



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



**INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA VOLANTE
EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL
CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA
EN LA CIUDAD DE JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:
Bach. WILY GUIDO MAMANI TARQUI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2026



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA VOLANTE
EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL
CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA
EN LA CIUDAD DE JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. WILY GUIDO MAMANI TARQUI

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

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:

Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR

PRIMER MIEMBRO

:

Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

SEGUNDO MIEMBRO

:

Dr. ARNALDO YANA TORRES

ASESOR DE TESIS

:

M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE MATERIALES – P17



RESOLUCIÓN DECANAL N° 0049-2026-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 15 de enero del 2026

VISTO: El expediente N° 2026-CU-000067 presentado por el (la) Bachiller: **WILY GUIDO MAMANI TARQUI** 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. **WILY GUIDO MAMANI TARQUI**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA VOLANTE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE JULIACA**, 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 merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

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

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

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

ARTICULO TERCERO.- APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **WILY GUIDO MAMANI TARQUI**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA VOLANTE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE JULIACA** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : miércoles 21 de enero del 2026
- * **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 CIENCIAS PURAS
Dr. Ronald Madera Terán
DECANO (e)
CIP: 66975



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

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 713-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 18 de julio del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU - 15034 por el señor (a): **WILY GUIDO MAMANI TARQUI** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 513- 2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 019 - 2025 del integrante del comité de investigación **EPIC** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **WILY GUIDO MAMANI TARQUI**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA VOLANTE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE JULIACA**, 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° 019 - 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA VOLANTE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE JULIACA**, 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 mérito 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): **WILY GUIDO MAMANI TARQUI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA VOLANTE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE JULIACA** 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.

cc.
Archivo
interesado (a)

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 119-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 10 de enero del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 310, presentado el señor (a) **WILY GUIDO MAMANI TARQUI** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el PROVEIDO - N° 042-2025-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 434-2024 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): **WILY GUIDO MAMANI TARQUI** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA VOLANTE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE JULIACA**, para optar el Título Profesional de .

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 de la Escuela Profesional de de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 434-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA VOLANTE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE JULIACA**.

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 mérito 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): **WILY GUIDO MAMANI TARQUI**, para optar el Título Profesional de , con el Tema Titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA VOLANTE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE JULIACA** 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 quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURASDr. MILTHON QUISPE HUANGA
DECANO
CIP. 47790UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
Dr. Efraín Pantoja Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo 2025
Interesado (a)



WILY GUIDO MAMANI TARQUI

INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA VOLANTE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESIST...

 Trabajos de tesis para ingreso a repositorio

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::13016:597776563

Fecha de entrega

5 jun 2026, 22:58 GMT-5

Fecha de descarga

6 jun 2026, 10:31 GMT-5

Nombre del archivo

T036_76005925_T.docx

Tamaño del archivo

36.4 MB

143 páginas

18.011 palabras

95.075 caracteres



TESIS UANCV

18% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 10%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 15%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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

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

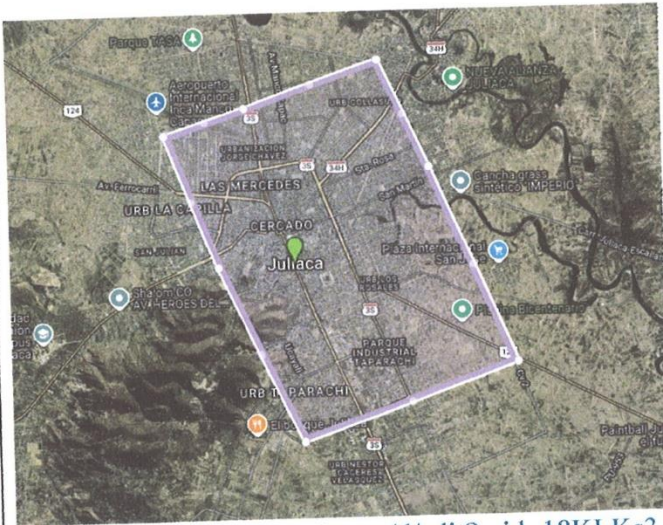


Metadatos Complementarios UANCV



Título de la tesis	
INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA VOLANTE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE JULIACA	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	WILY GUIDO MAMANI TARQUI
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	76005925
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0007-4030-8906
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	CESAR GUILLERMO CAMARGO NÁJAR
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02441152
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676



Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de Materiales - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca - Latitud: S 15° 29' 27" - Longitud: O 70° 07' 37"
	 https://www.google.com/maps/d/edit?mid=18KLKs3R1cnFiKsAl_sRg5EldqQfkmew&usp=sharing
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Julio 2025 – Enero 2026
URL de disciplinas OCDE	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
https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	



UNIVERSIDAD ANTONIO RÍOS CALDERÓN
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Fritz Villy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo WILY GUIDO MAMANI TARQUI, identificado con DNI
Nro. 76005925, en mi condición de egresado de:

- ☒ **Escuela Profesional**
☐ **Programa de Segunda Especialidad,**
☐ **Programa de Maestría o Doctorado**

INGENIERÍA CIVIL

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

INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA VOLANTE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL
CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE JULIACA

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 04 de Mayo del 2026


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)


Huella



DEDICATORIA

Doy gracias a Dios
Todopoderoso por haberme guiado
emocional y espiritualmente durante
mi etapa universitaria.

A mis padres, cuyo compromiso
inquebrantable con la educación, su
generosidad y su esfuerzo me han
inspirado a alcanzar el objetivo de mi
vida.



AGRADECIMIENTO

"A mis padres: les dedico esta investigación con el corazón en la mano. Gracias por darme valor, amor y un apoyo incondicional. Su sacrificio y aliento constante han sido mi mayor motor para alcanzar esta meta. Este logro es tan mío como suyo, y cada palabra escrita aquí lleva el eco de todo lo que han hecho por mí."



CONTENIDO GENERAL

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

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Exposición de la realidad problemática	14
1.2. Formulación del problema	16
1.3. Justificación de la investigación.....	17
1.4. Objetivos.....	18
1.5. Hipótesis	18
1.6. Variables.....	19
1.6.1. Operacionalización de variables	20

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes de la investigación	21
---	----



2.1.1. Internacionales	21
2.1.2. Nacionales	22
2.1.3. Locales	23
2.2. Marco teórico	25
2.2.1. Concreto de alta resistencia	25
2.2.2. Concreto	26
2.2.3. Cenizas volantes	38
2.2.3.1. Origen de las cenizas volantes.....	39
2.2.3.2. Clasificación de las cenizas volantes	41
2.2.3.3. Usos y ventajas de la ceniza volante.....	42
2.2.3.4. Ventajas de la ceniza volante en el concreto	43
2.2.4. Propiedades del concreto en estado fresco.....	46
2.2.4.1. Propiedades del concreto en estado endurecido	48
2.3. Marco conceptual	50

CAPÍTULO III

MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque de investigación.....	53
3.2. Tipo de investigación	53
3.3. Nivel de investigación	54
3.4. Diseño de investigación	54
3.5. Ámbito de investigación.....	54
3.6. Población y muestra	55



3.6.1. Población	55
3.6.2. Muestra.....	55
3.7. Técnicas e instrumentos.....	56
3.7.1. Técnicas	56
3.7.2. Instrumentos	56
3.1. Trabajos previos	56
3.1.1. Trabajos de campo	56
3.1.2. Trabajos en laboratorio	57
3.2. Análisis de documentos.....	75
3.3. Instrumentos de recolección de datos	75
3.4. Consideraciones Éticas	75

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados.....	77
4.1.1. Caracterización de agregados.....	77
4.1.2. Diseño de mezclas	79
4.1.2.1. Diseño de mezcla sin aire incorporado.....	79
4.1.2.2. Diseño me mezclas con diferentes dosificaciones de ceniza volante	86
4.1.3. Trabajabilidad del concreto.....	86
4.1.4. Resultados del ensayo a compresión del concreto.....	87



4.1.5. Resultados promedios de resistencia a compresión del concreto 7, 14 y 28 días	90
4.1.6. Resumen de resistencias promedio obtenidas	97
4.2. Discusión de resultados.....	99
CONCLUSIONES	102
RECOMENDACIONES	104
BIBLIOGRAFÍA	105
ANEXOS	108



CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	20
Tabla 2 Tipos de cementos	29
Tabla 3 ASTM C 150: Tipos y subtipos de cemento Portland.....	29
Tabla 4 Uso granulométrico para agregado fino de normativa NTP 400.037 .	32
Tabla 5 Requisitos granulométricos del agregado grueso	34
Tabla 6 Distribución de probetas	55
Tabla 7 Resultados de la caracterización de los agregados.....	77
Tabla 8 Selección de asentamiento.....	79
Tabla 9 Relación agua / cemento	79
Tabla 10 Cantidad de volumen unitario de agua en Lt/m ³	80
Tabla 11 Porcentaje de aire atrapado.....	81
Tabla 12 Volumen del agregado grueso seco y compactado	82
Tabla 13 Diseño de mezcla sin aire incorporado	85
Tabla 14 Dosificación para un metro cubico con frentes porcentajes de ceniza volante	86
Tabla 15 Dosificación para 3 briquetas (0.016 m ³), con diferentes porcentajes de ceniza volante	86
Tabla 16 Trabajabilidad del concreto con adición de ceniza volante (Fly Ash Tipo F).....	86
Tabla 17 Resultados de resistencia a compresión del concreto patrón.....	88
Tabla 18 Resultados de resistencia a compresión del concreto patrón + 8% de ceniza volante	88



Tabla 19 Resultados de resistencia a compresión del concreto patrón + 10% de ceniza volante	89
Tabla 20 Resultados de resistencia a compresión del concreto patrón + 12% de ceniza volante	89
Tabla 21 Evaluación de la resistencia a compresión del concreto patrón	90
Tabla 22 Evaluación del efecto de la incorporación de ceniza volante (8%) sobre la resistencia a compresión del concreto	91
Tabla 23 Evaluación del efecto de la incorporación de ceniza volante (10%) sobre la resistencia a compresión del concreto	93
Tabla 24 Evaluación del efecto de la incorporación de ceniza volante (12%) sobre la resistencia a compresión del concreto	95
Tabla 25 Comparación de la resistencia a los 28 días obtenidos con adición de ceniza volante en diferentes porcentajes	99



CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1 Concreto de alta resistencia.....	28
Figura 2 Proporciones de los materiales utilizados en el hormigón.....	30
Figura 3 Clasificación de los aditivos	38
Figura 4 Ceniza volante FLY ASH TIPO F	39
Figura 5 Obtención de Ceniza Volante: Proceso Productivo.....	40
Figura 6 Clase, estado y uso del carbón	41
Figura 7 Tipos de fractura del concreto	50
Figura 8 Colocación de las muestras en el horno	58
Figura 9 <i>Tamizado del agregado fino</i>	60
Figura 10 <i>Tamizado del agregado del grueso</i>	61
Figura 11 <i>Porcentaje de absorción del agregado grueso</i>	63
Figura 12 <i>Peso específico del agregado fino</i>	65
Figura 13 <i>Determinación del peso unitario en estado suelto y compactado de los agregados</i>	67
Figura 14 <i>Dosificación de materiales con ceniza volante</i>	69
Figura 15 <i>Prueba del cono de abrams</i>	70
Figura 16 <i>Fabricación y preparación de especímenes cilíndricos de concreto</i>	72
Figura 17 <i>Prueba de resistencia a la compresión del concreto</i>	75
Figura 18 Variación de la resistencia con el tiempo del concreto patrón.....	90
Figura 19 Variación de la resistencia con el tiempo del concreto patrón + 8% de ceniza volante	92
Figura 20 Variación de la resistencia con el tiempo del concreto patrón + 10% de ceniza volante	94



Figura 21 Variación de la resistencia con el tiempo del concreto patrón + 12% de ceniza volante	96
Figura 22 Resistencia a compresión promedio obtenida de cada tipo de mezcla	97



RESUMEN

El objetivo general de la investigación fue Analizar la influencia de la adición de ceniza volante en las propiedades mecánicas del concreto de alta resistencia en la ciudad de Juliaca. Se empleó una metodología cuantitativa, nivel explicativo, tipo aplicada, con diseño cuasiexperimental, de mezclas basado en el Comité 211 del ACI, utilizando agregados de la cantera Isla y sustituyendo el cemento en proporciones de 8 %, 10 % y 12 % con ceniza volante (FLY ASH TIPO F). Se elaboraron 36 probetas (3 por condición y edad) y se evaluó la resistencia a compresión (7, 14 y 28 días). Los agregados cumplieron con la norma ASTM C33/NTP 400.011. A los 28 días, las resistencias promedio fueron: 512.86 kg/cm² (patrón), 538.30 kg/cm² (8 %), 594.14 kg/cm² (10 %) y 616.28 kg/cm² (12 %), superando en 23.25 % al concreto sin adición. Se concluye que la ceniza volante tipo F mejora significativamente la resistencia y trabajabilidad del concreto, siendo el 12 % la dosificación óptima para alcanzar $f'c \geq 500$ kg/cm², confirmando su potencial como adición puzolánica sostenible en la región.

Pabras clave: ceniza volante, resistencia a compresión, concreto de alta resistencia, agregados.



ABSTRACT

The overall objective of the research was to analyze the influence of fly ash addition on the mechanical properties of high-strength concrete in the city of Juliaca. A quantitative, explanatory, applied methodology was used, with a quasi-experimental design, based on ACI Committee 211, using aggregates from the Isla quarry and replacing cement in proportions of 8%, 10%, and 12% with fly ash (FLY ASH TYPE F). Thirty-six test specimens (3 per condition and age) were prepared and the compressive strength was evaluated (7, 14, and 28 days). The aggregates complied with ASTM C33/NTP 400.011. At 28 days, the average strengths were: 512.86 kg/cm² (standard), 538.30 kg/cm² (8%), 594.14 kg/cm² (10%), and 616.28 kg/cm² (12%), exceeding the concrete without addition by 23.25%. It is concluded that type F fly ash significantly improves the strength and workability of concrete, with 12% being the optimal dosage to achieve $f'c \geq 500$ kg/cm², confirming its potential as a sustainable pozzolanic additive in the region.

Keywords: fly ash, compressive strength, high-strength concrete, aggregates.



INTRODUCCIÓN

El concreto es el material constructivo más utilizado en la Región Puno y el Perú para la ejecución de obras civiles de diversa magnitud, tales como edificaciones, canales, reservorios, represas, pavimentos, puentes y obras de arte. Su dosificación técnica requiere la incorporación de adiciones de diferente naturaleza para optimizar sus propiedades. En este contexto, la ceniza volante se presenta como una alternativa viable para la sustitución parcial del cemento, mejorando significativamente la resistencia, durabilidad y trabajabilidad del concreto. Además, considerando que este material constituye un agente contaminante, su aprovechamiento en proporciones controladas dentro de las mezclas de concreto permite reducir su impacto ambiental en las zonas de exposición.

Las centrales térmicas son responsables de garantizar la correcta gestión de las cenizas volantes para evitar su acumulación en lugares de almacenamiento expuestos al medio ambiente, ya que este residuo requiere una gestión medioambiental compleja. El almacenamiento inadecuado de las cenizas volantes es motivo de preocupación para el medio ambiente, ya que provoca una contaminación significativa cuando entra en contacto con el agua, el suelo y el aire. Cuando el aire, el agua, el suelo y otros componentes del medio ambiente se ven alterados de forma involuntaria de tal manera que ponen en peligro la salud, la existencia o las actividades de los seres vivos, se habla de contaminación ambiental.

La estructura del presente trabajo de investigación se organiza en cuatro capítulos:



Capítulo I: Se establece el planteamiento del problema de investigación, se definen los objetivos generales y específicos, se formula la hipótesis de trabajo, se justifica la relevancia del estudio y se operacionalizan las variables de investigación.

Capítulo II, abordamos el marco teórico y conceptual, revisando estudios de todo el mundo y analizando las propiedades básicas del hormigón, sus componentes y cómo la incorporación de cenizas volantes modifica sus características.

Capítulo III: Se detalla la metodología de investigación aplicada, incluyendo el diseño experimental, los procedimientos de caracterización de materiales, los métodos de ensayo empleados y las técnicas de procesamiento de resultados.

Capítulo IV: Se presentan y analizan los datos experimentales, comparando las características originales del hormigón con su comportamiento tras la exposición al calor. Evaluamos los resultados comparándolos con el marco teórico y con otras investigaciones. El objetivo final de esta investigación es arrojar luz sobre cómo reacciona el hormigón cuando se expone al fuego. Los datos técnicos obtenidos resultarán útiles para los ingenieros civiles locales en su trabajo con proyectos de infraestructura de hormigón, especialmente en ámbitos como el diseño estructural, la evaluación de daños y la toma de decisiones.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Exposición de la realidad problemática

Los principales componentes del hormigón son el agua, los áridos finos y gruesos, el cemento y el aire. Tras un tiempo de curado determinado, el cemento, el agua, los aditivos y los aditivos de mezcla reaccionan, lo que confiere resistencia al material. Dependiendo del uso final y del tiempo disponible, ahora se pueden añadir otros materiales (denominados aditivos),

Hace unos cincuenta años se utilizó hormigón con una resistencia a la compresión de 520 kg/cm² en las columnas de las plantas inferiores de la Lake Point Tower (Chicago, Illinois), lo que supuso un hito en la evolución tecnológica de los materiales de construcción. Este hormigón fue el primero en utilizarse en elementos estructurales verticales.

Para garantizar un rendimiento y una seguridad óptimos en los edificios en los que se utiliza, la correcta colocación del hormigón, junto con la calidad y la cantidad de sus componentes, determina su rendimiento real. Desde



entonces, el uso del hormigón se ha disparado, lo que ha obligado a los centros de investigación que estudian su diseño y aplicación a simular y examinar su comportamiento en sus laboratorios.

El concreto con una resistencia a la compresión de $f'c \geq 420 \text{ kg/cm}^2$ se considera hormigón de alta resistencia según el Instituto Americano del Hormigón (ACI) y las Normas Técnicas del Hormigón RCDF 2004.

La fabricación moderna de hormigón se basa en el uso de aditivos y aditivos minerales para mejorar las cualidades mecánicas del material y su comportamiento a lo largo del tiempo. Con el fin de analizar el efecto de este aditivo puzolánico sobre las propiedades del material, en este estudio se compararon mezclas experimentales de hormigón de alta resistencia, modificadas mediante la adición de cenizas volantes, con una mezcla estándar preparada sin aditivos.

Las cenizas son el resultado de los procesos de combustión de las centrales térmicas que utilizan carbón molido en partículas finas. El proceso de combustión genera dos subproductos distintos: las cenizas volantes y las cenizas de fondo. El conducto de humos de la caldera es la fuente de las cenizas volantes, que se componen de partículas de residuos combustibles recogidas de los gases de combustión del carbón. Las propiedades de estas cenizas vienen determinadas por una serie de variables, como el tipo de carbón, los residuos de ceniza, el grado de pulverización y el tipo de colector. Las características físicas y químicas de la ceniza pueden variar incluso cuando se produce a partir de la misma fuente. La ceniza de fondo tiene un tamaño de partícula mayor que la

ceniza volante, ya que se recoge de la base del horno de la caldera. Aproximadamente el 20 % de toda la ceniza es producida por ella.

La bibliografía técnica está repleta de estudios sobre el impacto del uso de cenizas volantes en el hormigón, ya sea como aditivo mineral o como sustituto parcial del cemento Portland. En el primer ejemplo, que constituye el foco principal del estudio, se han observado los siguientes resultados al utilizar cenizas volantes como sustituto del cemento total en proporciones que oscilan entre el 10 % y el 30 %: las variaciones volumétricas no muestran cambios significativos; el calor de hidratación y la permeabilidad se reducen; la resistencia mecánica disminuye en las primeras edades (hasta 28 días), pero puede alcanzar o superar los valores del hormigón convencional posteriormente; no se produce ningún cambio en la demanda de agua de amasado por unidad de volumen de hormigón y, en algunos casos, puede incluso disminuir. Para alcanzar un nivel específico de aire incorporado, es necesario aumentar la dosificación de los aditivos incorporadores de aire.

1.2. Formulación del problema

Problema general:

¿Cómo influye la adición de ceniza volante en las propiedades mecánicas del concreto de alta resistencia en la ciudad de Juliaca?

Problemas específicos:

- ¿Cómo influye la caracterización de los agregados extraídos de la cantera Isla en el diseño del concreto de alta resistencia?

- ¿Cuál es el porcentaje óptimo de sustitución de cemento por Ceniza Volante FLY ASH Tipo F que permite alcanzar una resistencia a la compresión de 500kg/cm²?
- ¿De qué manera influye la adición de ceniza volante en proporciones de 8%, 10% y 12% por peso del cemento en el desarrollo de la resistencia a la compresión?

1.3. Justificación de la investigación

Justificación teórica:

Según el estudio, se ha demostrado que las cenizas volantes tienen acción puzolánica. Cuando este material reacciona con el hidróxido de calcio, se forman silicatos de calcio; estos silicatos sellan la red de poros capilares, lo que aumenta considerablemente la estabilidad química y la vida útil del compuesto.

Justificación práctica:

Esta mejora en las propiedades mecánicas permite alcanzar una mayor rigidez lateral y reducir los desplazamientos en análisis dinámicos, facilitando además la estandarización de dimensiones en elementos verticales (columnas) y optimizando el uso de encofrados en todo el edificio.

Justificación económica:

La investigación demuestra que el aumento en la capacidad de carga permite reducir significativamente las secciones transversales de los elementos estructurales, lo que impacta directamente en la reducción de costos de materiales en edificios de diversas alturas.

Justificación social:

El proyecto promueve la construcción de infraestructuras más seguras y duraderas, integrando residuos industriales (ceniza volante) para fomentar un desarrollo urbano más sostenible y eficiente.

1.4. Objetivos**Objetivo general:**

Analizar la influencia de la adición de ceniza volante en las propiedades mecánicas del concreto de alta resistencia en la ciudad de Juliaca.

Objetivos específicos:

- Determinar la caracterización de los agregados extraídos de la cantera Isla.
- Determinar el porcentaje óptimo de ceniza volante FLY ASH TIPO F a un concreto de alta de resistencia de $f'c=500$ Kg/cm².
- Determinar la resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia con la adición de ceniza volante en proporciones de 8%, 10% y 12% por peso de cemento.

1.5. Hipótesis**Hipótesis general:**

La incorporación de cenizas volantes al concreto de alta resistencia en Juliaca mejora sus propiedades.

Hipótesis específicas:

- Los agregados extraídos de la cantera Isla cumplen con las especificaciones técnicas establecidas en la norma ASTM C33 / NTP 400.011 para su uso en concreto de alta resistencia.
- Existe un porcentaje óptimo de ceniza volante tipo F que permite alcanzar $f'c=500$ Kg/cm² en concreto de alta resistencia a los 28 días.
- La adición de ceniza volante en las proporciones de 8 %, 10 % y 12 % por peso de cemento influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia.

1.6. Variables**Variable independiente:**

Adición de ceniza volante

- Dimensión: dosificación
- Indicador: Porcentaje de reemplazo del cemento (8%, 10%, 12%)

Variable dependiente:

Propiedades mecánicas del concreto.

- Dimensión: Kg/cm²
- Indicador: Resistencia a compresión (7, 14, y 28) días.



1.6.1. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Indicadores	Dimensión
Variable independiente			
Adición de ceniza volante	Proporción en peso de ceniza volante tipo F (puzolánica, baja en CaO) sustituida por cemento Portland en la mezcla, influyendo en la hidratación, microestructura y desarrollo de propiedades a corto y largo plazo.	(8%, 10%, 12%)	Dosificación
Variable dependiente			
Propiedades mecánicas del concreto	Máxima tensión axial que el concreto soporta bajo carga de compresión hasta la falla, indicador principal de calidad y desempeño estructural	Resistencia a compresión (7, 14, y 28) días.	Kg/cm ²



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Internacionales

Tras exponer al sulfato el hormigón mezclado con cenizas volantes procedentes de tres centrales térmicas, Arrieta y Pinzón (2020) estudiaron el comportamiento mecánico de la mezcla. Las centrales eran Termopaipa, Termosochagota y Termotasajero. El objetivo era determinar la proporción de adición ideal para aumentar la durabilidad y la resistencia a la compresión. A los 28 días, las cenizas de Termosochagota presentaban los valores de resistencia más altos, con un 128 %, un 97 % y un 95 % en comparación con las demás cenizas analizadas. Descubrimos que un 6 % de cenizas volantes era el punto óptimo en cuanto a porcentajes de adición, lo que condujo a mejoras en la resistencia del 28 % para C.V.1, del 20 % para C.V.2 y del 21 % para C.V.3 tras 28 días.



Yáñez (2019) identificó modificaciones en las curvas de resistencia versus edad, observando que los morteros con adición de ceniza desarrollan mayores incrementos de resistencia a edades avanzadas (56 y 90 días). Este comportamiento permitió que morteros con menores resistencias iniciales a 7 y 28 días superaran la resistencia de muestras sin adición a 56 y 90 días, particularmente en probetas con 10% y 20% de ceniza. El autor recomienda utilizar adiciones de hasta 20%, las cuales a 90 días pueden superar la resistencia del cemento Portland puro, además de proporcionar mejoras en durabilidad, permeabilidad y reducción de la huella de carbono.

2.1.2. Nacionales

Un estudio realizado por Huaquisto y Belizario (2018), titulado «Uso de cenizas volantes en los diseños de mezclas de hormigón como sustituto del cemento», investigó el potencial de este residuo de la central térmica de Ilo 21. Esta central genera electricidad mediante la combustión de carbón y, como subproducto, produce cenizas volantes, un material perjudicial para el medio ambiente. La investigación se propuso crear mezclas de hormigón respetuosas con el medio ambiente que pudieran elaborarse parcialmente con cenizas volantes en lugar de cemento, manteniendo al mismo tiempo la resistencia mecánica de la mezcla. El procedimiento consistió en mezclar hormigón con varios porcentajes de cenizas volantes (2,5 %, 5,00 %, 10,0 % y 15,0 % en peso) y, a continuación, medir la resistencia a la compresión a los 7, 14, 28 y 90 días de edad. El hormigón de control presentó una resistencia media de 221 kg/cm² tras 28 días, mientras que las mezclas con un 2,5 %, un 5,0 % y un 15,0 % de cenizas volantes registraron resistencias de 223 kg/cm², 231 kg/cm² y 192

kg/cm², respectivamente. El uso de cenizas volantes como sustituto del cemento reduce la resistencia del hormigón y compromete los requisitos de control de calidad, por lo que los autores recomiendan utilizar porcentajes inferiores al 10 %.

Sánchez y Villalobos (2023) se propusieron determinar cómo afectaba a la sostenibilidad a largo plazo del material la incorporación de cenizas volantes (CV) al hormigón de alta resistencia (HAR) fabricado con cemento de tipo HS. La investigación utilizó un enfoque cuasi-experimental y fue de carácter descriptivo con una aplicación experimental. Se realizaron cuatro combinaciones diferentes utilizando cenizas volantes en sustitución de parte o la totalidad del cemento: 0 % (control), 5 %, 7,5 % y 10 %. El hormigón normal alcanzó una resistencia a los 28 días de 569,8 kg/cm², mientras que las otras combinaciones alcanzaron valores de 604,5, 636,5 y 630,5 kg/cm², respectivamente. Los resultados indican que el diseño de la mezcla que utiliza un 7,5 % de cenizas volantes es el más eficaz, ya que esta cantidad aumenta la longevidad del hormigón de cenizas volantes (FARC) y reduce las emisiones de CO₂ en un 4,80 %. En conclusión, las cualidades mecánicas de una mezcla de cenizas volantes y cemento se optimizan cuando se sustituye el cemento por cenizas volantes. La reducción de CO₂ es mayor con porcentajes de sustitución más altos, pero la resistencia a la compresión disminuye.

2.1.3. Locales

Como parte de su investigación sobre aditivos cementosos de origen regional, Coaquira (2022) evaluó los efectos de añadir ceniza de tronco de eucalipto y *Stipa ichu* (ichu puneño) al hormigón tradicional de la zona de Puno.



Utilizando mezclas con una resistencia especificada de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, la investigación evaluó sistemáticamente las propiedades físicas en estado fresco (asentamiento, contenido de aire y densidad aparente) y las características mecánicas en estado endurecido (resistencia a la compresión axial, resistencia a la tracción indirecta y resistencia a la flexión). Para ello se fabricaron 72 probetas cilíndricas y 12 probetas prismáticas. Los resultados mostraron que el rendimiento mecánico mejoraba con tasas de sustitución de cenizas de hasta el 7 % del cemento. El valor de compresión alcanzó los $226,67 \text{ kg/cm}^2$, lo que supuso un 5,9 % más que el hormigón de referencia sin aditivos ($214,00 \text{ kg/cm}^2$). Se observó una correlación directa entre el contenido de cenizas y las mejoras en la trabajabilidad (mayor asentamiento) y la porosidad (mayor contenido de aire). Con el fin de mejorar las cualidades mecánicas del hormigón regional, el investigador concluyó que el uso de cenizas de eucalipto e ichu, endémicas de Puno, en cantidades específicas, es una técnica eficaz.

Evaluación de la resistencia a la compresión del hormigón con sustitución parcial del cemento por ceniza de cáscara de arroz en la región del Altiplano fue el título del proyecto de investigación de Quispe (2018) en la Universidad Nacional del Altiplano de Puno. El objetivo era encontrar el punto óptimo entre coste y resistencia midiendo el rango de resistencias a la compresión alcanzadas por mezclas de hormigón que incluían cenizas de cáscara de arroz. A los 14, 28 y 56 días tras el curado, analizó 13 muestras de hormigón estándar con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y 117 muestras con diferentes proporciones de cenizas. Según los datos, el uso de un 5 % y un 10 % de cenizas de cáscara de arroz como sustituto a los 28 días aumentó la resistencia a la compresión en un 1,47 % y un 4,96 %, respectivamente.



respectivamente, al tiempo que redujo los gastos en un 1,41 % y un 2,82 %. El autor observó que, tras 28 días, el hormigón con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y un 10 % de ceniza de cáscara de arroz por cemento presentaba una mejora de la resistencia del 4,96 %.

Durán y Velásquez (2016) investigaron la aptitud de concretos con reemplazo parcial del cemento Portland por cenizas volantes. Los resultados mostraron que: la mezcla con 5% de ceniza volante (5%CV) alcanzó 26,1 MPa, superando en 9,16% la resistencia de diseño, cumpliendo satisfactoriamente los parámetros establecidos; la mezcla con 10% de ceniza volante (10%CV) logró 22,97 MPa, equivalente al 95,71% de la resistencia de diseño, considerándose aceptable dentro de un margen de error del 5%; y la mezcla con 15% de ceniza volante (15%CV) obtuvo 18,68 MPa, correspondiente al 77,85% de la resistencia de diseño, evidenciando una disminución considerable respecto a las adiciones menores. Los autores determinaron que no es apropiado emplear 15% de reemplazo en concretos de alta resistencia.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Concreto de alta resistencia

El concreto de alta resistencia (CAR) o High-Strength Concrete (HSC) es un material diseñado para soportar cargas mecánicas significativamente superiores al concreto convencional.

Mientras que un concreto estándar suele tener una resistencia a la compresión entre 210 y 280 kg/cm^2 (21-28 MPa), se considera de alta resistencia

cuando supera los 500 kg/cm² (50 MPa), pudiendo alcanzar incluso los 1000 kg/cm² en proyectos especiales.

2.2.2. Concreto

Dado que se trabaja cuando aún está semilíquido, el hormigón puede adoptar cualquier forma, lo que lo convierte en un material resistente y duradero. Gracias a su maleabilidad, puede moldearse en una variedad casi infinita de formas y texturas, lo que lo convierte en un material de construcción ideal.

Los cuatro componentes principales del hormigón son el cemento, el agua, la arena y la grava. Al mezclar agua con cemento Portland se forma una pasta que aglutina los áridos, que pueden ser piedra triturada, arena o grava. La pasta se convierte en una masa similar a la roca cuando se endurece debido a la reacción química entre el cemento y el agua. Se pueden encontrar áridos tanto finos como gruesos. Los áridos gruesos tienen partículas de más de 19-25 mm de tamaño, y los áridos finos tienen partículas de arena de menos de 9,5 mm. Kosmatka, Kerhoff, Panarese y Tanesi (2004) afirman que.

Cuando se mezclan los ingredientes del hormigón normal, el resultado es una masa maleable que se puede compactar y moldear con facilidad. Sin embargo, esta maleabilidad se pierde con el tiempo; al cabo de unas horas, la mezcla se endurece y empieza a comportarse y a parecer un sólido. Tras este proceso, la mezcla se endurece y se convierte en hormigón mecánicamente resistente.

La unión entre el árido y la pasta, así como la calidad de esta última, determinan la calidad del hormigón. Siempre que la mezcla se pueda compactar



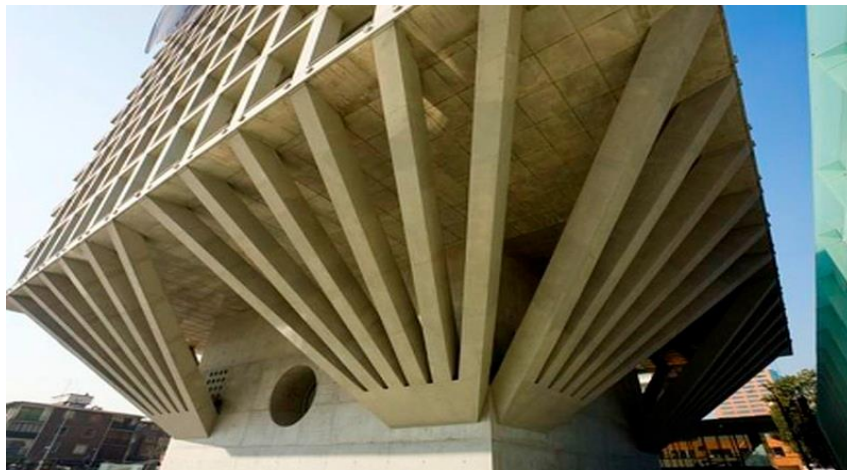
eficazmente, cuanta menos agua se utilice, mejor será el hormigón. Las combinaciones más rígidas (más secas) son el resultado de utilizar menos agua para la mezcla; sin embargo, la vibración hace que incluso las mezclas más inflexibles sean fáciles de colocar. En conclusión, la calidad del hormigón puede mejorarse mediante la compactación asistida por vibración. Según Kosmatka, Kerhoff, Panarese y Tanesi (2004).

Para que no mermen el rendimiento del hormigón ni reduzcan su capacidad para soportar la exposición y las condiciones de servicio a las que se verá sometido, la calidad de los áridos debe ajustarse a las necesidades estructurales del edificio.

Hay varios factores que determinan cómo interactúan entre sí la matriz de cemento y los áridos. Entre ellos se incluyen las propiedades físicas y químicas del cemento, la composición litológica de los áridos (incluida su composición mineralógica y petrográfica), así como la forma de las partículas, su tamaño máximo, la textura de su superficie y otras características (Kosmatka, Kerhoff, Panarese y Tanesi, 2004)).

Figura 1

Concreto de alta resistencia



Nota: https://www.producto/concreto_de_alta_resistencia

2.2.2.1. Componentes del concreto

a. Cemento Portland

La calcinación de una mezcla de piedra caliza y otros minerales ricos en carbonato cálcico, junto con arcillas que contienen sílice, alúmina y óxidos de hierro, da lugar al cemento Portland, un aglutinante hidráulico. Al someter esta mezcla a temperaturas de proceso de unos 1 450 °C, se obtiene el clinker. A continuación, este clinker se mezcla finamente con pequeñas cantidades de yeso, que controla el tiempo de fraguado. El resultado final es un polvo fino que se somete a una secuencia de procesos químicos que hacen que se endurezca y adquiera resistencia al mezclarse con agua.

Gracias a las propiedades adhesivas y cohesivas del cemento, las partículas minerales pueden unirse entre sí para formar una masa densa. En la actualidad, en el sector de la construcción se suele denominar «cemento» a un

tipo concreto de aglutinante hidráulico. Según la tabla 2, existen muchos tipos diferentes de cemento, siendo el más popular el cemento Portland. En la tabla 3 se clasifican en detalle los cementos Portland.

Tabla 2

Tipos de cementos

Tipos de cemento	Denominaciones
Tipo I	:Cemento Portland
Tipo II	:Cemento Portland con Adiciones
Tipo III	:Cemento Portland con Escorias de Alto Horno
Tipo IV	:Cemento Portland Puzolánico
Tipo V	:Cemento Portland Compuesto

Nota: (UNE-EN 197-1, 2011)

Tabla 3

ASTM C 150: Tipos y subtipos de cemento Portland

Tipos de Cemento	Descripción
Tipo I	:Normal
Tipo IA	:Normal con aire incluido
Tipo II	:Moderada resistencia a los sulfatos
Tipo IIA	:Moderada resistencia a los sulfatos con aire incluido
Tipo III	:Alta resistencia inicial (alta resistencia temprana)
Tipo IIIA	:Alta resistencia inicial con aire incluido
Tipo IV	:Bajo calor de hidratación
Tipo V	:Alta resistencia a los sulfatos

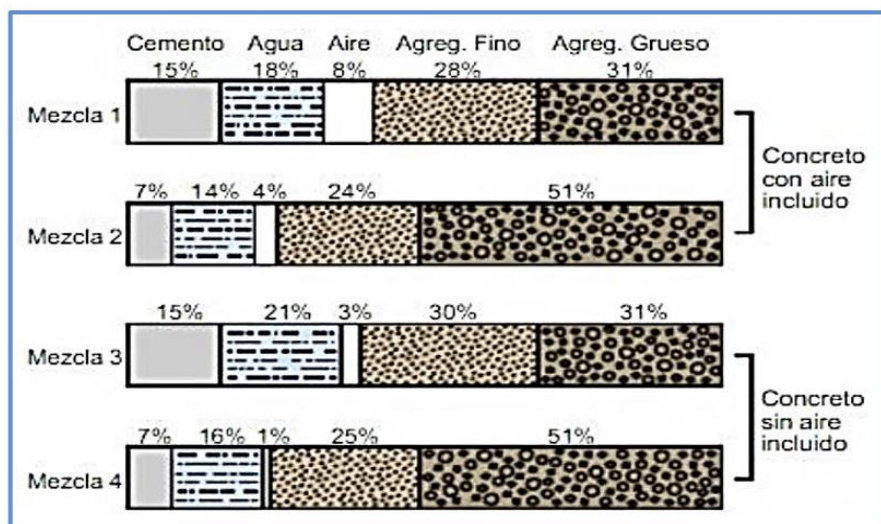
Nota: (Kosmatka et al., 2004).

La pasta de cemento, que es una mezcla de cemento y agua, forma el hormigón al combinarse con áridos, que pueden ser arena, grava, piedra triturada o cualquier otro material granular (Kosmatka et al., 2004).

Aproximadamente entre una cuarta parte y un tercio del volumen total del hormigón corresponde a la pasta. El agua representa entre el catorce y el veintiún por ciento del volumen del cemento, mientras que la pasta oscila entre el siete y el quince por ciento. La figura 2 muestra que el tamaño máximo del árido grueso determina el contenido de aire en el hormigón aireado, que puede alcanzar hasta el 8 % del volumen total. Los áridos, ya sean finos o gruesos, deben tener sus superficies bien recubiertas con la pasta para que esta pueda cubrir cualquier hueco dejado por los diferentes tamaños de partícula de los áridos. Los áridos constituyen alrededor de tres cuartas partes del volumen del hormigón, por lo que es fundamental elegir los adecuados.

Figura 2

Proporciones de los materiales utilizados en el hormigón



Nota: (Kosmatka et al., 2004).

b. Agregados

El tamaño de las partículas es la característica que divide los áridos en dos grandes categorías. La arena y otros áridos finos están compuestos por



partículas de menos de 5 mm. Los áridos gruesos, por su parte, incluyen piedras y grava con un tamaño de partícula superior a 5 mm. Aproximadamente tres cuartas partes del hormigón están compuestas por estos ingredientes; por lo tanto, influyen significativamente en las proporciones de la mezcla, el coste final del proyecto, las cualidades tanto del hormigón fresco como del endurecido, y el volumen total de hormigón (Rivva, 2000).

Para obtener los áridos de las canteras se utilizan métodos de procesamiento como el lavado y la clasificación por tamaño de partícula. A la hora de planificar una mezcla de hormigón, es importante tener en cuenta las características únicas de los áridos, que pueden variar mucho en función de factores como el tipo de material, la calidad, el nivel de limpieza, el contenido de humedad y la distribución del tamaño de las partículas.

Los agregados naturales utilizados en la fabricación de hormigón consisten en una combinación de rocas y minerales. Las rocas suelen estar compuestas por diversos minerales; por ejemplo, el granito contiene cuarzo, feldespato, mica y otros minerales en proporciones menores (Rivva, 2000).

Si resulta difícil conseguir áridos de alta calidad, una opción más rentable sería utilizar hormigón reciclado o procedente de demoliciones. Según las normas de ingeniería, los áridos deben estar libres de sustancias químicas absorbidas, recubrimientos arcillosos y otros materiales finos que puedan dificultar el proceso de hidratación del cemento o debilitar la unión entre el árido y la pasta de cemento. Además, deben ser limpios, duros, resistentes y duraderos (Rivva, 2000).

Según su tamaño, los áridos se clasifican en:

Agregado fino: este tipo de árido contiene arena u otras partículas lo suficientemente pequeñas como para pasar por un tamiz con una malla de 9,5 mm (3/8"). La trabajabilidad y la cohesión de la mezcla dependen de que las partículas tengan un tamaño uniforme, a ser posible con una buena gradación.

Agregado grueso: La arena y otras partículas de más de 9,5 mm (3/8") no pueden pasar por un tamiz para áridos finos. Es necesaria una distribución homogénea del tamaño de las partículas, a ser posible con una buena gradación, para garantizar la trabajabilidad y la cohesión de la mezcla.

Además de influir en su resistencia, capacidad de respuesta térmica, contracción, trabajabilidad y durabilidad, la calidad de los áridos afecta a la resistencia del hormigón. Cuando se someten a temperaturas muy elevadas, como en su estudio, los áridos con una elevada absorción de agua, porosidad o expansión térmica pueden provocar el deterioro de la estructura.

Tabla 4

Uso granulométrico para agregado fino de normativa NTP 400.037

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA
9.5 mm (3/8 in.)	100
4.75 mm (N° 4)	95 a 100
2.36 mm (N° 8)	80 a 100
1.18 mm (N° 16)	50 a 85
600 µm (N° 30)	25 a 60
300 µm (N° 50)	05 a 30
150 µm (N° 100)	0 a 10

Nota: NTP 400.037

Agregado grueso



Las partículas minerales de mayor tamaño del hormigón se denominan áridos gruesos y pueden ser piedra triturada, grava natural o artificial, u otros materiales sintéticos. El material que queda tras pasar por un filtro de 4,75 mm (n.º 4) se denomina árido grueso en la norma NTP 400.037. Su selección y gestión deben regirse por criterios técnicos normalizados, debido al papel fundamental que desempeña en la resistencia, la estabilidad dimensional y la rentabilidad del hormigón.

Para obtener un rendimiento óptimo de la mezcla, se debe tener en cuenta la granulometría del árido grueso en función de las condiciones de colocación. La mejor forma de lograr la máxima compactación y reducir los huecos en el hormigón es distribuir uniformemente el material entre sus diferentes tamaños. En la norma se indican los porcentajes máximos recomendados de material que debe pasar por el tamiz de 1/4 de pulgada y quedar retenido en el tamiz de 1 1/2 pulgadas, con el fin de conseguir una trabajabilidad aceptable y una mezcla con baja segregación.

Tabla 5

Requisitos granulométricos del agregado grueso

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

Nota: NTP 400.037

Las propiedades mecánicas y físicas del árido grueso, tales como la dureza, la adherencia, la densidad, el contenido de humedad y la capacidad de absorción de agua, son fundamentales para la resistencia final del hormigón y su comportamiento en condiciones ambientales adversas y a altas temperaturas. El carácter petrográfico de los áridos, derivados de rocas madre ígneas, sedimentarias o metamórficas, determina su comportamiento térmico diferencial y el grado de compatibilidad fisicoquímica con la matriz cementosa, aspectos que son cruciales para el diseño y la durabilidad de las mezclas de hormigón.

c. Agua



El concreto puede mezclarse con agua potable natural que sea inodora y no tenga un sabor fuerte. Aunque es preferible utilizar agua potable, se puede emplear agua no potable si los estudios sobre el tiempo de fraguado del cemento demuestran que los contaminantes presentes en el agua no aceleran ni retrasan el fraguado con respecto a lo que ocurriría en ausencia de dichos contaminantes.

Además de influir en el tiempo de fraguado y la resistencia del hormigón, un exceso de contaminantes en el agua de amasado puede provocar eflorescencias, decoloración, corrosión del acero de armadura, inestabilidad volumétrica y una menor durabilidad. Dado que los contaminantes pueden afectar a diferentes propiedades, es posible establecer límites opcionales para la cantidad de cloruros, sulfatos, álcalis y sólidos en el agua de amasado, o realizar ensayos específicos para determinarlos. La durabilidad y otras propiedades del hormigón se ven afectadas por los contaminantes, incluso si sus efectos sobre el tiempo de fraguado y la resistencia son pequeños (Kosmatka et al., 2004).

El agua tiene una doble función en el hormigón: en primer lugar, se utiliza para preparar las mezclas para su uso, y en segundo lugar, se emplea para el curado del hormigón una vez colocado. En el primer caso, actúa como agua de amasado dentro del hormigón, y en el segundo, recubre la superficie exterior durante el curado. Para ambos usos, se debe emplear agua de la misma calidad. Dado que el agua tiene un impacto más notable en la producción de hormigón, las especificaciones técnicas suelen indicar que el agua utilizada para el curado debe ser de calidad similar o proceder de la misma fuente. Esto se hace para

evitar subestimar la importancia de la segunda aplicación y utilizar agua con propiedades insuficientes (Kosmatka et al., 2004).

d. Aditivos

Para lograr el cambio deseado en las características, propiedades o comportamiento del hormigón fresco y endurecido, los aditivos son sustancias o productos que se añaden a la mezcla antes, durante o después de un batido adicional. La proporción de aditivo no debe superar el 5 % en peso del cemento (Reed Business Information España, 2006).

Una posible interpretación de esta frase es que los aditivos solo pueden utilizarse en el hormigón cuando se mezclan con la sustancia de uno en uno, lo que permite una dosificación precisa (Reed Business Information Spain, 2006). Por lo tanto, las puzolanas y la escoria solo pueden utilizarse como aditivos junto con el cemento Portland cuando se manipulan y añaden de forma independiente. Sus efectos son cualitativamente los mismos tanto si se añaden solas como mezcladas con el cemento, por lo que se trata más bien de una cuestión estética.

Está prohibido utilizar aditivos en el hormigón armado y pretensado que contengan cloruros, sulfuros, sulfitos o cualquier otro componente químico que pueda acelerar o provocar la corrosión del armadura. Por lo tanto, solo se permite el uso de hormigón in situ o sin aditivos, con las cantidades adecuadas de cloruro de calcio (entre el 1,5 % y el 2 % del peso del cemento). No se pueden emplear aditivos incorporadores de aire en elementos pretensados cuyo armado se mantenga en su sitio únicamente por adhesión. Para que sus propiedades no se vean afectadas por variables físicas o químicas como la congelación o las altas



temperaturas, y para evitar la contaminación, los aditivos deben transportarse y almacenarse de determinadas maneras (Reed Business Information Spain, 2006).

Es habitual utilizar aditivos para:

- Ajustar el tiempo de fraguado o endurecimiento
- Reducir la demanda de agua
- Aumentar la trabajabilidad
- Incluir intencionalmente aire
- Ajustar otras propiedades del concreto.

El hormigón endurecido es un material de construcción que requiere poco mantenimiento, es duradero, incombustible, resistente al desgaste y casi impermeable, siempre que se sigan los procesos correctos de dosificación, mezcla, colocación, compactación y curado.

Los aditivos para hormigón han evolucionado considerablemente desde principios de la década de 2000, con innovaciones como los agentes incorporadores de aire, los activadores de escoria, los inhibidores de corrosión, los aditivos para hormigón subacuático, los aceleradores de fraguado sin cloruro y los aditivos de control de fraguado (Colunga, 2003). Al mismo tiempo, se están realizando esfuerzos para crear una nueva generación de superplastificantes que sean más eficaces y compatibles con los cementos actuales.

Figura 3*Clasificación de los 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. Cenizas volantes

Los residuos de combustión son el material inorgánico que queda tras la combustión del carbón pulverizado. A falta de una solución viable, como los programas de recuperación, estos residuos pueden acumularse rápidamente y plantear graves problemas para la gestión de residuos (Corona, 1997).

Según los estudios realizados sobre esta sustancia, presenta características puzolánicas comparables a las de los materiales volcánicos auténticos. Al mezclarse con el cemento, estas características se potencian mediante una reacción con los subproductos de la hidratación (Corona, 1997).

Figura 4*Ceniza volante FLY ASH TIPO F*

Nota: <https://eximelite.com/fly-ash-supplier/>

2.2.3.1. Origen de las cenizas volantes

Las cenizas volantes son residuos finamente pulverizados generados durante la combustión del carbón, conforme a lo establecido en la norma ASTM C618. Cuando se quema carbón bituminoso en hornos industriales, las partículas más ligeras son arrastradas por los gases de combustión hacia el exterior, razón por la cual reciben la denominación de "volantes". Antes de que dichos gases sean liberados a la atmósfera, la ceniza es capturada mediante sistemas de precipitación mecánica y electrostática dispuestos en serie, cuyas operaciones unitarias se ilustran en la figura 5 (Corona, 1997).

Según los análisis físico-químicos, esta sustancia es un polvo cristalino compuesto por partículas finamente divididas. Sus propiedades puzolánicas, como su capacidad para reaccionar con el hidróxido de calcio en presencia de

agua y producir compuestos con cualidades cementosas, se deben al predominio del dióxido de silicio (SiO_2) y del óxido de aluminio (Al_2O_3) en su composición química.

Figura 5

Obtención de Ceniza Volante: Proceso Productivo



Nota: Corona, 1997

El carbón se suele clasificar en cuatro categorías principales, de mayor a menor antigüedad: antracita, subbituminoso, bituminoso y lignito. El poder calorífico de la antracita es el más alto de todos los tipos, mientras que el del lignito es el más bajo. En la figura 6 se muestran las variedades de carbón y sus aplicaciones según los sectores industriales que las utilizan (Roa, 2016).

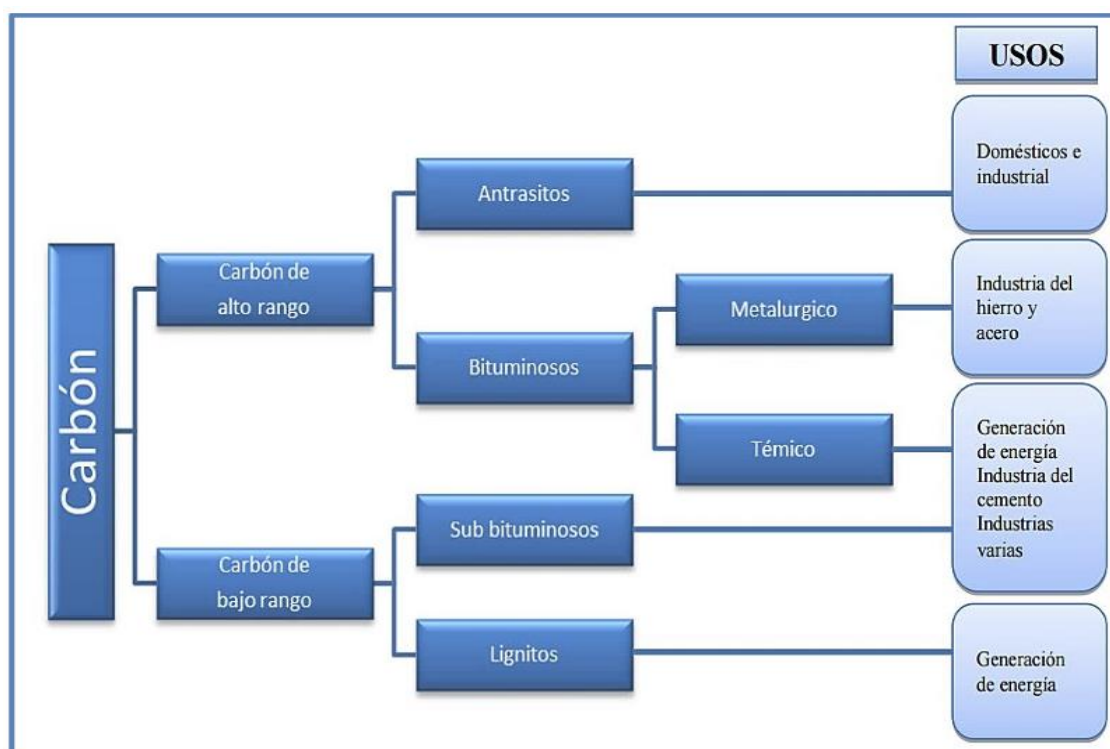
Los principales elementos que se encuentran en el carbón son:

- a) **Vitreno:** El vitreno es un carbón quebradizo, negro y brillante.
- b) **Clareno:** Al igual que el vitreno, es brillante y negro, pero no tan lustroso.
- c) **Dureno:** El Dureno es un material duradero, mate, de color gris oscuro y resistente.

- d) **Fuseno:** El fuseno es el componente negro, pulverulento, desmenuzable y pastoso. Debido a su alta combustibilidad, la capacidad de aglomeración del carbón se ve reducida.

Figura 6

Clase, estado y uso del carbón



Nota: Roa., 2016

2.2.3.2. Clasificación de las cenizas volantes

En función de su origen y composición química, las cenizas volantes se clasifican en dos categorías según la norma colombiana NTC 3493 y su equivalente internacional, la norma ASTM C-618, ambas tituladas «Especificación estándar para cenizas volantes de carbón y puzolanas naturales en bruto o calcinadas para su uso como aditivo mineral en el hormigón». Cenizas volantes de clase C y cenizas volantes de clase F.



- a. **Cenizas volantes:** Clase F. Las cenizas volantes de Clase F se producen como residuo de la combustión de carbones de alta calidad, en particular carbones bituminosos y antracitas. Esta categoría se reserva para materiales que han demostrado propiedades puzolánicas, entre las que se incluye la capacidad de reaccionar químicamente con el hidróxido de calcio en presencia de humedad para producir compuestos con características aglutinantes. Para ser clasificados en esta categoría, los materiales deben cumplir los requisitos técnicos descritos en la norma NTC 3493 y su equivalente internacional, la norma ASTM C-618.
- b. **Cenizas volantes clase C:** La combustión del carbón genera cenizas volantes de clase C, que incluyen, entre otros, el lignito y el carbón subbituminoso. Las propiedades puzolánicas y el potencial cementante intrínseco de estas cenizas volantes se deben a su elevada concentración de óxido de calcio (CaO), que oscila entre el 15 % y el 30 %. Esto las diferencia de las cenizas volantes de clase F, ya que pueden fraguar y endurecerse en agua sin necesidad de un activador externo.

2.2.3.3. Usos y ventajas de la ceniza volante

Debido a sus características únicas, las cenizas volantes se utilizan ampliamente como componente en muchos tipos diferentes de materiales de construcción, siendo los más comunes el cemento, el hormigón y el mortero.

Ante las dudas sobre la viabilidad a largo plazo de los edificios de hormigón, los investigadores se propusieron crear un nuevo tipo de hormigón de alto rendimiento que pudiera cumplir los tres criterios. Para crear hormigones de alto rendimiento, se llegó a la conclusión de que la información sobre el hormigón convencional por sí sola era insuficiente (Santaella, 2001).

Es necesario mejorar la integridad estructural del material para satisfacer las exigencias de la tecnología moderna del hormigón, al tiempo que se garantiza su capacidad para resistir las diversas condiciones ambientales y de uso a las que se verá sometido a lo largo de su vida útil. Dado que las propiedades del material varían en función de los porcentajes de cada uno de sus componentes principales, así como de sus aditivos y admezclas, es importante comprender el comportamiento de cada ingrediente y las proporciones óptimas del hormigón para lograrlo (Santaella, 2001).

2.2.3.4. Ventajas de la ceniza volante en el concreto

A. Requerimientos de agua

La resistencia del concreto está determinada en gran medida por la relación agua/cemento, dado que el volumen que ocupa el agua durante la mezcla define directamente la proporción de material sólido presente una vez que el concreto ha endurecido. En términos generales, existe una relación inversamente proporcional entre ambas variables: a menor cantidad de agua respecto al cemento, mayor será la densidad de la matriz sólida y, por consiguiente, mayor la resistencia a la compresión del material resultante (Gil y Plazas, 2007).



B. Mejoras de la trabajabilidad

Se estudian los aditivos para mejorar la trabajabilidad del hormigón, como los plastificantes y los agentes incorporadores de aire, por su capacidad para facilitar el manejo y el colocamiento de la mezcla mediante la introducción de microburbujas. Las cenizas volantes, que compensan la falta de partículas finas en los áridos, también desempeñan un papel importante en la mejora de esta característica. Debido a su diminuto tamaño de partícula y a su forma esférica, actúan como lubricante en la mezcla, haciéndola más cohesiva y mejorando su fluidez (Gil y Plazas, 2007).

C. Segregación y sangrado

La segregación y el sangrado suelen ser menos evidentes en el hormigón que contiene cenizas volantes o humo de sílice en comparación con el hormigón normal. Por este motivo, las cenizas volantes constituyen un excelente aditivo para el hormigón cuando se trabaja con áridos que carecen de partículas finas (Gil y Plazas, 2007).

D. Calor de hidratación

Debido a que sus reacciones químicas son más lentas en comparación con el cemento Portland, o a que su calor de hidratación es menor, las cenizas volantes y la escoria molida permiten reducir la cantidad de calor generado en una construcción de hormigón cuando se utilizan. En comparación con el cemento, el calor de hidratación de ciertas puzolanas es aproximadamente un 40 % menor. El aumento inicial de la temperatura del hormigón es menor porque el calor de hidratación se produce más lentamente. Dado que el contenido de cemento del hormigón de alto rendimiento puede provocar un pico de

temperatura de 50 °C o más en el centro de una sección grande, incluso una pequeña disminución de la temperatura máxima es notable (Gil y Plazas, 2007).

E. Resiste la corrosión

En entornos relacionados con las operaciones de perforación para la extracción de hidrocarburos, como el petróleo y el gas natural, las cenizas volantes pueden resistir la corrosión y la degradación química provocadas por las aguas subterráneas con altas concentraciones de sulfatos. Esta es una de sus propiedades más destacadas (Beaudoin, Zhang y Malhotra, 1998).

F. Exudación y fraguado

Los periodos de curado prolongados suelen observarse en mezclas de hormigón que contienen cenizas volantes, puzolanas naturales o escoria granulada de alto horno triturada (Gil y Plazas, 2007).

G. Resistencia

Los aditivos compuestos por minerales finamente pulverizados, como las cenizas volantes, la escoria de alto horno triturada y granulada o el humo de sílice, pueden aumentar la resistencia del concreto. No obstante, cuando estos materiales se incorporan a la mezcla, el ritmo con que el concreto gana resistencia suele diferir del comportamiento observado en un concreto elaborado únicamente con cemento Portland (Gil & Plazas, 2007).

Este efecto no se limita a la resistencia a la compresión, sino que se extiende igualmente a la resistencia a la tensión, a la flexión y a la torsión. La razón principal radica en que algunos de estos aditivos ralentizan el proceso de hidratación, lo que se traduce en una ganancia de resistencia más lenta durante

las primeras edades del concreto, situación que se acentúa cuando las temperaturas de curado son bajas.

Debido a la respuesta puzolánica, que se produce de forma natural con cierto retraso en algunos aditivos minerales, puede ser necesario prolongar el tiempo de curado en húmedo, en condiciones de temperatura ideales, más allá de lo que suele requerirse para el hormigón convencional. En combinación con las cenizas volantes, el humo de sílice acelera el desarrollo de la resistencia en las primeras etapas, lo que constituye una función complementaria esencial (Gil y Plazas, 2007).

H. Permeabilidad y absorción

Una ventaja destacada de las mezclas de cenizas volantes y cemento es su baja permeabilidad. Esta cualidad resulta especialmente valiosa en construcciones que requieren impermeabilidad, como presas, muros de contención, cimientos por debajo del nivel freático y depósitos de almacenamiento. Esta propiedad contrasta con lo que ocurre en mezclas convencionales que contienen cal libre, en las cuales el agua puede disolver dicho compuesto y arrastrarlo hacia la superficie, generando una pérdida progresiva de la densidad del concreto y dejándolo vulnerable a la filtración (Gil & Plazas, 2007).

2.2.4. Propiedades del concreto en estado fresco

A. Trabajabilidad

La trabajabilidad del hormigón recién mezclado viene determinada por la facilidad con la que se puede mezclar, transportar, colocar y compactar sin que



se produzca la separación de sus componentes. Dada la imposibilidad de evaluar directamente esta cualidad, se recurre a procedimientos como el ensayo de asentamiento para valorarla de forma indirecta. Hay una serie de variables que influyen en la trabajabilidad, entre ellas el tipo y la proporción de los materiales, el tipo y el volumen de agua, la distribución granulométrica de los áridos y la inclusión de aditivos. Una mezcla de baja trabajabilidad aumenta la probabilidad de que se formen huecos o bolsas de grava y requiere más energía de compactación, mientras que una mezcla de alta trabajabilidad se adapta mejor a encofrados ajustados y permite un acabado superficial uniforme.

B. Consistencia

La consistencia es una propiedad del concreto fresco que indica qué tan fluida o manejable es la mezcla. Para medirla, se emplea el ensayo de revenimiento, regulado por la norma ASTM C143, que funciona de la siguiente manera: se rellena un molde de forma cónica con concreto fresco compactado en capas, se retira el molde cuidadosamente y se mide el descenso que experimenta la mezcla, expresado en milímetros. Cuanto mayor sea ese descenso, más húmeda y fluida será la mezcla; cuanto menor sea, más seca y rígida. Encontrar el equilibrio adecuado en la consistencia es fundamental. Una mezcla demasiado seca puede dificultar el llenado uniforme de los encofrados y dejar vacíos no deseados, mientras que una mezcla excesivamente húmeda favorece la segregación de los agregados y la exudación, es decir, la migración del agua hacia la superficie. Por ello, la cantidad de agua debe ajustarse con precisión, de modo que la mezcla sea lo suficientemente trabajable sin que ello implique una reducción en la resistencia final del concreto.

C. Segregación

Las partículas gruesas del hormigón fresco se depositan en el fondo y la pasta fluida sube a la superficie; esta separación de componentes se denomina segregación. Una proporción incorrecta de áridos, un exceso de agua en la mezcla o unas técnicas de colada descuidadas pueden provocar este problema. La caída libre desde alturas superiores a 50 cm o un transporte ineficaz también influyen de manera significativa. La segregación da lugar a zonas débiles y a una mayor permeabilidad, lo que reduce la consistencia del concreto.

D. Exudación

La sedimentación de las partículas sólidas de mayor tamaño durante la primera fase de fraguado tras la colocación provoca que el agua libre suba a la superficie del hormigón fresco, un proceso conocido como «sangrado». La resistencia y la durabilidad del elemento estructural se ven comprometidas cuando este fenómeno se produce de forma extrema, ya que debilita la capa superior, aumenta la relación agua-cemento a nivel local y reduce la adherencia entre las capas de concreto. Su intensidad aumenta con mezclas sobrehidratadas, uso de aditivos incompatibles o temperaturas elevadas, por lo que un control riguroso de la dosificación del agua y la compatibilidad de los materiales resulta indispensable para minimizar sus efectos.

2.2.4.1. Propiedades del concreto en estado endurecido

El hormigón adquiere las propiedades mecánicas necesarias para su comportamiento estructural una vez que se ha fraguado y curado. La relación

agua-cemento, las condiciones de curado, la edad y, sobre todo, la exposición del concreto a las condiciones ambientales son los factores que influyen en estas propiedades.

A. Resistencia a la compresión

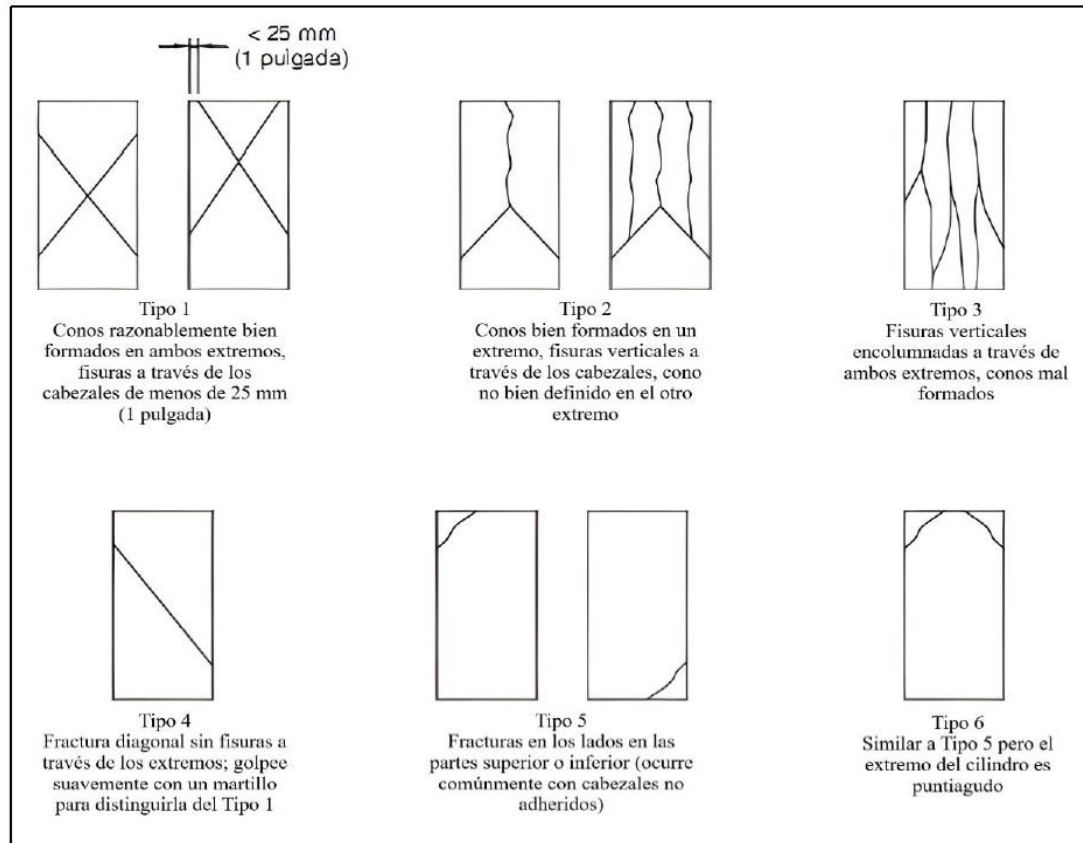
Una de las propiedades mecánicas más comunes del hormigón es su resistencia a la compresión, que mide la capacidad del material para resistir cargas axiales. Se trata del principal parámetro para evaluar la integridad estructural de una mezcla de hormigón y suele expresarse en megapascuales (MPa) o kg/cm².

Este valor se obtiene a partir de un ensayo normalizado que consiste en la compresión axial de probetas cilíndricas (ASTM C39 / NTP 339034) a los 7, 14 y 28 días, tomando los 28 días como punto de referencia estándar. Es posible estimar la resistencia media necesaria (f'_{cr}) en ausencia de datos previos sobre la resistencia o la desviación estándar utilizando los valores mínimos especificados por normas como la ACI 318. Esto proporciona un margen de seguridad estructural.

A efectos de su estudio, esta cualidad es crucial para identificar los rangos de temperatura habituales y extremos en los que cambia la capacidad estructural del hormigón.

Figura 7

Tipos de fractura del concreto



2.3. Marco conceptual

- Cenizas volantes: Son residuos sólidos obtenidos mediante precipitación electrostática o captación mecánica de las partículas que acompañan a los gases de combustión en centrales termoeléctricas alimentadas con carbón pulverizado. Se emplean como adiciones minerales en la fabricación de concreto.
- Concreto de alta resistencia: Para aplicaciones estructurales que requieren un mayor rendimiento y están sometidas a mayores exigencias mecánicas, el hormigón de alta resistencia es una



excelente opción, ya que se diferencia del hormigón normal en que tiene una resistencia a la compresión especificada de 400 kg/cm² o más.

- El concreto: Según Abanto (1997), el hormigón se forma cuando se mezcla, en las proporciones adecuadas, una combinación de cemento, agua, áridos y aditivos opcionales. Al principio es una sustancia maleable y plástica, pero se endurece hasta convertirse en un sólido duradero, aislante y moldeable.
- El cemento: La piedra caliza, la arenisca y la arcilla se calcinan hasta obtener un polvo fino que, según Criado (2006), se convierte en un aglutinante hidrófilo con propiedades de endurecimiento, resistencia y adhesión cuando se mezcla con agua. El cemento que se ha pulverizado a partir de una mezcla de elementos calcáreos y arcillosos, junto con otros ingredientes relacionados, como sílice, alúmina y óxido de hierro, se denomina cemento Portland. Esta mezcla se calienta hasta que se forma escoria.
- Los Agregados: Según Giraldo (2006), autor de un artículo sobre los áridos, estos son, sin duda, fundamentales, ya que constituyen una gran parte del hormigón (alrededor del 75 % de su volumen). La granulometría describe el rango de tamaños de las partículas de áridos utilizadas en el hormigón. Las partículas utilizadas en el material pueden ser muy pequeñas o bastante grandes. El tamaño más habitual para los áridos utilizados en la fabricación de hormigón de alta calidad es de 9,5 mm, lo que equivale a una malla

de 3/8 de pulgada según la norma ASTM. Esto da lugar a dos tipos distintos de áridos: áridos finos (arena) y áridos gruesos (grava).

- Dosificación: Para fabricar una determinada cantidad de concreto, mortero, lechada o yeso, los materiales se miden por peso o volumen y, a continuación, se introducen en la hormigonera en una determinada tanda (NTP 339.047-2006)).
- Exudación: El sangrado se produce cuando parte del líquido de la mezcla sube a la superficie debido a que las partículas se hunden hasta el fondo. Esto ocurre poco después de que el hormigón haya fraguado en el encofrado (Abanto Castillo, p. 109).
- Falso fraguado: Lo que ocurre durante y después del amasado se denomina falsa fraguado, y se caracteriza por el espesamiento de la pasta o el mortero sin que se produzca una liberación de calor apreciable. Según Rivva López (2000), p. 125, la flexibilidad del material puede recuperarse mediante un amasado prolongado.
- Fraguado: El fraguado es el proceso por el cual el hormigón o el mortero de cemento se endurecen y pierden flexibilidad como consecuencia del secado y la recristalización de los hidróxidos metálicos. Esta reacción es un subproducto químico de la interacción química entre el agua utilizada para la mezcla y los óxidos metálicos presentes en el clinker del cemento (García Torres, p. 111).



CAPÍTULO III

MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque de investigación

Con el fin de comprobar teorías, descubrir patrones de comportamiento y establecer relaciones entre variables, el método cuantitativo recopila y analiza datos numéricos (Hernández Sampieri et al., 2014).

3.2. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, ya que está orientada a comparar y aplicar una nueva tecnología mediante diferentes dosificaciones de ceniza volante, considerando las variables de estudio. Posteriormente, se describe el comportamiento del concreto en función de las distintas dosis de ceniza volante empleadas.

3.3. Nivel de investigación

Tanto la medición de las dosis de aplicación de cenizas volantes como el objetivo declarado de la investigación de determinar dichas dosis hacen que este estudio sea explicativo.

No solo describir las propiedades del concreto, sino que busca establecer una relación de causa-efecto entre la variable independiente (dosificación de ceniza al 8%, 10% y 12%) y la variable dependiente (resistencia mecánica)

3.4. Diseño de investigación

Según Sampieri (2014), el diseño de un estudio es el esquema que siguen los investigadores a la hora de recopilar y analizar datos. Dado que utilizará unidades experimentales no aleatorias y manipulará deliberadamente las variables independientes, esta investigación sigue un diseño cuasi-experimental.

Manipularás deliberadamente la variable independiente (las mezclas con distintos porcentajes de ceniza) para observar su efecto en la variable dependiente. Se trabaja con grupos de control (mezcla patrón sin ceniza) y grupos experimentales (con 8%, 10% y 12% de ceniza).

3.5. Ámbito de investigación

Los laboratorios de ensayo de materiales de construcción de la zona de Puno se encargarán del estudio. Estos laboratorios cuentan con los recursos necesarios para realizar ensayos térmicos y mecánicos controlados. Se garantiza la fiabilidad de los resultados, y el entorno ofrece un marco seguro para gestionar altas temperaturas.

3.6. Población y muestra

3.6.1. Población

En su estudio, Arias, Villasís y Miranda (2016, p. 202) afirman que la población o universo es el conjunto, limitado o infinito, de organismos con rasgos comunes del que se extrae la muestra. En esta investigación, la población se define como un conjunto ilimitado de muestras concretas (briquetas) fabricadas con aditivos minerales; esto se debe a que se desconoce el número exacto de unidades que pueden fabricarse en estas circunstancias.

3.6.2. Muestra

Un grupo experimental incluye 36 probetas cilíndricas de hormigón con una resistencia a la compresión de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, mientras que el otro grupo incluye probetas a las que se les han añadido partículas de ceniza volante de tipo F.

Tabla 6

Distribución de probetas

Testigos de concreto				
Edad de rotura	Concreto patrón	8% de ceniza volante	10% de ceniza volante	12% de ceniza volante
07 días	3	3	3	3
14 días	3	3	3	3
28 días	3	3	3	3
Total			36	

3.7. Técnicas e instrumentos

3.7.1. Técnicas

El investigador puede comparar los resultados reales con el marco conceptual y el diseño del estudio a lo largo de la fase de aplicación de las técnicas de medición y recopilación de datos (Hernández, 2014). Utilizamos hojas de datos para registrar la información de las distintas pruebas, que posteriormente se analizarían e interpretarían, como método de recopilación de datos observacionales.

3.7.2. Instrumentos

Al comenzar un trabajo de investigación, muchos estudiantes universitarios utilizan el metro estándar como uno de sus principales instrumentos de medición. Al tomar medidas o cuantificar datos, es importante identificar y especificar el instrumento utilizado para que el estudio resulte más preciso y organizado (Yuni y Urbano, 2006)).

3.1. Trabajos previos

3.1.1. Trabajos de campo

En la cantera de Isla se utilizan dos métodos para extraer áridos a lo largo de las riberas del río: a mano y a máquina. Una carretera en mal estado conduce a la cantera, situada a 10 km de Juliaca. El ganado de la zona se alimenta de diversos tipos de vegetación, como hierba y juncos.



3.1.2. Trabajos en laboratorio

Es necesario realizar ensayos para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los áridos y del producto final.

a) Contenido de humedad

El objetivo de este experimento es averiguar cuánta agua hay en las partículas gruesas y finas que se utilizarán para fabricar el hormigón. La mezcla se puede preparar utilizando esta cantidad, representada como porcentaje. Determine el contenido de humedad de los áridos secándolos de acuerdo con la norma NTP 339.185 o ASTM C 566.

- **Equipo empleado:**
 - balanza, horno, recipiente.
- **Procedimiento:**
 - Se introduce una pequeña porción de la muestra en un horno a 110 °C durante todo un día.
 - El contenido total de humedad de los áridos puede determinarse sacándolos del horno tras 24 horas y comparando su peso antes y después; este método es lo suficientemente preciso para usos habituales, como la modificación del diseño de la mezcla de hormigón.

Figura 8

Colocación de las muestras en el horno



b) Análisis granulométrico

Esto describe el rango de tamaños de las partículas de áridos que se encuentran en una muestra que ha sido tamizada mediante un conjunto de tamices convencionales. Debido a su influencia en las características finales del hormigón, los tamaños de las partículas de áridos son un aspecto fundamental que hay que tener en cuenta. Criterios: análisis granulométricos de áridos finos, gruesos y totales según la NTP 400.012 o ASTM C 136.

- **Especificaciones técnicas:**

- Para que un material se considere árido fino, el tamaño de sus partículas no debe superar los límites especificados.
- Árido grueso: La tabla siguiente especifica la distribución granulométrica del árido grueso según la norma ASTM C33.

- **Equipo empleado:**



- Los materiales y equipos empleados en el ensayo comprenden taras y una balanza de precisión, junto con dos juegos de tamices. El primero está conformado por mallas ASTM de 3/8", N.º 4, 8, 16, 30, 50, 100, 200 y fondo, mientras que el segundo incluye mallas ASTM de 2", 1½", 1", ¾", ½", 3/8", N.º 4, N.º 8, N.º 16 y fondo. Adicionalmente, se requiere un horno con control de temperatura capaz de mantener condiciones constantes de $\pm 5^{\circ}\text{C}$ durante el proceso de secado de las muestras.
- **Procedimiento agregado fino:**
 - Tomar una muestra y pesar en gramos mediante balanza electrónica.
 - Filtra la muestra a través de un tamiz con una malla de 200. Coloca la muestra en un horno a unos 110 °C y déjala allí durante 24 horas para que se seque. Saca la muestra seca y pesa.
 - Con cada tamiz (incluidas la tapa y la base), tamiza manualmente la mezcla con movimientos de vaivén.
 - El módulo de finura puede calcularse pasando toda la muestra por un tamiz de malla de 3/8". Anote la retención inicial tras pasar el material por un tamiz de malla n.º 4. Continúe con mallas de 8, 16, 30, 50 y 100.

- Anote todos los datos en la hoja de ensayo de materiales y registre la cantidad que ha pasado hasta el fondo.

Figura 9

Tamizado del agregado fino



- **Procedimiento agregado grueso:**

- Se cuantificó la masa de una muestra representativa en gramos empleando balanza electrónica.
- El tamizado se ejecutó manualmente, sujetando cada conjunto de tamiz (incluyendo tapa y base) y realizando movimientos oscilatorios continuos.
- El material completo se hizo pasar por la malla de 1 pulgada, determinándose el Tamaño Máximo (TM).
- Se obtuvo la retención inicial y se determinó el tamaño máximo nominal utilizando una malla de 3/4 de pulgada.

- Siguiendo la secuencia de 3/4, 1/2, 3/8", n.º 4, n.º 8, n.º 16 y el recipiente colector, el análisis continuó con una sucesión de tamices.
- Contamos las partículas que pasaron por cada tamiz. Se utilizó el formulario de ensayo de laboratorio para registrar los resultados experimentales.

Figura 10

Tamizado del agregado del grueso



c) Peso específico y absorción agregado grueso

Una forma de describir la densidad de un material consiste en comparar su masa por unidad de volumen con la del agua destilada y libre de gases a una temperatura determinada. La densidad se calcula en dos estados: seco y saturado, con la superficie seca, dependiendo del estado de humedad del árido. Detalles técnicos: Dado que la densidad y la absorción no siempre son medidas fiables de la calidad del árido, a menudo no se especifican en las especificaciones. Existe un amplio rango de densidades en el hormigón: el hormigón ligero tiene un rango de 1,2–2,2 g/cm³, el hormigón estándar de 2,3–



2,9 g/cm³ y el hormigón pesado de 3,00–5,00 g/cm³. Requisitos de densidad y absorción para el árido grueso según la norma NTP 400.021 o ASTM C 127.

- **Equipo empleado:**

- Todo lo que necesitas son estos elementos: una balanza capaz de medir variaciones de tan solo 0,5 g y con una capacidad mínima de 5 kg, una cesta de malla metálica que se pueda sumergir en agua y que tenga un tamaño de malla de no más de 3 mm o un tamiz n.º 4, un recipiente lo suficientemente grande como para contener agua y sumergir la cesta de malla, un sistema para mantener la cesta suspendida de la balanza una vez sumergida, y un horno capaz de mantener una temperatura de 1100 °C ± 50 °C.

- **Procedimiento:**

- Se seleccionaron una porción de agregado grueso mediante el procedimiento de cuarteo.
- Se descartó la totalidad del material que atravesó el tamiz N.º 4.
- La muestra se lavó exhaustivamente con el fin de eliminar partículas de polvo y contaminantes superficiales.
- Durante unas 24 horas, la sustancia se mantuvo sumergida en agua. Cuando la muestra estaba seca al tacto, la

sacamos del agua y la dejamos secar al aire hasta que alcanzó el estado SSS.

- Tras pesarla, la muestra se colocó inmediatamente en una cesta de alambre para determinar su masa una vez sumergida en agua. Se utilizó una temperatura de 110 ± 5 °C para secar las muestras en el horno durante 24 horas.
- Una vez finalizado el secado, las muestras se sacaron del horno, se enfriaron a temperatura ambiente, se pesaron y se calculó la densidad utilizando las fórmulas pertinentes.

Figura 11

Porcentaje de absorción del agregado grueso



d) Peso específico y absorción agregado fino

La gravedad específica del árido, definida como la densidad del material dividida por la densidad del agua, es un indicador de su calidad; unas gravedades específicas elevadas indican que los materiales tienen un buen rendimiento, mientras que unas gravedades específicas bajas indican que los

áridos son absorbentes y carecen de resistencia. A partir de los datos proporcionados por este ensayo se puede determinar una correlación entre la masa de los áridos y el espacio que ocupan en la mezcla. Detalles sobre la gravedad específica y la absorción del árido fino según las normas NTP 400.022 o ASTM C 128.

- **Equipo empleado:**

- Se necesitan dos recipientes para contener la sustancia (recipientes de tara), una pipeta, matraces volumétricos con una capacidad de 500 cm³, una balanza con una precisión de 0,1 g y una capacidad mínima de 1 kg.

- **Procedimiento:**

- Se utilizó el proceso de tamizado para obtener una muestra de 500 gramos de material fino. Se registró la masa individual de cada fiola vacía.
- Tras añadir 500 g de material a cada matraz, se añadió agua destilada hasta alcanzar el nivel de calibración de 500 cm³. Para eliminar las burbujas de aire, se agitó el matraz horizontalmente o se mantuvo en la mano.
- Se dejó reposar la mezcla durante aproximadamente una hora y, a continuación, se añadió agua hasta que el nivel alcanzó la marca de los 500 cm³.

- Se determinó la masa total del conjunto (fiola + agua + agregado) con precisión de 0.1 g. El agua se extrajo cuidadosamente mediante pipeta.
- El agregado se transfirió a recipientes y se dejó reposar unos 15 minutos; posteriormente, se eliminó el agua superficial con un dispositivo de succión.
- Durante 24 horas, las muestras se secaron en un horno a una temperatura de 110 ± 5 °C. La densidad aparente del árido fino se calculó determinando la masa seca de las muestras y registrando los datos.

Figura 12

Peso específico del agregado fino



e) Peso unitario

Si conoces el volumen de un molde y quieres saber cuánto espacio ocuparán en él los áridos gruesos o finos, puedes utilizar esta fórmula. El equipo necesario es imprescindible para realizar estos ensayos.

- **Equipo empleado:**

- Juego de herramientas: brochas, paleta, mazo de goma, regla y bandeja. Varilla metalizada con un extremo en forma de cúpula. Recipientes del tamaño adecuado.

- **Procedimiento:**

- Se selecciona un molde de las dimensiones adecuadas en función del índice TMN del árido; sin embargo, para este ensayo se utilizó un molde para briquetas de aproximadamente 15 cm × 30 cm, ya que era el que mejor se ajustaba a las recomendaciones del ensayo. Su peso y sus dimensiones se determinan de manera que se pueda calcular su volumen.
- Para calcular el peso unitario del árido compactado, siga estos pasos: llene el molde con capas de material de igual volumen; apisona cada capa 25 veces sin tocar el fondo ni alterar las capas inferiores de árido; nivele el molde con el mismo apisonador; y, a continuación, mida el peso del molde más el del árido.
- Para calcular el peso unitario del árido compactado, es necesario seguir los siguientes pasos: en primer lugar, llenar el molde con un volumen igual de material; en segundo lugar, apisonar cada capa 25 veces con el apisonador, teniendo cuidado de no golpear el fondo ni alterar las capas

inferiores de árido; en tercer lugar, nivelar el molde con el mismo apisonador; y, por último, medir el peso del molde más el del árido. Para hallar el peso unitario del árido en estado suelto, siga los mismos pasos que antes, pero esta vez omita el apisonador y utilice una herramienta adecuada, como una pala, para dejar caer la muestra desde una altura de no más de 5 cm desde el borde superior. A continuación, nivélela y pésela igual que antes.

Figura 13

Determinación del peso unitario en estado suelto y compactado de los agregados



f) Diseño de Mezcla

Para la formulación de la mezcla de hormigón se siguieron las normas establecidas por el Comité 211 de la ACI. Un diseño de mezcla ideal sería aquel capaz de soportar una compresión de 500 kg/cm².

Un elemento del diseño de la mezcla es la proporción de cemento, agua y partículas gruesas y finas. Se requiere una combinación homogénea para todos los ensayos esenciales. Para mezclar el hormigón se utilizó la maquinaria que se indica a continuación.

- **Equipo empleado:**

- Material necesario: tubos de ensayo cilíndricos, una espátula de goma y una cuchara o espátula para medir los ingredientes a mano.

- **Procedimiento:**

- Selección del asentamiento. Medición de la resistencia a la compresión.
- Determinación de TM-TMN.
- Determinación de la concentración de gas.
- Determinación de la cantidad de agua presente.
- Se define y explica la relación agua-cemento.
- Composición de la sustancia cementosa.
- Comprobación de la distribución granulométrica del árido.
- Determinación de los áridos gruesos.
- Determinación de los áridos finos. Modificación para tener en cuenta la humedad.
- Modificaciones en la estructura de la mezcla y rendimiento típico.

Figura 14

Dosificación de materiales con ceniza volante



g) Asentamiento

El objetivo principal del ensayo de asentamiento del hormigón, también conocido como ensayo del cono de Abrams, es determinar la consistencia del hormigón. Se trata de un procedimiento de control de calidad. Dado que no existe ningún ensayo conocido que evalúe directamente la trabajabilidad del hormigón, esta suele determinarse mediante un examen visual. No obstante, el ensayo de asentamiento es uno de los muchos que se han ideado para determinar la fluidez, la consistencia, la cohesión y el grado de compactación del hormigón mientras se encuentra en su estado flexible (recién vertido).

- **Equipo empleado:**

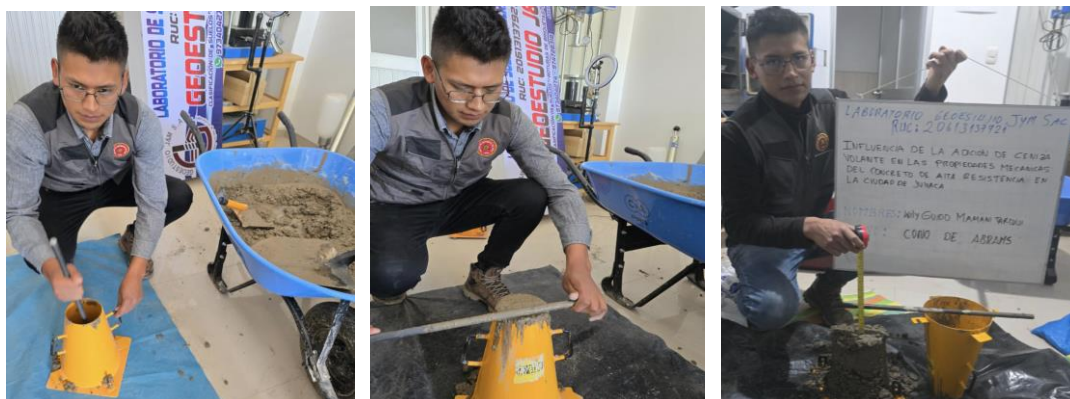
- Para el ensayo se utilizará un cubo de $20 \times 10 \times 10$ cm. Los componentes necesarios son un cono Abrams que debe tener un grosor de al menos 1,5 mm y una tolerancia de más

o menos 3 mm, una varilla recta de acero que debe tener un diámetro de 5/8 de pulgada y una longitud de 24 pulgadas, un dispositivo para medir el asentamiento que debe alcanzarse, y algunas herramientas pequeñas, como una pala de 1 kg y una paleta, que deben utilizarse para nivelar la superficie del cono.

Los resultados de los ensayos muestran que el asentamiento cumple con las normas establecidas por la norma ASTM C94 en el momento en que se realizaron. El hormigón con un asentamiento superior a 3 pulgadas debe respetar una tolerancia máxima de asentamiento de entre 0 y 2,5 cm, tal y como se establece en esta norma, que fija las tolerancias para el asentamiento del concreto.

Figura 15

Prueba del cono de abrams



h) Elaboración de especímenes de concreto

Mediante la fabricación y el curado de probetas cilíndricas, podemos determinar el módulo de elasticidad, la resistencia a la compresión y el

coeficiente de Poisson del hormigón. Estos son los elementos que necesitarás para realizar el ensayo:

Para el ensayo de compresión se utilizaron tanto una muestra de laboratorio preparada según las especificaciones de la norma ASTM C 199 o NTP 339.183 como una muestra de campo preparada según las especificaciones de la norma ASTM C 31 o NTP 339.033.

- **Equipo empleado:**

- Moldes cilíndricos de 152 mm por 304 mm (6x12), una varilla de compactación de acero liso de 5/8" de diámetro y 60 cm de longitud, una paleta de albañilería y una cuchara para tomar muestras, un mazo de goma y aceites derivados del petróleo.

- **Procedimiento:**

A continuación, se ofrece una descripción detallada de los procedimientos que se utilizaron para preparar las probetas de hormigón:

- Se inspeccionó el molde para asegurar que estuviera libre de restos de concreto de usos anteriores; de ser necesario, se limpió con escobilla de cerdas de acero.
- Se lubricó el molde en sus caras interna y externa para prevenir la adherencia del concreto a los elementos de ajuste durante la elaboración de las probetas.

- Se colocaron los moldes sobre una base horizontal nivelada, alejada de fuentes de vibración.
- Se humedecieron el cucharón, la varilla de compactación y la plancha de enrasado.
- El encofrado se rellenó en tres niveles de igual altura, de modo que cada capa cubriera un tercio del encofrado. Para compactar cada capa, clavamos la varilla 25 veces en ella y golpeamos los laterales con un mazo de goma 15 veces.
- Para conseguir una superficie plana y uniforme que fuera perpendicular al eje del cilindro, se alisó la superficie de hormigón con una llana y se retiró el material sobrante.
- Se colocaron tarjetas de identificación protegidas, indicando fecha de elaboración, resistencia especificada ($f'c$), método de curado, fecha de rotura y otros datos pertinentes.

Figura 16

Fabricación y preparación de especímenes cilíndricos de concreto



i) Resistencia a la compresión del concreto

La resistencia a la compresión axial del hormigón sin aditivos es una propiedad fundamental que arquitectos e ingenieros utilizan como criterio de rendimiento a la hora de diseñar edificios y otras estructuras. Según Abanto (19, p. 51), la resistencia que busca el investigador debe obtenerse 28 días después del vertido y el curado del hormigón; esto se conoce como resistencia a la compresión.

Los ingenieros especializados en hormigón suelen remitirse a la norma ASTM C39 o a su equivalente nacional, la NTP 339.034, a la hora de determinar la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas. Ninguna de estas normas goza de aceptación universal, pero ambas ofrecen directrices claras para la realización de ensayos.

- **Equipo empleado:**

- Máquina de compresión debidamente calibrada

- **Procedimiento:**

- Realice el ensayo sin demora tras retirar la probeta de la cámara de curado. Se deben controlar cuidadosamente sus niveles de humedad.
- Dentro de los límites de tiempo prescritos, todas las probetas deben romperse para una edad de ensayo determinada. No se permite ensayar probetas de hormigón



si existe una diferencia de diámetro superior al 2 % entre dos cilindros cualesquiera.

- Ninguna probeta presentada para el ensayo puede estar descentrada más de media pulgada con respecto a los ejes. Para cumplir la tolerancia, las probetas que no tengan extremos planos con una precisión de 0,050 mm deben ser rectificadas o serradas.
- Calculando la media de dos diámetros tomados en ángulos diferentes, se puede calcular el área de la sección transversal de la probeta con una precisión de 0,25 mm. El eje del bloque de empuje superior debe estar perpendicular a la pieza de ensayo. Asegúrate de que el medidor de cara marque cero.
- Siga aplicando una fuerza de compresión continua, sin golpes, hasta que observe un aumento gradual en el indicador de carga. El área sometida a tensión es directamente proporcional a la velocidad de carga.

Figura 17

Prueba de resistencia a la compresión del concreto



3.2. Análisis de documentos

La técnica de análisis documental fue seleccionada como instrumento metodológico, en tanto que la revisión sistemática de normativas técnicas vigentes proporciona el marco de referencia necesario para orientar el desarrollo del estudio y garantizar el cumplimiento de los objetivos de investigación establecidos.

3.3. Instrumentos de recolección de datos

Los datos se recopilaron utilizando aplicaciones informáticas como Microsoft Office Word.

- ✓ Excel de Microsoft Office.

3.4. Consideraciones Éticas

El presente estudio fue desarrollado bajo estrictos principios éticos que garantizan la integridad y transparencia del proceso investigativo.



- Todas las fuentes bibliográficas y referencias consultadas se han citado y acreditado debidamente, de conformidad con las normas académicas establecidas.
- Los resultados obtenidos en el laboratorio y sobre el terreno están respaldados por registros fotográficos e informes de pruebas debidamente documentados que garantizan su veracidad y precisión.
- Además, el contenido del estudio es propiedad intelectual del autor, ya que se ha elaborado específicamente a efectos de la presente investigación, con el fin de preservar la originalidad del trabajo y evitar cualquier situación que pueda considerarse plagio.

.



CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados

4.1.1. Caracterización de agregados

Esta es una descripción general detallada de los datos presentados en la Tabla 7, la cual resume las propiedades físicas de los agregados (fino y grueso) utilizados para la elaboración de concreto:

Tabla 7

Resultados de la caracterización de los agregados

Propiedades	Agregado fino	Agregado grueso
Perfil	-	Redondo
Tamaño máximo nominal	-	3/4
Peso específico	2.54gr/cm ³	2.50gr/cm ³
Absorción	2.50%	2.22%
Peso unitario suelto	1.583gr/cm ³	1.555gr/cm ³
Peso unitario compactado	1.631gr/cm ³	1.602gr/cm ³
Módulo de finura	3.07	-
Contenido e humedad	5.07%	3.54%



Los agregados se dividen en dos categorías principales. El agregado grueso destaca por tener un perfil redondo, lo que sugiere un origen natural (como canto rodado). Este perfil es beneficioso para la manejabilidad de la mezcla. Su Tamaño Máximo Nominal es de $3/4"$, una dimensión estándar muy común en estructuras de concreto armado convencional.

Los valores de Peso Específico (2.54 g/cm^3 y 2.50 g/cm^3) indican que se trata de materiales con una densidad normal.

Peso Unitario: Se observa que el peso unitario compactado es mayor al suelto en ambos casos, lo cual es el comportamiento esperado. La diferencia entre ambos valores permite calcular el porcentaje de vacíos de cada material.

El agregado fino posee un Módulo de Finura de 3.07. Según las normas técnicas (como la ASTM C33), este valor se sitúa a la arena en el límite superior de lo ideal (usualmente entre 2.3 y 3.1). Esto indica que es una arena gruesa, lo que ayuda a reducir la contracción plástica, pero exige mayor cuidado para evitar la segregación.

Absorción: Valores entre 2.22% y 2.50% son normales para agregados de calidad estándar.

Contenido de Humedad: Ambos agregados están significativamente por encima de su capacidad de absorción ($\text{Humedad} > \text{Absorción}$). Esto significa que los agregados aportarán agua libre a la mezcla, por lo que se debe restaurar agua del diseño original para no alterar la relación agua/cemento.

4.1.2. Diseño de mezclas

4.1.2.1. Diseño de mezcla sin aire incorporado

a. Selección del asentamiento

Tabla 8

Selección de asentamiento

Consistencia	Asentamiento	Trabajable	Tipo de compactación
Seca	0" - 2"	Poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3" - 4"	Trabajable	Vibración ligera Chuseada
Fluida	>5"	Muy trabajable	Chuseado

Nota: Comité 211 del ACI

Según la Tabla N.º 8, se adoptó un rango de asentamiento de 3" a 4".

b. Relación agua-cemento (a/c)

Tabla 9

Relación agua / cemento

Resistencia a la compresión a los 28 días (f'_{cr}) (Kg/cm ²)	Relación Agua – Cemento de diseño en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
450	0.38	---
400	0.43	---
350	0.48	0.4
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.7	0.61
150	0.8	0.71

Nota: Enrique Riva López, Diseño de Mezclas.

Por lo tanto, la relación agua/cemento determinada para el diseño de mezcla corresponde a un valor de 0.38, expresada como $R_{a/c} = 0.38$.

c. Cálculo del volumen unitario de agua

Tabla 10

Cantidad de volumen unitario de agua en Lt/m³

Asentamiento	Agua, en l/m ³ , para los tamaños máximo nominales de agregados grueso y consistencias indicadas							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" - 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" - 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" - 7"	243	228	216	202	190	178	160	
Concreto con aire incorporado								
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
1" - 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" - 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" - 7"	216	205	197	184	174	166	154	

Nota: Comité 211 del ACI

Según la tabla n.º 10, este hormigón tenía un contenido de agua unitario de 205 litros por metro cúbico. El árido tenía un tamaño nominal máximo (MNS) de 3/4«, el asentamiento estaba comprendido entre 3» y 4", y la mezcla no presentaba aire incorporado.

d. Cálculo del factor cemento

$$R_{a/c} = \frac{a}{F.cemento}$$

$$F.cemento = \frac{205}{0.38}$$

$$F.cemento = 539.474 \text{ kg/m}^3$$

e. Selección del contenido de aire atrapado

Tabla 11

Porcentaje de aire atrapado

Contenido de aire atrapado	
Tamaño máximo nominal	Aire Atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

Nota: Comité 211 del ACI

Se determina un valor del 2,0 % de aire arrastrado en función de las características granulométricas del material utilizado como árido grueso, con un tamaño máximo nominal (NMS) de ¾".

f. Determinar la cantidad de agregado grueso**Tabla 12***Volumen del agregado grueso seco y compactado*

Tamaño máximo del agregado	Volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de concreto para diferentes módulos de finura de agregado fino						
	Módulo de finura del agregado fino						
	2.2	2.4	2.6	2.8	3	3.2	3.4
3/8"	0.52	0.50	0.48	0.46	0.44	0.42	0.40
1/2"	0.61	0.59	0.57	0.55	0.53	0.51	0.49
3/4"	0.68	0.66	0.64	0.61	0.60	0.58	0.56
1"	0.73	0.71	0.69	0.67	0.65	0.63	0.61
1 1/2"	0.78	0.76	0.74	0.72	0.70	0.68	0.66
2"	0.80	0.78	0.76	0.74	0.72	0.70	0.68
3"	0.83	0.81	0.79	0.77	0.75	0.73	0.71
6"	0.89	0.87	0.85	0.83	0.81	0.79	0.77

Nota: Comité 211 del ACI

Los datos facilitados se utilizaron para consultar la tabla n.º 12, que incluía un módulo de finura de 3,07 para el árido fino y un tamaño máximo teórico de ¾" para el árido grueso. El volumen de árido grueso seco y compactado se calculó en 0,59 m³ por metro cúbico de hormigón utilizando la técnica de interpolación, ya que el valor del módulo de finura se encuentra dentro del rango de 0,60 a 0,58, tal y como se muestra en la tabla.

$$\text{Volumen A. G. seco compactado} = 0.593\text{m}^3$$

$$\text{Peso unitario compactado A. G.} = 1602\text{ kg/m}^3$$

$$\text{Cantidad de agregado en kg} = (0.593\text{m}^3)(1602\text{ kg/m}^3)$$

Cantidad de agregado en kg = 949.99 kg

g. Estimación del contenido de agregado fino

Método de volumen absoluto: El método habitual para calcular ese porcentaje en el diseño de la mezcla consiste en restar el volumen unitario del hormigón (1 m³) de la suma de los volúmenes absolutos de cada componente de la mezcla y, a continuación, sumar el volumen del árido fino. De este modo se obtiene el volumen absoluto del árido fino.

$$\text{Volumen absoluto} = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso específico} * 1000}$$

$$\text{Cemento} = \frac{539.47}{2.85 * 1000} = 0.189\text{m}^3$$

$$\text{A. Grueso} = \frac{949.99}{2.50 * 1000} = 0.379\text{m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{205}{1000} = 0.205\text{m}^3$$

$$\text{Aire} = 2\% = \frac{2}{100} = 0.020\text{m}^3$$

$$\Sigma 0.793 \text{ m}^3$$

Contenido de agregado fino

$$\text{Volumen absoluto del A. Fino} = 1 - 0.793\text{m}^3 = 0.207\text{m}^3$$

$$0.207 = \frac{\text{Peso Seco}}{2.50 * 1000}$$

$$\text{Peso Seco del A. Fino} = 0.207 * 2.50 * 1000 = 517.50 \text{ kg}$$

Entonces el peso seco de los materiales es:

$$\text{Cemento} = 539.47\text{kg}$$

$$Agua = 205.0kg$$

$$Agreg.Grueso = 949.99kg$$

$$Agreg.Fino = 517.50kg$$

$$Aire = 2\%$$

h. Corrección por humedad de los agregados

$$Peso\ del\ agregado\ humedo = Peso\ seco \left(\frac{\% Humedad}{100} + 1 \right)$$

$$Peso\ del\ A.Grueso\ humedo = 949.99 \left(\frac{3.54}{100} + 1 \right) = 983.62kg$$

$$Peso\ del\ A.Fino\ humedo = 517.50 \left(\frac{5.07}{100} + 1 \right) = 543.74\ kg$$

i. Corrección por absorción de los agregados

$$Peso\ seco * \left(\frac{\% Absorcion - \% Humedad}{100} \right)$$

$$Agregado\ Fino = 517.50 \left(\frac{2.50 - 5.07}{100} \right) = -13.30$$

$$Agregado\ Grueso = 949.99 \left(\frac{2.22 - 3.54}{100} \right) = -12.54$$

$$\text{Cantidad de agua efectiva} \quad 205 - 13.30 - 12.54 = 179.16\ \text{lt}/m^3$$

$$agua\ de\ diseño + agua\ faltante$$

j. Corrección diseño teórico húmedo

Dado que el cemento es el parámetro más importante en el proceso de corrección y optimización del diseño, la relación agua-cemento ($W/C = a/c$) determina el ajuste teórico del diseño de la mezcla basándose en la corrección

de la absorción de los áridos. Esto se debe a que el cemento es el que más influye en las propiedades finales del concreto.

$$0.38 = \frac{179}{C}$$

$$C = 471.05 \text{ Kg/m}^3$$

k. Proporciones en peso de materiales corregidos

(Cemento)	(Fino)	(A. Grueso)	Agua
$\frac{471}{471}$	$\frac{543}{471}$	$\frac{984}{471}$	$\frac{179}{471}$
1	: 1.2	: 2.1	con R a/c = 0.38

l. Cantidad de materiales corregidos por bolsa

$$\text{Cemento} = 1 * 42.5 = 42.50 \text{ kg/bls}$$

$$\text{Agregado fino} = 1.2 * 42.5 = 51.00 \text{ kg/bls}$$

$$\text{Agregado grueso} = 2.1 * 42.5 = 89.25 \text{ kg/bls}$$

$$\text{Agua efectiva} = 0.38 * 42.5 = 16.15 \text{ lt/bls}$$

m. Diseño de mezcla final

Tabla 13

Diseño de mezcla sin aire incorporado

Agregado	Dosificación en peso húmedo (kg/m ³)	Proporción en volumen peso húmedo	Dosificación en peso húmedo (kg/bls)
Cemento	471	1	42.50
A. Fino	543	1.2	51.0
A. Grueso	984	2.1	89.25
Agua	179	0.38	17.0

4.1.2.2. Diseño me mezclas con diferentes dosificaciones de ceniza volante

Tabla 14

Dosificación para un metro cubico con frentes porcentajes de ceniza volante

Agregado	Concreto patrón	8% de ceniza volante	10% de ceniza volante	12% de ceniza volante
Cemento	471	433.32	423.9	414.48
A. Fino	543	543	543	543
A. Grueso	984	984	984	984
Agua	179	179	179	179
Ceniza volante	-	37.68	47.1	56.52

Tabla 15

Dosificación para 3 briquetas (0.016 m3), con diferentes porcentajes de ceniza volante

Agregado	Concreto patrón	8% de ceniza volante	10% de ceniza volante	12% de ceniza volante
Cemento	7.536	6.933	6.782	6.632
A. Fino	8.688	8.688	8.688	8.688
A. Grueso	15.744	15.744	15.744	15.744
Agua	2.864	2.864	2.864	2.864
Ceniza volante		0.603	0.754	0.904

4.1.3. Trabajabilidad del concreto

Tabla 16

Trabajabilidad del concreto con adición de ceniza volante (Fly Ash Tipo F)

Muestra	Asentamiento (cm)	Asentamiento (in)
Concreto patrón (CP)	10.2	4"
(CP)+ 8% de ceniza volante	11.4	4 1/2"
(CP)+ 10% de ceniza volante	12.9	5"
(CP)+ 12% de ceniza volante	14.6	5 3/4"



La tabla muestra claramente este efecto. La "trabajabilidad" se mide mediante el "asentamiento", que es una prueba estandarizada que indica la fluidez o consistencia del concreto fresco. Un mayor asentamiento significa que el concreto es más fluido y fácil de colocar y compactar.

La ceniza volante tipo F actúa como un agente plastificante. Sus partículas finas y esféricas reducen la fricción entre las partículas del concreto, lo que permite que la mezcla fluya más fácilmente con la misma cantidad de agua. Esto mejora significativamente la trabajabilidad.

4.1.4. Resultados del ensayo a compresión del concreto

A los 7, 14 y 28 días, se realizaron ensayos de resistencia a la compresión axial del hormigón para garantizar que cumplía con las normas ASTM C-39 y su equivalente, la NTP 339.034. Esto permitió evaluar el desarrollo de la resistencia del hormigón a lo largo del tiempo.

En comparación con el hormigón convencional, los resultados muestran los valores f'_c obtenidos en kg/cm^2 y la variación observada cuando se sustituye el 8 %, el 10 % y el 12 % del cemento por cenizas volantes.

A. Resistencia a compresión del concreto patrón**Tabla 17***Resultados de resistencia a compresión del concreto patrón*

Nº	Edad	Carga	Diámetro	Área	Esfuerzo de rotura	Promedio	%
	(días)	kg	cm	cm2	kg/cm2	kg/cm2	
CP1	7	60235	15.05	177.89	338.61	340.89	68.18
CP2	7	60453	15.01	176.95	341.64		
CP3	7	61321	15.10	179.08	342.42		
CP4	14	75320	14.99	176.48	426.79	428.79	85.78
CP5	14	76420	15.02	177.19	431.29		
CP6	14	76350	15.06	178.13	428.62		
CP7	28	91520	15.07	178.37	513.09	512.86	102.57
CP8	28	90560	15.05	177.89	509.08		
CP9	28	91380	15.01	176.95	516.42		

B. Resistencia a compresión del concreto patrón + 8% de ceniza volante**Tabla 18***Resultados de resistencia a compresión del concreto patrón + 8% de ceniza volante*

Nº	Edad	Carga	Diámetro	Área	Esfuerzo de rotura	Promedio	%
	(días)	kg	cm	cm2	kg/cm2	kg/cm2	
M1	7	62540	14.92	174.83	357.72	355.66	71.13
M2	7	63220	14.98	176.24	358.72		
M3	7	62030	15.01	176.95	350.55		
M4	14	82630	15.08	178.6	462.65	460.95	92.19
M5	14	80963	15.00	176.71	458.17		
M6	14	81975	15.03	177.42	462.04		
M7	28	94863	15.00	176.71	536.83	538.30	107.66
M8	28	91621	14.70	169.72	539.84		
M9	28	95874	15.06	178.13	538.22		

C. Resistencias a compresión del concreto patrón + 10% de ceniza volante

Tabla 19

*Resultados de resistencia a compresión del concreto patrón + 10% de ceniza
volante*

Nº	Edad	Carga	Diámetro	Área	Esfuerzo de rotura	Promedio	%
	(días)	kg	cm	cm2	kg/cm2	kg/cm2	
M1	7	68752	15.10	179.08	383.92	385.12	77.02
M2	7	68521	15.02	177.19	386.71		
M3	7	67984	15.00	176.71	384.72		
M4	14	83759	14.80	172.03	486.89	485.58	97.11
M5	14	85742	15.04	177.66	482.62		
M6	14	84956	14.90	174.6	487.22		
M7	28	105642	15.04	177.66	594.63	594.14	118.83
M8	28	104875	15.01	176.95	592.68		
M9	28	107986	15.20	181.46	595.10		

D. Resistencias a compresión del concreto patrón + 12% de ceniza volante

Tabla 20

*Resultados de resistencia a compresión del concreto patrón + 12% de ceniza
volante*

Nº	Edad	Carga	Diámetro	Área	Esfuerzo de rotura	Promedio	%
	(días)	kg	cm	cm2	kg/cm2	kg/cm2	
M1	7	71563	15.02	177.19	403.88	403.14	80.63
M2	7	70869	15.00	176.71	401.05		
M3	7	71864	15.04	177.66	404.50		
M4	14	88756	15.03	177.42	500.26	503.54	100.71
M5	14	89321	14.97	176.01	507.48		
M6	14	88984	15.01	176.95	502.88		
M7	28	108721	15.00	176.71	615.25	616.28	123.25
M8	28	108654	15.00	176.71	614.87		
M9	28	109321	15.00	176.71	618.65		

4.1.5. Resultados promedios de resistencia a compresión del concreto 7, 14 y 28 días

A. Resistencia promedio del concreto patrón

La tabla que muestras (Tabla 21) presenta la variación de la resistencia a compresión del concreto patrón en función de la edad, expresada como el promedio del esfuerzo de rotura en kg/cm² para briquetas de prueba.

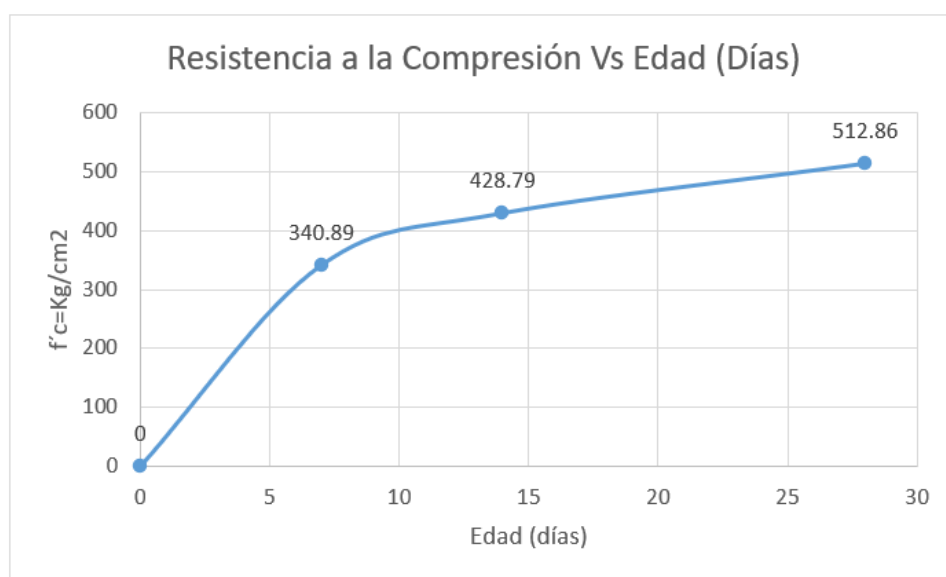
Tabla 21

Evaluación de la resistencia a compresión del concreto patrón

Descripción	Edad (días)	Promedio esfuerzo de rotura kg/cm ²	% Resistencia promedio
Briqueta de prueba	7	340.89	68.18%
Briqueta de prueba	14	428.79	85.78%
Briqueta de prueba	28	512.86	102.57%

Figura 18

Variación de la resistencia con el tiempo del concreto patrón



En la figura 18 se observa un incremento progresivo y significativo en la resistencia a la compresión del concreto patrón conforme aumenta su edad de curado. El material alcanza una resistencia de 512.86 kg/cm² a los 28 días, lo que demuestra un desarrollo óptimo de su capacidad estructural, superando ampliamente los valores obtenidos en las etapas iniciales de 7 y 14 días.

El diseño de mezcla evaluado es favorable, dado que la progresión porcentual (68%, 85%, 102%) asegura que el concreto no solo alcanza la resistencia proyectada, sino que posee un margen de seguridad adicional del 2.57% sobre el concreto patrón.

B. Resistencia promedio del concreto patrón + 8% de ceniza volante

Tabla 22

Evaluación del efecto de la incorporación de ceniza volante (8%) sobre la resistencia a compresión del concreto

Descripción	Edad (días)	Promedio esfuerzo de rotura kg/cm ²	% Resistencia promedio
(Briqueta de prueba)	7	355.66	71.13%
(Briqueta de prueba)	14	460.95	92.19%
(Briqueta de prueba)	28	538.30	107.66%

A los 7 días: Resistencia promedio de 355.66 kg/cm² y porcentaje respecto al patrón de 71.13%.

El concreto con ceniza volante tiene una resistencia significativamente menor que el patrón en esta etapa temprana, lo cual es esperable ya que la ceniza volante reacciona más lentamente que el cemento portland.

A los 14 días: Resistencia promedio: 460.95 kg/cm² y porcentaje respecto al patrón de 92.19%.

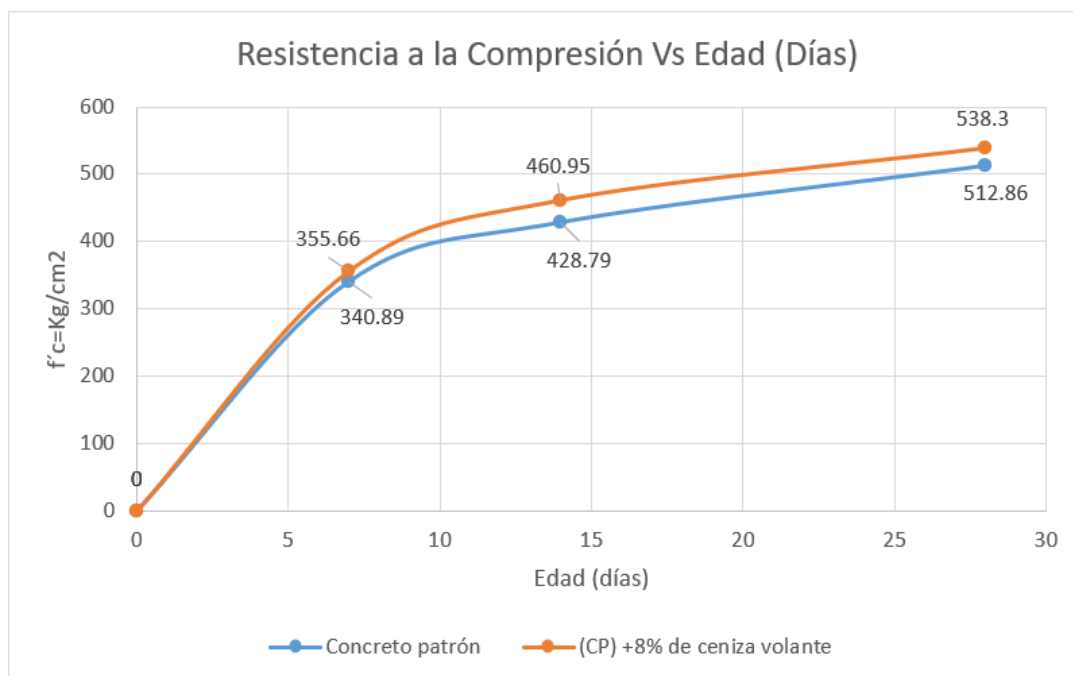
Se observa un aumento considerable en la resistencia, acercándose casi al nivel del concreto patrón.

A los 28 días: Resistencia promedio: 538.30 kg/cm² y de porcentaje respecto al patrón de 107.66%.

El concreto con ceniza volante supera la resistencia del concreto patrón, lo que demuestra el efecto puzolánico positivo de la ceniza volante a largo plazo.

Figura 19

Variación de la resistencia con el tiempo del concreto patrón + 8% de ceniza volante



En la Figura 19 es que la sustitución de un 8% de ceniza volante mejora significativamente la resistencia a la compresión del concreto en comparación

con la mezcla patrón, manteniendo una tendencia de crecimiento superior durante todo el período de curado.

C. Resistencia promedio del concreto patrón + 10% de ceniza volante

La Tabla 23 muestra la variación de la resistencia a compresión de un concreto que contiene 10% de ceniza volante, comparado con un concreto patrón (sin ceniza volante). Los resultados se presentan en función de la edad de curado (7, 14 y 28 días) y se expresan como:

Tabla 23

Evaluación del efecto de la incorporación de ceniza volante (10%) sobre la resistencia a compresión del concreto

Descripción	Edad (días)	Promedio esfuerzo de rotura kg/cm ²	% Resistencia promedio
Briqueta de prueba	7	385.12	77.02%
Briqueta de prueba	14	485.58	97.11%
Briqueta de prueba	28	594.14	118.83%

A los 7 días: Resistencia: 385.12 kg/cm² y % respecto al patrón de 77.02%. El concreto con ceniza volante tiene solo el 77% de la resistencia del concreto patrón a esta edad. Esto es esperable, ya que la ceniza volante reacciona más lentamente que el cemento Portland, por lo que su contribución a la resistencia es menor en etapas tempranas.

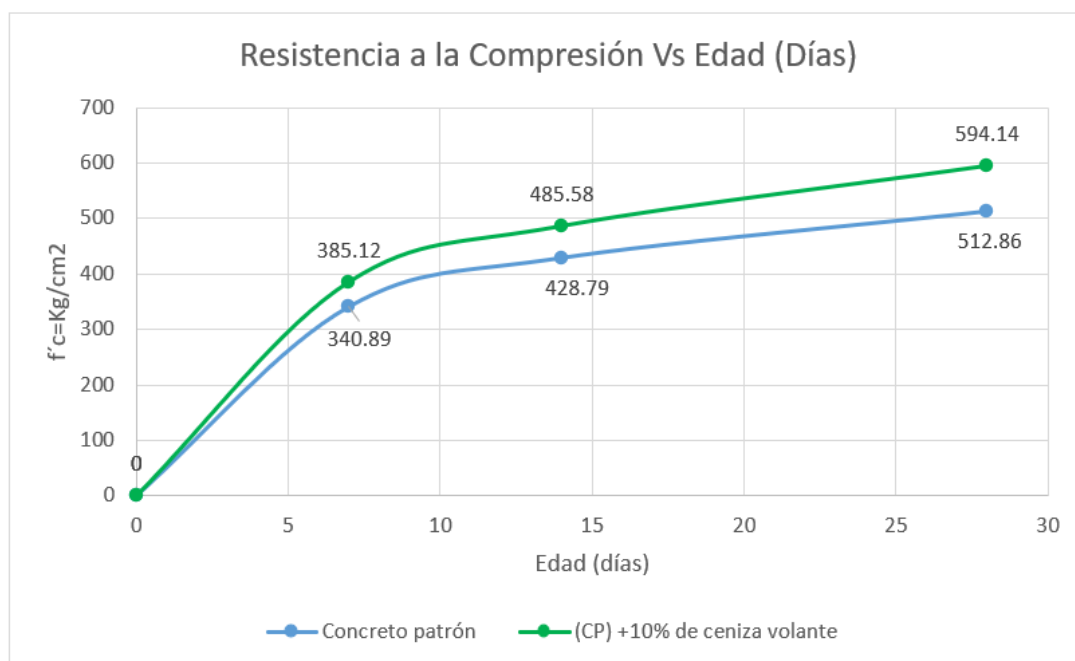
A los 14 días: Resistencia: 485.58 kg/cm² y % respecto al patrón de 97.11%. La resistencia ha aumentado significativamente y ahora casi iguala la del concreto patrón (solo un 2.89% menos). Esto indica que la ceniza volante

está activando su efecto puzolánico, contribuyendo a la formación de compuestos cementantes adicionales.

A los 28 días: Resistencia 594.14 kg/cm² y % respecto al patrón de 118.83%. Sorprendentemente, el concreto con ceniza volante supera la resistencia del concreto patrón en más de un 18%.

Figura 20

Variación de la resistencia con el tiempo del concreto patrón + 10% de ceniza volante



La figura 20 muestra que, en este caso concreto, la resistencia a la compresión del hormigón de referencia es inferior a la del hormigón con un 10 % de cenizas volantes en todas las edades de fraguado analizadas, incluidos los 7 días.

D. Resistencia promedio del concreto patrón + 12% de ceniza volante

La Tabla 24 presenta los resultados de la resistencia a compresión de un concreto que contiene 12% de ceniza volante, comparado con un concreto patrón (sin ceniza volante). Los datos se registran a las edades de 7, 14 y 28 días, y se expresan como:

Tabla 24

Evaluación del efecto de la incorporación de ceniza volante (12%) sobre la resistencia a compresión del concreto

Descripción	Edad (días)	Promedio esfuerzo de rotura kg/cm ²	% Resistencia promedio
Briqueta de prueba	7	403.14	80.63%
Briqueta de prueba	14	503.54	100.71%
Briqueta de prueba	28	616.28	123.25%

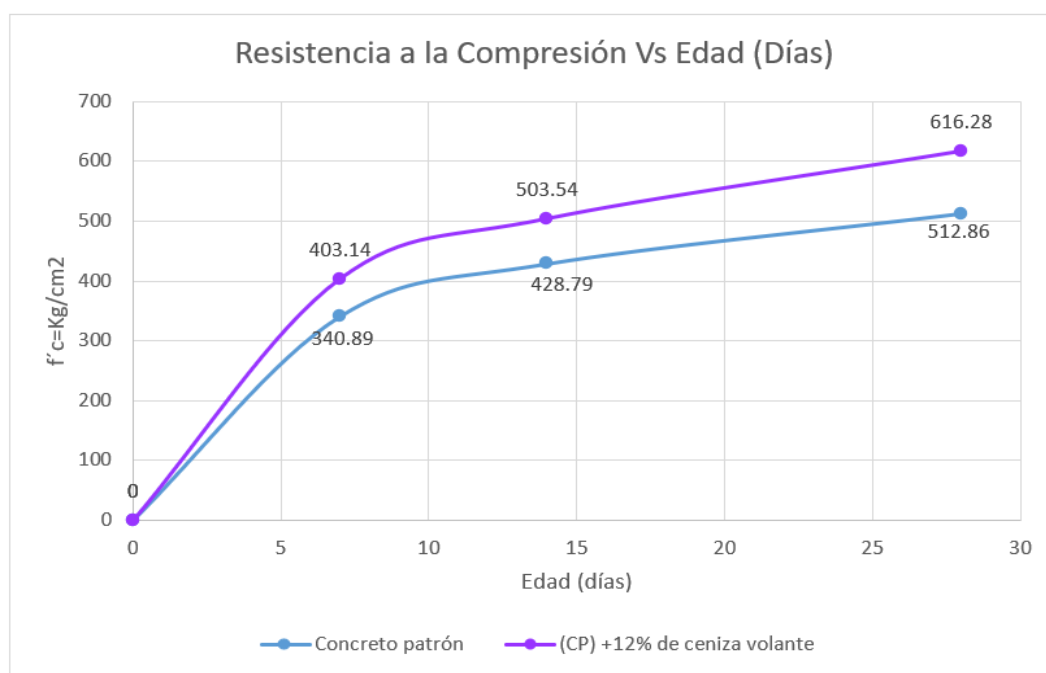
A los 7 días: Resistencia promedio: 403.14 kg/cm² y el porcentaje respecto al patrón es de 80.63%. En esta etapa temprana, el concreto con ceniza volante desarrolla solo el 80.6% de la resistencia del concreto patrón. Esto es esperable, ya que la ceniza volante reacciona más lentamente que el cemento Portland (reacción puzolánica).

A los 14 días: Resistencia promedio: 503.54 kg/cm² y el porcentaje respecto al patrón es de 100.71%. El concreto con ceniza volante iguala e incluso supera ligeramente la resistencia del concreto patrón. Esto indica que la reacción puzolánica está activándose y compensando el retraso inicial.

A los 28 días: Resistencia promedio: 616.28 kg/cm² y el porcentaje respecto al patrón es de 123.25%. Aquí se observa un incremento notable del 23.25% en la resistencia comparado con el concreto patrón. Esto demuestra que la ceniza volante no solo es funcional, sino que mejora significativamente la resistencia a largo plazo.

Figura 21

Variación de la resistencia con el tiempo del concreto patrón + 12% de ceniza volante



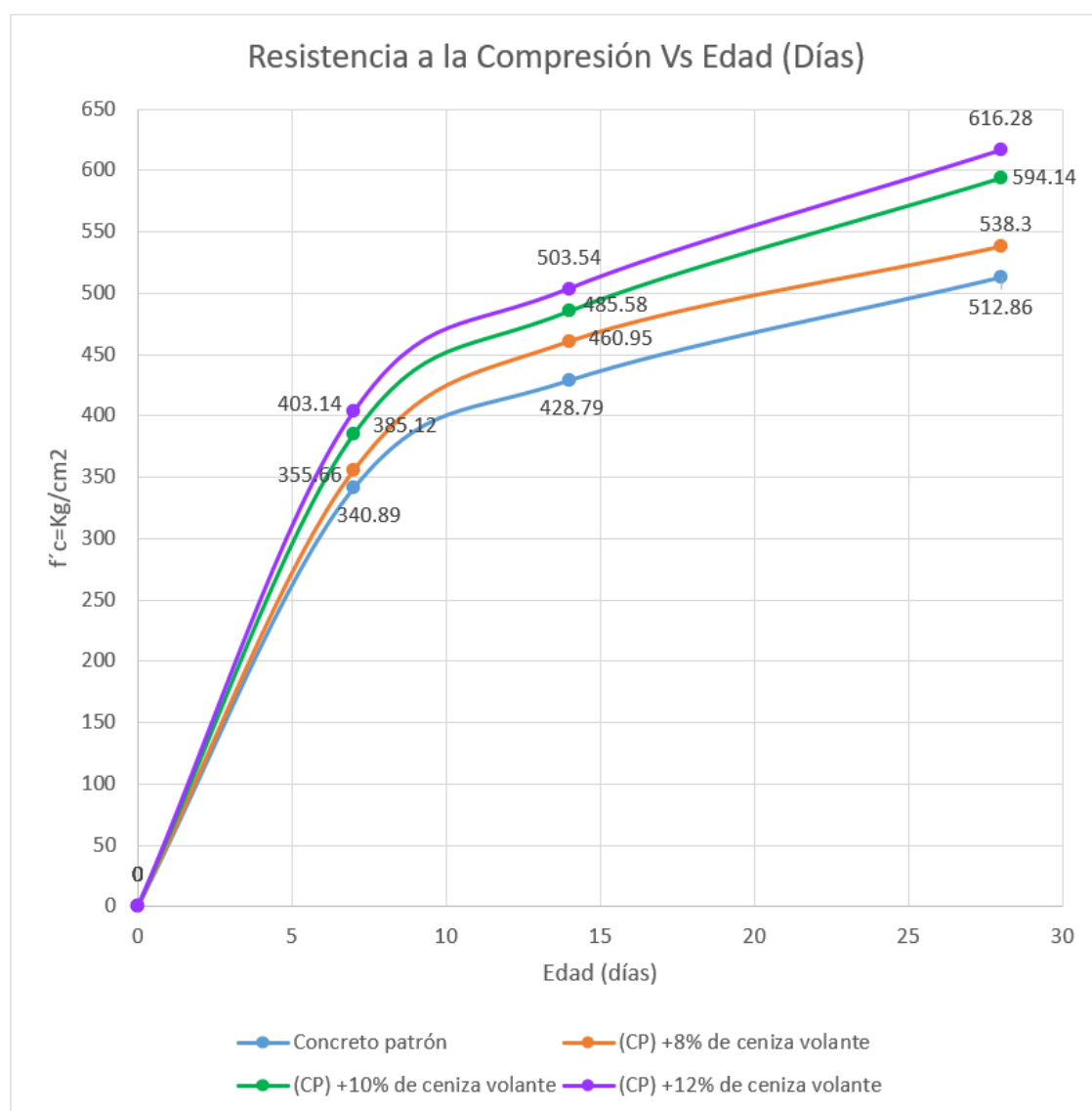
En todas las edades de endurecimiento analizadas, incluso a partir de los 7 días, la figura 21 muestra que la resistencia a la compresión del hormigón con un 12 % de cenizas volantes es superior a la del hormigón de control. Este es el mejor resultado posible, ya que mejora el comportamiento mecánico.

4.1.6. Resumen de resistencias promedio obtenidas

Descripción	Promedio de esfuerzo de rotura kg/cm ²		
	7(días)	14(días)	28(días)
Concreto patrón (CP)	340.89	428.79	512.86
(CP)+ 8% de ceniza volante	355.66	460.95	538.30
(CP)+ 10% de ceniza volante	385.12	485.58	594.14
(CP)+ 12% de ceniza volante	403.14	503.54	616.28

Figura 22

Resistencia a compresión promedio obtenida de cada tipo de mezcla



La interpretación de la Figura 22 muestra la comparativa final de todas las mezclas analizadas, permitiendo identificar cuál es la dosificación más eficiente de ceniza volante para maximizar la resistencia del concreto:

A. Jerarquía de Resistencia

Al finalizar los 28 días, el orden de desempeño de las mezclas es el siguiente:

1. Mezcla con 12% (Morado): Es la más eficiente, alcanzando el valor máximo de 616.28kg/cm².
2. Mezcla con 10% (Verde): Ocupa el segundo lugar con 594.14kg/cm².
3. Mezcla con 8% (Naranja): Alcanza 538.30kg/cm².
4. Concreto Patrón (Azul): Es la de menor resistencia con 512.86 kg/cm².

Existe una relación directa entre el porcentaje de ceniza volante y la resistencia; a mayor porcentaje de ceniza (hasta el 12% evaluado), mayor es la capacidad de carga del concreto. Incluso la mezcla con menos adición (8%) es superior al patrón concreto, lo que demuestra que la ceniza volante mejora las propiedades mecánicas del material en todos los escenarios presentados.

B. Identificación del Punto Óptimo

La Dosificación Óptima es: CP + 12% de ceniza volante

Esta conclusión se fundamenta en los siguientes criterios: Máximo Desempeño Mecánico: A los 28 días, esta mezcla alcanza los 616.28 kg/cm²,

superando al patrón concreto (512.86 kg/cm²) por un margen de 103.42 kg/cm². No solo es la mejor al final del ciclo, sino que mantiene la jerarquía superior desde los 7 días, lo que indica que el beneficio de la ceniza al 12% es constante durante el proceso de curado.

4.2. Discusión de resultados

La tabla 25 compara los valores de resistencia a la compresión a los 28 días obtenidos en esta investigación con los de un estudio anterior realizado por Sánchez y Villalobos (2023), en el que se utilizaron distintos porcentajes de cenizas volantes en el hormigón. El objetivo de esta comparación es identificar las similitudes y diferencias entre ambos trabajos...

Tabla 25

Comparación de la resistencia a los 28 días obtenidos con adición de ceniza volante en diferentes porcentajes

Resultados obtenidos de Sánchez y Villalobos (2023)			Resultados obtenidos de esta investigación		
Descripción	Rotura (kg/cm ²)	(%)	Descripción	Rotura (kg/cm ²)	(%)
Concreto patrón	569.8	114.0%	Concreto patrón	512.86	102.52%
Ceniza - 5%	604.5	120.9%	(CP)+ 8% de ceniza volante	538.95	107.66%
Ceniza – 7.5%	636.5	127.3%	(CP)+ 10% de ceniza volante	594.14	118.83%
Ceniza - 10%	630.5	126.1%	(CP)+ 12% de ceniza volante	616.28	123.25%

Antecedente (Sánchez y Villalobos, 2023), con cemento Tipo HS y CV en dosis de 5%, 7.5% y 10%.

Esta investigación con cemento Tipo I (CP) y CV en dosis de 8%, 10% y 12%.

Según ambos estudios, la incorporación de cenizas volantes al concreto aumenta su resistencia en comparación con el concreto convencional.

- En esta investigación: Muestra un crecimiento lineal y constante. A medida que aumenta el porcentaje de ceniza (del 8% al 12%), la resistencia sube de 538,95 kg/cm² a 616,28 kg/cm². El punto máximo registrado es con el 12%.
- Estudio Sánchez y Villalobos: Ellos encuentran un "pico" de resistencia al 7.5% (636.5 kg/cm²), y luego observan una ligera disminución al llegar al 10% (630.5 kg/cm²). Esto sugiere que existe un límite óptimo tras el cual agregar más ceniza ya no aporta más fuerza.

La columna de porcentaje (%) representa cuánto supera la mezcla a la resistencia de diseño o base.

- Mayor incremento relativo: El estudio de Sánchez y Villalobos logra un incremento máximo del 127,3% (con 7,5% de ceniza).
- Mayor incremento en esta investigación: Alcanza un 123.25% con el 12% de ceniza. Aunque tu valor absoluto de rotura es alto, el crecimiento porcentual es un poco más gradual que el del estudio comparado.

Es importante notar que el punto de partida es distinto:



- El concreto patrón de Sánchez y Villalobos es más resistente inicialmente (569,8 kg/cm²).
- En nuestra investigación el concreto patrón parte de 512,86 kg/cm².
- Esta diferencia inicial puede deberse a la calidad de los agregados, el tipo de base de cemento o las condiciones de curado utilizadas en cada experimento.

Resumen de Hallazgos

- Validación: Los resultados confirman la tesis de Sánchez y Villalobos: la ceniza volante es un aditivo puzolánico efectivo que incrementa la capacidad de carga del concreto
- Dosificación: Mientras que el otro estudio sugiere que el éxito se estabiliza cerca del 7.5% - 10%, nuestros datos muestran que incluso al 12% la resistencia sigue subiendo de forma notable.
- Conclusión: El uso de ceniza volante no solo es viable, sino que permite superar los 600 kg/cm² en ambos casos, lo que clasifica a estas mezclas como concreto de alta resistencia.

CONCLUSIONES

Primera: La adición de ceniza volante tipo F influye positivamente en las propiedades mecánicas del concreto, mejorando significativamente su resistencia a la compresión en comparación con una mezcla patrón sin aditivos. Logrando un desempeño estructural para alcanzar la categoría de alta resistencia (superando los 600 kg/cm²).

Segunda: Los agregados extraídos de la cantera Isla cumplen con las especificaciones técnicas de la norma ASTM C33 / NTP 400.011, presentando módulo de finura de 3.07 (arena gruesa), peso específico entre 2.50 y 2.54 g/cm³, y absorción y contenido de humedad dentro de rangos aceptables, lo que los hace aptos para el diseño de concreto de alta resistencia.

Tercera: Se determinan que el porcentaje óptimo de adición de ceniza volante (Fly Ash Tipo F) para maximizar la resistencia es del 12%, logrando un esfuerzo de rotura de 616.28 kg/cm² a los 28 días. Este valor supera ampliamente el objetivo inicial de diseño de $f'c=500$ kg/cm², representando un incremento del 123.25% respecto a la resistencia base.

Cuarta: La resistencia a la compresión muestra un crecimiento constante y lineal conforme aumenta la dosificación de ceniza volante en los niveles evaluados (8%, 10% y 12%). A los 28 días, los resultados fueron:

- Concreto patrón: 512,86 kg/cm².
- Con adición del 8%: 538,95 kg/cm².
- Con adición del 10%: 594,14 kg/cm².
- Con adición del 12%: 616,28 kg/cm².



Aunque la adquisición de resistencia inicial puede ser más lenta debido a la reacción puzolánica, a los 28 días todas las mezclas con ceniza superaron al concreto patrón, esto evidencia el efecto puzolánico progresivo y positivo de la ceniza tipo F, especialmente en edades avanzadas.

RECOMENDACIONES

Extender el estudio a otras resistencias de diseño (por ejemplo, $f'c = 350$ o 700 kg/cm^2) y con distintos tipos de cemento (como el Tipo HS), para validar la aplicabilidad del 12 % de ceniza volante en otros contextos estructurales.

Realizar ensayos complementarios a edades superiores a 28 días (56 y 90 días), dado que el efecto puzolánico de la ceniza volante continúa desarrollándose en el tiempo y podría reportar ganancias adicionales en resistencia y durabilidad.

Se recomienda evaluar la influencia de la ceniza volante Fly Ash Tipo F, incorporada en proporciones que oscilen entre el 2% y el 8% en peso del cemento, sobre las propiedades mecánicas de un concreto con resistencia de diseño $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con el propósito de determinar el porcentaje óptimo de sustitución que garantice el mejor desempeño estructural del material.

Investigar específicamente el comportamiento de estas mezclas bajo condiciones extremas de temperatura o incendios, proporcionando datos técnicos adicionales para la seguridad estructural en la ingeniería civil



BIBLIOGRAFÍA

- Abanto, J. (1997). *Resistencia a la compresión del concreto*. Ediciones Técnicas CIP.
- Arias, R., Villasís, G., & Miranda, M. (2016). *Metodología de la investigación científica (3.^a ed.)*. Editorial Episteme.
- Arrieta, J., & Pinzón, L. (2020). *Análisis del comportamiento mecánico de muestras de concreto adicionadas con ceniza volante sometidas a la exposición de sulfatos* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia].
- Beaudoin, J. J., Zhang, M., & Malhotra, V. M. (1998). *Role of fly ash in mitigating sulfate attack and corrosion of reinforcement in concrete*. *ACI Materials Journal*, 95(3), 291–298.
- Coaquira Coaquira, J. (2022). *Influencia de la ceniza de tronco de eucalipto y de Stipa ichu en las propiedades físico-mecánicas del concreto con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la región de Puno* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano].
- Colunga, R. (2003). *Innovaciones en aditivos para concreto: Estado del arte y perspectivas*. *Revista Científica de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural*, 3(2), 45–58.
- Corona, R. (1997). *Residuos de la combustión de carbón y su aprovechamiento en la industria del concreto*. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.



- Criado, J. (2006). *El cemento y sus propiedades fundamentales* (2.^a ed.). Editorial CEAC.
- Duran, E., & Velásquez, C. (2016). *Evaluación de la aptitud de concretos con reemplazo parcial de cemento portland por cenizas volantes* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería].
- Gil Viancha, E., & Plazas Vianda, C. (2007). *Efectos de la ceniza volante en las propiedades del concreto*. Revista de la Construcción, 6(1), 23–32.
<https://doi.org/10.7764/rdlc.6.1.23>
- Giraldo, L. (2006). *El papel de los agregados en la calidad del concreto*. Revista Ingeniería y Desarrollo, 19, 45–59.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill.
- Huaquisto, J., & Belizario, R. (2018). *Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín].
- Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., Panarese, W. C., & Tanesi, J. (2004). *Design and control of concrete mixtures* (14.^a ed.). Portland Cement Association.
- Quispe, R. (2018). *Evaluación de la resistencia a la compresión del concreto con sustitución parcial del cemento por ceniza de cáscara de arroz en la Zona Altiplánica* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano].



Reed Business Information Spain. (2006). *Aditivos para hormigón: Guía técnica.*

Ediciones Técnicas REA.

Rivva, L. (2000). *Tecnología del concreto (2.^a ed.)*. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Rivva López, L. (2000). *Tecnología del concreto (2.^a ed.)*. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Roa, J. (2016). *Carbón mineral: Clasificación, uso y subproductos industriales*.
Revista de Ingeniería Energética, 12(3), 78–92.

Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.

Sánchez Valdez, W. J., & Villalobos Goñi, H. K. (2023). *Evaluación de la durabilidad de un concreto sostenible de alta resistencia con adición de ceniza volante obtenida en la central termoeléctrica Ilo 21, para una resistencia $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$ con cemento Tipo HS* [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. <http://hdl.handle.net/10757/670661>

Santaella, J. (2001). *Concretos de alto desempeño: Requisitos y diseño*. Revista del Instituto del Concreto de Venezuela, 45(2), 12–21.

Yáñez, F. (2019). *Efecto de la adición de ceniza volante en la resistencia y durabilidad de morteros a edades avanzadas* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Javeriana].

Yuni, Y., & Urbano, J. (2006). *Fundamentos de medición en investigación experimental*. Editorial Universitaria UMSA.



ANEXOS



ANEXO 01

Matriz de consistencia



TÍTULO: "INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA VOLANTE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE JULIACA"

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Método y Técnicas
Problema General: ¿Cómo influye la adición de ceniza volante en las propiedades mecánicas del concreto de alta resistencia en la ciudad de Juliaca?	Objetivo General: Analizar la influencia de la adición de ceniza volante en las propiedades mecánicas del concreto de alta resistencia en la ciudad de Juliaca.	Hipótesis General: La adición de ceniza volante mejora las propiedades del concreto de alta resistencia en la ciudad de Juliaca.	Variable Independiente Adición de ceniza volante	Dosificación	Porcentaje de (8%, 10%, 12%)	Enfoque de investigación: Cuantitativo Nivel de investigación: Según el estudio de la investigación es de nivel explicativo Tipo de investigación: La investigación es del tipo aplicada Diseño de la investigación: cuasiexperimental Población: Por lo tanto, el trabajo de investigación está conformada por una población de especímenes de concreto (briquetas) producidas con la adición de aditivos; siendo así, de tipo infinita cuya cantidad de elementos es imposible de determinar. Muestra: Como muestra de estudio se determina 36 testigos de concreto.
Problemas Específicos: ¿Cómo influye la caracterización de los agregados extraídos de la cantera Isla en el diseño del concreto de alta resistencia? ¿Cuál es el porcentaje óptimo de sustitución de cemento por Ceniza Volante FLY ASH Tipo F que permite alcanzar una resistencia a la compresión de 500kg/cm2? ¿De qué manera influye la adición de ceniza volante en proporciones de 8%, 10% y 12% por peso del cemento en el desarrollo de la resistencia a la compresión?	Objetivos Específicos: Determinar la caracterización de los agregados extraídos de la cantera Isla. Determinar el porcentaje óptimo de ceniza volante FLY ASH TIPO F a un concreto de alta de resistencia de $f'_c=500$ Kg/cm2. Determinar la resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia con la adición de ceniza volante en proporciones de 8%, 10% y 12% por peso de cemento.	Hipótesis Específicos: Los agregados extraídos de la cantera Isla cumplen con las especificaciones técnicas establecidas en la norma ASTM C33 / NTP 400.011 para su uso en concreto de alta resistencia. Existe un porcentaje óptimo de ceniza volante tipo F que permite alcanzar $f'_c=500$ Kg/cm2 en concreto de alta resistencia a los 28 días. La adición de ceniza volante en las proporciones de 8 %, 10 % y 12 % por peso de cemento influye significativamente en la resistencia a la compresión del concreto de alta resistencia.	Variable Dependiente Propiedades Mecánicas del concreto	Resistencia a la compresión ($f'_c=210$ kg/cm2)	(7, 14, y 28) días.	



ANEXO 02

fichas de los aditivos



especificación técnica

1.0 NOMBRE DEL PRODUCTO

FLY ASH TIPO F

USOS

Para la obtención de concretos y morteros de alta durabilidad.

2.0 DESCRIPCION Y USOS

Aditivo mineral utilizado para el incremento de la impermeabilidad, resistencia química y mecánica y cohesividad del concreto y mortero.

Debido a que está constituido por sílice reactiva, reacciona con el hidróxido de calcio del cemento, formando compuestos de silicato de calcio, sellando los poros capilares del concreto, lo cual conduce a una reducción de su capilaridad incrementando su permeabilidad, resistencia a la compresión y sellado de los poros capilares del concreto incrementando su resistencia química.

Para obtención de concretos de alta impermeabilidad.

Para la obtención de concretos y morteros de alta resistencia a la compresión.

Para utilizarse en concreto reforzado y lanzado "Shotcrete".

Para uso en concreto en estructuras marinas, puentes, estacionamientos de automóviles, túneles, minas, etc.

Se usa en todo concreto o mortero que estén en contacto directo con humedad o agua tales como: tanques de almacenamiento de agua, pozos, fosas sépticas, tuberías de agua potable y aguas



negras, obras hidráulicas, albercas, cisternas, jardinerías, muros de contención, aplanados, pisos y muros de sótanos, plantas de tratamiento de aguas, túneles, estructuras de puentes (colados en obra y prefabricados), brocales, canales, ace-
ras, carreteras, monumentos, pistas de aterrizaje, presas, etc.

En estado fresco, tiene excelente trabajabilidad al aplanar y consolidar cuando está fresco. Puede bombearse fácilmente, reduce la segregación de los agregados, reduce la relación agua/cemento, produce una mezcla cohesiva eliminando huecos y porosidades. Plastifica la mezcla, incrementando su trabajabilidad. Se puede reducir la relación agua cemento en los concretos y morteros. Reduce la capilaridad, mediante el sellado de los poros.

En estado húmedo, reduce apreciablemente en encogimiento y el calor de hidratación del cemento.

En estado sólidos, aumenta la resistencia al ataque de sulfatos. Evita la eflorescencia del salitre, la penetración de cloruros y reduce el sangrado, aumenta la resistencia a la compresión, reduce la permeabilidad del concreto, produce



TABLA No. 1 FLY ASH TIPO F		PROPS. FISICAS	METODO ASTM
A) PRODUCTO ENVASADO (Pasa especificación ASTM -618)			
A1. Consistencia		polvo fino	
A2. Toxicidad		no	
A3. Densidad (gm/cm ³)		2.1 a 2.2	C-1240
A4. Inflamabilidad		no	
A5. Color		gris	
A6. Estabilidad			
Envase abierto (hrs)		6	
Envase cerrado (meses)		6	
A7. % Sólidos (Peso y Volumen)		100	
A8. Granulometría (seca)			
Retenido en malla No.325 (% máx.)		34	
Índice de actividad dureza con cemento Portland			
mín. (7 días % control)		75	C-618
mín. (28 días % control)		75	
Requerimiento de agua máx. (% control)		105	
A9. Constitución química			
Contenido de Sílica (SO ₂) (% mín.)		70	C-618
SO ₃ (% máx.)		5.0	
Humedad (% máx.)		3.0	
Pérdida en ignición (% máx.)		6.0	
A10. Área específica (m ² /g)		20	C-1069
B) PRODUCTO APLICADO			
B1. Aumento de encogimiento por secado (%)		0.05	C-311
B2. Reactividad con álcalis del cemento			
Reducción de expansión del mortero (%)		85	C-441
B3. Resistencia a los sulfatos (% expansión)		0.05	C-1012
B4. Dosificación (% peso del cemento)		5 a 15	

CURACRETO, S.A. de C.V.

Tel.: (55) 5611-2023
Fax: (55) 5611-0021

www.curacreto.com.mx
curacreto@curacreto.com.mx

Certificación
ISO 9001:2008





especificación técnica



superficies duras resistentes al desgaste, al caleo, a la cavitación y a la abrasión.

El mecanismo para impermeabilizar, consiste en que el **FLY ASH TIPO F**, reacciona con el hidróxido de calcio y el hidróxido de aluminio calcio formados durante la reacción del cemento con el agua, para convertirlos en hidratos de silicato cálcico, que es el material que da adhesividad y dureza al concreto. Este se precipita en los capilares del concreto, como microcristales muy finos tapando los poros y da como resultado, una masa de concreto que puede resistir la penetración de agua, aún bajo altas presiones hidrostáticas.

El porcentaje de macroporos que se forman en concretos normales se reducen al formarse microporos debido a la presencia del **FLY ASH TIPO F** y teniendo estos la propiedad de ser hidrófobos permiten que el concreto respire sin permitir la condensación de agua. Este mecanismo permite crear concretos con mayor durabilidad.

VENTAJAS

Aumenta la durabilidad en ambientes químicamente agresivos, como son plantas industriales, eléctricas, químicas, tratamiento de aguas, marinas, etc.

Se pueden obtener concretos de alta resistencia a la compresión.

Permite la reducción de cemento en concretos.

Mejora el bombeo de con-

cretos.

Reduce el sangrado

Aumenta el módulo de elasticidad.

Aumenta resistencia al ataque de sulfatos.

Aumenta resistencia a la reacción álcali sílice.

Al reducir la permeabilidad de los concreto, reduce la penetración de cloruros protegiendo así el acero de refuerzo.

Material puzolánico "Fly Ash F" que se obtiene en las cenizas obtenidas de la combustión de combustibles en la producción de electricidad.

3.0 PROPIEDADES FISICAS

Cumple con la especificación ASTM C-618, "Especificación Estándar para el uso de "Fly Ash" y Puzolanas Naturales o Calcinadas como Aditivos Minerales en Concreto de Cemento Portland".

Ver Tabla No. 1.

4.0 APLICACION

Para concreto normal y lanzado, se recomienda agregarlo al junto con el cemento y demás agregados.

Debido a su alta finura, se recomienda utilizar aditivos superfluidificantes, tales como **FLUIDCRETO 700**, o **FLUIDCRETO N**.

Secuencia de adición recomendada:

1. Añadir los agregados gruesos y finos.

2. Iniciar el mezclado y añadir **FLY ASH TIPO F**.

3. Añadir el cemento y continuar el mezclado en seco.

4. Añadir el agua con los aditivos disueltos.

Es recomendable incrementar el tiempo de secado en medio minuto por cada metro cúbico de mezcla.

5.0 DOSIFICACION

En concretos normales y lanzados a razón de un 5 al 15% del peso del cemento, de acuerdo al tipo de exposición, siguiendo la dosificación recomendada en la Tabla No. 1.

6.0 SEGURIDAD

Consultar la Hoja de manejo de Materiales. Solicitarla a la Compañía.

7.0 ALMACENAMIENTO

El producto deberá almacenarse en lugares secos bajo techo en su envase original. La temperatura no deberá ser menor de 5°C, ni mayor de 30°C.

8.0 PRESENTACION

Granel

119111032D = 1 Ton.

9.0 GARANTIA

CURACRETO, S.A de C.V. garantiza que sus productos llenan las especificaciones que se han definido para ellos. No acepta otras garantías relacionadas con dichos materiales como es su aplicación y la recomendación de los mismos para algún otro uso específico. El recibir los productos de **CURACRETO, S.A. de C. V.** constituye la aceptación de los términos de esta garantía. En el caso que **CURACRETO, S.A de C.V.** encuentre que los productos suministrados estén fuera de especificación, podrá reemplazar los mismos o reembolsar el importe de ellos a su propio criterio.

CURACRETO, S.A. de C.V.

Tel.: (55) 5611-2023
Fax: (55) 5611-0021

www.curacreto.com.mx
curacreto@curacreto.com.mx

Certificación
ISO 9001:2008



FICHA TÉCNICA 2022 / V.1



IP CEMENTO RUMI

**Alta
Durabilidad**

DESCRIPCIÓN

EL CEMENTO CLÁSICO DE ALTA DURABILIDAD

RUMI IP es un cemento elaborado bajo los más estrictos estándares de la industria cementera, colaborando con el medio ambiente, debido a que en su producción se reduce ostensiblemente la emisión de CO₂, contribuyendo a la reducción de los gases con efecto invernadero.

Es un producto fabricado a base de Clinker de alta calidad, puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad y yeso. Esta mezcla es molida industrialmente en molinos de última generación, logrando un alto grado de finura. La fabricación es controlada bajo un sistema de gestión de calidad certificado con ISO 9001 y de gestión ambiental ISO 14001, asegurando un alto estándar de calidad.

Sus componentes y la tecnología utilizada en su fabricación, hacen que el CEMENTO DE ALTA DURABILIDAD RUMI TIPO IP, tenga propiedades especiales que otorgan a los concretos y morteros cualidades únicas de ALTA DURABILIDAD, permitiendo que el concreto mejore su resistencia e impermeabilidad y también pueda resistir la acción del intemperismo, ataques químicos (aguas saladas, sulfatadas, ácidas, desechos industriales, reacciones químicas en los agregados, etc.), abrasión, u otros tipos de deterioro.

Puede ser utilizado en cualquier tipo de obras de infraestructura y construcción en general. Especialmente para OBRAS DE ALTA EXIGENCIA DE DURABILIDAD.

DURABILIDAD

"Es aquella propiedad del concreto endurecido que define la capacidad de éste para resistir la acción agresiva del medio ambiente que lo rodea, permitiendo alargar su vida útil".

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

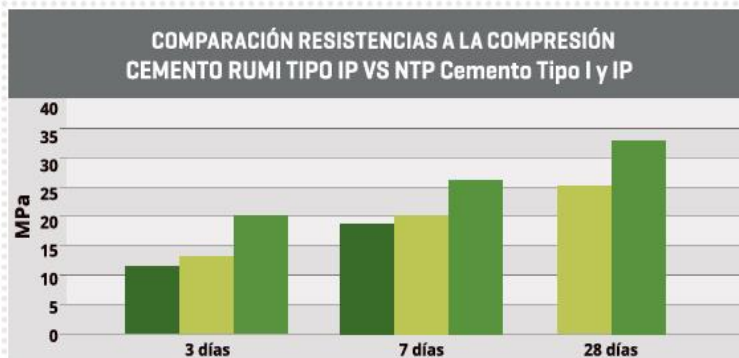
REQUISITOS REQUISITOS QUÍMICOS	CEMENTO RUMI TIPO IP		REQUISITOS NORMA NTP 334.090 ASTM C-595			
MgO (%)			6.00 Máx.			
SO ₃ (%)	1.5 a 3.0		4.00 Máx.			
Pérdida por ignición (%)	1.5 a 4.0		5.00 Máx.			
REQUISITOS FÍSICOS						
Peso específico (gr/cm ³)	2.75 a 2.85		-			
Expansión en autódave (%)	0.07 a 0.03		-0.20 a 0.80			
Fraguado Vicat inicial (minutos)	170 a 270		45 a 420			
Contenido de aire	2.5 a 8.0		12 Máx			
Resistencia a la compresión	Kgf/cm ²	MPa	Kgf/cm ²	MPa	REQUISITOS NORMA NTP 334.099 ASTM C-150 (CEMENTO TIPO I)	
3 días	175 a 200	17.1 a 19.6	133 Mín	13	Kgf/cm ²	MPa
7 días	225 a 255	22 a 25	204 Mín	20	122 Mín	12Mín
28 días	306 a 340	30 a 33.3	255 Mín	25	194 Mín	19 Mín
Resistencia a los sulfatos	%		%			
% Expansión a los 6 meses	< 0.04		0.05 Máx			
% Expansión a 1 año	< 0.05		0.10 Máx			

RUMI

FICHA TÉCNICA 2022 / V.1

RUMI

COMPARATIVO CON REQUISITOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE NORMAS TÉCNICAS



- CEMENTO TIPO I
NORMA TÉCNICA
NTP 334.009 (ASTM C150)
- CEMENTO TIPO IP
NORMA TÉCNICA
NTP 334.090 (ASTM C595)
- CEMENTO ALTA DURABILIDAD
RUMI TIPO IP

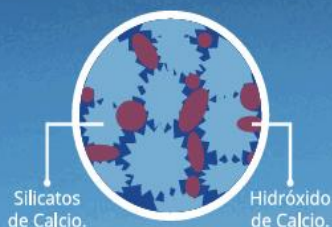
OTRAS PROPIEDADES

1 ALTA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Debido a su contenido de puzolana natural de origen volcánico, la cual tiene mayor superficie específica interna en comparación con otros tipos de puzolanas, hacen que el CEMENTO DE ALTA DURABILIDAD RUMI IP desarrolle con el tiempo resistencias a la compresión superiores a las que ofrecen otros tipos de cemento.

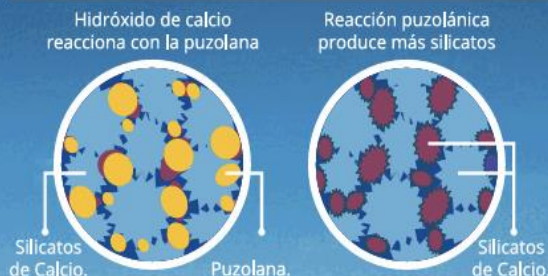
Los silicatos de la puzolana reaccionan con el hidróxido de calcio liberado de la reacción de hidratación del cemento formando silicatos cálcicos que son compuestos hidráulicos que le dan una resistencia adicional al cemento, superando a otros tipos de cemento que no contienen puzolana.

CON CEMENTO TIPO I

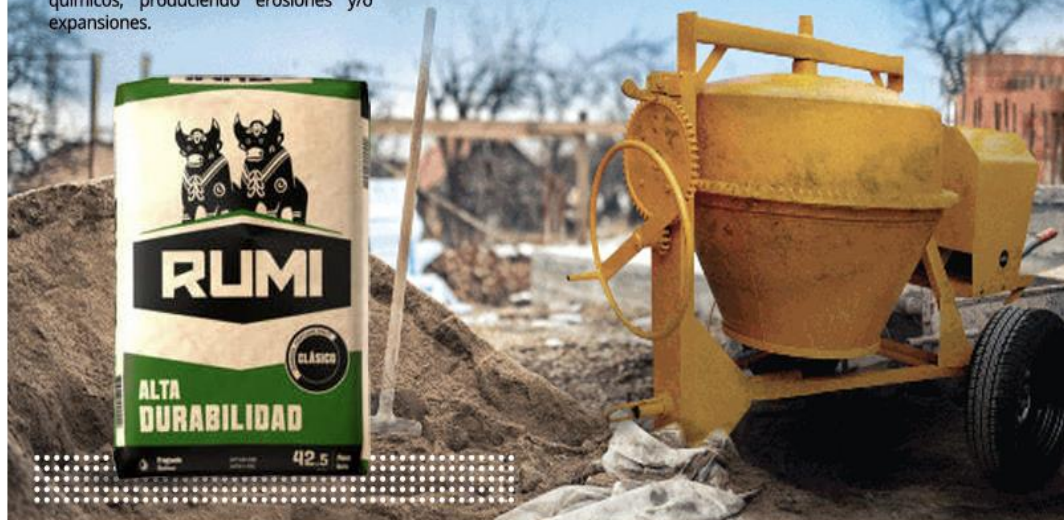


El cemento Tipo I produce un 75% de silicatos de calcio (resistencia), el otro 25 % es hidróxido de calcio que no ofrece resistencia y es susceptible a los ataques químicos, produciendo erosiones y/o expansiones.

CON CEMENTO DE ALTA DURABILIDAD RUMI IP



La puzolana que contiene el cemento ALTA DURABILIDAD RUMI IP, reacciona con el hidróxido de calcio, produciendo más silicatos de calcio, lo que otorga mayor resistencia, sellando los poros haciendo un concreto más impermeable.



FICHA TÉCNICA 2022 / V.1

RUMI

2 RESISTENCIA AL ATAQUE DE SULFATOS Y CLORUROS

El hidróxido de calcio, liberado en la hidratación del cemento, reacciona con los sulfatos produciendo sulfato de calcio deshidratado que genera una expansión del 18% del sólido y produce también etringita que es el compuesto causante de la fisuración del concreto.

Debido a la capacidad de la puzolana de Rumi para fijar este hidróxido de calcio liberado y a su mayor impermeabilidad, el CEMENTO ALTA DURABILIDAD RUMI IP es resistente a los sulfatos, cloruros y al ataque químico de otros iones agresivos.

Resultados de laboratorio demuestran que el CEMENTO ALTA DURABILIDAD RUMI IP, tiene mayor resistencia a los sulfatos que el cemento Tipo V.



3 MAYOR IMPERMEABILIDAD

El CEMENTO ALTA DURABILIDAD RUMI IP, produce mayor cantidad de silicatos cálcicos, debido a la reacción de los silicatos de la puzolana con los hidróxido de calcio producidos en la hidratación del cemento disminuyendo la porosidad capilar, así el concreto se hace más impermeable y protege a la estructura metálica de la corrosión.

4 REDUCE LA REACCIÓN NOCIVA ÁLCALI - AGREGADO

La puzolana de Yura remueve los álcalis de la pasta de cemento antes que estos puedan reaccionar con los agregados evitando así la fisuración del concreto debido a la reacción expansiva álcali - agregado, ante la presencia de agregados álcali reactivos.

El ensayo de expansión del mortero es un requisito opcional de los cementos portland puzolánicos y se solicita cuando el cemento es utilizado con agregados álcali reactivos.

El CEMENTO ALTA DURABILIDAD RUMI IP cumple con este requisito opcional demostrado en ensayos de laboratorio. Así se demuestra la efectividad de su puzolana en controlar la expansión causada por la reacción entre los agregados reactivos y los álcalis del cemento.



5 RECOMENDACIONES DE USO

- Curado adecuado con abundante agua.
- Mantener humectada la superficie para lograr la mayor resistencia y evitar fisuramiento por excesivo secado.
- Tomar precauciones para el adecuado curado en vaciados cuando se presentan bajas temperaturas.
- Asesorarse siempre con un profesional de la construcción/ingeniero civil.

RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

El contacto con este producto provoca irritación cutánea e irritación ocular grave, evite el contacto directo en piel y mucosas.

En caso de contacto con los ojos, lavar con abundante agua limpia.

En caso de contacto con la piel, lavar con agua y jabón.

Para su manipulación es obligatorio el uso de los siguientes elementos de protección:

BENEFICIOS AMBIENTALES

- Menor emisión de gases de efecto invernadero durante su fabricación
- Cemento fabricado con menor emisión de CO₂.



Botas Impermeables



Protección Respiratoria



Guantes Impermeables



Protección Ocular

FICHA TÉCNICA 2022 / V.1

RUMI**ALMACENAMIENTO**

Para mantener el cemento en óptimas condiciones, se recomienda:

- Almacenar en un ambiente seco, bajo techo, separado del suelo y de las paredes.
- Protegerlos contra la humedad o corriente de aire húmedo.
- En caso de almacenamiento prolongado, cubrir el cemento con polietileno.
- No apilar más de 10 bolsas o en 2 pallet de altura.

PRESENTACIONES DISPONIBLES

Bolsas 25 Kg	Ergonómico. Ideal para proyectos pequeños y pocas áreas de almacenamiento.
Bolsas 42.5 Kg	Ideal para proyectos medianos y pequeños, o con accesos complicados y pocas áreas de almacenamiento.
Big Bag 1.0 TM	Para proyectos de constructoras que tienen planta de concreto. Facilita la manipulación de grandes volúmenes.
Big Bag 1.5 TM	Para proyectos mineros y de gran construcción, requiere la utilización de equipos de carga.
Grael	Abastecido en bombonas para descargar en silos contenedores.

NORMAS TÉCNICAS

NORMA DE PAIS	NORMA	DENOMINACIÓN
NORMA TÉCNICA PERUANA	NTP 334.090	Cemento Portland Puzolánico TIPO IP
NORMA CHILENA	NCh 148 Of.68	Cemento Puzolánico GRADO CORRIENTE
NORMA AMERICANA	ASTM C595	Portland Pozzolan Cement TYPE IP
NORMA BOLIVIANA	NB-011	Cemento Puzolánico TIPO P 30
NORMA ECUATORIANA	NTE INEN 490	Cemento Portland Puzolánico TIPO IP
NORMA BRASILEÑA	NBR 5736	Cimento Portland pozolánico TIPO CP IV 32
NORMA COLOMBIANA	NTC 121 - 321	Cemento Portland TIPO UG

DURACIÓN

Almacenar y consumir de acuerdo a la fecha de producción utilizando el más antiguo. Se recomienda que el cemento sea utilizado antes de 90 días de la fecha de envasado indicada en la bolsa, luego de esa fecha, verifique la calidad del mismo.



Cuidemos juntos el medio ambiente.
Big Bag: Se sugiere desechar como basura común.
Bolsas: Se sugiere reciclar el envase.





ANEXO 03

Ensayos de laboratorio



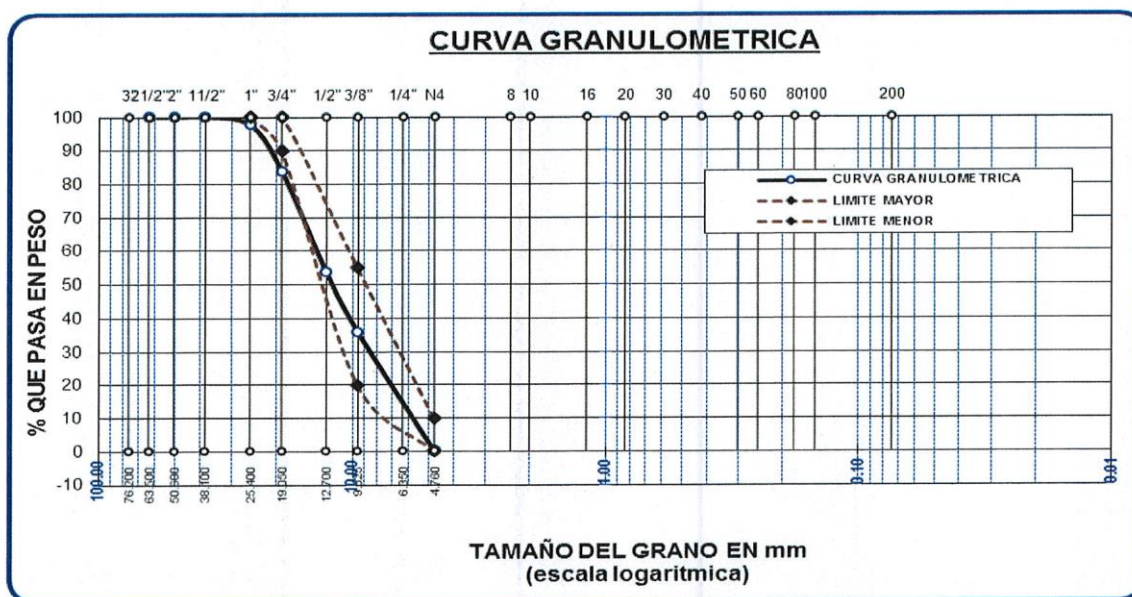
GEOESTUDIO J & M S.A.C. RUC: 20613137921
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA VOLANTE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE : Bach. WILY GUIDO MAMANI TARQUI
UBICACIÓN : JULIACA
CANtera : ISLA
FECHA : ABRIL DEL 2025

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO GRUESO

(ASTM C136 NTP 400.012)

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFI.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						Peso inicial = 4000.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		
1"	25.400	93.78	2.34	2.34	97.66	100%	Tamaño Máximo = 1"
3/4"	19.050	560.23	14.00	16.35	83.65	90 - 100%	Tamaño Máximo Nominal = 3/4
1/2"	12.700	1195.10	29.87	46.22	53.78		OBSERVACIONES:
3/8"	9.525	714.85	17.87	64.09	35.91	20 - 55%	
3/16"	6.350						
Nº4	4.760	1436.89	35.91	100.00	0.00	0 - 10%	
BASE		0.00	0.00	0.0	100.0		
TOTAL		4000.00	100.00				
% DE PERDIDA		0.00					



Observaciones:



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

Kevin Quilapaza 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

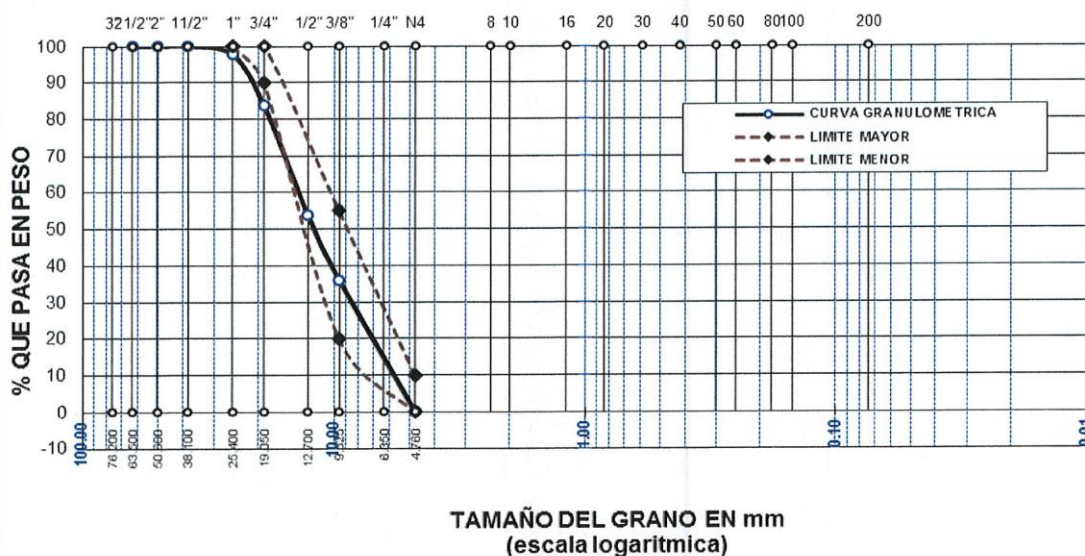
PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA VOLANTE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE : Bach. WILY GUIDO MAMANI TARQUI
UBICACIÓN : JULIACA
CANtera : ISLA
FECHA : ABRIL DEL 2025

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO FINO

(ASTM C136 NTP 400.012)

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFI.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100%	Peso inicial = 500.00 Modulo de fineza = 3.07 % que pasa la malla 200 = 0.98 OBSERVACIONES:
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	95 – 100 %	
N°4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	80 – 100%	
N°8	2.380	97.75	19.55	19.55	80.45		
N°10	2.000						
N°16	1.190	104.89	20.98	40.53	59.47	50 – 85%	
N°20	0.840						
N°30	0.590	109.99	22.00	62.53	37.47	25 – 60%	
N°40	0.420						
N°50	0.300	123.12	24.62	87.15	12.85	10 – 30%	
N°60	0.250						
N°80	0.180						
N°100	0.149	51.01	10.20	97.35	2.65	2 – 10%	
N°200	0.074	8.78	1.76	99.11	0.89		
BASE		4.46	0.89	100.00	0.00		
TOTAL		500	100.00				
% DE PERDIDA		0.00					

CURVA GRANULOMETRICA



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 : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA VOLANTE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE : Bach. WILY GUIDO MAMANI TARQUI
UBICACIÓN : JULIACA
CANtera : ISLA
FECHA : ABRIL DEL 2025

CONTENIDO DE HUMEDAD

(ASTM D - 2216 - MTC - E 108 - NTP 400.012)

HUMEDAD AGREGADO FINO

		Numero de ensayos		
		T-1	T-2	T-3
Peso de la capsula	gr.	25.36	27.31	26.01
Peso capsula + muestra húmeda	gr.	345.21	360.12	350.12
Peso capsula + muestra seca	gr.	329.15	345.02	334.2
Peso del agua	gr.	16.06	15.1	15.92
Peso de la muestra seca	gr.	303.79	317.71	308.19
Contenido de humedad parcial	%	5.29	4.75	5.17
Contenido de humedad promedio	%	5.07		

HUMEDAD AGREGADO GRUESO

		Numero de ensayos		
		M-1	M-3	M-5
Peso de la capsula	gr.	28.3	31.26	30.12
Peso capsula + muestra húmeda	gr.	540.12	538.23	540.12
Peso capsula + muestra seca	gr.	522.01	521.03	523.14
Peso del agua	gr.	18.11	17.2	16.98
Peso de la muestra seca	gr.	493.71	489.77	493.02
Contenido de humedad parcial	%	3.67	3.51	3.44
Contenido de humedad promedio	%	3.54		

Observaciones:

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 : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA VOLANTE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE : Bach. WILY GUIDO MAMANI TARQUI
UBICACIÓN : JULIACA
CANtera : ISLA
FECHA : ABRIL DEL 2025

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

(ASTM C127 - ASTM C128 - NTP 400.037)

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO FINO

N°	Descripción	und.	Cantidad
1	Peso de la muestra superficialmente seca	gr.	500.00
2	Peso del picnómetro + peso del agua	gr.	702.36
3	Peso de la arena superficialmente seca + peso del picnómetro + peso del agua	gr.	1010.53
4	Peso de la arena secada al horno + peso de la tara	gr.	602.11
5	Peso de la tara	gr.	114.29
6	Peso de la arena secada al horno (4-5)	gr.	487.82
Resultados			
1	Peso específico aparente $(6/(2+1-3))$	gr/cm3	2.54
2	Porcentaje de absorción $((1-6)/6)$	%	2.50

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO

N°	Descripción	und.	Cantidad
1	Peso de la muestra saturada superficialmente seca	gr.	610.23
2	Peso de la probeta aforado + peso del agua	gr.	1429.36
3	Peso de la probeta + peso del agua + peso de la muestra satur. super. Seca	gr.	1801.23
4	Peso de la muestra secada en el horno + peso de la tara	gr.	701.25
5	Peso de la tara	gr.	104.25
6	Peso de la muestra secada al horno (4-5)	gr.	597
resultados			
1	Peso específico aparente $(6/(2+1-3))$	gr/cm3	2.50
2	Porcentaje de absorción $((1-6)/6)$	%	2.22

Observaciones:



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 : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA VOLANTE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE : Bach. WILY GUIDO MAMANI TARQUI
UBICACIÓN : JULIACA
CANtera : ISLA
FECHA : ABRIL DEL 2025

PESO UNITARIO

(ASTM C29 / C29M - NTP 400.023)

AGREGADO FINO

PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO FINO				
Descripción	Und.	N° de muestras		
		1	2	3
Peso del material + molde	g	18796	18845	18801
Peso del molde	g	10011	10011	10011
Peso del material	g	8785	8834	8790
Volumen del molde	cm3	5560.01	5560.01	5560.01
Peso unitario	g/cm3	1.580	1.589	1.581
Promedio	g/cm3		1.583	

PESO UNITARIO VARILLADO AGREGADO FINO				
Descripción	Und.	N° de muestras		
		1	2	3
Peso del material + molde	g	19025	19109	19103
Peso del molde	g	10011	10011	10011
Peso del material	g	9014	9098	9092
Volumen del molde	cm3	5560.01	5560.01	5560.01
Peso unitario	g/cm3	1.621	1.636	1.635
Promedio	g/cm3		1.631	

Observaciones:


GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC: 20613137921
Kevin Quilapaza 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 DE LA ADICIÓN DE CENIZA VOLANTE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE : Bach. WILY GUIDO MAMANI TARQUI
UBICACIÓN : JULIACA
CANtera : ISLA
FECHA : ABRIL DEL 2025

PESO UNITARIO

(ASTM C29 / C29M - NTP 400.023)

AGREGADO GRUESO

PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO GRUESO				
Descripción	Und.	N° de muestras		
		1	2	3
Peso del material + molde	g	18623	18635	18712
Peso del molde	g	10011	10011	10011
Peso del material	g	8612	8624	8701
Volumen del molde	cm ³	5560.01	5560.01	5560.01
Peso unitario	g/cm ³	1.549	1.551	1.565
Promedio	g/cm ³		1.555	

PESO UNITARIO VARILLADO AGREGADO GRUESO				
Descripción	Und.	N° de muestras		
		1	2	3
Peso del material + molde	g	18945	18846	18956
Peso del molde	g	10011	10011	10011
Peso del material	g	8934	8835	8945
Volumen del molde	cm ³	5560.01	5560.01	5560.01
Peso unitario	g/cm ³	1.607	1.589	1.609
Promedio	g/cm ³		1.602	

Observaciones:



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

Kevin Quiapaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yucra Quispe

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059



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

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA VOLANTE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE : Bach. WILY GUIDO MAMANI TARQUI
UBICACIÓN : JULIACA
CANtera : ISLA
FECHA : MAYO DEL 2025

COMPRESIÓN DEL CONCRETO

(ASTM C39 / C39M - NTP 339.034)

CONCRETO PATRÓN

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	F'C Kg/cm2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%
1	BRIQUETA DE PRUEBA						15.05 x 30.0 cm			60235.00
CP1										15.05
2	BRIQUETA DE PRUEBA						15.01 x 30.0 cm			60453.00
CP2										15.01
3	BRIQUETA DE PRUEBA						15.10 x 30.0 cm			61321.00
CP3										15.10
PROMEDIO					68.18%					

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	F'C Kg/cm2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%
1	BRIQUETA DE PRUEBA						14.99 x 30.0 cm			75320.00
CP4										14.99
2	BRIQUETA DE PRUEBA						15.02 x 30.0 cm			76420.00
CP5										15.02
3	BRIQUETA DE PRUEBA						15.06 x 30.0 cm			76350.00
CP6										15.06
PROMEDIO					85.78%					

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm2	ESF. ROTURA Kg/cm2	F'C Kg/cm2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%
1	BRIQUETA DE PRUEBA						15.07 x 30.0 cm			91520.00
CP7										15.07
2	BRIQUETA DE PRUEBA						15.05 x 30.0 cm			90560.00
CP8										15.05
3	BRIQUETA DE PRUEBA						15.01 x 30.0 cm			91380.00
CP9										15.01
PROMEDIO					102.57%					

Observaciones:



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

Kevin Quilapaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yucra Quispe

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059



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

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CENIZA VOLANTE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS
DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE : Bach. WILY GUIDO MAMANI TARQUI
UBICACIÓN : JULIACA
CANtera : ISLA
FECHA : MAYO DEL 2025

COMPRESIÓN DEL CONCRETO

(ASTM C39 / C39M - NTP 339.034)

CONCRETO PATRÓN + 8% DE CENIZA VOLANTE

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA 14.92 x 30.0 cm	62540.00	14.92	174.83	357.72	500	1/05/2025	8/05/2025	7	71.54%
	M1 + 8% de ceniza volante									
2	BRIQUETA DE PRUEBA 14.98 x 30.0 cm	63220.00	14.98	176.24	358.72	500	1/05/2025	8/05/2025	7	71.74%
	M2 + 8% de ceniza volante									
3	BRIQUETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm	62030.00	15.01	176.95	350.55	500	1/05/2025	8/05/2025	7	70.11%
	M3 + 8% de ceniza volante									
								PROMEDIO		71.13%

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA 15.08 x 30.0 cm	82630.00	15.08	178.6	462.65	500	1/05/2025	15/05/2025	14	92.53%
	M4 + 8% de ceniza volante									
2	BRIQUETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm	80963.00	15.00	176.71	458.17	500	1/05/2025	15/05/2025	14	91.63%
	M5 + 8% de ceniza volante									
3	BRIQUETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm	81975.00	15.03	177.42	462.04	500	1/05/2025	15/05/2025	14	92.41%
	M6 + 8% de ceniza volante									
								PROMEDIO	92.19%	

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm	94863.00	15.00	176.71	536.83	500	1/05/2025	29/05/2025	28	107.37%
	M7 + 8% de ceniza volante									
2	BRIQUETA DE PRUEBA 14.70 x 30.0 cm	91621.00	14.70	169.72	539.84	500	1/05/2025	29/05/2025	28	107.97%
	M8 + 8% de ceniza volante									
3	BRIQUETA DE PRUEBA 15.06 x 30.0 cm	95874.00	15.06	178.13	538.22	500	1/05/2025	29/05/2025	28	107.64%
	M9 + 8% de ceniza volante									
								PROMEDIO		107.66%

Observaciones:



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

Kevin Quilapaza 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 DE LA ADICIÓN DE CENIZA VOLANTE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS
DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE : Bach. WILY GUIDO MAMANI TARQUI
UBICACIÓN : JULIACA
CANtera : ISLA
FECHA : MAYO DEL 2025

COMPRESIÓN DEL CONCRETO

(ASTM C39 / C39M - NTP 339.034)

CONCRETO PATRÓN + 10% DE CENIZA VOLANTE

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm ²	ESF. ROTURA Kg/cm ²	F'C Kg/cm ²	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%
BRIQUETA DE PRUEBA 15.10 x 30.0 cm	68752.00	15.10	179.08	383.92	500	1/05/2025	8/05/2025	7	76.78%
M1 + 10% de ceniza volante									
BRIQUETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm	68521.00	15.02	177.19	386.71	500	1/05/2025	8/05/2025	7	77.34%
M2 + 10% de ceniza volante									
BRIQUETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm	67984.00	15.00	176.71	384.72	500	1/05/2025	8/05/2025	7	76.94%
M3 + 10% de ceniza volante									
PROMEDIO									77.02%

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm ²	ESF. ROTURA Kg/cm ²	F'C Kg/cm ²	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%
BRIQUETA DE PRUEBA 14.80 x 30.0 cm	83759.00	14.80	172.03	486.89	500	1/05/2025	15/05/2025	14	97.38%
M4 + 10% de ceniza volante									
BRIQUETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm	85742.00	15.04	177.66	482.62	500	1/05/2025	15/05/2025	14	96.52%
M5 + 10% de ceniza volante									
BRIQUETA DE PRUEBA 14.90 x 30.0 cm	84956.00	14.90	174.37	487.22	500	1/05/2025	15/05/2025	14	97.44%
M6 + 10% de ceniza volante									
PROMEDIO									97.11%

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA Kg	Ø cm	AREA cm ²	ESF. ROTURA Kg/cm ²	F'C Kg/cm ²	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	%
BRIQUETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm	105642.00	15.04	177.66	594.63	500	1/05/2025	29/05/2025	28	118.93%
M7 + 10% de ceniza volante									
BRIQUETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm	104875.00	15.01	176.95	592.68	500	1/05/2025	29/05/2025	28	118.54%
M8 + 10% de ceniza volante									
BRIQUETA DE PRUEBA 15.20 x 30.0 cm	107986.00	15.20	181.46	595.10	500	1/05/2025	29/05/2025	28	119.02%
M9 + 10% de ceniza volante									
PROMEDIO									118.83%

Observaciones:



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

Kevin Quiroz 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 DE LA ADICIÓN DE CENIZA VOLANTE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS
DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE : Bach. WILY GUIDO MAMANI TARQUI
UBICACIÓN : JULIACA
CANTERA : ISLA
FECHA : MAYO DEL 2025

COMPRESIÓN DEL CONCRETO

(ASTM C39 / C39M - NTP 339.034)

CONCRETO PATRÓN + 12% DE CENIZA VOLANTE

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
	Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DÍAS	
BRIQUETA DE PRUEBA 15.02 x 30.0 cm M1 + 12% de ceniza volante	71563.00	15.02	177.19	403.88	500	1/05/2025	8/05/2025	7	80.78%
BRIQUETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm M2 + 12% de ceniza volante	70869.00	15.00	176.71	401.05	500	1/05/2025	8/05/2025	7	80.21%
BRIQUETA DE PRUEBA 15.04 x 30.0 cm M3 + 12% de ceniza volante	71864.00	15.04	177.66	404.50	500	1/05/2025	8/05/2025	7	80.90%
							PROMEDIO		80.63%

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
	Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
BRIQUETA DE PRUEBA 15.03 x 30.0 cm	88756.00	15.03	177.42	500.26	500	1/05/2025	15/05/2025	14	100.05%
M4 + 12% de ceniza volante									
BRIQUETA DE PRUEBA 14.97 x 30.0 cm	89321.00	14.97	176.01	507.48	500	1/05/2025	15/05/2025	14	101.50%
M5 + 12% de ceniza volante									
BRIQUETA DE PRUEBA 15.01 x 30.0 cm	88984.00	15.01	176.95	502.88	500	1/05/2025	15/05/2025	14	100.58%
M6 + 12% de ceniza volante									
PROMEDIO									100.71%

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
	Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DÍAS	
BRIQUETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm M7 + 12% de ceniza volante	108721.00	15.00	176.71	615.25	500	1/05/2025	29/05/2025	28	123.05%
BRIQUETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm M8 + 12% de ceniza volante	108654.00	15.00	176.71	614.87	500	1/05/2025	29/05/2025	28	122.97%
BRIQUETA DE PRUEBA 15.00 x 30.0 cm M9 + 12% de ceniza volante	109321.00	15.00	176.71	618.65	500	1/05/2025	29/05/2025	28	123.73%
							PROMEDIO		123.25%

Observaciones:



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 DE LA ADICIÓN DE CENIZA VOLANTE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS
 DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE : Bach. WILY GUIDO MAMANI TARQUI
UBICACIÓN : JULIACA
CANtera : ISLA
FECHA : ABRIL DEL 2025

DISEÑO DE MEZCLAS

(ACI 211.1.74 / ACI 211.1.81)

PROCESO DE DISEÑO

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión $F'_c = 500 \text{ Kg/cm}^2$ a los 28 días

Las condiciones de colocación permiten un asentamiento de 3" a 4" (76,2 mm. A 101,6 mm).

Dado el uso del agregado grueso, se utilizará el único agregado de calidad satisfactoria y económicamente disponible el cual cumple con las especificaciones. Cuya graduación para el diámetro máximo nominal es de:

3/4" (19.05mm)

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

RESULTADOS DE LABORATORIO

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	AGREGADO GRUESO (GRAVA)	AGREGADO FINO (ARENA)
P.e de Sólidos		
P.e SSS	2.50	2.54
P.e Bulk		
P.U. Varillado	1602	1631
P.U. Suelto	1555	1583
% de Absorción	2.22	2.50
% de Humedad Natural	3.54	5.07
Módulo de Fineza	-	3.07



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

Kevin Quiroz 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

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

1.- El asentamiento dado es de 3" a 4" (76,2 mm. A 101,6 mm.).

2.- Se usará el agregado disponible en la localidad, el cual posee un diámetro nominal:

3/4" (19.05mm)

3.- Puesto que no se utilizará incorporador de aire, pero la estructura estará expuesta a intemperismo severo, la cantidad aproximada de agua de mezclado que se empleará para producir el asentamiento indicado será de:

205 Lt/m³

4.- Como el concreto no estará sometido a intemperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de:

2.0 %

5.- Como se prevee que el concreto no será atacado por sulfatos, entonces la relación agua/cemento (a/c) será de:

0.38

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

$$(205 \text{ Lt/m}^3) / (0.38) = 539.47 \text{ Kg/m}^3$$

7.- De acuerdo al módulo de fineza del agregado fino = 3.07 el peso específico unitario del agregado grueso varillado-compactado de 1602 Kg/m³ y un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 3/4" (19.05mm) se recomienda el uso de 0.59 m³ de agregado grueso por m³ de concreto.

Por tanto, el peso seco del agregado grueso será de:

$$(0.59) * (1602) = 949.99 \text{ Kg/m}^3$$

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

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

Volumen absoluto de agua	= (205) / (1000)	= 0.205
Volumen absoluto de cemento	= (539.47) / (2.85 * 1000)	= 0.189
Volumen absoluto de agregado grueso	= (949.99) / (2.5 * 1000)	= 0.379
Volumen de aire atrapado	= (2.0) / (100)	= 0.020
Volumen sub total	=	0.793 m ³



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

Kevin Quiroz 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

Volumen absoluto de arena

Por tanto, el peso requerido de arena seca será de: $(1.000 - 0.793) = 0.207 \text{ m}^3$

$$(0.207) * (2.5) * 1000 = 517.50 \text{ Kg/m}^3$$

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

Agregado grueso húmedo	$(950) * (1.0354)$	= 984 Kg.
Agregado fino húmedo	$(518) * (1.0507)$	= 544Kg.

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

$$205 - 950 \frac{(2.22 - 3.54)}{100} - 544 \frac{(2.50 - 5.07)}{100} = 179$$

11.- Ajuste teórico de diseño por corrección de absorción de agregados para el material cemento por ser el más incidente en el diseño de mezcla: $Rac = a/c$

$$C = \frac{179}{0.38} = 471$$

DOSIFICACIÓN

AGREGADO	DOSIFICACIÓN EN PESO SECO	PROPORCIÓN EN PESO SECO	DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO	PROPORCIÓN EN VOLUMEN
	(Kg/m ³)		(Kg/m ³)	PESO HUMEDO
Cemento	540	1.00	471	1.00
Agua	205	0.39	179	0.38
Agreg. Grueso	950	1.6	984	2.1
Agreg, Fino	518	0.1	543	1.2
Aire	2.0 %		2.0 %	

11.08 BOLSAS / m³ DE CEMENTO

DOSIFICACION POR PESO:

Cemento	: 42.50 Kg.
Agregado fino húmedo	: 51.00 Kg.
Agregado grueso húmedo	: 89.25 Kg.
Agua efectiva	: 16.15 Kg.



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

Kevin Quiapaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059



ANEXO 1 FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 04-05-2026

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: WILY GUIDO MAMANI TARQUI

Dirección: C. POBLADO LAMPA GRANDE / POMATA

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 76005925

Teléfono: 989738817 email: willyguido17@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 DE LA ADICIÓN DE CENIZA VOLANTE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA EN LA CIUDAD DE JULIACA

Palabras claves, (3 a 5 términos): ceniza volante, resistencia a compresión, concreto de alta resistencia, agregados.

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

1, 2

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

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



2. Referencia de tesis:

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

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

- ☐ Sí autorizo
- ☒ No autorizo

Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

☐ Internacional

☒ Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE MATERIALES – P17

Firma de Autor



huella digital

04 de Mayo del 2026

Fecha