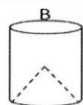
Según el art 5.6.4 de la norma E060 indica que para probetas curadas en obra el limite minimo aceptable para la resistencia a compresion del concreto no debe ser menor al 85% de las probetas curadas en laboratorio o las establecidas según el expediente técnico, por lo que en todos los casos antes indicados cumplen con la normativa vigente.

RESULTADO OBTENIDO: Todos los resultados cumplen con la normativa E060 de concreto.

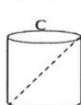
TIPOS DE FALLA:



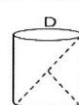
CÓNICO



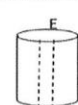
CONO Y SEPARACIÓN



CORTE



CORTE CÓNICO



COLUMNAR

** OBSERVACIONES:

Las muestras de briquetas de concreto fueron entregadas en el laboratorio por el profesional responsable de la obra. En tal sentido, se deja constancia que la veracidad y representatividad de los resultados obtenidos dependen directamente de la autenticidad, manejo y correcta identificación de dichas muestras, presumiendo que estas han sido elaboradas, curadas y extraídas de manera adecuada y fiel a las condiciones reales de la obra. El laboratorio no se responsabiliza por resultados de ensayos de muestras no representativas o manipuladas previamente.



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

PROYECTO:	INFLUENCIA DEL USO DE ZEOLITAS NATURALES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO
SOLICITA :	Bach. ESCHDRODIN CALDERON LOPEZ
FECHA :	MARZO DEL 2025
UBICACIÓN :	JULIACA - PUNO - PERÚ
LABORATORIO :	GEOESTUDIO J&M S.A.C.
JEFE DE LAB. :	ING. JULIO RONALDO YUCRA QUISPE

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO ASTM C-39/NTP 339.034

RESULTADOS DE ROTURA DE TESTIGOS CP+20% DE ZEOLITAS NATURALES

DATOS-IDENTIFICACIÓN	CP-01	CP-02	CP-03	OBSERVACIONES
Fecha de extracion de muestra	03/03/2025	03/03/2025	03/03/2025	DISEÑO DE MEZCLA ESPECIFICADO SEGÚN EXPEDIENTE TÉCNICO - NINGUNA PROBETA DEBE SER MENOR AL 75% DE F'C, Y EL PROMEDIO DEBE SER AL MENOS EL 85% DEL F'C
Fecha de rotura	17/03/2025	17/03/2025	17/03/2025	
Edad en días	14.00	14.00	14.00	
Diametro (cm)	15.00	15.00	15.00	
Altura (cm)	30.00	30.00	30.00	
Area (CM2)	176.71	176.71	176.71	
Carga Aplicada en KN.	348.73	352.59	351.76	
Carga Aplicada en kg-f.	35,560.28	35,954.35	35,869.53	
Esfuerzo (kg/cm2)	201.23	203.46	202.98	
Relacion: Altura / Diametro	2.00	2.00	2.00	
Factor de Correccion	1.000	1.000	1.000	
Peso de especimen (kgf)	11.72	11.68	11.81	
Tipo de Falla	C	C	C	
RESISTENCIA FINAL	201.23	203.46	202.98	

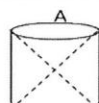
RESULTADO DE ESPECIMEN

Nº	f'c - kgf/cm ² (DISEÑO)	f'c - kgf/cm ² (OBTENIDO)	EDAD (Días)	f'c Esperado - kgf/cm ²	% ALCANZADO	f'c - kgf/cm ² PROMEDIO ALCANZADO	OBSERVACIONES
1	210.00	201.23	14	188.41	107.00%	202.57	
2	210.00	203.46	14	188.41	108.00%		
3	210.00	202.98	14	188.41	108.00%		

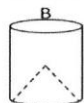
Según el art 5.6.4 de la norma E060 indica que para probetas curadas en obra el límite mínimo aceptable para la resistencia a compresion del concreto no debe ser menor al 85% de las probetas curadas en laboratorio o las establecidas según el expediente técnico, por lo que en todos los casos antes indicados cumplen con la normativa vigente.

RESULTADO OBTENIDO: Todos los resultados cumplen con la normativa E060 de concreto.

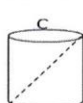
TIPOS DE FALLA:



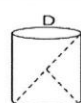
CÓNICO



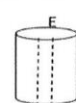
CONO Y SEPARACIÓN



CORTE



CORTE CÓNICO



COLUMNAR

** OBSERVACIONES:

Las muestras de briquetas de concreto fueron entregadas en el laboratorio por el profesional responsable de la obra. En tal sentido, se deja constancia que la exactitud y representatividad de los resultados obtenidos dependen directamente de la autenticidad, manejo y correcta identificación de dichas muestras, presumiendo que estas han sido elaboradas, curadas y extraídas de manera adecuada y fiel a las condiciones reales de la obra. El laboratorio no se responsabiliza por resultados derivados de muestras no representativas o manipuladas previamente.



TECNIC. LABORATORISTA



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

PROYECTO:	INFLUENCIA DEL USO DE ZEOLITAS NATURALES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO
SOLICITA :	Bach. ESCHDRODIN CALDERON LOPEZ
FECHA :	MARZO DEL 2025
UBICACIÓN :	JULIACA - PUNO - PERÚ
LABORATORIO :	GEOESTUDIO J&M S.A.C.
JEFE DE LAB. :	ING. JULIO RONALDO YUCRA QUISPE

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE CONCRETO ASTM C-39/NTP 339.034

RESULTADOS DE ROTURA DE TESTIGOS CP+20% DE ZEOLITAS NATURALES

DATOS-IDENTIFICACIÓN	CP-01	CP-02	CP-03	OBSERVACIONES
Fecha de extracion de muestra	03/03/2025	03/03/2025	03/03/2025	DISEÑO DE MEZCLA ESPECIFICADO SEGÚN EXPEDIENTE TÉCNICO - NINGUNA PROBETA DEBE SER MENOR AL 75% DE F'C, Y EL PROMEDIO DEBE SER AL MENOS EL 85% DEL F'C
Fecha de rotura	31/03/2025	31/03/2025	31/03/2025	
Edad en días	28.00	28.00	28.00	
Diametro (cm)	15.00	15.00	15.00	
Altura (cm)	30.00	30.00	30.00	
Area (CM2)	176.71	176.71	176.71	
Carga Aplicada en KN.	398.67	397.04	399.87	
Carga Aplicada en kg-f.	40,653.19	40,487.08	40,775.12	
Esfuerzo (kg/cm2)	230.05	229.11	230.74	
Relacion: Altura / Diametro	2.00	2.00	2.00	
Factor de Correccion	1.000	1.000	1.000	
Peso de especimen (kgf)	11.70	11.69	11.70	
Tipo de Falla	C	C	C	
RESISTENCIA FINAL	230.05	229.11	230.74	

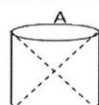
RESULTADO DE ESPECIMEN

Nº	f'c - kgf/cm ² (DISEÑO)	f'c - kgf/cm ² (OBTENIDO)	EDAD (Días)	f'c Esperado - kgf/cm ²	% ALCANZADO	f'c - kgf/cm ² PROMEDIO ALCANZADO	OBSERVACIONES
1	210.00	230.05	28	209.73	110.00%	229.97	
2	210.00	229.11	28	209.73	109.00%		
3	210.00	230.74	28	209.73	110.00%		

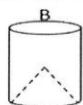
Según el art 5.6.4 de la norma E060 indica que para probetas curadas en obra el limite mínimo aceptable para la resistencia a compresion del concreto no debe ser menor al 85% de las probetas curadas en laboratorio o las establecidas según el expediente técnico, por lo que en todos los casos antes indicados cumplen con la normativa vigente.

RESULTADO OBTENIDO: Todos los resultados cumplen con la normativa E060 de concreto.

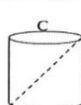
TIPOS DE FALLA:



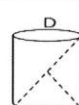
CÓNICO



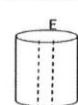
CONO Y SEPARACIÓN



CORTE



CORTE CÓNICO



COLUMNAR

** OBSERVACIONES:

Las muestras de briquetas de concreto fueron entregadas en el laboratorio por el profesional responsable de la obra. En tal sentido, se deja constancia que la veracidad y representatividad de los resultados obtenidos dependen directamente de la autenticidad, manejo y correcta identificación de dichas muestras, asumiendo que estas han sido elaboradas, curadas y extraídas de manera adecuada y fiel a las condiciones reales de la obra. El laboratorio no se responsabiliza por resultados derivados de muestras no representativas o manipuladas previamente.



ANEXO 1 FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 03 - 11 - 2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: ESCHDRODIN CALDERON LOPEZ
Dirección: C.P VILLA LOPEZ
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 42800722
Teléfono: 997952078 email: ESCHDRODINPERU35@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. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:
Trabajo de Investigación ☐ Tesis ☒ Trabajo de Suficiencia Profesional ☐ Trabajo Académico ☐
Título: INFLUENCIA DEL USO DE ZEOLITAS NATURALES EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
CONVENCIONAL EN LA REGIÓN PUNO

Palabras claves, (3 a 5 términos): Zeolita natural, concreto, resistencia a la compresión, propiedades mecánicas.

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

2

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

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

2. Referencia de tesis:

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

3. Licencias:**a) Licencia estándar:**

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

- ☐ Sí autorizo
- ☒ No autorizo

Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

☐ Internacional☒ Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGIA DE MATERIALES - P17

Firma de Autor



huella digital

03 DE NOVIEMBRE DEL 2025

Fecha