



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO
HIDRÁULICO MODIFICADO CON ADICIÓN DE CENIZAS
DE CARTÓN Y DESECHOS DE CLAVO Y ALAMBRE
EN EL DISTRITO DE SANTA LUCÍA 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. LUIS FRANCISCO ZELA ROJAS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO
HIDRÁULICO MODIFICADO CON ADICIÓN DE CENIZAS
DE CARTÓN Y DESECHOS DE CLAVO Y ALAMBRE
EN EL DISTRITO DE SANTA LUCÍA 2025

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. LUIS FRANCISCO ZELA ROJAS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE	:	 _____ Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
PRIMER MIEMBRO	:	 _____ Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
SEGUNDO MIEMBRO	:	 _____ Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
ASESOR DE TESIS	:	 _____ Dr. ARNALDO YANA TORRES
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	:	TECNOLOGÍA DE MATERIALES – P17



**UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**

RESOLUCIÓN DECANAL N° 999-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 05 de septiembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025- CU-7593 presentado por el (la) Bachiller: **LUIS FRANCISCO ZELA ROJAS** 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. **LUIS FRANCISCO ZELA ROJAS**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRAÚLICO MODIFICADO CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CARTÓN Y DESECHOS DE CLAVO Y ALAMBRE EN EL DISTRITO DE SANTA LUCÍA 2025**, 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. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **1er Miembro** : Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
- * **2do Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Dr. ARNALDO YANA TORRES**.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **LUIS FRANCISCO ZELA ROJAS**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRAÚLICO MODIFICADO CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CARTÓN Y DESECHOS DE CLAVO Y ALAMBRE EN EL DISTRITO DE SANTA LUCÍA 2025** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : viernes 12 de septiembre del 2025
- * **HORA** : 11:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 406 - 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

[Signature]
DECANO V. VIANORTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730



[Signature]
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 795-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 08 de agosto del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU - 704 por el señor (a): **LUIS FRANCISCO ZELA ROJAS** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 645- 2025-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS) formato N° 030- 2025 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **LUIS FRANCISCO ZELA ROJAS**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRAÚLICO MODIFICADO CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CARTÓN Y DESECHOS DE CLAVO Y ALAMBRE EN EL DISTRITO DE SANTA LUCÍA 2025**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Dr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 030- 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRAÚLICO MODIFICADO CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CARTÓN Y DESECHOS DE CLAVO Y ALAMBRE EN EL DISTRITO DE SANTA LUCÍA 2025**, 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): **LUIS FRANCISCO ZELA ROJAS**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRAÚLICO MODIFICADO CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CARTÓN Y DESECHOS DE CLAVO Y ALAMBRE EN EL DISTRITO DE SANTA LUCÍA 2025** 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), Dr. **ARNALDO YANA TORRES**.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

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



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 511-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 24 de junio del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 5217, presentado por el señor (a) LUIS FRANCISCO ZELA ROJAS solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 222-2025-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 040-2025 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): LUIS FRANCISCO ZELA ROJAS ha presentado su propuesta de investigación Titulada: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRAÚLICO MODIFICADO CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CARTÓN Y DESECHOS DE CLAVO Y ALAMBRE EN EL DISTRITO DE SANTA LUCÍA 2025**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Dr. Cesar Guillermo Camargo Najjar de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 040-2025- aprobando la propuesta de investigación titulada: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRAÚLICO MODIFICADO CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CARTÓN Y DESECHOS DE CLAVO Y ALAMBRE EN EL DISTRITO DE SANTA LUCÍA 2025**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magíster 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. 23 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): LUIS FRANCISCO ZELA ROJAS, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulada: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRAÚLICO MODIFICADO CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CARTÓN Y DESECHOS DE CLAVO Y ALAMBRE EN EL DISTRITO DE SANTA LUCÍA 2025** 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 sí (a la) docente Dr. **ARNALDO YANA TORRES**.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. OSCAR Y. VIALONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
Dr. TITO DE MENDOZA AGUIAR
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

CC:
Análisis 2025
Intervenido (a)



EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRÁULICO MODIFICADO CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CARTÓN Y DESECHOS DE CLAVO Y ALAMBRE EN EL DISTRITO DE SANTA LUCÍA 2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

14%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	9%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.usmp.edu.pe Fuente de Internet	1%




Metadatos Complementarios



Título de la tesis	
EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRÁULICO MODIFICADO CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CARTÓN Y DESECHOS DE CLAVO Y ALAMBRE EN EL DISTRITO DE SANTA LUCÍA 2025	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	LUIS FRANCISCO ZELA ROJAS
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70064995
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0003-2579-9277
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-6740-5024
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	02442876
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	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: Lampa Distrito: Santa Lucía Latitud: S 15° 41' 44" Longitud: O 70° 36' 33"</p>  <p>https://maps.app.goo.gl/PRFdofzFVpxJoVxFA</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Junio 2025 – Setiembre 2025
URL de disciplinas OCDE	<p>Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00</p> <p>Ingeniería de Materiales https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.05.00</p>
- Librería	


 DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 UANCV
 Dr. Priscila Mamani Apaza
 DIRECTORA
 OFICINA DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo LUIS FRANCISCO ZELA ROJAS, identificado con DNI

Nro. 70064995, 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:

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRÁULICO MODIFICADO

CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CARTÓN Y DESECHOS DE CLAVO Y

ALAMBRE EN EL DISTRITO DE SANTA LUCÍA 2025

Asesorado por: Dr. ARNALDO YANA TORRES

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 25 de setiembre del 2025



Firma del Asesor
(obligatoria)



Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Dedico este logro a Dios, por darme la vida, la fortaleza y la sabiduría necesarias para culminar este camino académico y profesional. Su guía ha sido mi luz y mi motivación en cada etapa de este proyecto.

A mis padres Rolando Zela Zela y Ruth Zenovia Rojas Coaquira, quienes me enseñaron que la disciplina, el trabajo y la honestidad son los mejores cimientos para alcanzar cualquier meta. Gracias a su esfuerzo y ejemplo pude construir mi formación sobre bases sólidas.

A mis familiares por su apoyo constante y a mis amistades por acompañarme en cada etapa y darme ánimo en los momentos más exigentes. Ustedes son parte esencial de este logro, porque, como en la ingeniería civil, ninguna estructura se levanta sin un buen equipo ni sin bases firmes.



AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, en especial a la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por brindarme la formación académica, las herramientas y el espacio para desarrollar esta investigación. Cada clase, cada laboratorio y cada docente han contribuido a cimentar los conocimientos y valores que hoy aplico como futuro ingeniero civil.

Extiendo mi reconocimiento al Dr. Arnaldo Yana Torres, mi asesor de tesis, por su guía profesional, exigencia y confianza. Su acompañamiento ha sido clave para que este trabajo tenga bases sólidas, objetivos claros y resultados de calidad. Gracias por orientarme con rigor y por motivarme a superar mis propios límites.

Finalmente, agradezco a Dios por darme la fuerza y la claridad para culminar esta etapa, y a mi familia y amistades por su apoyo constante, su paciencia y sus palabras de aliento. Este logro es también suyo; cada consejo, cada gesto y cada muestra de respaldo fueron esenciales para que hoy pueda culminar esta etapa de mi vida.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	xv

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática.....	18
1.2 Planteamiento del problema.....	19
1.2.1 Problema general.....	19
1.2.2 Problemas específicos.....	20
1.3 Objetivos de la investigación.....	20
1.3.1 Objetivo general.....	20
1.3.2 Objetivos específicos.....	20
1.4 Justificación de la investigación.....	21
1.4.1 Justificación técnica.....	21
1.4.2 Justificación económica.....	21
1.4.3 Justificación social.....	21
1.4.4 Justificación ambiental.....	22
1.5 Hipótesis de la investigación.....	22
1.5.1 Hipótesis general.....	22
1.5.2 Hipótesis específicas.....	23
1.6 Variables e indicadores.....	23
1.6.1 Variable independiente.....	23



1.6.2	Variable dependiente.....	23
1.7	Operacionalización de variables.....	24

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de la investigación	25
2.1.1	Antecedentes internacionales.....	25
2.1.2	Antecedente nacional	28
2.1.3	Antecedente de ámbito local.....	29
2.2	Bases teóricas	31
2.2.1	Concreto hidráulico.....	31
2.2.1.1	Definición y composición del concreto hidráulico	32
2.2.1.2	Propiedades físicas y mecánicas del concreto hidráulico.....	33
2.2.1.3	Factores que afectan la calidad y desempeño del concreto	35
2.2.1.4	Normativas y regulaciones del concreto hidráulico	38
2.2.2	Materiales reciclados en la construcción.....	39
2.2.2.1	Importancia del uso de materiales reciclados en el concreto	40
2.2.2.2	Sostenibilidad y economía circular en la construcción	42
2.2.3	Cenizas de cartón como material de adición en el concreto	43
2.2.3.1	Caracterización química y física de las cenizas de cartón	44
2.2.3.2	Reactividad puzolánica de las cenizas de cartón.....	46
2.2.3.3	Efectos de la adición de cenizas de cartón en el concreto	47
2.2.3.4	Estudios previos sobre la aplicación de cenizas de cartón en materiales cementicios	48
2.2.4	Desechos de clavo y alambre en el concreto.....	50
2.2.4.1	Propiedades físicas y químicas de los desechos metálicos	51
2.2.4.2	Posibles efectos del uso de desechos de clavo y alambre en la matriz del concreto.....	52
2.2.4.3	Problemas de corrosión y estrategias de mitigación	53
2.2.4.4	Antecedentes de estudios sobre el uso de residuos metálicos en el concreto.....	55



- 2.2.5 Propiedades del concreto modificado con cenizas de cartón y desechos de
clavo y alambre 56
 - 2.2.5.1 Trabajabilidad y asentamiento 57
 - 2.2.5.2 Resistencia a la compresión y flexión 59
 - 2.2.5.3 Durabilidad y comportamiento ante agentes agresivos 60
 - 2.2.5.4 Evaluación de costos y viabilidad técnica 61
- 2.2.6 Normativas y metodologías de ensayo aplicables 63
 - 2.2.6.1 Normas ASTM y ACI relacionadas con la evaluación del concreto 64
- 2.3 Marco conceptual..... 66

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

- 3.1 Enfoque de investigación 69
- 3.2 Tipo de la investigación..... 70
- 3.3 Nivel de la investigación..... 70
- 3.4 Diseño de la investigación..... 71
- 3.5 Método de la investigación..... 71
- 3.6 Población y muestra de la investigación..... 72
 - 3.6.1 Población..... 72
 - 3.6.2 Muestra 73
- 3.7 Técnicas e instrumentos 74
 - 3.7.1 Técnicas 74
 - 3.7.2 Instrumentos de recolección de datos investigación 76
- 3.8 Validación y confiabilidad del instrumento 77
 - 3.8.1 Validación de los instrumentos 77
 - 3.8.2 Confiabilidad de instrumentos..... 79
- 3.9 Plan de recolección y procesamiento de datos 80
 - 3.9.1 Desarrollo de plan de investigación 80
 - 3.9.2 Etapa de campo 85
 - 3.9.3 Etapa de laboratorio 86
 - 3.9.4 Etapa de gabinete 90



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados de las muestras evaluadas 92

 4.1.1 Características del concreto posterior al ensayo de asentamiento..... 99

 4.1.2 Capacidad de resistencia a compresión del concreto + CC + DCA..... 107

 4.1.3 Capacidades de resistencia a flexión del concreto hidráulico 133

4.2 Discusión de Resultados..... 160

CONCLUSIONES 162

RECOMENDACIONES..... 164

REFERENCIAS 165



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Operacionalización de variables* 24

Tabla 2 *Cantidad de unidades analizadas* 74

Tabla 3 *Datos logrados de los suelos del área de estudio* 93

Tabla 4 *Valores con respecto a los agregados* 93

Tabla 5 *Datos para el diseño 280kg/cm2*..... 95

Tabla 6 *Cantidades de material utilizado* 96

Tabla 7 *Cantidades de material adicionante en kg/m3 y peso seco*..... 98

Tabla 8 *Análisis de los asentamientos logrados (estándar)* 99

Tabla 9 *Análisis de los asentamientos logrados (cenizas de cartón 6%)* 100

Tabla 10 *Análisis de los asentamientos logrados (ceniza de cartón 12%)* 101

Tabla 11 *Análisis de los asentamientos logrados (desechos de clavo y alambre 6%)* .. 103

Tabla 12 *Análisis de los asentamientos logrados (desechos de clavo y alambre 12%)* 104

Tabla 13 *Conjunto de resultados promedio obtenidos al incorporar puzolana* 105

Tabla 14 *Recopilación de soporte a fuerzas compresivas concreto hidráulico*..... 107

Tabla 15 *Recopilación de soporte a fuerzas compresivas concreto + ceniza de cartón 6%*
..... 108

Tabla 16 *Recopilación de soporte a fuerzas compresivas concreto + ceniza de cartón
12%*..... 110

Tabla 17 *Recopilación de soporte a fuerzas compresivas concreto + DCyA 6%* 111

Tabla 18 *Recopilación de soporte a fuerzas compresivas concreto + DCyA 12%* 112

Tabla 19 *Recopilación de soporte a fuerzas compresivas concreto hidráulico*..... 114

Tabla 20 *Recopilación de soporte a fuerzas compresivas concreto + cenizas de cartón
6%* 115

Tabla 21 *Recopilación de soporte a fuerzas compresivas concreto + cenizas de cartón
12%* 116

Tabla 22 *Recopilación de soporte a fuerzas compresivas concreto + DCyA 6%* 118

Tabla 23 *Recopilación de soporte a fuerzas compresivas concreto + DCyA 12%* 119



Tabla 24 *Recopilación de soporte a fuerzas compresivas concreto hidráulico*..... 120

Tabla 25 *Recopilación de soporte a fuerzas compresivas concreto + ceniza de cartón 6%*
..... 122

Tabla 26 *Recopilación de soporte a fuerzas compresivas concreto + ceniza de cartón 12%*..... 123

Tabla 27 *Recopilación de soporte a fuerzas compresivas concreto + DCyA 6%* 124

Tabla 28 *Recopilación de soporte a fuerzas compresivas concreto + DCyA 12%* 126

Tabla 29 *Comparativos de resistencias de los grupos de control al día 7 de curado* ... 127

Tabla 30 *Comparativos de resistencias de los grupos de control al día 14 de curado* . 128

Tabla 31 *Comparativos de resistencias de los grupos de control al día 28 de curado* . 130

Tabla 32 *Comparativo general de la evolución de resistencias* 131

Tabla 33 *Recopilación de soporte a fuerzas de flexión, concreto hidráulico* 134

Tabla 34 *Recopilación de soporte a fuerzas de flexión, concreto + ceniza de cartón 6%*
..... 135

Tabla 35 *Recopilación de soporte a fuerzas de flexión, concreto + cenizas de cartón 12%*
..... 136

Tabla 36 *Recopilación de soporte a fuerzas de flexión, concreto base + DCyA 6%* 138

Tabla 37 *Recopilación de soporte a fuerzas de flexión, concreto base + DCyA 6%* 139

Tabla 38 *Recopilación de soporte a fuerzas de flexión, concreto base*..... 140

Tabla 39 *Recopilación de soporte a fuerzas de flexión, concreto + ceniza de cartón 6%*
..... 142

Tabla 40 *Recopilación de soporte a fuerzas de flexión, concreto + ceniza de cartón 12%*
..... 143

Tabla 41 *Recopilación de soporte a fuerzas de flexión, concreto + DCyA 6%*..... 144

Tabla 42 *Recopilación de soporte a fuerzas de flexión, concreto + DCyA 12%*..... 146

Tabla 43 *Recopilación de soporte a fuerzas de flexión, concreto hidráulico* 147

Tabla 44 *Recopilación de soporte a fuerzas de flexión, concreto + ceniza de cartón 6%*
..... 148

Tabla 45 *Recopilación de soporte a fuerzas de flexión, concreto base + ceniza de cartón 12%*..... 150



Tabla 46 <i>Recopilación de soporte a fuerzas de flexión, concreto + DCyA 6%</i>	151
Tabla 47 <i>Recopilación de soporte a fuerzas de flexión, concreto + DCyA 12%</i>	152
Tabla 48 <i>Comparativos de resistencias a flexión de grupos de prueba al día 7 de curado</i>	154
Tabla 49 <i>Comparativos de resistencias a flexión de grupos de prueba al día 14 de curado</i>	155
Tabla 50 <i>Comparativos de resistencias a flexión de grupos de prueba al día 28 de curado</i>	156
Tabla 51 <i>Comparativo general de la evolución de resistencias a flexión</i>	158



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Localidad don se elaboró el estudio* 73

Figura 2 *Manipulación las cenizas de cartón*..... 82

Figura 3 *Manipulación de los desechos de clavo y alambre*..... 83

Figura 4 *Cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre*..... 84

Figura 5 *Ensayo granulométrico* 89

Figura 6 *Curvas de valores granulométrica (grava)*..... 94

Figura 7 *Curvas de valores granulométrica (fino)*..... 95

Figura 8 *Proporción de los componentes del concreto*..... 97

Figura 9 *Descripción grafica de los valores logrados (SLUMP)* 99

Figura 10 *Descripción grafica de los valores logrados (SLUMP + 6% de ceniza de cartón)*
..... 101

Figura 11 *Descripción grafica de los valores logrados (SLUMP + 12% de ceniza de cartón)* 102

Figura 12 *Descripción grafica de los valores logrados (SLUMP + 6% de ceniza de cartón)*
..... 103

Figura 13 *Descripción grafica de los valores logrados (SLUMP + 12% de ceniza de cartón)* 105

Figura 14 *Grafica de valores promedio observados* 106

Figura 15 *Datos recabados a partir de una muestra estándar*..... 108

Figura 16 *Datos recabados a partir de una muestra + ceniza de cartón 6%*..... 109

Figura 17 *Datos recabados a partir de una muestra estándar + ceniza de cartón 12%* 110

Figura 18 *Datos recabados a partir de una muestra estándar + DCyA 6%*..... 112

Figura 19 *Datos recabados a partir de una muestra estándar + DCyA 12%*..... 113

Figura 20 *Datos recabados a partir de un concreto hidráulico*..... 114

Figura 21 *Datos recabados a partir de una muestra estándar + ceniza de cartón 6%*.. 116

Figura 22 *Datos recabados a partir de una muestra estándar + cenizas de cartón 12%*
..... 117



Figura 23 Datos recabados a partir de una muestra estándar + DCyA 6%..... 118

Figura 24 Datos recabados a partir de una muestra estándar + DCyA 12%..... 120

Figura 25 Datos recabados a partir de un concreto hidráulico..... 121

Figura 26 Datos recabados a partir de una muestra estándar + ceniza de cartón 6%.. 122

Figura 27 Datos recabados a partir de una muestra estándar + ceniza de cartón 12% 124

Figura 28 Datos recabados a partir de una muestra estándar + DCyA 6%..... 125

Figura 29 Datos recabados a partir de una muestra estándar + DCyA 12%..... 126

Figura 30 Evolución de los testigos al 7mo día 128

Figura 31 Evolución de los testigos al 14vo día..... 129

Figura 32 Evolución de los testigos al 28vo día..... 130

Figura 33 Proceso de evolución de los testigos con variada dosificación 132

Figura 34 Datos recabados a partir de una muestra estándar (flexión) 134

Figura 35 Datos recabados a partir de una muestra estándar + ceniza de cartón 6% (flexión)..... 136

Figura 36 Datos recabados a partir de una muestra estándar + cenizas de cartón 12% (flexión)..... 137

Figura 37 Datos recabados a partir de una muestra estándar + DCyA 6% (flexión) 138

Figura 38 Datos recabados a partir de una muestra estándar + DCyA 12% (flexión) ... 140

Figura 39 Datos recabados a partir de una muestra estándar (flexión) 141

Figura 40 Datos recabados a partir de una muestra estándar + ceniza de cartón 6% (flexión)..... 142

Figura 41 Datos recabados a partir de una muestra estándar + ceniza de cartón 12% (flexión)..... 144

Figura 42 Datos recabados a partir de una muestra estándar + DCyA 6% (flexión) 145

Figura 43 Datos recabados a partir de una muestra estándar + DCyA 12% (flexión) ... 146

Figura 44 Datos recabados a partir de una muestra hidráulico (flexión) 148

Figura 45 Datos recabados a partir de una muestra estándar + cenizas de cartón 6% (flexión)..... 149



Figura 46 Datos recabados a partir de una muestra estándar + cenizas de cartón 12% (flexión).....	150
Figura 47 Datos recabados a partir de una muestra + DCyA 6% (flexión).....	152
Figura 48 Datos recabados a partir de una muestra + DCyA 12% (flexión).....	153
Figura 49 Evolución de los testigos al 7mo día	154
Figura 50 Evolución de los testigos al 14vo día, concreto hidráulico	156
Figura 51 Evolución de los testigos al 28vo día, concreto hidráulico	157
Figura 52 Proceso de evolución de los testigos con variada dosificación	159



RESUMEN

El presente estudio, titulado "Evaluación de las propiedades del concreto hidráulico modificado con adición de cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre en el distrito de Santa Lucía 2025", tuvo como objetivo general evaluar el comportamiento del concreto hidráulico incorporando dichos residuos en proporciones variables. Los objetivos específicos incluyeron determinar su efecto sobre la trabajabilidad, la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión. Se empleó una metodología de enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, con un nivel explicativo, diseño experimental y método científico. Las mezclas se prepararon con adiciones del 6% y 12% de cenizas de cartón y desechos metálicos (clavos y alambres), y fueron sometidas a ensayos a los 7, 14 y 28 días de curado. Los resultados revelaron que la inclusión de cenizas de cartón mejoró notablemente la trabajabilidad del concreto, facilitando su colocación y compactación. En cuanto a la resistencia a la compresión, las muestras con 12% de cenizas alcanzaron valores superiores al concreto convencional, lo cual sugiere su viabilidad para aplicaciones estructurales. En resistencia a la flexión, los mejores desempeños se lograron con la adición combinada de clavo y alambre al 12%, indicando una mayor tenacidad del material. En conclusión, la incorporación de estos residuos reciclados no solo mejora las propiedades mecánicas del concreto, sino que también representa una alternativa sostenible y económica para la industria de la construcción, al valorizar materiales de desecho que comúnmente son subutilizados, contribuyendo así a la economía circular y la reducción del impacto ambiental.

Palabras clave: Concreto hidráulico, cenizas de cartón, desechos de clavo y alambre.



ABSTRACT

The current study entitled "Evaluation of the Properties of Hydraulic Concrete modified with the addition of cardboard ashes and clove and wire waste in the province of Santa Lucía 2025" In this study an experimental methodology was used that consisted of the preparation of hydraulic concrete mixtures modified with different concentrations of cardboard ashes and clove waste and wire. Samples with proportions of 6% and 12% of these materials were developed, and workability tests, compression resistance and flexion resistance were carried out at 7, 14 and 28 days of curing. The results indicated that the modified concrete with cardboard ashes presented a better workability compared to conventional concrete, which facilitates its use on site. In terms of compression resistance, a significant improvement was observed by increasing the proportion of cardboard ashes, reaching greater values with 12%, which suggests its potential for demanding structural applications. In addition, both cardboard ashes and clove and wire waste showed an increase in flexion resistance, the use of 12% clove and wire waste is the most effective. These findings underline the benefit of the use of recycled materials in the manufacture of concrete, promoting not only sustainability, but also the improvement of the mechanical properties of concrete. In summary, this study opens new possibilities for the use of waste as viable alternatives in the construction industry, especially in the improvement of the resistance and manageability of the concrete.

Keywords: Hydraulic concrete, cardboard ash, nail and wire waste.



INTRODUCCIÓN

El concreto hidráulico es uno de los materiales fundamentales en la industria de la construcción debido a su resistencia, durabilidad y capacidad para adaptarse a distintas condiciones estructurales. No obstante, su proceso de elaboración implica un alto consumo de recursos naturales y genera impactos ambientales importantes, como la emisión de gases de efecto invernadero durante la producción de cemento y la explotación intensiva de agregados pétreos. En respuesta a estos desafíos, ha surgido el interés por integrar residuos sólidos reciclados en las mezclas de concreto, con el fin de reducir la huella ambiental sin comprometer el desempeño mecánico del material.

En esta línea, el uso de cenizas provenientes de cartón reciclado y desechos metálicos como clavos y alambres ofrece una alternativa prometedora. Las cenizas de cartón, por sus propiedades puzolánicas, pueden mejorar la cohesión interna del concreto y actuar como sustituto parcial del cemento. A su vez, los residuos de clavo y alambre actúan como refuerzo disperso, incrementando potencialmente la resistencia a la tracción y la flexión. Considerando la alta generación de estos residuos en el distrito de Santa Lucía, su incorporación al concreto representa una solución técnica y ambientalmente viable que puede contribuir a la economía circular local y a la sostenibilidad en la construcción.

La presente investigación tuvo como objetivo principal evaluar las propiedades del concreto hidráulico modificado con la adición de cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre en proporciones variables, en el distrito de Santa Lucía. Específicamente, se buscó determinar el efecto de estos materiales sobre la trabajabilidad de la mezcla, la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión del concreto elaborado, con el propósito de identificar combinaciones óptimas que potencien su rendimiento y sostenibilidad.

Para alcanzar los objetivos planteados, se adoptó una metodología de enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y nivel explicativo, con diseño experimental, empleando el



método científico. Se elaboraron mezclas de concreto con diferentes proporciones de aditivos reciclados: 6% y 12% de cenizas de cartón, así como de desechos de clavo y alambre. Las muestras fueron sometidas a ensayos de trabajabilidad, compresión y flexión a los 7, 14 y 28 días de curado. Los resultados obtenidos permitieron comparar el desempeño de las mezclas modificadas frente a un concreto convencional, estableciendo así las ventajas técnicas y ambientales de incorporar estos residuos sólidos en la industria de la construcción.

Capítulo I: Introducción

Describe el problema de la investigación, su importancia y objetivos. El uso de cenizas de cartón y chatarra de metal en concreto hidráulico está justificado, destacando sus impactos ambientales y estructurales. Se especifican la hipótesis y los parámetros del estudio.

Capítulo II: Marco teórico

Aclara los conceptos esenciales de concreto hidráulico, que abarca su composición y características. Investigue la posible reactividad puzolánica de las cenizas de cartón y su mejora estructural con desechos metálicos. Se incorporan reglas y estudios anteriores relevantes.

Capítulo III: Metodología

Aclarar el enfoque experimental, los recursos y los métodos utilizados. Especifica las relaciones de sustitución, las metodologías de mezcla y curado, junto con la fuerza, la trabajabilidad y la durabilidad del concreto modificado.



Capítulo IV: Resultados y análisis

Presente y evalúe los datos recopilados, analizando el impacto de los componentes integrados en el rendimiento del concreto. Se comparan con regulaciones y estudios anteriores, destacando beneficios y desventajas, junto con recomendaciones para su ejecución.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática

La industria del cemento es un contribuyente significativo al impacto ambiental en todo el mundo, que representa aproximadamente el 7% de las emisiones de dióxido de carbono global (CO₂) debido a la calcinación de la piedra caliza y la utilización de combustibles fósiles en su fabricación. El problema se ve exacerbado por la creciente demanda de materiales de construcción, lo que lleva a la explotación indiscriminada de los recursos naturales y un aumento en la creación de residuos sólidos. La integración de los materiales reciclados en la producción de concreto se ha convertido en una técnica crucial para mitigar su efecto ambiental, fomentando opciones más sostenibles dentro del sector de la construcción (Deledesma, 2021).

En Perú, la gestión de los residuos sólidos es una preocupación creciente. Anualmente, se predice que se producen más de 21,000 toneladas de papel y basura de cartón, con solo un 25% reciclado efectivamente (Ministerio de Medio Ambiente (Minam)). Además, la basura metálica, incluidas las uñas y los cables de los sectores de construcción e industrial, generalmente se acumula en vertederos informales, exacerbando la degradación ambiental. En respuesta a este problema, varios proyectos han abogado por la reutilización de la basura en nuevos materiales de construcción, lo que mejora la



sostenibilidad del sector y disminuye la explotación de los recursos naturales. No obstante, la ejecución de estas soluciones está limitada, lo que subraya la necesidad de examinar sus efectos sobre la resistencia y la durabilidad del concreto (Conesco, 2022).

En el distrito de Santa del distrito de San Román en Puno, la gestión de los desechos sólidos urbanos y de construcción tiene varios desafíos debido a la infraestructura insuficiente para la recolección y el tratamiento. La acumulación de objetos de basura y metal de cartón es un problema ambiental sustancial, que impacta la calidad del suelo y las fuentes de agua adyacentes (Gobierno regional de Puno, 2022). La adopción de soluciones para la reutilización de estos recursos en la fabricación concreta puede mitigar el efecto ambiental y generar ventajas económicas para la comunidad. La incorporación de cenizas de cartón, clavo y desechos de alambre en la producción de concreto hidráulico ofrece un enfoque factible para mejorar la sostenibilidad de la industria de la construcción regional (Alvarado, 2019).

La fabricación de cemento y la eliminación de residuos sólidos insuficientes plantean preocupaciones ambientales a nivel global, nacional y local. En el Distrito de Santa, distrito de San Román, Puno, la acumulación de restos de cartón y metal plantea problemas ambientales y de salud, lo que subraya la necesidad de técnicas de reutilización dentro del sector del edificio. La integración de estos componentes en la producción de concreto puede mitigar contaminantes, mejorar la durabilidad del material y fomentar un paradigma de construcción más sostenible en la región.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuáles son las propiedades del concreto hidráulico modificado con adición de cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre en el distrito de Santa Lucía 2025?



1.2.2 Problemas específicos

1. ¿Cuál es el efecto de la incorporación de cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre en proporciones variables sobre la trabajabilidad de la mezcla de concreto hidráulico modificado en el distrito de Santa Lucía?
2. ¿Cuál es el impacto de la adición de cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre en proporciones variables sobre la resistencia a la compresión del concreto hidráulico modificado en el distrito de Santa Lucía?
3. ¿Cuál es la influencia de aplicación de cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre en proporciones variables sobre la resistencia a la flexión del concreto hidráulico modificado en el distrito de Santa Lucía?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Evaluar las propiedades del concreto hidráulico modificado con adición de cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre en el distrito de Santa Lucía 2025.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Determinar el efecto de la incorporación de cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre en proporciones variables sobre la trabajabilidad de la mezcla de concreto hidráulico modificado en el distrito de Santa Lucía.
2. Determinar el impacto de la adición de cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre en proporciones variables sobre la resistencia a la compresión del concreto hidráulico modificado en el distrito de Santa Lucía.
3. Determinar la influencia de aplicación de cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre en proporciones variables sobre la resistencia a la flexión del concreto hidráulico modificado en el distrito de Santa Lucía.



1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación técnica

Esta investigación tiene como objetivo evaluar los efectos de la incorporación de cenizas de cartón y el clavo y los desechos de alambre en las cualidades del concreto hidráulico, centrándose en la resistencia mecánica, la durabilidad y la trabajabilidad. El concreto alterado que usa materiales reciclados puede mejorar su rendimiento estructural a través del impacto puzolánico de las cenizas de cartón, que ayuda en la hidratación y la compactación de la mezcla. Del mismo modo, el uso de uñas y cables reciclados puede producir refuerzo interno, mejorando la resistencia a la tracción y la flexión del material. Este estudio determinará la configuración de dosificación ideal y confirmará su viabilidad técnica, estableciendo una base para los usos futuros en proyectos de infraestructura sostenible en el distrito de San Román, Puno.

1.4.2 Justificación económica

El uso de materiales reciclados en la fabricación de concreto constituye una opción económica factible, ya que disminuye los gastos relacionados con la adquisición del cemento y los agregados tradicionales, que afectan significativamente el presupuesto del edificio. La reutilización de cenizas de cartón y basura de metal reduce la dependencia de materias primas costosas al tiempo que fomenta la utilización de recursos de origen local, por lo tanto, avanza un modelo de economía circular. Además, la utilización de esta basura podría fomentar nuevas perspectivas comerciales en las industrias de reciclaje y construcción, produciendo ventajas económicas para las empresas de la comunidad y la construcción que buscan opciones más accesibles y sostenibles.

1.4.3 Justificación social

La gestión efectiva de residuos sólidos es un problema persistente en el distrito de Santa, ubicado en el distrito de San Román, Puno, donde la acumulación de cartones y



restos de metal plantea un peligro significativo para la calidad de vida de los residentes. La ejecución de técnicas para la valorización de estos desechos en la construcción mitigaría la contaminación y mejoraría las condiciones de salud dentro de la comunidad. Del mismo modo, la producción de concreto más accesible y duradera ventilaría los sectores sociales con recursos restringidos, lo que permite el acceso a materiales de construcción asequibles para viviendas y proyectos de infraestructura local.

1.4.4 Justificación ambiental

El efecto ambiental de la industria del cemento es considerable, ya que contribuye a las emisiones de CO₂ y al extenso agotamiento de los recursos naturales. La integración de las cenizas de cartón como sustituto parcial del cemento puede disminuir la huella de carbono del concreto, lo que reduce las emisiones vinculadas a su fabricación. La incorporación de basura metálica en la mezcla de concreto evitaría su eliminación en vertederos y acumulación en áreas metropolitanas, por lo tanto, mitigar los impactos adversos en la tierra y el agua. Esta investigación aboga por la construcción sostenible y una economía circular, que respalda las técnicas responsables de gestión de residuos y el uso de materiales ecológicos que mitigan el efecto ambiental en la región de Puno.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 Hipótesis general

La incorporación de cenizas de cartón y residuos metálicos de clavo y alambre en la producción de concreto hidráulico generará una mejora significativa en sus propiedades físicas y mecánicas en el distrito de Santa Lucía, optimizando su desempeño estructural y promoviendo una alternativa sostenible para la construcción.



1.5.2 *Hipótesis específicas.*

1. La adición controlada de cenizas de cartón y residuos metálicos en proporciones variables favorecerá la trabajabilidad del concreto hidráulico modificado, optimizando la cohesión y fluidez de la mezcla, lo que permitirá mejorar su manipulación y aplicación en el distrito de Santa Lucía.
2. La integración de cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre en el concreto hidráulico aumentará su resistencia a la compresión, debido a la posible interacción de estos materiales con la matriz cementicia, lo que fortalecerá la estructura del concreto en el distrito de Santa Lucía.
3. La aplicación de cenizas de cartón y residuos metálicos en proporciones adecuadas contribuirá a una mejora en la resistencia a la flexión del concreto hidráulico, proporcionando un refuerzo interno que incrementará su capacidad de absorber esfuerzos y evitar fisuras prematuras en el distrito de Santa Lucía.

1.6 Variables e indicadores

1.6.1 *Variable independiente*

Cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre

Indicadores:

- Adición de ceniza de cartón en 6% y 12%
- Adición de desechos de clavo y alambre en 6% y 12%

1.6.2 *Variable dependiente*

Propiedades del concreto hidráulico

Indicadores:

- Slump
- Compresión
- Flexión



1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable Independiente	Definición	Dimensiones	Indicadores	Valor final	Inst. Medición	Tipo
1. Cenizas de cartón	Sustitución parcial del cemento Portland por cenizas de cartón y la incorporación de desechos de clavo y alambre para evaluar su impacto en las propiedades del concreto hidráulico.	Proporción adición de CC	CC	CC	Ficha de control de calidad del laboratorio	Nominal
2. Desechos de clavo y alambre			6% 12%	21.96 kg. 43.92 kg.		
		Proporción de adición de DCyA	DCyA 6% 12%	DCyA 21.96 kg. 43.92 kg.		
Variable Dependiente	Definición	Dimensiones	Indicadores	Valor final	Inst. Medición	Tipo
Propiedades del concreto hidráulico	Las propiedades del concreto hidráulico son las características físicas, mecánicas y de durabilidad que determinan su comportamiento y desempeño en estructuras.	Propiedades físicas Propiedades mercancías	Trabajabilidad Resistencia a la compresión Flexión	Δ Kg/cm2 Kg/cm2	Ficha de control del laboratorio	Nominal

Nota. Generado por el autor



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Para, Solahuddin y Yahaya, (2021) en su trabajo titulado "Comportamiento estructural de una viga de hormigón armado hecha de papel triturado", Los materiales empleados en la fabricación de un haz de concreto reforzado son cemento, arena, agregado grueso, agua y barras de refuerzo. El papel residual desperdiciado se ha puesto como basura, exacerbando el daño ambiental alrededor del molino o el vertedero. Los desechos de papel anuales del sector están aumentando constantemente. La creciente demanda de espacio en el vertedero está agotando los recursos naturales, exacerbando la pérdida de energía, inflar los costos y contribuye a varios tipos de contaminación. La integración de papel desechado en la fabricación de haces de concreto reforzado reducirá el daño ambiental. Este estudio busca analizar el rendimiento estructural de las vigas de concreto reforzadas que contienen un 10% de papel de desecho mixto y de cartón rallado como aditivos, empleando tres configuraciones de refuerzo: refuerzo de corte completo con un espacio de estribo de 100 mm y un refuerzo de cizallamiento disminuido con espacios de estribo de 150 mm y 200 mm. Todas las muestras están sujetas a secado al aire durante un período de 28 días. Las características de deflexión de carga y la capacidad



final de carga de carga se mejoran al incluir el 10% de papel de desecho de copiadore y cartón triturado después de 28 días de curado de aire, empleando refuerzos de corte completos y reducidos. Los resultados revelan que un haz de concreto reforzado con refuerzo de cizallamiento completo con un espacio de 100 mm, que incluye una incorporación del 10% de papel desechos de cartón triturado, exhibe la carga de rendimiento más alta ($P_y = 96.67$ kN), carga final ($P_U = 103.15$ kN), máxima carga ($p_{Max} = 106.78$ kn), carga en primer lugar ($p_1 = 704$ kN), la carga máxima (carga de $p_{Max} = 106.78$ KN), carga en primer lugar ($p_1 = 704$ kN), la carga máxima (carga (106.78 kn), carga en primer lugar ($P_1 = 704$ kN), y la carga máxima (carga de $p_{Max} = 106.78$ KN), carga en primer lugar ($P_1 = 704$ kN), y la carga máxima (carga de $p_{Max} = 106.78$), carga en primer lugar ($P_1 = 70$ kn), y la carga máxima y la carga y la carga y la carga y la carga más baja (la carga y la carga y la carga y la carga. Deflexión ($\Delta y = 11.98$ mm), desviación final ($\Delta U = 23.04$ mm) y deflexión máxima ($\Delta_{max} = 18.12$ mm) en comparación con las configuraciones SCPWP al 10% y al 0% SCPWP. Este estudio indica que la copiadora rallada y el papel de desecho de cartón se pueden utilizar como un aditivo en la producción de vigas de concreto reforzadas.

Seguidamente, Zhang et al., (2021) En este trabajo se investiga "Diseño, implementación y predicción del desempeño de losas compuestas huecas de concreto reciclado con agregado mezclado con láminas de acero perfiladas" Las losas compuestas de hormigón de hormigón agregado de lámina de acero perfilado se estudian y emplean ampliamente en aplicaciones de ingeniería debido a su durabilidad y reciclabilidad superiores. Las losas compuestas huecas de concreto, que pueden reducir su autoevaluación, están atrayendo la atención como alternativa a las losas compuestas de concreto. Sin embargo, los espacios internos aumentarán el riesgo de colapso y falla de corte en las losas compuestas de concreto. Este artículo desarrolla losas compuestas huecas de hormigón recicladas que incluyen tuberías de PVC para reducir el riesgo y mejorar el rendimiento de la flexión. Se realiza un experimento exhaustivo en cinco



muestras de losas compuestas huecas de hormigón de hormigón reciclado de acero perfilado en boca abierta para examinar la influencia del refuerzo de la placa inferior, el grosor de la capa superficial de concreto y el tamaño hueco en el rendimiento de las losas compuestas. Se crea un modelo de predicción que emplea una red neuronal artificial (ANN) que consiste en muchos módulos sub-ANN para estimar el rendimiento mecánico de las losas compuestas huecas propuestas. Además, se desarrolla un árbol de decisión para determinar el módulo de prueba de prueba apropiado, por lo tanto, mejora la precisión de las pruebas, en función de la jerarquía de parámetros que afectan el rendimiento mecánico de las losas compuestas. Se proporcionan los resultados anticipados y empíricos para ilustrar la viabilidad y efectividad del marco de predicción sugerido basado en ANN para pronosticar el rendimiento mecánico de las losas compuestas.

Finalmente para, Sobuz et al., (2022) en trabajo titulado "Desarrollo de Hormigón Autocompactante Incorporando Ceniza de Cascarilla de Arroz con Residuos de Fibra de Alambre de Cobre Galvanizado" Este estudio investiga el análisis experimental de las características reológicas y mecánicas del concreto de autocompactación (SCC), incluida la fibra de alambre de cobre galvanizado de desechos y la ceniza de cáscara de arroz (RHA). La investigación utilizó tres fracciones de volumen distintas: 0.5%, 0.75% y 1% de la fibra de alambre de cobre residual como agente de refuerzo, junto con el 2% de RHA como sustituto del cemento. Este estudio incluyó pruebas de flujo de caída, j-anillo y vitino V para evaluar las nuevas propiedades de SCC. La resistencia a la compresión, la división de resistencia a la tracción y la resistencia a la flexión del concreto se evaluaron para determinar las características endurecidas. El experimento tuvo como objetivo evaluar las características del SCC convencional en comparación con una mezcla SCC modificada, que incluía a RHA como aditivo puzolánico y fibra de cobre como agente de refuerzo. El uso de fibra de cobre en el SCC da como resultado características frescas disminuidas en relación con el SCC simple, sin embargo, permanece dentro de un rango aceptable. La incorporación del 2% RHA aumenta la viscosidad del SCC. La inclusión de cenizas de



cáscara de arroz al 2% y alambre de cobre al 1% en el concreto de autocompactación produce resistencia ideal; Sin embargo, esta combinación exhibe flujo inadecuado. La mezcla SCC con 2% de RHA y fibra de cobre al 0,75% se considera óptima para el rendimiento general. Este trabajo ilustra que la integración del refuerzo de fibra metálica, como el alambre de cobre, y las mezclas minerales, como RHA, pueden mejorar las características mecánicas de SCC hasta cierto punto.

2.1.2 Antecedente nacional

Para, Choque (2023), su investigación titulada "Propiedades físicas y mecánicas de concreto hidráulico modificados con cenizas de cartón y cerámico reciclado para revestido de canales, Cusco 2023" El problema del concreto hidráulico en canales abiertos surge de deficiencias de diseño, construcción inadecuada y condiciones climáticas desfavorables, lo que lleva a una disminución de la durabilidad y el desarrollo de problemas de superficie. El objetivo es investigar las propiedades físicas y mecánicas del concreto hidráulico modificado con cenizas de cartón (CZAC) y cerámica reciclada (RCE) para el revestimiento del canal. El método utilizado fue tanto elucidante como empírico. La muestra consistió en 120 muestras; La observación directa fue el enfoque empleado, y se utilizó una hoja de recopilación de datos. Se modificaron cuatro combinaciones para reemplazar el cemento en proporciones de 1.5%+1%, 3%+2%, 4.5%+3%y 6%+4%, que luego se evaluaron contra el estándar ASTM y una muestra de control (MC). Los resultados de 28 días indicaron una absorción de agua (%ABS) de 0.061 g/sy una permeabilidad de 297.09 g/m², los cuales se reducen. La resistencia a la compresión máxima (F'C) fue de 323.34 ± 6.85 kg/cm², mientras que la resistencia a la flexión (MR) fue de 35.76 ± 0.31 kg/cm². La investigación indica que la combinación perfecta se logra con 3% CZAC y 2% de RCE; Más allá de esta relación ideal, conduce al deterioro de concreto y una disminución de la resistencia.



Para, Calderon y Durand, (2023) en su investigación titulada "Influencia de arcilla Pasha calcinada y cenizas de cartón reciclado en propiedades físicas y mecánicas de concreto ternario, Puno, 2023" La relevancia de la investigación es proporcionar información innovadora a la sociedad sobre los nuevos aditivos para las mezclas concretas, lo que permite una evaluación de mejoras prospectivas en las propiedades físicas y mecánicas del concreto ternario después de las investigaciones de laboratorio. Este experimento busca determinar los efectos del PASHA calcinado y las cenizas de cartón recicladas en las propiedades físicas y mecánicas del concreto ternario. Este estudio empleó tres tipos de aditivos, a saber, PASHA calcinada y cenizas de cartón recicladas, en proporciones de 6%, 8% y 10% en relación con el peso del cemento. La población comprendía ochenta testigos (vigas y cilindros). Los testigos cilíndricos tienen dimensiones de 30 cm por 15 cm. Se construyeron vigas que miden 15 cm x 50 cm x 15 cm para pruebas de flexión, específicamente para evaluaciones de permeabilidad, absorción y compresión. Los resultados demostraron que la adición de arcilla calcinada de Pachá y cenizas de cartón reciclada mejoró la resistencia a la flexión y la compresión del material en un 6%, 8% y 10% en comparación con la muestra de control. Los resultados de la prueba de permeabilidad demostraron que la incorporación del 6%, 8% y el 10% disminuyeron la permeabilidad del concreto. Los resultados de la prueba de absorción revelaron que el 8% exhibió una variación insignificante en relación con la muestra de referencia. La arcilla Pasha calcinada y las cenizas de cartón reciclada mejoran las propiedades físicas y mecánicas del concreto ternario.

2.1.3 Antecedente de ámbito local

Para, Calderon y Durand, (2023) su investigación titulada "Influencia de arcilla Pasha calcinada y cenizas de cartón reciclado en propiedades físicas y mecánicas de concreto ternario, Puno, 2023", La investigación proporciona valiosos conocimientos sobre los aditivos para mezclas de concreto, permitiendo una evaluación de posibles mejoras en las propiedades físicas y mecánicas del concreto ternario después de las investigaciones



de laboratorio. El objetivo de este experimento es evaluar el impacto de la arcilla calcificada de Pachá y las cenizas de cartón reciclado sobre las características físicas y mecánicas del concreto ternario. Este estudio incorporó tres tipos de aditivos, a saber, arcilla calcificada de Pachá y cenizas de cartón reciclado, en proporciones del 6%, 8% y 10% con respecto al peso del cemento. La población consistió en ochenta testigos (vigas y cilindros). Los cilindros tienen una altura de 30 cm y un diámetro de 15 cm. Se fabricaron vigas de 15 cm x 50 cm x 15 cm para la prueba de flexión, principalmente para evaluar la permeabilidad, absorción y compresión. Los datos indicaron que la incorporación de arcilla calcificada de Pachá y ceniza de cartón reciclado mejoró la resistencia a la flexión y la compresión del material en un 6%, 8% y 10% en comparación con la muestra de control. Los resultados de la prueba de permeabilidad indicaron que la adición del 6%, 8% y 10% redujo la permeabilidad del concreto. Los resultados de la prueba de absorción indicaron que el 8% mostró una mínima desviación en comparación con la muestra de referencia. La arcilla calcificada de Pachá y la ceniza de cartón reciclado mejoran las características físicas y mecánicas del concreto ternario.

Para, Aguilar (2024) El presente estudio, titulado "Influencia de Clavos y Alambres de Construcción Reciclados en las Propiedades del Concreto Convencional en el Distrito de San Miguel", analizó el impacto de la integración de clavos y alambres reciclados en diversas proporciones sobre las características del concreto con una resistencia a compresión de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. El diseño experimental incluyó 36 muestras para asentamiento y 180 controles, todas sometidas a pruebas de resistencia a la compresión. Las proporciones de clavos reciclados fueron 1%, 3% y 5%, mientras que las proporciones de alambre reciclado fueron 0.5%, 1.5% y 2.5%. La muestra patrón mostró un asentamiento de 3.97 pulgadas. La inclusión del 1% de clavos reciclados resultó en un asentamiento de 3.73 pulgadas; al 3%, se redujo a 3.40 pulgadas, y al 5%, bajó a 3.20 pulgadas. Un asentamiento de 3.77 pulgadas se registró para alambres reciclados al 0.5%, 3.50 pulgadas al 1.5%, y 3.17 pulgadas al 2.5%. En cuanto a la resistencia a la compresión, las mezclas con clavos reciclados demostraron una mejora en la resistencia, alcanzando



valores de 237.8 kg/cm² con un 5% de clavos reciclados. De manera similar, las mezclas con alambres reciclados mostraron una resistencia mejorada, alcanzando 244.09 kg/cm² con un contenido de 2.5% de alambre reciclado. Los valores de asentamiento para las mezclas con 5% de clavos reciclados (CR) con 2.5%, 0.5% y 1.5% de alambre reciclado (ALR), así como las combinaciones de 2.5% ALR con 1% y 3% de CR, fueron 2.97, 3.27, 3.33, 3.17 y 3.07 pulgadas, respectivamente. Los valores de resistencia a la compresión observados para estas combinaciones fueron 236.74, 232.93, 234.93, 230.55 y 239.55 kg/cm², respectivamente.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Concreto hidráulico

El concreto hidráulico es un material compuesto ampliamente empleado en la industria de la construcción debido a su fuerza y versatilidad excepcionales. Principalmente consiste en cemento, agregados (tanto finos como gruesos), agua y ocasionalmente, aditivos u otros componentes que modifican sus propiedades para mejorar el rendimiento. Su utilización en ingeniería civil, carreteras, edificios e infraestructura se atribuye a su resistencia y capacidad para resistir importantes presiones mecánicas y ambientales (Huaquisto & Belizario, 2018).

La calidad del concreto hidráulico se ve afectada por varios factores, incluida la relación agua/cemento, la granulometría agregada, la dosis y la colocación y el curado apropiados. (Huaquisto & Belizario, 2018) sostienen que la hidratación del cemento de Portland es un proceso químico vital para aumentar la resistencia del concreto, con los productos resultantes, como los silicatos de calcio hidratados (C-S-H), proporcionando la estructura y cohesión necesarias para la estabilidad. Del mismo modo, la incorporación de otros materiales, como cenizas de cartón y desechos de metal, puede modificar sus características físicas y mecánicas, por lo que mejorar su sostenibilidad sin poner en peligro su integridad estructural.



La eficacia del concreto hidráulico está regulada por varios estándares internacionales, incluidos los establecidos por el American Concrete Institute (ACI) y la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM). El estándar ASTM C39 especifica métodos para evaluar la resistencia a la compresión, mientras que el ASTM C143 regula las evaluaciones de liquidación y trabajabilidad. Estas regulaciones garantizan que el concreto cumple con los criterios esenciales de seguridad y durabilidad para diversas aplicaciones tecnológicas (Mattey et al., 2015).

El concreto hidráulico ha sido evaluado por su sostenibilidad mediante el uso de recursos reciclados y alternativos para reducir su impacto ambiental. La industria de la construcción busca disminuir el uso de recursos naturales y disminuir las emisiones de CO_2 de la fabricación de cemento de Portland, promoviendo la investigación en la incorporación de desechos industriales y urbanos, como cenizas de cartón y escombros de cables y cables. Estas técnicas innovadoras mejoran la eficiencia del material al tiempo que promueven prácticas de construcción más sostenibles y responsables.

2.2.1.1 Definición y composición del concreto hidráulico

El concreto hidráulico es un material compuesto fundamental en la construcción debido a su potencial para lograr una gran resistencia y durabilidad en presencia de agua. La responsabilidad principal es proporcionar apoyo estructural en edificios, pavimentos, presas, puentes y otras instalaciones que requieren una resistencia mecánica significativa y una estabilidad duradera. Su importancia surge de su versatilidad y la capacidad de modificar sus propiedades mediante la incorporación de aditivos u otros materiales, lo que permite la mejora de su rendimiento para satisfacer las demandas específicas de cada proyecto (Mattey et al., 2015).

La composición del concreto hidráulico tiene cuatro componentes esenciales: cemento, agregados, agua y aditivos. El cemento de Portland funciona como el aglutinante principal, ya que su combinación con el agua desencadena procesos de hidratación química que producen compuestos de cementación, como los silicatos de calcio hidratados



(C-S-H), que proporcionan cohesión y resistencia al material. Los agregados, tanto finos como gruesos, mejoran la estabilidad estructural y reducen el requisito de cemento, por lo tanto, aumentan la eficiencia del material y la rentabilidad (Huaquisto & Belizario, 2018).

El agua es un componente crucial en las mezclas de concreto, que actúa como un catalizador en el proceso de hidratación del cemento y afecta en gran medida la trabajabilidad y la resistencia final del material. Una relación de agua/cemento óptima es crucial para evitar la formación de concreto o concreto poroso con una resistencia inadecuada. Además, el uso de aditivos permite modificaciones a propiedades concretas, mejorando la durabilidad, reducir la contracción, aumentar la fluidez o acelerar el entorno (Mattey et al., 2015).

En los últimos años, la incorporación de componentes alternativos en formulaciones concretas ha sido sustancial, buscando reducir el impacto ambiental de su producción. El uso de residuos industriales y municipales, como cenizas de cartón y basura de metal, se ha investigado como un método factible para mejorar la sostenibilidad del material mientras mantiene el rendimiento mecánico. Investigaciones recientes sugieren que reemplazar un componente del cemento con cenizas que contienen compuestos silíceos y de aluminio puede mejorar la durabilidad a largo plazo del concreto y reducir su huella de carbono.

En conclusión, el concreto hidráulico es un material esencial en la construcción moderna, con su formulación ajustable a muchas especificaciones mediante la incorporación de aditivos y materiales reciclados. El cambio a un material más sostenible representa una estrategia viable para mitigar los efectos ambientales de la industria del cemento y promover prácticas de construcción más responsables (Mattey et al., 2015).

2.2.1.2 Propiedades físicas y mecánicas del concreto hidráulico

El concreto hidráulico exhibe varias propiedades físicas y mecánicas que determinan su efectividad en aplicaciones estructurales y no estructurales. Las características están dictadas por la relación agua/cemento, la granulometría agregada y la calidad de los productos químicos y aditivos incluidos en su formulación. La evaluación de estas características es esencial para garantizar que el material cumpla con los



requisitos de resistencia, durabilidad y trabajabilidad en cualquier proyecto de construcción (Mattey et al., 2015).

Las propiedades físicas del concreto hidráulico incluyen su densidad, trabajabilidad, permeabilidad y contracción. La densidad del concreto varía según su composición material, a menudo entre 2200 y 2500 kg/m³ para el concreto convencional. Un concreto más denso a menudo demuestra una resistencia mejorada; Sin embargo, también puede dar como resultado un mayor peso estructural, influyendo en su diseño y uso (Huaquisto & Belizario, 2018).

La trabajabilidad es una característica esencial, ya que determina la facilidad de manipular, transportar e insertar la mezcla fresca en moldes o forma de trabajo al tiempo que preserva la homogeneidad. El volumen de agua, la forma y el tamaño de los agregados, y la inclusión de agentes plastificantes afectan directamente esta característica. Por otro lado, la permeabilidad es esencial para la durabilidad del concreto, ya que un material permeable promueve la infiltración de agua y la entrada de agentes dañinos que pueden socavar su estructura interna, lo que resulta en reacciones adversas como la lixiviación de compuestos cementosos o la corrosión de reforzar el acero (Mattey et al., 2015).

Una característica física notable es la retracción, que ocurre debido a la evaporación del agua de la mezcla durante el proceso de ajuste y endurecimiento. La retracción excesiva puede inducir grietas que comprometen la integridad estructural del concreto; Por lo tanto, es esencial controlar este fenómeno mediante la aplicación juiciosa de aditivos y una relación precisa de agua/cemento (Huaquisto & Belizario, 2018).

Las propiedades mecánicas del concreto determinan su capacidad para soportar fuerzas y cargas con el tiempo. Los parámetros más relevantes abarcan resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y resistencia a la tracción. La resistencia a la compresión es la propiedad mejor estudiada, definida como la capacidad del concreto endurecido para resistir las cargas axiales sin falla. La resistencia varía de 15 MPa a 50 MPa, dependiendo del diseño de la mezcla y los materiales utilizados.



La resistencia a la flexión evalúa la capacidad del concreto para resistir las cepas de flexión antes de que ocurra la falla. Este valor es crucial para componentes estructurales como vigas y losas, ya que la resistencia a la flexión insuficiente puede dar como resultado una grieta prematura y compromiso de integridad estructural. La resistencia a la tracción es mucho menor que la resistencia a la compresión, que generalmente comprende solo del 8% al 12% de este último. La vulnerabilidad del concreto a las tensiones de tracción requiere refuerzo con materiales como acero, fibras sintéticas o detritos en metales recuperados, incluidos los restos de clavo y alambre, lo que puede mejorar sus cualidades mecánicas (Mattey et al., 2015).

En conclusión, las propiedades físicas y mecánicas del concreto hidráulico son esenciales para su durabilidad. La mejora de estas propiedades mediante la incorporación de aditivos y materiales reciclados, como cenizas de cartón y desechos de metal, mejora la sostenibilidad al tiempo que mantiene la integridad estructural.

2.2.1.3 Factores que afectan la calidad y desempeño del concreto

El concreto hidráulico es un material de construcción cuya calidad y rendimiento están influenciados por varios factores. Cada variable, desde la selección del material hasta las condiciones de curado, afecta directamente las cualidades físicas y mecánicas del concreto en sus estados frescos y endurecidos. Comprender estos aspectos es crucial para proporcionar una mezcla ideal y duradera (Mattey et al., 2015).

El calibre de los materiales utilizados en la fabricación de concreto es un determinante crítico de su rendimiento. El cemento, los agregados, el agua y los aditivos de Portland deben cumplir con los criterios de calidad establecidos en la legislación internacional. La composición química del cemento afecta la velocidad de hidratación y la resistencia final del concreto. Los agregados deben exhibir granulometría y fuerza apropiadas, ya que las deficiencias en su composición pueden conducir a problemas de durabilidad, incluido el agrietamiento temprano o la pérdida de fuerza (Huaquisto & Belizario, 2018).



El contenido de agua también es crítico, ya que la humedad excesiva puede disminuir la resistencia mecánica del concreto debido a una mayor porosidad. La relación agua/cemento es un determinante primario de la resistencia a la compresión, con un rango óptimo de alrededor de 0.40-0.50 para el concreto estructural de alta resistencia del mismo modo, el uso de plastificantes, superplásticos o agentes de insulso del aire permite la alteración de las características concretas tanto en los estados frescos como endurecidos, mejorando la trabajabilidad y la mitigación de problemas como la segregación y el sangrado.

La composición de la mezcla es un determinante crucial de la calidad y el rendimiento del concreto. Una combinación inadecuadamente formulada puede influir en la trabajabilidad, la resistencia y la durabilidad del material. La selección precisa de cantidades de cemento, agregados y agua es crucial para lograr el concreto homogéneo con las propiedades necesarias. El uso de materiales alternativos, como cenizas de cartón y chatarra de metal, requiere una evaluación exhaustiva para determinar su influencia en la reactividad de la combinación y su rendimiento mecánico a largo plazo (Mattey et al., 2015).

La sustitución del cemento con elementos puzolánicos se ha investigado ampliamente, mostrando mejoras en la durabilidad del concreto y una disminución en su impacto en el carbono. Estudios previos demuestran que la integración de elementos reciclados puede alterar las características del concreto, mejorando su cohesión y disminución de la permeabilidad, lo que resulta en una mejor resistencia a los agentes nocivos.

El proceso de curado es crucial para mejorar la resiliencia del concreto. Un tratamiento inadecuado puede conducir a la evaporación temprana del agua de hidratación, afectando negativamente la producción de productos de hidratación de cemento y disminuyendo la resistencia del material. El curado húmedo es un método ampliamente empleado para garantizar una hidratación adecuada de cemento,



particularmente durante los siete días iniciales posteriores a la fundición (Mattey et al., 2015).

Los factores ambientales pueden afectar el proceso y el proceso de endurecimiento del concreto. Los factores ambientales, como la temperatura y la humedad relativa, pueden acelerar o impedir la reacción de hidratación, por lo que influir en la resistencia final del concreto. Las temperaturas severas pueden causar grietas térmicas o impactar el enlace entre los agregados y la pasta de cemento.

El proceso de compactación es esencial para eliminar los vacíos en la mezcla y garantizar la densificación adecuada del concreto. La compactación inadecuada puede crear una porosidad interna, por lo tanto, disminuir la resistencia mecánica y aumentar la permeabilidad del material. Las técnicas como la vibración mecánica mejoran la compactación, garantizando una distribución uniforme de los materiales (Huaquisto & Belizario, 2018).

El método de colocación concreta en el proyecto influye significativamente en su calidad. Una disposición inadecuada de la mezcla puede conducir a la segregación de agregados o una pérdida de cohesión estructural. Adherirse a los protocolos adecuados para el vaciado, la nivelación y la terminación es crucial para evitar problemas superficiales y estructurales en el concreto endurecido.

Las circunstancias ambientales en las que se encuentra el concreto se encuentra afectan su durabilidad y vida útil. La exposición a sustancias agresivas, incluidos sulfatos y cloruros, así como ciclos de congelación-descongelación, puede acelerar la degradación del concreto, disminuyendo su integridad estructural. La permeabilidad es un determinante crucial en la resistencia del concreto a la corrosión de los refuerzos internos y otros mecanismos de degradación (Mattey et al., 2015).

El uso de aditivos minerales y subproductos industriales en concreto ha demostrado eficacia para mejorar su durabilidad química y mecánica. Investigaciones recientes han demostrado que la integración de elementos reciclados, incluidos los residuos de cardapo



y los desechos de metal, puede disminuir la porosidad y mejorar la resistencia a los agentes agresivos, por lo tanto, extendiendo la vida útil del material.

La calidad y el rendimiento del concreto hidráulico están influenciados por varios parámetros, que van desde la selección de material hasta las circunstancias de curado y exposición. Una regulación meticulosa de cada uno de estos componentes facilita la optimización de las características concretas y garantiza su durabilidad a largo plazo. La integración de materiales alternativos, tales cenizas de cartón y basura de metal, requiere una investigación integral para evaluar sus efectos sobre las propiedades concretas y su viabilidad en las aplicaciones estructurales.

2.2.1.4 Normativas y regulaciones del concreto hidráulico

El concreto hidráulico es un material esencial en la industria de la construcción, con su producción, uso y rendimiento regulados por estándares nacionales e internacionales que garantizan la calidad, la seguridad y la durabilidad. A nivel internacional, las entidades como la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM) y el American Concrete Institute (ACI) establecen estándares técnicos que regulan la selección de materiales, el diseño de la mezcla, las metodologías de prueba y los requisitos de aceptación para el concreto. El estándar ASTM C150 especifica las propiedades químicas y físicas del cemento de Portland, mientras que el ASTM C33 regula los atributos de los agregados de concreto. El estándar ASTM C39 especifica los métodos de prueba para evaluar la resistencia a la compresión del concreto, asegurando así su integridad estructural en diversas condiciones de carga (Mattey et al., 2015).

Numerosos países han instituido estándares distintos para la producción y la garantía de calidad del concreto hidráulico a nivel regional y nacional, de acuerdo con sus necesidades climáticas, geotécnicas y estructurales. Las Regulaciones Nacionales de Construcción (RNE) de Perú especifican los requisitos para la dosis concreta y la aplicación en la construcción, ajustados a los estándares internacionales establecidos por el ACI. El concreto armado E.060 estándar especifica los criterios para el diseño, la ejecución y la



supervisión de mezclas de concreto, factores que abarcan como la resistencia a la compresión mínima, la relación agua/cemento y las técnicas de curado. El NTP 339.034 delinea los criterios para la formulación de concreto especializado y su aplicación en infraestructura expuesta a condiciones severas, como suelos sulfatados o ambientes costeros (Huaquisto & Belizario, 2018).

El cumplimiento de estas regulaciones es crucial para garantizar la seguridad y la efectividad de las estructuras concretas, especialmente en proyectos que buscan utilizar materiales alternativos, como cenizas de cartón y desechos de metal recuperado. La integración de estos componentes debe cumplir con las pruebas designadas que confirman su compatibilidad con el cemento y su impacto en las propiedades mecánicas y de durabilidad del concreto. Estudios recientes destacan el imperativo de revisar las regulaciones sobre la utilización de materiales reciclados y promover técnicas de construcción más sostenibles, asegurando que la fuerza y la estabilidad de las estructuras no se vean comprometidas. La implementación de estos estándares permitirá la incorporación eficiente de tecnologías y materiales alternativos innovadores en la industria de la construcción, ayudando a reducir el impacto ambiental al tiempo que preserva la integridad estructural de los proyectos.

2.2.2 Materiales reciclados en la construcción

El uso de materiales reciclados en la construcción se ha vuelto más importante en los últimos años debido a la necesidad de reducir el impacto ambiental de la industria de cemento y concreto. Múltiples estudios demuestran que el uso de materiales reciclados en la producción de concreto mejora ciertas propiedades mecánicas y de durabilidad, al tiempo que reduce al mismo tiempo el uso de recursos naturales y emisiones de dióxido de carbono (CO₂). Los materiales reciclados comúnmente empleados en la construcción comprenden agregados reciclados derivados de restos de demolición, subproductos industriales como cenizas volantes y escoria de alto horno, y materiales de desecho no convencionales como plásticos, caucho y fibras metálicas provienen de desechos urbanos



e industriales. Estos materiales ofrecen una alternativa sostenible y han demostrado su viabilidad técnica en muchas aplicaciones estructurales y no estructurales en el sector de la construcción (Mattey et al., 2015).

Un problema fundamental para incorporar materiales reciclados en el concreto es verificar su compatibilidad con el cemento y su capacidad para mantener un rendimiento mecánico adecuado. Los estudios indican que reemplazar los agregados naturales con agregados de concreto reciclados puede afectar la trabajabilidad y la durabilidad del material debido a su aumento de la absorción de agua y la presencia de partículas de mortero adheridas. El uso de aditivos puzolánicos, como cenizas de cartón o desechos industriales, puede mejorar la cohesión de la mezcla y abordar deficiencias. Los restos metálicos, como las uñas y los cables recuperados, pueden funcionar como refuerzo dentro de la matriz cementosa, mejorando la resistencia a la tracción y la flexión del concreto, especialmente en aplicaciones que requieren una mayor ductilidad y absorción de energía (Huaquisto & Belizario, 2018).

El uso de materiales reciclados en la construcción está respaldado por regulaciones y estudios centrados en garantizar su seguridad y eficacia. Muchos países han implementado leyes que permiten la inclusión de materiales de desecho específicos en la producción de concreto, dependiendo de la adhesión a los estándares establecidos de calidad y fuerza. En Perú, la incorporación de materiales reciclados en la construcción tiene desafíos regulatorios; Sin embargo, las iniciativas de investigación han demostrado su potencial de reducción de costos e infraestructura sostenible. La evaluación del rendimiento del concreto modificado utilizando elementos reciclados, como cenizas de cartón y desechos de metal, mejoraría la comprensión de sus características y promovería su aplicación en proyectos de infraestructura sostenible (Huaquisto & Belizario, 2018).

2.2.2.1 Importancia del uso de materiales reciclados en el concreto

La integración de los materiales reciclados en la producción de concreto ha ganado importancia en la industria de la construcción debido a su capacidad para reducir el impacto



ambiental y mejorar el uso de los recursos naturales. La creciente demanda de materiales de construcción ha llevado a una extracción significativa de agregados naturales, lo que resulta en una degradación ecológica y una huella de carbono elevada asociada con la fabricación de cemento. La reutilización de los residuos industriales y urbanos, como las cenizas de cartón y los restos de metal, se sugiere como un enfoque eficiente para reducir la extracción de recursos naturales y disminuir los desechos sólidos dirigidos a vertederos, promoviendo así un modelo de economía circular en la industria de la construcción (Mattey et al., 2015).

Desde un punto de vista técnico, los materiales reciclados pueden mejorar las propiedades mecánicas y la durabilidad del concreto. Las adiciones minerales, tales como cenizas de cartón y cenizas volantes, pueden aumentar la cohesión y la densidad de la mezcla, lo que resulta en una disminución de la permeabilidad y una mayor durabilidad a largo plazo. La inclusión de restos metálicos, como uñas y cables reutilizados, puede reforzar la matriz cementosa, mejorando así la resistencia a la tracción y la flexión del concreto, lo cual es ventajoso para las construcciones sometidas a cargas dinámicas o fuerzas de impacto. Para garantizar la efectividad de estos materiales, es esencial implementar un control de calidad riguroso y ajustar los diseños de mezcla basados en las características específicas de los agregados reciclados utilizados (Mattey et al., 2015).

La integración de elementos reciclados en concreto ofrece beneficios económicos sustanciales, junto con sus ventajas ambientales y estructurales. La reducción en el uso del cemento y los agregados naturales ayuda a disminuir los costos de fabricación, especialmente en regiones donde los materiales convencionales son caros o difíciles de obtener. La utilización de los desechos industriales y urbanos en la construcción puede proporcionar nuevas oportunidades de negocios y empleo, facilitando el desarrollo de redes de reciclaje especializadas para la recolección, procesamiento y distribución de estos materiales. La integración de materiales reciclados en concreto representa una metodología sostenible para la industria de la construcción y promueve el desarrollo de



técnicas innovadoras de gestión de residuos, facilitando la transición a un paradigma de construcción más eficiente y ambientalmente responsable (Huaquisto & Belizario, 2018).

2.2.2.2 Sostenibilidad y economía circular en la construcción

La sostenibilidad en la construcción se ha convertido en una necesidad global debido al aumento de las preocupaciones sobre los impactos ambientales del agotamiento de los recursos naturales y la producción de residuos. La industria de la construcción constituye una parte sustancial del uso de la materia prima y la generación de residuos, lo que requiere la adopción de estrategias más eficientes para mitigar su efecto ambiental. La sostenibilidad en este contexto depende del uso efectivo de los recursos, la reducción de las emisiones de la contaminación y la reutilización de la basura para nuevos fines de construcción. La implementación de principios de economía circular en la industria es una estrategia muy exitosa para lograr estos objetivos, ya que prolonga el ciclo de vida de los materiales y reduce la dependencia de los recursos virgen (Mattey et al., 2015).

La economía circular en la construcción busca reemplazar el modelo lineal tradicional de "extracción, producción, utilización y eliminación" con un sistema centrado en la reutilización, el reciclaje y la regeneración de materiales. El concreto hidráulico puede mejorarse al incluir materiales reciclados, como cenizas de cartón y desechos de metal, para reducir el consumo de cemento y agregados naturales, por lo tanto, mitigando su impacto ambiental. La integración de la basura en la fabricación de concreto reduce los residuos sólidos urbanos e industriales al tiempo que mejora sus características mecánicas y de durabilidad, lo que aumenta la eficiencia estructural sin sacrificar la calidad del material.

La implementación de una economía circular en la construcción requiere la alteración de los estándares y prácticas de la industria para permitir la integración de materiales reciclados en sistemas de construcción convencionales. En varios países, la legislación de gestión de residuos ha promovido innovaciones en producción concreta, permitiendo su aplicación en iniciativas y proyectos de infraestructura sostenible (Ministerio

de Medio Ambiente. En Perú, la transición a la construcción sostenible tiene desafíos con la regulación y la disponibilidad de materiales reciclados certificados, destacando la necesidad de investigaciones para validar la viabilidad técnica y ambiental de estas soluciones. La evaluación del concreto mejorada con recursos reciclados, incluidos cenizas de cartón y basura de metal, significa una opción sostenible que respalda la economía circular y fomenta un paradigma de construcción más eficiente y ecológicamente responsable (Huaquisto & Belizario, 2018).

2.2.3 Cenizas de cartón como material de adición en el concreto

El uso de materiales reciclados en la producción de concreto se ha examinado a fondo por su capacidad para mejorar las cualidades mecánicas y la sostenibilidad del material. Las cenizas de cartón se han propuesto como una alternativa viable para la sustitución parcial del cemento de Portland debido a su contenido compuesto Pozzolánico, que puede interactuar con el calor generado durante la hidratación del cemento y mejorar la resistencia a largo plazo. La producción de cemento contribuye significativamente a las emisiones de dióxido de carbono (CO_2); Por lo tanto, el empleo de cenizas derivadas de cartón proporciona un método para reducir la huella de carbono en la construcción y promover la economía circular en la gestión municipal de residuos sólidos (Apaza, 2018).

Las cenizas de cartón resultan de la quema controlada de papel y desechos de cartón, que incluye principalmente óxidos de silicio (SiO_2), aluminio (Al_2O_3) y calcio (CAO). Estos componentes permiten que las cenizas actúen como materiales pozolánicos cuando se combinan con el hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) producido durante la hidratación del cemento, lo que lleva a la creación de silicatos de calcio hidratados (C-S-H), que mejoran la resistencia y la durabilidad del concreto (Robayo et al., 2020). Los estudios sugieren que incluir hasta el 15% de cenizas de cartón como reemplazo de cemento puede mejorar la resistencia a la compresión y reducir la permeabilidad del concreto, lo que mejora su idoneidad para la construcción en entornos severos. Sin embargo, el uso excesivo de este



material puede afectar la trabajabilidad y el tiempo de ajuste, lo que requiere ajustes apropiados en las proporciones de agua y superplasticizers (Robayo et al., 2020).

El uso de cenizas de cartón en concreto cumple con la necesidad de reducir el consumo de cemento al tiempo que proporciona beneficios en la gestión de residuos y la rentabilidad. La industria del documento y el cartón genera desechos significativos que con frecuencia se recicla con frecuencia, lo que lleva a la eliminación de vertederos o incineradores sin aplicación productiva (Ministerio de Medio Ambiente). En este contexto, su utilización en la construcción mejora el valor de este desperdicio y reduce su efecto ambiental. Los estudios complementarios son esenciales para evaluar la influencia de este material en la durabilidad a largo plazo del concreto, especialmente con respecto a su rendimiento bajo variaciones de humedad y temperatura, para determinar su idoneidad para diversas condiciones estructurales y climáticas.

2.2.3.1 Caracterización química y física de las cenizas de cartón

Las cenizas de cartón son subproductos generados a partir de la quema regulada de papel y cartón, con su composición química y propiedades físicas que dependen de las materias primas empleadas, las condiciones de combustión y el procesamiento adicional. Un examen es esencial para evaluar su viabilidad como una adición en el concreto hidráulico, ya que su rendimiento dentro de la matriz cementosa está estrechamente asociado con su reactividad, estructura y granulometría puzolánica (Robayo et al., 2020). Estas características influyen en la resistencia mecánica, la longevidad y la trabajabilidad del concreto modificado con cenizas de cartón (Apaza, 2018).

Desde un punto de vista químico, las cenizas de cartón comprenden principalmente óxidos de silicio (SiO_2), óxido de aluminio (Al_2O_3) y óxido de calcio (CAO), impartiendo características similares a los puzolanos o cenizas volantes. Estos compuestos pueden comprometerse con el hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) producido durante la hidratación del cemento Portland, lo que lleva al desarrollo de silicatos de calcio hidratados (C-S-H), que mejoran la durabilidad a largo plazo del concreto. Además, el origen del cartón puede



conducir a las cenizas que incluyen cantidades trazas de óxidos de hierro (Fe_2O_3), magnesio (MGO) y azufre (SO_3), lo que puede influir potencialmente en el entorno y la durabilidad del concreto. Los productos químicos alcalinos requieren regulación, ya que las cantidades excesivas pueden poner en peligro la estabilidad química del material y dar como resultado la expansión o el agrietamiento en estructuras de concreto (Robayo et al., 2020).

Las cenizas de cartón tienen una textura fina y un área de superficie específica alta, mejorando su dispersión en la mezcla de concreto y promoviendo la interacción con productos de hidratación de cemento. La granulometría a menudo varía de 1 a 50 μM , facilitando su uso como un sustituto de cemento parcial sin afectar significativamente la trabajabilidad de la mezcla. Sin embargo, su densidad aparente es menor que la del cemento de Portland, lo que puede influir en la cantidad de agua necesaria para la mezcla homogénea. Además, su composición porosa mejora la retención de humedad en la matriz de concreto, reduciendo la evaporación prematura y mejorando el proceso de curado; Sin embargo, las cantidades excesivas pueden poner en peligro la fluidez de la mezcla si las proporciones de agua y aditivos plastificantes no se ajustan con precisión (Robayo et al., 2020).

El manejo preciso de la composición química y física de las cenizas de cartón es esencial para su aplicación adecuada en la industria de la construcción. Los estudios demuestran que, con un procesamiento y dosis adecuados, este químico puede mejorar la durabilidad y la resiliencia del concreto sin comprometer su integridad estructural (Ministerio del Medio Ambiente). Su implementación es una estrategia viable para reducir la dependencia del cemento convencional, disminuir las emisiones de CO_2 asociadas con su producción y aumentar el valor de los residuos sólidos municipales, por lo que promover la sostenibilidad en el sector de la construcción (Apaza, 2018).



2.2.3.2 Reactividad puzolánica de las cenizas de cartón

Las cenizas de cartón tienen características puzolánicas debido a su contenido de sílice (SiO_2) y alúmina (Al_2O_3), que son componentes cruciales que pueden interactuar con el hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) producido durante la hidratación del cemento Portland. Esta reacción secundaria promueve la formación de silicatos de calcio hidratados (C-S-H), mejorando así la resistencia a largo plazo y la durabilidad del concreto (Robayo et al., 2020). La reactividad puzolánica de un material depende de su composición química, nivel de amorfos y finura, características que pueden mejorarse mediante el tratamiento térmico y la molienda de cenizas de cartón. Los estudios demuestran que la activación térmica de los desechos de celulosa a temperaturas entre 600°C y 800°C facilita la conversión de componentes orgánicos en sílice amorfa, aumentando así su reactividad con la pasta de cemento (Apaza, 2018).

La reactividad puzolánica de las cenizas de cartón se rige químicamente por la cantidad de calcio en la combinación. En concreto con alto contenido de cemento de Portland, la portlandita producida durante la hidratación reacciona suficientemente con los compuestos silíceos y aluminatos en las cenizas, lo que lleva a la creación de productos cementosos suplementarios (Robayo et al., 2020). La incorporación de reemplazos sustanciales de cemento con cenizas de cartón puede necesitar el uso de activadores alcalinos para mejorar las reacciones puzolánicas y garantizar el desarrollo de resistencia a largo plazo. La presencia de trazas de óxidos de hierro (Fe_2O_3) y magnesio (MgO) en las cenizas puede influir en el tiempo de fijación y la estabilidad volumétrica del concreto modificado.

Las propiedades mecánicas del concreto que contiene cenizas de cartón dependen de la relación de reemplazo de cemento. La investigación demuestra que los niveles de reemplazo del 10% al 15% mejoran la resistencia a la compresión y reducen la permeabilidad del concreto, debido al refinamiento de la estructura porosa y la disminución de Portland libre en la matriz de cementa. Sin embargo, los sustitutos superiores al 20% pueden obstaculizar la trabajabilidad y el desarrollo de la resistencia a la edad temprana,



lo que requiere modificaciones a la relación agua/cemento y la dosis de superplasticizer (Ministerio de Medio Ambiente).

En conclusión, la reactividad puzolánica de las cenizas de cartón hace que este material sea una opción viable para mejorar la sostenibilidad del concreto, reducir la dependencia del cemento de Portland y contribuir a la disminución de las emisiones de CO_2 en la industria de la construcción. Sin embargo, su implementación debe validarse mediante evaluaciones de compatibilidad química y estudios de durabilidad a largo plazo para confirmar su idoneidad para diversas estructuras y condiciones ambientales (Apaza, 2018).

2.2.3.3 Efectos de la adición de cenizas de cartón en el concreto

El uso de cenizas de cartón como adición en concreto ha sido investigado a fondo por su potencial para mejorar la sostenibilidad del edificio y reducir el impacto ambiental de la industria del cemento. Las cenizas, derivadas de la incineración controlada de los desechos de papel y cartón, consisten en silicio (SiO_2), aluminio (Al_2O_3) y calcio (CAO), que puede reaccionar con la portlandita liberada durante la hidratación del cemento, promoviendo la formación de productos de cemento suplementarios y mejorando la durabilidad a largo plazo de Concrete. Su uso en concreto no solo mejora el uso del cemento de Portland, sino que también influye en varias propiedades físicas y mecánicas del material (Apaza, 2018).

El uso de cenizas de cartón mejora notablemente la resistencia mecánica y la durabilidad del concreto. Los estudios sugieren que reemplazar hasta el 15% del cemento con cenizas de cartón puede mejorar la resistencia a la compresión, debido a la densificación de la matriz cementosa y la porosidad reducida. Además, la reacción puzolánica de estos materiales reduce la cantidad de cemento Portland no unido en la mezcla, mejorando así la resistencia química del concreto a agentes perjudiciales como sulfatos y cloruros (Robayo et al., 2020). Los porcentajes de reemplazo que superan el 20% pueden afectar negativamente el desarrollo de la resistencia temprana debido a la



disponibilidad reducida de hidróxidos de calcio para reacciones pozolánicas, que requieren ajustes en la relación agua/cemento o la adición de activadores alcalinos para mejorar las propiedades mecánicas del concreto.

La inclusión de cenizas de cartón puede influir en la trabajabilidad y la cohesión del concreto fresco desde un punto de vista físico. Debido a su alta finura y estructura porosa, estas cenizas exhiben una mayor capacidad para absorber el agua, lo que puede afectar la fluidez de la mezcla y aumentar la necesidad del agua de un asentamiento adecuado. Para aliviar esta influencia, uno puede utilizar agentes de plastificación y ajustar la granulometría agregada para mantener la trabajabilidad del concreto mientras mantiene su resistencia final. Además, el uso de cenizas de cartón puede reducir la permeabilidad del concreto curado, mejorando así su resistencia a la penetración del agua y prolonga su durabilidad en ambientes húmedos y adversos (Ministerio de Medio Ambiente).

En resumen, la integración de cenizas de cartón en el concreto puede proporcionar beneficios significativos para la fuerza, la durabilidad y la sostenibilidad. Sin embargo, su aplicación requiere un diseño de mezcla apropiado que mantenga un equilibrio entre las mejoras alcanzadas y los posibles cambios en las propiedades del concreto fresco y endurecido. Mejorar estas características promoverá el mayor uso de materiales reciclables en la construcción y reducirá el impacto ambiental asociado con la producción de cemento de Portland, por lo que avanzar una infraestructura más sostenible y eficiente (Apaza, 2018).

2.2.3.4 Estudios previos sobre la aplicación de cenizas de cartón en materiales cementicios

Numerosas investigaciones han investigado la incorporación de cenizas de cartón como una adición en la producción de concreto y mortero para reducir la dependencia del cemento de Portland y mejorar la sostenibilidad de los materiales de construcción. Numerosas investigaciones han evaluado la reactividad pozolánica de estas cenizas, su impacto en las propiedades mecánicas del concreto y su efecto sobre la durabilidad de las estructuras. Los resultados demuestran que, en condiciones controladas, la incorporación



de este material puede mejorar la durabilidad y reducir la permeabilidad del concreto; Sin embargo, su efectividad depende de factores como la composición química de las cenizas, el grado de molienda y la relación de reemplazo de cemento (Apaza, 2018).

Investigaron los efectos de integrar cenizas de cartón en concreto con diferentes porcentajes de sustitución de cemento. Los hallazgos indicaron que un reemplazo del 10% al 15% dio como resultado una mejora del 8% en la resistencia a la compresión en relación con el concreto estándar después de 28 días de curado. Este comportamiento se atribuyó a la reacción puzolánica de cenizas y a la dispersión mejorada de los productos de hidratación dentro de la matriz de cementa. Sin embargo, cuando el reemplazo excedió el 20%, se observó una disminución en la resistencia mecánica, debido a la disponibilidad reducida de portlandita para la reacción secundaria, lo que afectó negativamente la formación de silicatos de calcio hidratados (C-S-H).

Realizaron un estudio relevante que evalúa los efectos de las cenizas de cartón sobre la trabajabilidad y la durabilidad del concreto. Los resultados sugirieron que este material, distinguido por la alta finura y la porosidad, aumentó la necesidad del agua en la mezcla, lo que afecta su fluidez. Sin embargo, el uso de agentes superplastizantes facilitó el mantenimiento de la trabajabilidad sin comprometer la resistencia final del material. La incorporación de cenizas de cartón redujo la permeabilidad del concreto en un 12%, lo que mejora la resistencia a la penetración de productos químicos hostiles como sulfatos y cloruros (Apaza, 2018).

La investigación realizada por (Robayo et al., 2020) ha demostrado la capacidad de las cenizas de cartón para reducir la huella de carbono de la industria del cemento dentro de un marco de sostenibilidad. La aplicación de CO_2 de concreto de baja emisión se ha propuesto como una estrategia para reducir la producción de clinker y promover la integración de materiales reciclables en la construcción. A pesar de estos desarrollos, la utilización industrial de este material requiere ciertas regulaciones para su composición química y rendimiento en estructuras a largo plazo (Apaza, 2018).



En conclusión, la aplicación de cenizas de cartón en materiales cementosos ha demostrado ser un método viable para mejorar la sostenibilidad y el rendimiento del concreto. Es importante hacer una investigación que optimice la dosis, evalúe la compatibilidad con diferentes tipos de cemento y garantice la durabilidad a largo plazo en condiciones ambientales variadas.

2.2.4 Desechos de clavo y alambre en el concreto

El uso de desechos metálicos, como uñas y cables recuperados, en la producción de concreto ha surgido como un método innovador para mejorar las propiedades mecánicas del material al tiempo que reduce el impacto ambiental de los desechos industriales. La integración de estos componentes en la mezcla cementosa puede funcionar como refuerzos internos, aumentando la resistencia a la tracción y la flexión del concreto, especialmente en aplicaciones que requieren una mayor ductilidad y la capacidad de soportar tensiones dinámicas. La reutilización de este desperdicio promueve la economía circular en la construcción al reducir la necesidad de nuevos materiales y mitigar la acumulación de desechos de metal en los vertederos o el medio ambiente (Coronel et al., 2022).

La incorporación de escombros de clavo y alambre en el concreto puede mejorar su rendimiento bajo cargas de impacto y su capacidad para resistir la propagación de fracturas desde un punto de vista mecánico. La investigación demuestra que el uso de fibras metálicas de materiales reciclados puede mejorar la resistencia a la flexión hasta en un 25%, dependiendo de la dosis y la uniformidad de la distribución de fibra dentro de la mezcla. Sin embargo, su aplicación requiere un escrutinio cuidadoso, ya que la distribución insuficiente de los refuerzos metálicos puede dar lugar a concentraciones de tensión localizadas y obstaculizar la trabajabilidad del concreto fresco, complicando la instalación y la compactación (Coronel et al., 2022). Por lo tanto, es esencial determinar la granulometría y la cantidad óptima de desechos de metal para incorporar para garantizar un rendimiento eficiente al tiempo que preserva la uniformidad del material.

El mayor desafío con respecto a la durabilidad en el uso de uñas y cables reciclados en el concreto es el riesgo de corrosión de estos elementos dentro de la matriz de cemento. La exposición a condiciones húmedas o mayores niveles de cloruro puede acelerar la degradación de los componentes metálicos, lo que compromete la integridad estructural del concreto a largo plazo (Coronel et al., 2022). Para mitigar este impacto, se han explorado procedimientos como la aplicación de recubrimientos anticorrosivos sobre los desechos metálicos o la integración de inhibidores de la corrosión en la mezcla (Ministerio de Medio Ambiente). A pesar de estas limitaciones, estudios recientes sugieren que, con un diseño de mezcla adecuado y una rigurosa supervisión de materiales, la incorporación de los desechos de clavo y alambre en concreto es una opción viable y sostenible para la industria de la construcción (Apaza, 2018).

2.2.4.1 Propiedades físicas y químicas de los desechos metálicos

Los desechos de metal, como las uñas y los cables recuperados, exhiben propiedades físicas y químicas que pueden influir significativamente en el rendimiento del concreto cuando se incluyen en su composición. Desde un punto de vista físico, este desperdicio tiene una densidad significativa y resistencia mecánica, lo que le permite servir como refuerzos internos dentro de la matriz de cementicia. Debido a su tamaño y disposición, pueden mejorar la resistencia a la tracción y las características de flexión del concreto, lo que aumenta su capacidad para resistir las cargas dinámicas y reducir la propagación de grietas (Coronel et al., 2022). La granulometría es esencial, ya que las partículas demasiado grandes pueden inducir concentraciones de estrés localizadas, mientras que las partículas más pequeñas pueden distribuirse uniformemente, mejorando la cohesión y la trabajabilidad de la mezcla.

Los desechos de metal comprenden principalmente hierro y pueden incluir trazas de carbono, manganeso, fósforo y azufre, dependiendo de su origen y procesamiento previo. La inclusión de hierro en este desperdicio lo hace susceptible a la corrosión, especialmente en entornos o áreas húmedas con altos niveles de cloruro, como regiones

costeras o ubicaciones sometidas a productos químicos corrosivos (Coronel et al., 2022). La oxidación del hierro puede dar como resultado una expansión interna y una reducción en la adhesión con la matriz cementosa, por lo que socava la durabilidad a largo plazo del concreto. Para abordar este problema, se han investigado estrategias como la aplicación de recubrimientos protectores sobre los desechos de metales o la incorporación de inhibidores de la corrosión en la mezcla (Coronel et al., 2022).

Una característica química relevante es la posible interacción de los desechos metálicos con los componentes alcalinos del cemento. La alta alcalinidad del concreto, con un pH de más de 12, puede formar una capa pasiva en la superficie del metal, lo que reduce la tasa de corrosión en condiciones normales (Coronel et al., 2022). Sin embargo, si el concreto tiene permeabilidad elevada o sufre ciclos de humectación y secado, esta capa protectora puede deteriorarse, por lo tanto, acelera la corrosión de los refuerzos metálicos reciclados. Por lo tanto, es importante evaluar la composición química de los desechos metálicos antes de su incorporación al concreto, asegurando que su uso no comprometa la integridad estructural o la durabilidad a largo plazo del material (Apaza, 2018).

2.2.4.2 Posibles efectos del uso de desechos de clavo y alambre en la matriz del concreto

La incorporación de clavos y restos de alambre en la matriz de concreto puede tener efectos ventajosos y adversos en sus propiedades físicas y mecánicas. Un beneficio clave es la resistencia mejorada a la tensión y la flexión, ya que estos desechos metálicos funcionan como refuerzo dentro del material, lo que aumenta su capacidad para absorber el estrés y la disminución de la propagación de la fractura (Coronel et al., 2022). Los estudios demuestran que la integración de las fibras metálicas recicladas en concreto mejora la ductilidad, lo que mejora la distribución del estrés y reduce el riesgo de fractura quebradiza bajo cargas dinámicas. La reutilización de estos materiales promueve la

economía circular y la sostenibilidad en la construcción al reducir los desechos sólidos y la dependencia de las materias primas convencionales.

Sin embargo, el uso de clavos y restos de alambre puede proporcionar desafíos relacionados con la durabilidad y la compatibilidad química. Una preocupación significativa es la posibilidad de que los desechos metálicos se oxiden dentro del concreto, especialmente en ambientes húmedos o cuando se exponen a productos químicos agresivos como cloruros y sulfatos (Coronel et al., 2022). La oxidación del metal puede conducir a una expansión interna y una adhesión disminuida con la matriz cementosa, por lo tanto, socava la integridad estructural del material a lo largo del tiempo. Para mitigar este problema, se han investigado estrategias como incluir inhibidores de la corrosión en la mezcla, aplicar recubrimientos protectores en los restos metálicos y ajustar la relación agua/cemento para reducir la permeabilidad del concreto (Ministerio de Medio Ambiente).

Otro elemento a considerar es la influencia de este desperdicio en la trabajabilidad y consistencia de la mezcla. Los restos de clavo y alambre, dependiendo de sus dimensiones, morfología y cantidad, pueden obstruir la compactación de concreto, lo que conduce a vacíos o segregación de material (Coronel et al., 2022). Una distribución insuficiente de estos componentes dentro de la mezcla podría comprometer su resistencia mecánica y generar concentraciones de estrés que le restan el rendimiento del concreto endurecido. Por lo tanto, es esencial determinar una dosis óptima y utilizar técnicas de mezcla y colocación adecuadas para garantizar la distribución igual de desechos de metal dentro de la matriz de concreto, mejorando así sus beneficios y minimizando los efectos adversos.

2.2.4.3 Problemas de corrosión y estrategias de mitigación

La corrosión de los restos metálicos dentro del concreto plantea un problema significativo en su integración en la mezcla cementosa. Este fenómeno se produce cuando las uñas y los cables reciclados se someten a humedad, oxígeno y productos químicos corrosivos como cloruros y sulfatos que se encuentran en el medio ambiente o en la mezcla



de agua (Coronel et al., 2022). La interacción entre el metal y las sustancias externas produce óxidos y subproductos de corrosión que pueden crecer dentro de la matriz de concreto, lo que provoca grietas, pérdida de adhesión y capacidad estructural disminuida del material. Este proceso es especialmente problemático en entornos marítimos, industriales o de alta humedad, donde la infiltración de productos químicos corrosivos acelera el deterioro de los refuerzos metálicos (Apaza, 2018).

Se han investigado e implementado varias soluciones en el sector de la construcción para prevenir los impactos de corrosión. La optimización de la relación agua/cemento en la mezcla de concreto es un método prevalente para disminuir la porosidad y la permeabilidad, lo que impide la infiltración de productos químicos agresivos. Del mismo modo, el uso de elementos pozolánicos, como las cenizas de cartón, puede mejorar la creación de una estructura más densa con menos contenido de cemento de Portland, por lo tanto, disminuyendo la alcalinidad del concreto y la protección de metales reciclados (Coronel et al., 2022).

Una técnica exitosa adicional implica el uso de recubrimientos protectores e inhibidores de la corrosión. La investigación indica que la aplicación de recubrimientos de óxido polimérico, cerámico o pasivo sobre desechos de metal mejora su resistencia a la corrosión en el concreto. La incorporación de aditivos inhibidores de la corrosión, como nitritos de calcio o fosfatos, ha demostrado eficacia en el retraso de la oxidación de los componentes metálicos, extendiendo así la vida útil del concreto reforzado que contiene residuos metálicos (Apaza, 2018).

En conclusión, si bien la corrosión de los desechos de metal en el concreto es una dificultad técnica, la implementación de técnicas de mitigación adecuadas permite la optimización de su uso sin poner en peligro la longevidad de la estructura. La amalgama de diseños de mezcla mejorados, recubrimientos protectores y aditivos anticorrosivos ha demostrado eficacia en la mitigación de los impactos perjudiciales de la oxidación, lo que permite la incorporación de estos materiales reciclados en la construcción sostenible y fomentando una utilización más eficiente de los recursos disponibles.



2.2.4.4 Antecedentes de estudios sobre el uso de residuos metálicos en el concreto

La incorporación de desechos metálicos en la producción de concreto se ha examinado a fondo para evaluar su impacto en las propiedades mecánicas y de durabilidad del material. Los estudios demuestran que el uso de elementos como fibras de acero recicladas, virutas de metal, uñas o cables reutilizados puede mejorar la resistencia a la tracción y la flexión del concreto, al tiempo que reduce simultáneamente los desechos generados por las industrias metalúrgicas y de construcción. El imperativo de reducir la dependencia de los materiales tradicionales y la creciente adopción de modelos de economía circulares ha catalizado la investigación sobre la reutilización de los desechos en una infraestructura de alto rendimiento (Apaza, 2018).

Realizaron uno de los estudios integrales pioneros sobre el tema, investigando la influencia de las fibras metálicas recicladas en la resistencia del concreto. Sus hallazgos indicaron que la incorporación de fibras de acero recicladas al 1% mejoró la resistencia a la flexión en un 20%, debido a la capacidad de los materiales para absorber y redistribuir las tensiones. (Coronel et al., 2022) evaluaron la incorporación de Girraws de metal a partir de residuos industriales, descubriendo que su uso mejoró la ductilidad del concreto sin comprometer su trabajabilidad. Ambas investigaciones subrayaron la necesidad de un manejo meticuloso de la dosis y la distribución de los desechos de metal dentro de la amalgama para evitar problemas de segregación y concentraciones de estrés que podrían socavar la homogeneidad del material.

(Coronel et al., 2022) investigaron el rendimiento del concreto reforzado con fibras metálicas recicladas en condiciones adversas, lo que sugiere que su aplicación podría extender la longevidad del material, siempre que las estrategias se empleen para mitigar la corrosión de los desechos metálicos dentro de la matriz de cementación. Su estudio enfatizó el uso de recubrimientos protectores y la alteración de la relación agua/cemento como estrategias críticas para aliviar los impactos perjudiciales de la corrosión en el concreto, incluidos los desechos metálicos. En Perú, el Ministerio de Medio Ambiente

(2020) ha promovido investigaciones sobre la gestión de residuos industriales y su reutilización en la construcción, ilustrando la viabilidad técnica y ambiental de estos materiales en proyectos de infraestructura sostenible (Apaza, 2018).

En conclusión, estudios previos demuestran que incluir los desechos metálicos en concreto mejora el rendimiento estructural y reduce el impacto ambiental de la industria de la construcción. Sin embargo, su uso generalizado requiere un monitoreo riguroso de la composición química de los desechos, así como la implementación de estrategias para reducir los riesgos de corrosión y garantizar la durabilidad del concreto en diversas condiciones ambientales.

2.2.5 Propiedades del concreto modificado con cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre

El concreto modificado, que contiene cenizas de cartón y recorte y restos de alambre, tiene propiedades físicas y mecánicas que pueden mejorarse mediante un diseño de mezcla adecuado. La integración de estos materiales reciclados mejora la sostenibilidad del concreto sin comprometer significativamente su integridad estructural. Las propiedades físicas del concreto con estos aditivos están influenciadas por el tamaño de partícula de las cenizas y la distribución de desechos de metal dentro de la matriz cementosa. La incorporación de cenizas de cartón puede reducir la permeabilidad del concreto al llenar los espacios en la mezcla, lo que lleva a una estructura más densa que es menos susceptible a la penetración de agua y los agentes hostiles (Coronel et al., 2022). Por el contrario, el clavo y los restos de alambre pueden mejorar la trabajabilidad cuando se incluyen en cantidades adecuadas; Sin embargo, las cantidades excesivas pueden socavar la uniformidad de la mezcla y obstaculizar la compactación.

Desde un punto de vista mecánico, la incorporación de cenizas de cartón puede mejorar la resistencia a la compresión del concreto debido a la reacción puzolánica entre la sílice y los compuestos de alúmina en las cenizas y el hidróxido de calcio producido durante la hidratación del cemento. La investigación ha mostrado mejoras significativas en



edades mayores cuando se usa cenizas de cartón como sustituto de cemento parcial de hasta el 15%, debido a la formación de compuestos de cementación secundaria que fortalecen la matriz de concreto. Del mismo modo, el clavo y los restos de alambre pueden mejorar la resistencia a la tracción y la flexión del concreto al servir como refuerzo dentro de la matriz, reducir la propagación de grietas y aumentar la ductilidad del material (Coronel et al., 2022). Sin embargo, el uso excesivo puede dar lugar a áreas de estrés concentrado, por lo tanto, socava la uniformidad del concreto y causa grietas prematuras bajo cargas dinámicas.

La inclusión de cenizas de cartón y desechos de metal recuperado puede influir en la durabilidad del concreto alterado. Las cenizas de cartón mejoran la resistencia química del concreto mediante la disminución de Portland y porosidad libres; Sin embargo, la inclusión de residuos metálicos es un desafío debido al riesgo de corrosión dentro de la matriz de cementa (Coronel et al., 2022). Para abordar este problema, se recomienda modificar la relación agua/cemento y utilizar inhibidores de la corrosión que protegen los elementos metálicos de la oxidación en entornos o áreas húmedas con altas concentraciones de cloruro (Ministerio de Medio Ambiente). La integración de estos componentes reciclados es una solución viable para producir concreto sostenible con propiedades mejoradas, dependiendo de la gestión precisa de sus proporciones y la optimización de su aplicación en diversos escenarios de construcción.

2.2.5.1 Trabajabilidad y asentamiento

La trabajabilidad del concreto se refiere a la facilidad con la que la mezcla se puede manejar, colocar y compactar sin experimentar segregación de material o pérdida de cohesión. Este atributo es esencial en la producción de concreto modificado con cenizas de cartón, clavo y desechos de alambre, ya que la inclusión de estos materiales puede influir en la fluidez y la uniformidad de la mezcla. Las cenizas de cartón, debido a su alta finura y estructura porosa, aumentan la necesidad del agua en la mezcla, reduciendo así la fluidez del concreto y comprometiendo su trabajabilidad si la relación agua/cemento no



se ajusta con precisión (Coronel et al., 2022). Por el contrario, el clavo y los restos de alambre pueden introducir obstrucciones mecánicas dentro de la mezcla, obstaculizando la compactación e incluso la distribución de los componentes, lo que afecta la consistencia del concreto endurecido (Apaza, 2018).

El asentamiento de concreto, evaluado utilizando la prueba de cono Abrams bajo ASTM C143, actúa como un indicador clave para los trabajadores. Los estudios demuestran que reemplazar una fracción de cemento con cenizas de cartón puede reducir el asentamiento del concreto en un 10% a 20%, dependiendo de la cantidad utilizada y la granulometría agregada (Coronel et al., 2022). Para aliviar este impacto, se recomienda utilizar agentes plastificantes o superplastificantes que mejoren la fluidez mientras mantienen la integridad mecánica. La incorporación de clavos y restos de alambre en la mezcla podría inducir variaciones en el asentamiento, ya que estas sustancias pueden obstaculizar el movimiento de los agregados y socavar la cohesión de la mezcla, lo que requiere una distribución y dosis meticulosas para evitar impactos negativos en la capacidad de trabajo (Córdova & Simón, 2018).

Para lograr una trabajabilidad óptima en el concreto modificado con estos materiales reciclados, es esencial modificar el diseño de la mezcla, considerando factores como la relación agua/cemento, el tamaño y la forma agregados, y la inclusión de aditivos que mejoran la cohesión sin disminuir la resistencia del material endurecido (Apaza, 2018). Además, la compactación y la colocación adecuadas del concreto son cruciales para evitar la formación de vacíos y proporcionar una distribución equitativa de los desechos metálicos, por lo que maximizar los beneficios estructurales de su incorporación. La gestión de la trabajabilidad y el asentamiento en concreto mediante el uso de cenizas de cartón, clavo y desechos de alambre es esencial para lograr un rendimiento óptimo en aplicaciones de construcción sostenibles (Ministerio de Medio Ambiente).



2.2.5.2 Resistencia a la compresión y flexión

La compresión y la resistencia a la flexión son dos características mecánicas críticas del concreto, ya que dictan su capacidad para soportar cargas estructurales y tensiones con el tiempo. La inclusión de cenizas de cartón, clavo y restos de alambre en la mezcla de cemento podría afectar notablemente estas características, dependiendo de la cantidad utilizada y su interacción con la matriz de concreto. La resistencia a la compresión, según lo determinado por ASTM C39, indica la capacidad del concreto para resistir las cargas axiales sin falla. La investigación indica que sustituir hasta el 15% del cemento con cenizas de cartón puede mejorar la resistencia a la compresión a edades posteriores, atribuida a la reacción de puzolánica que facilita la formación de silicatos de calcio hidratados (C-S-H), reforzando así la estructura del concreto (Córdova & Simón, 2018). No obstante, las sustituciones superiores al 20% pueden disminuir la resistencia inicial, ya que la cantidad de cemento de Portland disponible para la reacción puzolánica se reduce, por lo tanto, afectando el proceso de hidratación (Silva & Delvasto, 2014).

Por el contrario, la resistencia a la flexión, evaluada por ASTM C78, es esencial para componentes estructurales sometidos a fuerzas de flexión, incluidas vigas y losas. La incorporación de los restos de acero y alambre en el concreto podría mejorar esta característica, ya que estos componentes metálicos proporcionan un refuerzo interno que ayuda a distribuir tensiones de tracción y prevenir la propagación de grietas. La investigación indica que incluir hasta 1% de chatarra metálica podría mejorar la resistencia a la flexión en un 20%, debido a su capacidad para absorber y redistribuir tensiones dentro de la matriz de cementa (Córdova & Simón, 2018). Sin embargo, una distribución inadecuada de los componentes metálicos podría crear concentraciones de estrés y comprometer la homogeneidad de la mezcla, lo que requiere un control preciso sobre su dosis y dispersión (Silva & Delvasto, 2014).

Desde una perspectiva de durabilidad, el uso de cenizas de cartón y chatarra de metal recuperado en concreto podría afectar su rendimiento a largo plazo. Las cenizas de cartón pueden mejorar la densificación de la matriz cementosa y disminuir la porosidad;



Sin embargo, el diente y la basura de alambre pueden proporcionar riesgos de corrosión que podrían comprometer la integridad estructural del concreto (Ministerio de Medio Ambiente). Para aliviar este impacto, se recomienda emplear inhibidores de la corrosión y ajustar la relación agua/cemento para disminuir la permeabilidad del material. En conclusión, la utilización apropiada de estos desechos en concreto modificado puede proporcionar mejoras sustanciales en la resistencia mecánica, dependiendo de las alteraciones en el diseño de la mezcla y la garantía de su aplicación adecuada en varias situaciones de construcción (Silva & Delvasto, 2014).

2.2.5.3 Durabilidad y comportamiento ante agentes agresivos

La durabilidad del concreto es una característica esencial que garantiza la vida útil de las estructuras, especialmente en condiciones climáticas severas. La incorporación de cenizas de cartón, clavo y rechazo de alambre en la mezcla de concreto puede mejorar significativamente su resistencia a factores degradantes como la humedad, los ciclos de congelación-descongelación y la exposición a agentes químicos corrosivos. Las cenizas de cartón, incluidos los compuestos puzolánicos, disminuyen la porosidad de concreto al reaccionar con el cemento Portland para producir materiales más cementosos. La densificación de la matriz cementosa disminuye la permeabilidad del concreto y mejora su resistencia a la intrusión de sustancias perjudiciales como sulfatos y cloruros (Córdova & Simón, 2018). Los estudios sugieren que reemplazar hasta el 15% del cemento con cenizas de cartón puede reducir la absorción capilar de concreto, lo que mejora su durabilidad en entornos persistentemente húmedos (Silva & Delvasto, 2014).

La eficacia del concreto modificada con desechos de uñas y alambre cuando se expone a productos químicos agresivos depende principalmente de la resistencia a la corrosión de los componentes metálicos incluidos (Silva & Delvasto, 2014). Si bien estos desechos pueden mejorar la resistencia mecánica del concreto al actuar como refuerzos internos, su vulnerabilidad a la oxidación plantea un desafío tecnológico considerable. Los metales reciclados pueden sufrir corrosión cuando se exponen a la humedad y el oxígeno,



lo que resulta en una expansión interna y la posterior fractura de concreto. Para resolver este problema, los métodos propuestos incluyen el uso de inhibidores de la corrosión, la implementación de recubrimientos protectores en los restos metálicos y el ajuste de la relación agua/cemento para reducir la permeabilidad del concreto (Córdova & Simón, 2018).

La adición de cenizas de cartón mejora la resistencia del concreto a productos químicos dañinos, particularmente sulfatos y ácidos, al reducir el contenido de cemento de Portland en la matriz de cemento, lo que reduce el desarrollo de compuestos expansivos que conducen a la degradación estructural en entornos industriales o marinos (Córdova & Simón, 2018). Sin embargo, una cantidad excesiva de cenizas de cartón puede socavar la resistencia inicial del concreto, destacando la necesidad de lograr un equilibrio de dosificación ideal. La durabilidad del concreto modificado que incluye cenizas de cartón y desechos de metal depende de un diseño de mezcla efectivo que mejora la compactación de la matriz cementosa, disminuye la permeabilidad y mantiene la estabilidad de los refuerzos metálicos en circunstancias adversas (Silva & Delvasto, 2014).

2.2.5.4 Evaluación de costos y viabilidad técnica

La evaluación de los precios y la viabilidad técnica del concreto modificada con cenizas de cartón y el clavo y los desechos de alambre es un aspecto crucial para su despliegue industrial y competitividad versus concreto tradicional. Económicamente, utilizar estos recursos reciclados puede reducir los costos de fabricación de concretas al reducir la cantidad de cemento de Portland requerido. Las cenizas de cartón, el resultado de la quema de papel y basura de cartón, son mucho menos costosas que el cemento, lo que facilita una disminución en los gastos de materia prima (Córdova & Simón, 2018). Del mismo modo, el clavo y los desechos de alambre se pueden obtener a través de procedimientos de reciclaje industrial a un costo mínimo o de restos de construcción y demolición, lo que disminuye el uso del refuerzo de metales tradicional. Es esencial reconocer que la recolección, el procesamiento y la modificación de estos materiales



pueden incurrir en gastos suplementarios, incluida la rectificación y el tratamiento térmico de las cenizas de cartón, así como la limpieza y clasificación de basura de metales (Silva & Delvasto, 2014).

Desde el punto de vista de la viabilidad técnica, el rendimiento del concreto modificado con estos componentes debe adherirse a las normas establecidas en las reglas internacionales, incluida la ASTM C618 para compuestos puzolánicos y ASTM C39 para la resistencia a la compresión de concreto. La investigación indica que incluir hasta un 15% de cenizas de cartón como sustituto del cemento podría mejorar la resistencia a la compresión a largo plazo, dependiendo del manejo de la relación agua/cemento y el curado de concreto (Córdova & Simón, 2018). La incorporación de clavos y desechos de alambre puede mejorar la resistencia a la flexión hasta en un 20%, dependiendo de la distribución uniforme de estos desechos metálicos dentro de la mezcla, por lo tanto, evitando problemas de segregación o trabajabilidad. Es crucial evaluar la posible corrosión de estos refuerzos en condiciones hostiles, lo que puede necesitar la aplicación de inhibidores de la corrosión o recubrimientos protectores para extender la vida útil del concreto (Silva & Delvasto, 2014).

La viabilidad de estos materiales para uso industrial depende de su disponibilidad y las repercusiones ambientales de su procesamiento. La utilización de concreto modificado que incorpora cenizas de cartón y desechos metálicos es especialmente ventajoso en las regiones urbanas con una producción sustancial de desechos de papel y metal, ya que estos materiales se pueden obtener localmente, minimizando así los gastos de transporte y reduciendo la huella de carbono del proceso de construcción (Ministerio del Medio Ambiente). No obstante, su uso en el sector de la construcción necesita más investigación para corroborar su eficacia en las estructuras reales y su cumplimiento con las reglas existentes. En conclusión, el concreto modificado con cenizas de cartón, clavo y desechos de alambre presenta una alternativa técnica y económicamente factible para la construcción sostenible, dependiendo de la optimización de la recolección, el



procesamiento y el diseño de la mezcla para mejorar la eficiencia estructural y reducir los costos operativos (Silva & Delvasto, 2014).

2.2.6 Normativas y metodologías de ensayo aplicables

La evaluación del concreto mejorada con cenizas de cartón y basura de clavo y cables debe cumplir con los estándares internacionales y nacionales que estipulan los criterios técnicos requeridos para garantizar la calidad, el rendimiento mecánico y la durabilidad. Estos criterios incluyen la caracterización de los materiales, la formulación de mezclas y las pruebas físicas y mecánicas necesarias para validar su uso en la construcción. El estándar ASTM C618 regula el uso de materiales puzolánicos en concreto, especificando los criterios químicos y físicos necesarios para su empleo como un reemplazo parcial para el cemento de Portland (Córdova & Simón, 2018). El estándar ASM A820 especifica los requisitos para las fibras de acero utilizadas como refuerzo en el concreto, que abarca las características geométricas, la resistencia mecánica y los parámetros de dispersión dentro de la matriz de cementia (Córdova & Simón, 2018).

Las pruebas físicas y mecánicas relevantes para el concreto modificado incluyen evaluaciones de trabajabilidad, evaluaciones de resistencia a la compresión, pruebas de resistencia a la flexión y análisis de durabilidad. La mano de obra se evalúa mediante la prueba de asentamiento del cono Abrams de acuerdo con ASTM C143, que cuantifica la consistencia y la fluidez del concreto fresco (Silva & Delvasto, 2014). El procedimiento ASTM C39 se utiliza para evaluar la resistencia a la compresión, en la que los cilindros de concreto, curados en condiciones controladas, se someten a fuerza axial hasta que se produce una falla. Del mismo modo, la resistencia a la flexión se evalúa mediante la prueba de haz de tercer punto por ASTM C78, que es esencial para evaluar la efectividad de los desechos metálicos como refuerzo dentro de la matriz de concreto (Silva & Delvasto, 2014).

ASTM C1202 regula las pruebas de permeabilidad para el cloruro, evaluando la durabilidad y la reacción del concreto a los productos químicos hostiles, lo que indica su



resistencia a la penetración iónica que podría causar corrosión en los refuerzos metálicos. El estándar ASTM C642 especifica los métodos para medir la absorción y porosidad del concreto endurecido, esencial para evaluar la efectividad de las cenizas de cartón para reducir la permeabilidad del material (Córdova & Simón, 2018). Además, las reglas ASTM G109 regulan las pruebas de corrosión de los refuerzos metálicos, especialmente relevantes para las mezclas que comprenden clavos y restos de alambre (Silva & Delvasto, 2014).

El cumplimiento de estos estándares es esencial para garantizar que el concreto modificado que incluya cenizas de cartón y basura de metal sea apropiada para aplicaciones estructurales e infraestructurales. Las metodologías de prueba estandarizadas validan la seguridad, la resiliencia y la durabilidad del material en diversas condiciones ambientales, mejorando así su aceptación en la industria de la construcción y avanzando su uso en iniciativas de construcción sostenibles (Córdova & Simón, 2018).

2.2.6.1 Normas ASTM y ACI relacionadas con la evaluación del concreto

La evaluación del concreto, particularmente cuando se incluye recursos reciclados como cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre, debe cumplir con los requisitos que garantizan su calidad, fuerza y longevidad. Las organizaciones principales que rigen estos estándares son la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (ASTM) y el American Concrete Institute (ACI), que formulan criterios de prueba y requisitos para los componentes, mezclas y propiedades mecánicas del concreto. Estas restricciones son esenciales para garantizar que el concreto modificado satisfaga las especificaciones técnicas y es adecuada para aplicaciones estructurales sin poner en peligro la seguridad o el rendimiento a largo plazo (Córdova & Simón, 2018).

El estándar ASTM C618 delinea los criterios para evaluar los materiales de cementación suplementarios, a saber, las puzolanas y las cenizas volantes naturales, que es pertinente para usar cenizas de cartón como sustituto parcial del cemento Portland. Este estándar delinea las especificaciones químicas y físicas que estos materiales deben



satisfacer, que abarca su concentración de óxido, propiedades puzolánicas y reactividad de finura (Judger y Siddique). El estándar ASTM C1897 ofrece criterios para evaluar la reactividad de varios componentes en mezclas cementosas. ASTM A820 rige la utilización de fibras de acero en concreto para los desechos de conglomerados y cables, delineando los requisitos para la resistencia a la tracción, las dimensiones y la morfología para garantizar una aplicación adecuada como refuerzo interno (Córdova & Simón, 2018).

El estándar ASTM C39 delinea los procedimientos para la prueba de resistencia a la compresión, mientras que el ASTM C78 gobierna las pruebas de resistencia a la flexión, ambas esenciales para evaluar el comportamiento estructural del concreto modificado con cenizas de cartón y desechos de metal. El estándar ASTM C143 delinea las técnicas para evaluar la trabajabilidad y la consistencia del concreto fresco mediante la medición del asentamiento utilizando el cono Abrams, lo que facilita la evaluación de la fluidez y la compatibilidad de los aditivos usados. El estándar ASTM C231 rige la evaluación del contenido del aire en el nuevo concreto por la técnica de presión, que es esencial para evaluar su desempeño en condiciones sujetas a ciclos de congelación-descongelación (Silva & Delvasto, 2014).

El American Concrete Institute (ACI) ofrece criterios esenciales para la evaluación concreta. El código ACI 318 delinea los requisitos de diseño estructural, que abarca los criterios para incorporar materiales reciclados en concreto, mientras que la especificación ACI 211.1 aclara las metodologías para diseñar mezclas de concreto, lo que representa modificaciones en la dosis cuando se utilizan materiales alternativos. El estudio ACI 544 también ofrece recomendaciones para utilizar fibras metálicas recicladas para mejorar la resistencia a la flexión y la durabilidad del concreto. Por el contrario, ACI 201.2R aborda la evaluación de la durabilidad concreta en diversas condiciones ambientales, centrándose en los efectos de agentes agresivos como los cloruros y los sulfatos, que es pertinente a la protección de los desechos de metales incluidos en la mezcla (Ministerio del Medio Ambiente).

En conclusión, el cumplimiento de los estándares ASTM y ACI es crucial para confirmar la viabilidad técnica del concreto modificado con cenizas de cartón y clavo y desechos de alambre. Estos estándares permiten el establecimiento de controles de calidad en la selección de materiales, el diseño de la mezcla, las propiedades mecánicas y la durabilidad del concreto, lo que permite su aplicación en el sector de la construcción y asegurando el rendimiento bajo situaciones severas (Silva & Delvasto, 2014).

2.3 Marco conceptual

a. Concreto hidráulico

Es una sustancia que consiste principalmente en cemento de Portland, agregados gruesos y finos, agua y, en ciertos casos, aditivos. Su rasgo principal es la capacidad de solidificar y adquirir resistencia mecánica tras la hidratación. La aplicación es esencial para construir edificios, pavimentos y obras civiles, con su rendimiento que depende de la calidad de sus componentes y el proceso de curado (Córdova & Simón, 2018).

b. Residuos de cartón

Denota el subproducto sólido generado por la incineración de cartón en circunstancias reguladas. Esta sustancia comprende dióxido de silicio (SiO_2), óxido de aluminio (Al_2O_3) y óxido de calcio (CAO), dotándolo con cualidades de pozolánica, lo que facilita su aplicación como un ingrediente de cemento complementario en la producción de concreto. Su uso puede disminuir el uso de cemento de Portland y mejorar la sostenibilidad del concreto (Jacinto & Yovana, 2022).

c. Reactividad pozolánica

Ciertos materiales, como las cenizas de cartón, poseen la capacidad de reaccionar con el hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) liberado durante la hidratación del cemento, lo que

resulta en la formación de compuestos de silicato de calcio hidratado (C-H) adicionales, que mejoran la resistencia mecánica y la durabilidad del concreto (Alfaro, 2020).

d. Desechos de alambre

Consisten en residuos metálicos generados a partir de operaciones industriales, demolición y construcción, constituidas principalmente por cantidades de hierro y traza de otros metales. Estos elementos pueden servir como refuerzo interno dentro de la matriz de concreto, mejorando su resistencia a la tensión y la flexión. No obstante, su uso requiere técnicas para aliviar el peligro de corrosión en condiciones hostiles (Acosta et al., 2023).

e. Características mecánicas del concreto

Abandonan la resistencia a la compresión, la flexión y la tracción del concreto endurecido. La resistencia a la compresión evalúa la capacidad de un material para soportar las presiones axiales sin falla, mientras que la resistencia a la flexión analiza su rendimiento bajo cargas que inducen tensiones de flexión. La resistencia a la tracción es esencial en los componentes estructurales sometidos a fuerzas de tracción, y se puede mejorar con la incorporación de refuerzos metálicos reciclados (Aguilera & Diestra, 2017).

f. Trabajabilidad del concreto

Se refiere a la simplicidad de mezclar, transportar, colocar y compactar un nuevo concreto sin segregación o pérdida de cohesión. La prueba de asentamiento de cono Abrams (ASTM C143) la mide y puede verse influenciada por la finura de las cenizas de cartón y la inclusión de la basura metálica en la mezcla. Mejorar la trabajabilidad es crucial para proporcionar un rendimiento concreto satisfactorio en el sitio (Barboza et al., 2021).

g. Durabilidad de concreto

Es la capacidad del concreto para resistir las duras condiciones climáticas sin deterioro sustancial sobre su vida útil. La resistencia del material está influenciada por



factores como la permeabilidad, la resistencia a la corrosión de los refuerzos metálicos y la reactividad puzolánica de las cenizas de cartón. Se emplean ensayos como ASTM C1202 (permeabilidad al cloruro) y ASTM C642 (absorción y densidad) para evaluar este atributo (Ministerio del Medio Ambiente).

h. Economía circular en el sector de construcción

Este concepto tiene como objetivo disminuir el consumo de recursos naturales y minimizar la formación de residuos al reutilizar y valorar los materiales reciclados en el sector de la construcción. Esta técnica incorpora cenizas de cartón, clavo y basura de alambre en concreto, aprovechando subproductos industriales para reducir la huella de carbono de la fabricación de cemento (Barboza et al., 2021).

i. Marcos regulatorios y procedimientos de prueba

La calidad del concreto modificado, incluidos los materiales reciclados, debe evaluarse de acuerdo con los estándares técnicos, incluidos ASTM C39 (resistencia a la compresión), ASTM C78 (resistencia a la flexión), ASTM C618 (materiales de pozolánicos) y ASTM A820 (fibras metálicas para refuerzo de concreto). Del mismo modo, el código ACI 318 delinea las especificaciones para el diseño estructural y la aplicación de materiales alternativos en concreto hidráulico (Apaza, 2022).



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque de investigación

El enfoque de investigación se refiere a la orientación metodológica que guía el desarrollo de un estudio científico. Este enfoque determina la forma en que se recolectan, analizan e interpretan los datos con el propósito de dar respuesta a los objetivos planteados. Existen distintos enfoques según la naturaleza del fenómeno investigado, entre los cuales destacan el enfoque cuantitativo, cualitativo y mixto. Cada uno responde a una lógica distinta: el enfoque cuantitativo se basa en la medición numérica y la comprobación empírica; el cualitativo busca interpretar significados y contextos; mientras que el enfoque mixto combina ambas perspectivas para una comprensión más integral del problema (Kumar et al., 2022).

El presente estudio adoptó un enfoque de investigación cuantitativo debido a que su propósito fue medir y analizar, de forma objetiva y numérica, el efecto de la incorporación de cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre sobre las propiedades del concreto hidráulico. A través de este enfoque, se realizaron ensayos técnicos como la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y trabajabilidad en muestras con proporciones variables de los aditivos reciclados, obteniendo resultados estadísticamente comparables. Este tipo de enfoque permitió establecer relaciones entre las variables,

identificar tendencias y validar empíricamente el impacto de los materiales reciclados en el desempeño del concreto, con base en datos precisos, verificables y reproducibles.

3.2 Tipo de la investigación

La clasificación de la investigación se relaciona con las características del estudio y puede ser experimental, no experimental, cualitativo o cuantitativo (Kumar et al., 2022). En un estudio experimental, las variables se manipulan para evaluar su efecto en un fenómeno específico; En un estudio no experimental, las variables se analizan sin la participación directa del investigador. La investigación cualitativa examina los fenómenos subjetivos a través de enfoques interpretativos, mientras que la investigación cuantitativa usa medidas numéricas y análisis estadísticos para lograr resultados objetivos.

Esta investigación se clasifica como aplicada, dado que tiene como objetivo evaluar la viabilidad técnica de utilizar cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre en la elaboración de concreto hidráulico, con el fin de aportar soluciones sostenibles en la industria de la construcción. Además, es de tipo experimental, ya que implica la elaboración, prueba y análisis de mezclas de concreto en condiciones controladas de laboratorio.

3.3 Nivel de la investigación

La investigación se clasifica como exploratoria, descriptiva, correlacional y explicativa, dependiendo de la profundidad analítica de los fenómenos estudiados (Kumar et al., 2022). El objetivo es lograr una comprensión exhaustiva del problema sin establecer relaciones causales; Las características del problema se describen ampliamente; Las interconexiones entre las variables se evalúan a nivel correlacional; La causalidad se determina a través de análisis experimentales y estadísticos.

El nivel de esta investigación es explicativo, ya que se orienta a identificar y comprender cómo la incorporación de cenizas de cartón y desechos metálicos modifica las



características del concreto. Se busca establecer relaciones de causa y efecto, analizando los cambios en la resistencia, la trabajabilidad y la durabilidad en función de la variación de los materiales reciclados en la mezcla.

3.4 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es el marco metodológico que guía el estudio, que describe los procedimientos para la recopilación y análisis de datos para cumplir con los objetivos definidos. El diseño puede ser experimental o no experimental, cualitativo o cuantitativo, dependiendo del enfoque seleccionado y el nivel de control sobre las variables de estudio. Un diseño de investigación efectivo garantiza la validez y confiabilidad de los resultados, lo que permite la replicabilidad del estudio en muchas situaciones (Alam, 2023).

Este estudio adopta un diseño experimental, ya que implica la manipulación y control de variables para evaluar su impacto en las propiedades del concreto hidráulico. En el cual se modificarán las proporciones de cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre dentro de la mezcla, con el propósito de analizar su influencia en la resistencia mecánica, trabajabilidad y durabilidad. La comparación con mezclas convencionales permitirá establecer diferencias significativas y validar los efectos de estos materiales reciclados.

3.5 Método de la investigación

El método de investigación se refiere a los procedimientos sistemáticos utilizados para obtener, evaluar y analizar datos sobre el tema del estudio (Kumar et al., 2022). Hay numerosos enfoques de investigación disponibles, como inductivos, deductivos, experimentales y correlacionales, cada uno caracterizado por características únicas diseñadas para abordar varias preguntas científicas. La elección de la técnica depende del diseño de la investigación y los objetivos definidos, garantizando un enfoque metódico basado en principios científicos (Alam, 2023).



El método empleado en la investigación es científico, debido a que se fundamenta en la recopilación y análisis de datos numéricos obtenidos mediante ensayos de laboratorio. Se utilizará un enfoque deductivo, partiendo de principios teóricos y normativos sobre el comportamiento del concreto modificado para luego contrastarlos con los resultados experimentales, permitiendo así obtener conclusiones basadas en evidencia empírica.

3.6 Población y muestra de la investigación

3.6.1 Población

La población en un estudio denota toda la colección de individuos, artículos o eventos que poseen atributos compartidos, de los cuales se extrae una muestra para el análisis (Kumar et al., 2022). La población de estudio puede ser finita o infinita, y la definición precisa es esencial para la validez de los hallazgos. Elegir una población adecuada garantiza que los hallazgos son representativos y relevantes para el contexto del estudio, lo que reduce los sesgos potenciales en la investigación.

La población de estudio está constituida por todas las mezclas de concreto hidráulico que pueden ser producidas en el distrito de Santa Lucía, Puno, tanto en proyectos de construcción convencionales como en obras de infraestructura pública y privada. También incluye las posibles variantes de concreto que incorporen materiales reciclados, los cuales podrían ser utilizados bajo los criterios evaluados en esta investigación.

Figura 1

Localidad don se elaboró el estudio



Nota. Recopilado de Wikipedia

3.6.2 Muestra

La muestra es un segmento representativo de la población, seleccionado por técnicas probabilísticas o no probabilistas para el análisis de investigación (Kumar et al., 2022). El tamaño de la muestra se establece en función de los criterios estadísticos para garantizar que los resultados sean pertinentes para la población de investigación. Un diseño de muestreo efectivo minimiza los errores y mejora la precisión de los resultados, por lo tanto, permite hallazgos validados científicamente.

La muestra está compuesta por probetas cilíndricas de concreto (según ASTM C39) y vigas prismáticas (según ASTM C78) fabricadas con diferentes proporciones de cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre. Se establecerán varios grupos experimentales con distintas dosificaciones, además de un grupo control con concreto convencional. Posteriormente, las probetas serán sometidas a ensayos en laboratorio para evaluar su

comportamiento en términos de resistencia a la compresión y flexión, trabajabilidad, permeabilidad y durabilidad.

Tabla 2

Cantidad de unidades analizadas

Ensayos	Concreto hidráulico	Adición de cenizas de cartón 6%	Adición de cenizas de cartón 12%	Adición de desechos de clavo de alambre 6%	Adición de desechos de clavo de alambre 12%	Total
Trabajabilidad	4	4	4	4	4	20
Resistencia a la compresión	15	15	15	15	15	75
Resistencia a la flexión	15	15	15	15	15	75
	34	34	34	34	34	170

Nota. Generado por el autor

La tabla presentada muestra la distribución de unidades analizadas en función de los ensayos realizados sobre el concreto hidráulico modificado con la adición de cenizas de cartón y desechos de clavo de alambre en distintos porcentajes. Se evaluaron tres propiedades clave: trabajabilidad, resistencia a la compresión y resistencia a la flexión. Para cada uno de los cinco grupos de estudio, se asignaron 4 unidades para la medición de trabajabilidad, sumando un total de 20 unidades en esta prueba. En el caso de los ensayos de resistencia a la compresión y flexión, se analizaron 15 unidades por grupo, alcanzando un total de 75 unidades por tipo de ensayo. La cantidad total de especímenes evaluados asciende a 170, considerando la combinación de todas las pruebas realizadas en cada una de las variantes del concreto, lo que garantiza una muestra representativa para la comparación y análisis del impacto de los materiales reciclados en sus propiedades mecánicas.

3.7 Técnicas e instrumentos

3.7.1 Técnicas

Las metodologías empleadas en la investigación experimental del concreto hidráulico, incluidos los ingredientes adicionales, se concentran en evaluar sus cualidades



utilizando pruebas designadas. Estas pruebas proporcionan el análisis de la granulometría agregada, la consistencia de la mezcla en su etapa fresca y la resistencia mecánica del concreto curado.

La prueba de granulometría se realiza para determinar la distribución del tamaño de las partículas en los agregados utilizados en la mezcla. Esta investigación es crucial para lograr una combinación óptima de componentes, mejorando la trabajabilidad y la durabilidad del concreto. La granulometría se evalúa mediante un tamizado secuencial, clasificando los agregados de acuerdo con sus dimensiones y garantizando la adherencia a los criterios técnicos especificados.

Posteriormente, la prueba de consistencia se realiza para evaluar la fluidez y la trabajabilidad del concreto en su forma fresca. El cono Abrams se utiliza para evaluar el asentamiento de la mezcla y su capacidad de manipulación y colocación en moldes sin exhibir segregación o exudación excesiva. Este estudio es esencial para garantizar que la mezcla posea suficiente flexibilidad para su instalación y compactación en el sitio.

Las cualidades mecánicas del concreto endurecido se evalúan mediante una prueba de resistencia a la compresión, que mide la capacidad del material para soportar las tensiones axiales. Las muestras cilíndricas o cúbicas se forman y posteriormente se expongan a fuerzas de compresión en una prensa hidráulica hasta que se produce una falla. Este ensayo facilita la evaluación de la máxima resistencia del concreto y su progresión a varias edades, a menudo a los 7, 14 y 28 días.

Del mismo modo, la prueba de resistencia a la flexión se realiza para evaluar la respuesta del concreto a las tensiones de flexión. Se emplean vigas estandarizadas, sometidas a cargas entregadas en tres ubicaciones hasta que ocurre la falla. Esta prueba es particularmente pertinente en las construcciones donde el concreto experimenta tensiones de flexión, como losas, pavimentos y componentes estructurales delgados.

Estas pruebas producen datos esenciales sobre las propiedades físicas y mecánicas del concreto, facilitando la evaluación de la influencia de materiales adicionales en su rendimiento y garantizando su idoneidad para las aplicaciones de construcción.



3.7.2 Instrumentos de recolección de datos investigación

Este estudio evalúa las propiedades del concreto hidráulico modificado con cenizas de cartón y basura de cables y cable en Santa Lucía 2025, utilizando equipos específicos para la recopilación de datos alineados con las pruebas planificadas. Estos instrumentos ofrecerán mediciones precisas y confiables de aspectos esenciales del comportamiento concreto, incluida la granulometría, la consistencia, la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión.

La granulometría de agregados y cenizas de cartón se evaluará utilizando un tamiz mecánico por ASTM C136, determinando la distribución del tamaño de partícula de los materiales incluidos en la mezcla de concreto. Además, la microscopía electrónica de barrido (SEM) y la difracción de rayos X (DRD) se utilizarán para caracterizar la morfología y la composición química de las cenizas de cartón, para evaluar su potencial puzolánico.

El cono Abrams se empleará, de acuerdo con ASTM C143, para evaluar la trabajabilidad y la fluidez de nuevas mezclas de concreto. Esta investigación es esencial para determinar que la incorporación de cenizas de cartón y escombros de clavo y alambre no afecta negativamente la ubicación y la compactación del concreto.

Se empleará una prensa de compresión hidráulica para evaluar la resistencia a la compresión, siguiendo la técnica estándar ASTM C39, en la que la fuerza axial se da a las muestras de concreto cilíndrico hasta la falla, estableciendo así su capacidad de carga basada en períodos de curado de 7, 14 y 28 días.

La resistencia a la flexión se evaluará utilizando la prueba de haz simple con cargas aplicadas a intervalos de un tercio del tramo, de conformidad con el estándar ASTM C78. Este método permitirá el examen de los efectos de incluir cenizas de cartón y desechos metálicos en la resistencia a la flexión del concreto, un aspecto esencial para su aplicación en pavimentos y elementos estructurales sometidos a presiones dinámicas.

Los datos obtenidos de estos ensayos serán procesados y evaluados con herramientas estadísticas, como Excel o SPSS, para identificar tendencias y conexiones



entre la composición de las mezclas y sus propiedades mecánicas, por lo que garantizar el rigor del estudio.

Herramientas de investigación

- El cono Abrams es un aparato empleado para evaluar la trabajabilidad y la consistencia de concreto fresco utilizando la prueba de asentamiento de acuerdo con ASTM C143.
- Máquina de compresión: dispositivo empleado para evaluar la resistencia a la compresión de las muestras de concreto de conformidad con el estándar ASTM C39.
- Máquina de flexión: dispositivo empleado para evaluar la resistencia a la flexión del concreto de acuerdo con ASTM C78.
- Hojas de control de calidad: documentos empleados para el registro metódico de los resultados de cada investigación.
- Software estadístico (SPSS, Excel, R): herramientas para procesar y analizar datos experimentales, mejorando la interpretación de resultados.
- Las cámaras de cura son instrumentos que garantizan la preservación adecuada de las muestras en condiciones controladas de temperatura y humedad.
- Calibradores y escalas digitales: instrumentos para cuantificar las dimensiones y pesos de ejemplos concretos precisos.

3.8 Validación y confiabilidad del instrumento

3.8.1 Validación de los instrumentos

La validación de instrumentos de investigación implica evaluar la precisión, confiabilidad y pertinencia de las metodologías y equipos empleados para la recopilación de datos. Esta metodología es crucial para garantizar que los instrumentos evalúen con precisión las variables que se estudian y producen resultados consistentes y reproducibles (Hernández, Fernández y Baptista, 2022). La validación se realiza a través de evaluaciones de validez de contenido, validez de criterios y validez de construcción, asegurando que el



instrumento se alinee con los objetivos de investigación y sea adecuado para medir los fenómenos bajo investigación (Creswell & Creswell, 2021).

En investigaciones experimentales, como los estudios sobre el rendimiento concreto con sustitución parcial de cemento por los puzolanas volcánicas, la validación de instrumentos de medición se logra mediante evaluaciones de calibración y repetibilidad, lo que garantiza que el equipo utilizado en los experimentos produce mediciones precisas y reproducibles. La calibración del aparato de laboratorio, incluida la máquina de compresión y el cono Abrams, es crucial para reducir los errores sistemáticos y garantizar la confiabilidad de los resultados (Kumar, 2022).

Además, la validación puede abarcar pruebas piloto o ensayos preliminares, en el que los instrumentos se utilizan en una muestra limitada para evaluar su efectividad antes de la recopilación de datos final. Estas pruebas facilitan la identificación de posibles errores de medición y permiten modificaciones de procedimiento, lo que mejora la precisión y el control de la investigación. La triangulación de datos, lograda al comparar datos de varios métodos analíticos, sirve como una técnica para validar la confiabilidad de los instrumentos empleados (Mehta y Monteiro, 2022).

Métodos para corroborar la investigación:

- La calibración del equipo de prueba implica la evaluación y verificación de la precisión de los instrumentos de medición, incluida la máquina de compresión y el cono Abrams.
- Prueba de repetibilidad: evaluaciones realizadas en entornos controlados para determinar la confiabilidad de los datos adquiridos a partir de mediciones consecutivas.
- Ejecución de pruebas piloto: evaluaciones iniciales con una muestra limitada para identificar fallas en la recopilación de datos y mejorar las metodologías.
- Validez del contenido: evaluación de la idoneidad de los instrumentos para los objetivos del estudio y los criterios relevantes.



- La triangulación de datos implica la comparación de resultados derivados de muchos métodos de medición y análisis estadísticos.
- Supervisión del proceso: garantía de calidad en la implementación de evaluaciones experimentales para mitigar los sesgos y las inexactitudes de medición.

3.8.2 Confiabilidad de instrumentos

La confiabilidad del equipo de investigación indica el grado en que produce resultados consistentes y reproducibles en diferentes mediciones y entornos comparables. Un instrumento efectivo minimiza la variabilidad de los datos resultante de los errores de medición, lo que garantiza la precisión y consistencia de los resultados obtenidos. La fiabilidad es esencial en la investigación experimental, ya que las mediciones deben reflejar con precisión los atributos del fenómeno que se está estudiando, evitando así las inconsistencias que podrían comprometer la validez del análisis (Kumar et al., 2022).

Se utilizan varios métodos estadísticos y de procedimiento para evaluar la confiabilidad de los instrumentos, incluidas las pruebas de consistencia interna, el análisis de prueba-retratación y la evaluación de estabilidad temporal. La investigación sobre materiales de construcción, como el concreto con cemento reemplazado por puzolanas volcánicas, garantiza la confiabilidad a través de la repetibilidad de las pruebas, la calibración del equipo y el control de calidad en la aplicación de medición (Kumar et al., 2022).

La calibración consistente de los dispositivos de medición, incluidas las máquinas de compresión y flexión, los conos de Abrams y las escalas digitales, es crucial para mantener la precisión de los resultados experimentales. Además, realizar numerosas pruebas en entornos controlados permite la validación de la consistencia de la medición y la rectificación de posibles errores sistemáticos. La manipulación rigurosa de las condiciones ambientales, como la temperatura y la humedad, mejora la confiabilidad de los resultados experimentales al mitigar las variaciones que podrían afectar la interpretación de datos (Kumar et al., 2022).

Métodos para garantizar la confiabilidad en la investigación:

- Repetibilidad de la prueba: la ejecución de muchas mediciones en muestras idénticas para evaluar la consistencia de los resultados.
- Calibración del aparato de laboratorio: ajuste sistemático y validación de instrumentos de prueba para garantizar mediciones precisas.
- Prueba de consistencia interna: un método estadístico para evaluar la coherencia de los datos recopilados en múltiples ensayos.
- Test -ReprueBa: un análisis comparativo de los hallazgos obtenidos en diferentes períodos para evaluar su consistencia temporal.
- Supervisión del procedimiento experimental: regulación y estandarización de técnicas de prueba para reducir las inexactitudes de medición.
- Evaluación de las variables ambientales: temperatura y humedad de seguimiento durante la prueba para minimizar la variabilidad de los datos.

3.9 Plan de recolección y procesamiento de datos

3.9.1 Desarrollo de plan de investigación

✿ Búsqueda de información

La búsqueda de información es esencial para la investigación, ya que permite la recopilación de evidencia teórica y experimental relevante para comprender los impactos de los materiales utilizados en la construcción. Se emplean una variedad de fuentes informativas, que incluyen literatura especializada, artículos científicos, estándares técnicos y registros institucionales, que proporcionan una base sólida para el avance del estudio. La selección de información debe ejecutarse críticamente, priorizando fuentes contemporáneas y validadas que apoyen el tema del estudio y la formulación de hipótesis.

Este enfoque requiere el uso de bases de datos especializadas y herramientas bibliográficas que ayuden en la recolección y organización de los recursos reconocidos. Además, es imperativo emplear estrategias de búsqueda eficientes, que abarquen el uso

de palabras clave específicas, categorización temática y evaluación de la confiabilidad de la fuente. La interpretación y el análisis precisos de los datos recopilados permiten la estructuración del marco teórico y metodológico del estudio, garantizando que la investigación se basa en hechos y principios científicos pertinentes.

❖ **Materiales implementados al concreto**

Cenizas de cartón:

Las cenizas de cartón son un residuo inorgánico producido por la combustión de papel y cartón en circunstancias reguladas. Las cenizas contienen componentes minerales procedentes de aditivos y cargas utilizados en la producción de cartón, como óxidos de silicio (SiO_2), aluminio (Al_2O_3) y hierro (Fe_2O_3), que pueden presentar actividad puzolánica, lo que las hace potencialmente adecuadas como materiales suplementarios en el concreto hidráulico (Kumar et al., 2022).

En esta investigación se adquirieron cenizas de cartón mediante un método de combustión controlada, destinado a minimizar los contaminantes y estabilizar su composición química. La técnica implicó los siguientes pasos:

- **Recogida y selección del cartón:** Se recogieron los residuos de cartón post-consumo en el distrito de Santa Lucía, excluyendo aquellos con recubrimientos plásticos o adhesivos que puedan producir residuos indeseables durante la combustión.
- **Secado y pre-trituración:** Para mejorar la uniformidad de la combustión, el cartón se secó y pulverizó en partículas más pequeñas, mejorando así el proceso térmico.
- **La incineración del cartón se realizó en un horno de laboratorio a temperaturas comprendidas entre 500 y 700 °C durante unas 2 a 4 horas, lo que facilitó la descomposición del contenido orgánico y la concentración de óxidos minerales.**
- **Enfriamiento y trituración:** Una vez finalizada la combustión, las cenizas resultantes se enfriaron suavemente para evitar modificaciones estructurales. Posteriormente se

sometieron a molienda mecánica en molino de bolas para disminuir su granulometría y potenciar su reactividad puzolánica.

- Caracterización química y granulométrica: Finalmente, las cenizas se sometieron a un análisis de composición química (XRD y XRF) y a una evaluación de la distribución granulométrica (ASTM C136) para evaluar su idoneidad como material cementante suplementario en el concreto hidráulico.
- Este procedimiento garantizó la obtención de un material superior y reactivo, que posee atributos alineados con los criterios de sostenibilidad y mejora del rendimiento mecánico del concreto, promoviendo así su utilización en el sector de la construcción (Kumar et al., 2022).

Figura 2

Manipulación las cenizas de cartón



Desechos de clavo y alambre:

Los residuos de clavos y alambres son residuos metálicos producidos principalmente en la construcción, la carpintería y las actividades industriales, y consisten en piezas de acero al carbono de diversos diámetros y longitudes. El reciclaje de estos

materiales puede mejorar las propiedades estructurales de las mezclas cementosas, aumentando la resistencia mecánica y la tenacidad del hormigón mediante el refuerzo distribuido de fibras metálicas.

Figura 3

Manipulación de los desechos de clavo y alambre



El presente estudio se explica la adquisición y el tratamiento de los desechos de clavo y alambre a través de las etapas siguientes:

- **Recogida y clasificación:** Los restos de clavo y alambre se recogieron de talleres de carpintería, demoliciones e instalaciones de reciclaje del distrito de Santa Lucía. Sólo se eligieron componentes de acero, excluyendo cualquier material oxidado o con recubrimientos de zinc o plástico.
- **Limpieza y desoxidación:** Para asegurar la compatibilidad con la mezcla de concreto, los restos metálicos se sometieron a un procedimiento de limpieza utilizando soluciones desengrasantes y desoxidantes (ácido cítrico diluido y/o soluciones alcalinas suaves), eliminando los contaminantes superficiales y los adhesivos o recubrimientos.
- **Corte y redimensionamiento:** los clavos y alambres se cortaron en longitudes que oscilan entre 20 y 50 mm, siguiendo las directrices establecidas por investigaciones

anteriores sobre el refuerzo utilizando específicamente fibras metálicas. Este procedimiento se ha ejecutado utilizando cizallas mecánicas, garantizando una distribución uniforme en la mezcla cementicia.

- Después de la limpieza y corte, las piezas fueron secadas y preservadas en ambiente seco para evitar la corrosión prematura antes de su integración en la mezcla de concreto.
- Caracterización física: Finalmente, los residuos metálicos se sometieron a un análisis de forma y caracterización, garantizando su idoneidad como refuerzo en el concreto hidráulico (ASTM A820).

Este procedimiento garantizó la reutilización eficiente de los residuos de clavo y alambre en la producción de concreto hidráulico, disminuyendo así los residuos metálicos y mejorando las propiedades mecánicas del material, especialmente en lo que respecta a la resistencia a la tracción y a la flexión.

Figura 4

Cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre



Nota. Recopilado de Google



3.9.2 *Etapa de campo*

a. **Recolección de muestras**

La fase de recolección de muestras es una operación esencial en la investigación experimental, ya que garantiza la adquisición de materiales apropiados para pruebas e investigaciones de laboratorio. Este paso implica la identificación, selección, recolección y almacenamiento de materiales para la mezcla de concreto hidráulico modificada, que combina cenizas de cartón y desechos de alambre en Santa Lucía, que luego sufrieron caracterización y pruebas mecánicas.

La colección de muestras para el presente estudio ocurrió en tres niveles:

- Adquisición de cenizas de cartón: los desechos de cartón se recogieron de los centros de reciclaje y las plantas de producción de empaquetado. Posteriormente, se sometieron a un proceso de calcinación controlado en un horno a temperaturas entre 500 ° C y 800 ° C, lo que permite la conversión de material de cenizas con características puzolánicas. Después de la recolección, se sometieron a filtración para producir partículas finas y almacenarse en condiciones de baja humedad para evitar interacciones prematuras con el cemento.
- Recolección de clavos y desechos de alambre: se recopilieron fragmentos de clavo y alambres desechados de sitios de demolición, talleres de construcción y negocios de reciclaje. Después de un proceso de limpieza y desoxidación, los restos metálicos se cortaron en dimensiones apropiadas y se almacenaron en un lugar seco antes de incluirse en la mezcla de concreto.
- Adquisición de materiales convencionales para la mezcla de concreto: se adquirieron muestras de cemento Portland, junto con agregados gruesos y finos de canteras locales y agua potable apropiada para la formulación de concreto hidráulico, de conformidad con ASTM C150 para cemento y ASTM C33 para agregados.



Cada material se sometió a una evaluación de laboratorio utilizando granulometría, análisis físico-químico y pruebas de trabajo para determinar su compatibilidad y calidad para la producción de concreto modificado. Este paso es crucial para garantizar la representatividad de los materiales utilizados y la confiabilidad de los resultados obtenidos en evaluaciones mecánicas y de durabilidad.

3.9.3 Etapa de laboratorio

La fase de laboratorio es un componente esencial de la investigación experimental, que facilita la caracterización de los materiales y la evaluación del rendimiento del hormigón hidráulico modificado utilizando cenizas de cartón y residuos de clavos y alambres. En esta fase, se realizan ensayos físicos, químicos y mecánicos en entornos controlados, garantizando que los resultados sean fiables y reproducibles.

El paso inicial consistió en la caracterización de los materiales. Se evaluaron las propiedades físicas y químicas de las cenizas de cartón mediante análisis granulométrico, evaluación de la finura y análisis de la composición para verificar su gradación puzolánica. Se realizó un estudio para evaluar el tamaño de las partículas, la densidad y la resistencia a la corrosión de los restos de clavo y alambre para garantizar que su incorporación al concreto no comprometa la durabilidad de la mezcla.

A continuación, se fabricaron especímenes de concreto de acuerdo con las normas ASTM C192, garantizando la medición precisa y la uniformidad de los materiales. En la formulación se utilizaron diferentes proporciones de cenizas de cartón (6% y 12%) y desechos metálicos (6% y 12%) como sustitutos parciales del cemento. Los especímenes se curaron en condiciones reguladas durante 7, 14 y 28 días, siguiendo las normas de curado definidas en ASTM C511.

Finalmente, se realizaron evaluaciones para examinar las propiedades mecánicas y físicas del hormigón modificado. Las pruebas esenciales son la resistencia a la compresión (ASTM C39) y la resistencia a la flexión (ASTM C78), que evaluaron la integridad estructural del material bajo presiones aplicadas. La evaluación de la



trabajabilidad utilizó la prueba de asentamiento (ASTM C143) para evaluar la fluidez de la mezcla y la facilidad de aplicación in situ.

Este segmento de la investigación es crucial para determinar la viabilidad de emplear cenizas de cartón y basura metálica en la producción de concreto hidráulico, proporcionando datos empíricos sobre su impacto en la resistencia, durabilidad y rendimiento general del material.

i. Ensayo de contenido de humedad

Cálculo:

$$W(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

La prueba de contenido de humedad es un procedimiento crucial en la caracterización del material, ya que mide el agua presente en una muestra en su estado natural. Este ensayo es crucial para los materiales de cemento y agregados, ya que la humedad influye en la reactividad química y la trabajabilidad de la mezcla de concreto. La evaluación precisa del contenido de humedad asegura una dosis de componentes adecuada en la mezcla, por lo tanto, evitando las variaciones en la fuerza y la longevidad del concreto.

Esta investigación realizó un análisis de contenido de humedad sobre muestras de puzolana volcánica obtenidas de depósitos naturales en la región de Puno, verificando que su inclusión en el concreto no altere el porcentaje de agua indicado en el diseño combinado. El procedimiento seguirá el método de secado del horno según ASTM C566, en el que se pesa una muestra representativa antes y después de secar a $110 \pm 5^\circ \text{C}$ hasta que se logre un peso estable. La diferencia de peso facilita la determinación del contenido de humedad en la muestra.

Este ensayo asegurará que la puzolana utilizada en las mezclas de cemento mantenga un nivel de humedad controlado, lo que limita los efectos adversos sobre la hidratación del cemento y la reactividad puzolánica. Además, los hallazgos guiarán el



ajuste del contenido de agua en la mezcla de concreto, lo que garantiza la trabajabilidad óptima y las cualidades mecánicas durante las evaluaciones experimentales.

ii. Análisis granulométrico

El análisis granulométrico es un proceso esencial para caracterizar los áridos utilizados en la producción de hormigón hidráulico modificado. El objetivo es determinar la distribución granulométrica de los componentes, que afecta directamente a la trabajabilidad, resistencia y durabilidad de la mezcla de hormigón.

Este estudio empleará el análisis granulométrico en agregados convencionales finos y gruesos, así como en cenizas de cartón y residuos de clavos y alambre, para evaluar su compatibilidad en las mezclas de hormigón. Para ello se empleará el método del tamiz mecánico, según ASTM C136, que consiste en hacer pasar una muestra representativa del material a través de una sucesión de tamices normalizados con aberturas progresivamente más pequeñas para determinar la cantidad de material retenido en cada tamiz.

Se evaluará la finura y la distribución de partículas de las cenizas de cartón para determinar su eficacia como material puzolánico, ya que una mayor finura puede mejorar la reactividad con el hidróxido de calcio de la matriz de cemento, favoreciendo la síntesis de compuestos cementantes suplementarios. A la inversa, se evaluarán las dimensiones y la morfología de los restos de clavo y alambre, ya que estos atributos pueden afectar a la cohesión y adherencia de la mezcla dentro de la matriz de hormigón.

Los resultados de esta investigación facilitarán la clasificación de los materiales en función de su curva granulométrica y módulo de finura, asegurando el cumplimiento de la norma ASTM C33 para la fabricación de hormigón. Esta investigación proporcionará información esencial para el diseño de la mezcla, facilitando la optimización de las proporciones de los componentes y mejorando el rendimiento del hormigón hidráulico modificado utilizando recursos reciclados.

Figura 5*Ensayo granulométrico***iii. Resistencia a la compresión**

La prueba de resistencia a la compresión es un procedimiento fundamental para evaluar el comportamiento mecánico del concreto hidráulico modificado, ya que permite determinar la capacidad del material para soportar cargas antes de alcanzar la falla estructural. Esta propiedad es esencial en el ámbito de la ingeniería civil, ya que influye directamente en la seguridad, estabilidad y durabilidad de las estructuras. La resistencia a la compresión del concreto se ve afectada por múltiples factores, como la relación agua/cemento, la distribución granulométrica de los agregados y la incorporación de materiales adicionales, en este caso, cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre.

En el presente estudio, la prueba de resistencia a la compresión se realizó de acuerdo con la normativa ASTM C39, utilizando especímenes cilíndricos de concretos fabricados con diferentes proporciones de adición de cenizas de cartón (6 % y 12 %) y desechos metálicos de clavo y alambre (6 % y 12 %) en reemplazo parcial del cemento. Luego del proceso de curado, las muestras se someterán a cargas axiales en una máquina de compresión hasta alcanzar la falla, registrando la carga máxima soportada. La



resistencia se calculará dividiendo la carga máxima entre el área de la sección transversal del espécimen, expresada en megapascales (MPa).

Este ensayo permitirá comparar el desempeño mecánico del concreto convencional con el concreto modificado, analizando la evolución de su resistencia a edades de 7, 14 y 28 días. Los resultados obtenidos permitirán evaluar la viabilidad del uso de cenizas de cartón y desechos metálicos como sustitutos parciales del cemento, determinando su influencia en la resistencia del concreto y su aplicabilidad en estructuras expuestas a cargas de compresión.

3.9.4 Etapa de gabinete

La etapa de gabinete es una fase fundamental en la investigación, ya que permite la organización, análisis e interpretación de los datos recopilados durante el proceso experimental. En esta etapa se examinan los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio, se comparan con estudios previos y se extraen conclusiones basadas en evidencia cuantificable. Esta fase garantiza la estructuración sistemática y coherente de los datos, facilitando su presentación en la investigación y su validación dentro del contexto científico y tecnológico.

Para el presente estudio, la etapa de gabinete incluirá tareas clave relacionadas con la agregación y categorización de los datos obtenidos en los ensayos experimentales. Se analizarán los resultados de resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, trabajabilidad y granulometría, verificando su coherencia y autenticidad. Posteriormente, la información será organizada digitalmente mediante hojas de cálculo y software estadístico, lo que permitirá su procesamiento y análisis detallado.

Uno de los componentes esenciales de esta fase será la aplicación de técnicas estadísticas para interpretar los datos experimentales. Se emplearán métodos como el cálculo de la media, desviación estándar, coeficiente de variación, con el objetivo de evaluar la significancia de las diferencias entre las mezclas de concreto con cenizas de cartón y desechos metálicos en comparación con el concreto convencional. Estos análisis



permitirán establecer patrones de comportamiento en función de las distintas edades de curado y proporciones de sustitución del cemento.

Además, se realizará un análisis comparativo con investigaciones previas sobre el uso de materiales reciclados en concreto, contrastando los hallazgos del estudio con regulaciones técnicas, normativas aplicables y experiencias reportadas en la industria de la construcción. Esta revisión bibliográfica fortalecerá la discusión de los resultados, proporcionando un marco teórico que sustente las observaciones experimentales.

Otro aspecto crucial de la etapa de gabinete será la presentación de los resultados en tablas y gráficos que faciliten su interpretación. La visualización de datos permitirá evidenciar la evolución de la resistencia, trabajabilidad y durabilidad del concreto modificado, destacando las variaciones observadas en función del porcentaje de adición de cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre.

Finalmente, se llevará a cabo una evaluación crítica de los resultados obtenidos, identificando posibles limitaciones del estudio y planteando sugerencias para optimizar la metodología en futuras investigaciones. La etapa de gabinete es, por tanto, el proceso mediante el cual los datos de laboratorio se organizan y transforman en información estructurada, asegurando la integridad científica y técnica de la investigación, y proporcionando un soporte sólido para su aplicación en la industria de la construcción.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados de las muestras evaluadas

Los resultados de las muestras evaluadas se alinean con el conjunto de datos derivados de las pruebas experimentales realizadas en el concreto hidráulico modificado con cenizas de cartón, desechos de clavo y cable. Estos resultados facilitan el análisis de los efectos de incluir estos elementos sobre la trabajabilidad, la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión y la granulometría de concreto. La implementación de estándares como ASTM C143, ASTM C39 y ASTM C78 ha producido mediciones precisas que representan las propiedades mecánicas del concreto en varias edades de curado. La comparación entre muestras cambiadas y el concreto estándar permite la identificación de mejoras o restricciones potenciales en la mezcla, evaluando así su idoneidad para aplicaciones estructurales.

El análisis estadístico de los datos permite la determinación de la tendencia de fluctuación en la resistencia mecánica y el impacto de los materiales reciclados dentro de la matriz cementicia. El análisis de estos datos abarca la evaluación de la dispersión del valor a través del cálculo de las desviaciones estándar y los coeficientes de variación, junto con el uso del análisis para determinar la importancia de las alteraciones observadas.

Contenido de humedad de los agregados

Tabla 3

Datos logrados de los suelos del área de estudio

Muestra: Agregados		
	AF	AG
P. del muestreo en húmedo+ Tarro	375.33	412.36
P. de muestreo seco+ Tarro	359.86	404.32
P. Tarro	51.75	56.02
P. de muestreo húmedo	323.58	356.34
P. de muestreo seco	308.11	348.30
P. - Agua	15.47	8.04
% Humedad	5.02	2.31

Nota. Generado por el autor

La tabla presenta los valores obtenidos en el análisis de humedad de los agregados utilizados en la investigación. Se evidencia que el peso del muestreo en estado húmedo es mayor en los agregados gruesos (356.34 g) en comparación con los finos (323.58 g). Al secarse, estos valores se reducen a 348.30 g y 308.11 g, respectivamente. La diferencia entre ambos estados permite calcular la cantidad de agua retenida, donde los agregados finos registran 15.47 g y los gruesos 8.04 g. En términos de porcentaje de humedad, los agregados finos presentan 5.02%, mientras que los gruesos alcanzan 2.31%, indicando una mayor capacidad de absorción en los primeros. Estos datos son fundamentales para evaluar el comportamiento del concreto, ya que la humedad de los agregados influye en su trabajabilidad y desempeño estructural.

Pesos unitarios sueltos

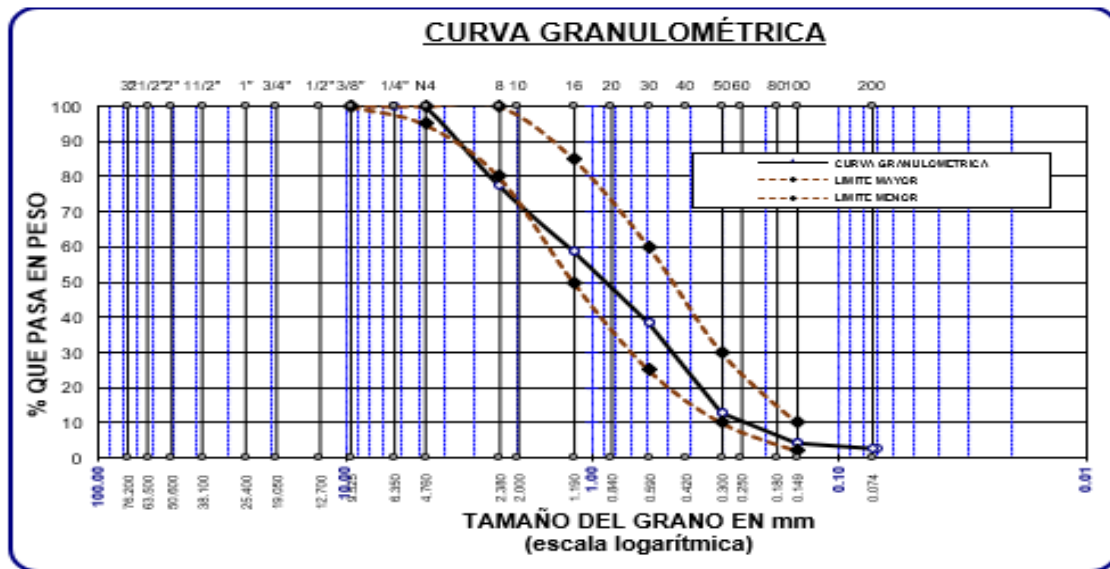
Tabla 4

Valores con respecto a los agregados

Agregados	Pe. específico (gr/cm³)	Absorción (%)
Fino	2.86	4.56
Grueso	2.65	2.96

Figura 7

Curvas de valores granulométrica (fino)



Nota. Generado por el autor

Diseño para un concreto hidráulico: 280 kg/cm²

Tabla 5

Datos para el diseño 280kg/cm²

Parámetro	Valor
Cemento Tipo	I Portland
Agregado Grueso (TMN)	19.05 mm
Relación Agua/Cemento	0.56
Asentamiento	76.20 mm - 101.60 mm (3" - 4")
Cantidad de Agua	205.00 lts
Porcentaje de Aire	2.00%
Contenido de Cemento	366 kg/m ³
Peso del Agregado Grueso	932 kg/m ³
Volumen de Agua	0.205 m ³
Volumen de Cemento	0.127 m ³
Volumen de Agregado Grueso	0.369 m ³
Volumen de Aire Incorporado	0.020 m ³
Volumen Total	0.721 m ³
Volumen de Agregado Fino	0.279 m ³
Peso del Agregado Fino	698 kg/m ³

Nota. Generado por el autor

El gráfico delinea el diseño de la mezcla para concreto hidráulico con una resistencia de 280 kg/cm², derivado de un diseño anterior de 280 kg/cm². El cemento Portland tipo I es obligatorio, utilizando un agregado grueso con un tamaño máximo nominal de 19.05 mm y una relación agua/cemento de 0.56 para proporcionar suficiente hidratación y durabilidad. El asentamiento varía de 76.20 mm a 101.60 mm (3 " - 4"), lo que indica una combinación con trabajabilidad favorable. El volumen de agua utilizado es de 205.00 litros, con un contenido de aire del 2.00%, que mejora la resistencia del concreto. El contenido de cemento es de 366 kg/m³, con un agregado grueso con un peso de 932 kg/m³ y un agregado delgado que pesa 698 kg/m³. En términos volumétricos, 0.205 m³ de agua, 0.127 m³ de cemento, 0.369 m³ de agregado grueso y 0.279 m³ de agregado fino, se utilizan, lo que resulta en un volumen acumulativo de 0.721 m³. Además, está presente un volumen de aire incluido de 0.020 m³, que mejora la resiliencia del concreto para congelar los ciclos de descongelación. Estos parámetros son esenciales para garantizar una combinación con características mecánicas y de durabilidad adecuadas para su aplicación en mano de obra.

Proporciones para el diseño de mezcla

Tabla 6

Cantidades de material utilizado

Agregado	Dosificación Peso Seco (Kg/m ³)	Proporción Volumen peso seco	Dosificación Peso Húmedo (kg/m ³)	Proporción Volumen peso húmedo
Cemento	366	1.00	366	1.00
Agua	205	0.56	184	0.50
Ag. Grueso	932	2.55	954	2.61
Ag. Fino	698	1.91	733	2.00
Aire	2.00%		2.00%	

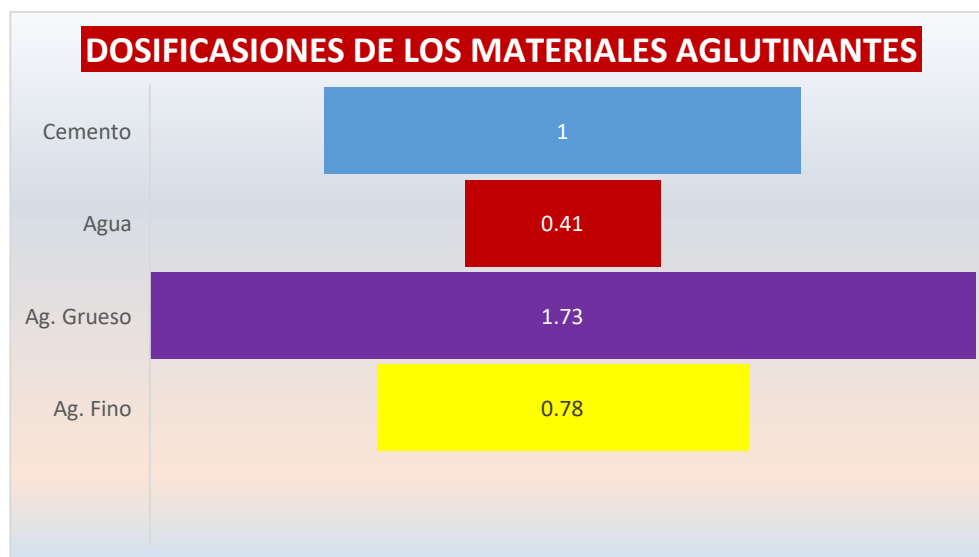
Nota. Generado por el autor

La tabla detalla las cantidades de material utilizado en la dosificación del concreto hidráulico, especificando tanto el peso seco como el peso húmedo y sus respectivas

proporciones volumétricas. Se emplean 366 kg/m^3 de cemento, manteniendo una proporción constante de 1.00 en peso seco y húmedo. La cantidad de agua utilizada es de 205 kg/m^3 en peso seco y 184 kg/m^3 en peso húmedo, con una reducción en volumen de 0.56 a 0.50, lo que refleja la absorción de los agregados. El agregado grueso tiene una dosificación de 932 kg/m^3 en seco y 954 kg/m^3 en húmedo, con una proporción volumétrica que pasa de 2.55 a 2.61, mientras que el agregado fino presenta valores de 698 kg/m^3 en seco y 733 kg/m^3 en húmedo, con un incremento de volumen de 1.91 a 2.00. Además, se ha considerado un contenido de aire del 2.00%, manteniendo su proporción tanto en estado seco como húmedo. Estos valores aseguran un equilibrio en la mezcla, optimizando la trabajabilidad, resistencia y durabilidad del concreto.

Figura 8

Proporción de los componentes del concreto



Nota. Generado por el autor

En la siguiente estamos considerando las distintas cantidades de dosificación para las muestras convencionales, por ende, estos datos mostrados son los adecuados para el concreto 280 kg/cm^2 .

Tabla 7

Cantidades de material adicionante en kg/m³ y peso seco

CC 6%			DCyA 6%		
Material	(Kg/m ³)	peso seco	Material	(Kg/m ³)	peso seco
Cemento	366	1	Cemento	366	1
Agua	205	0.56	Agua	205	0.56
Ag. Grueso	932	2.55	Ag. Grueso	932	2.55
Ag. Fino	698	1.91	Ag. Fino	698	1.91
Cenizas de cartón 6%	21.96	0.06	Desechos de clavo y alambre 6%	21.96	0.06

CC 12%			DCyA 12%		
Material	(Kg/m ³)	peso seco	Material	(Kg/m ³)	peso seco
Cemento	366	1	Cemento	366	1
Agua	205	0.56	Agua	205	0.56
Ag. Grueso	932	2.55	Ag. Grueso	932	2.55
Ag. Fino	698	1.91	Ag. Fino	698	1.91
Ceniza de cartón 12%	43.92	0.12	Desechos de clavo y alambre 12%	43.92	0.12

La tabla de cantidades de material adicionado en kg/m³ y peso seco presenta las proporciones de los materiales utilizados en la mezcla de concreto, considerando dos tipos de aditivos: cenizas de cartón (CC) y desechos de clavo y alambre (DQA). Se detallan los valores en kg/m³ y peso seco de los materiales como cemento, agua, agregado grueso, agregado fino, y los aditivos (CC y DQA) en mezclas con 6% y 12% de adición. Los valores permiten comparar cómo las cantidades de estos materiales, tanto tradicionales como alternativos, afectan el peso seco y la composición del concreto, facilitando la evaluación de las propiedades de las mezclas.

4.1.1 Características del concreto posterior al ensayo de asentamiento

a. SLUMP concreto estándar

Tabla 8

Análisis de los asentamientos logrados (estándar)

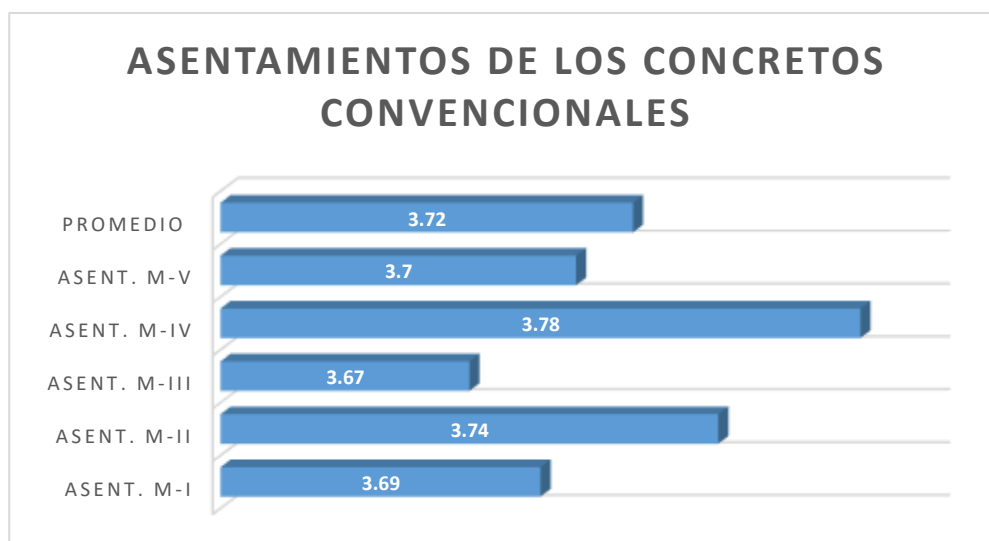
Nº	Descripción de la muestra	SLUMP	Consistencia (slump)
1	MI		3.69
2	MII		3.74
3	MIII	3-4"	3.67
4	MIV		3.78
5	MV		3.70
		PROM.	3.72

Nota. Generado por el autor

Se registraron valores de consistencia (slump) en cinco muestras diferentes, con mediciones que oscilan entre 3.67 y 3.78 pulgadas, determinando un promedio general de 3.72 pulgadas. La muestra MIII presenta un valor de asentamiento registrado entre 3 y 4 pulgadas, lo cual es consistente con la variabilidad natural del ensayo. Estos resultados indican una mezcla con buena trabajabilidad, asegurando que el concreto pueda ser colocado y compactado adecuadamente sin presentar segregación ni excesiva fluidez.

Figura 9

Descripción grafica de los valores logrados (SLUMP)



Nota. Generado por el autor

El gráfico muestra la distribución de los valores de asentamiento (slump) obtenidos en las muestras de concreto evaluadas. Se observa que las mediciones varían entre 3.67 y 3.78 pulgadas, con un promedio general de 3.72 pulgadas, lo que indica una trabajabilidad óptima del concreto. La muestra con mayor asentamiento es M-IV (3.78), mientras que la más baja corresponde a M-III (3.67). Estos valores reflejan una consistencia uniforme en las mezclas, asegurando que el concreto pueda ser colocado y compactado de manera eficiente sin comprometer su resistencia ni provocar segregación.

Tabla 9

Análisis de los asentamientos logrados (cenizas de cartón 6%)

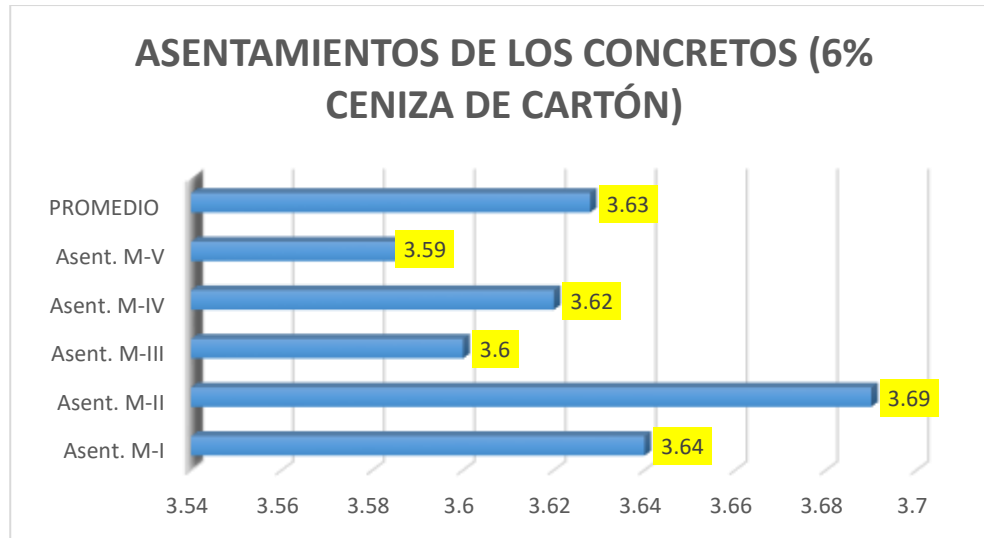
Nº	Descripción de la muestra	SLUMP	Consistencia (slump)
1	MI		3.64
2	MII		3.69
3	MIII	3-4"	3.60
4	MIV		3.62
5	MV		3.59
		PROM.	3.63

Nota. Generado por el autor

La tabla presenta los valores de asentamiento (slump) obtenidos en muestras de concreto hidráulico con adición de cenizas de cartón al 6%. Se observa que los valores oscilan entre 3.59 y 3.69 pulgadas, con un promedio general de 3.63 pulgadas, lo que indica una ligera reducción en la trabajabilidad en comparación con el concreto convencional. A pesar de la disminución en el asentamiento, los valores obtenidos se encuentran dentro de los rangos aceptables para una adecuada colocación y compactación del concreto sin afectar significativamente su manejabilidad.

Figura 10

Descripción grafica de los valores logrados (SLUMP + 6% de ceniza de cartón)



Nota. Generado por el autor

La gráfica representa los asentamientos (slump) obtenidos en el concreto con 6% de ceniza de cartón, donde los valores individuales varían entre 3.59 y 3.69 pulgadas, con un promedio general de 3.63 pulgadas. Se evidencia una reducción leve en la trabajabilidad del concreto en comparación con el convencional, lo que sugiere que la incorporación de cenizas de cartón influye en la retención de agua y la cohesión de la mezcla. A pesar de la disminución del asentamiento, los valores obtenidos siguen siendo adecuados para garantizar una correcta manejabilidad del material.

Tabla 10

Análisis de los asentamientos logrados (ceniza de cartón 12%)

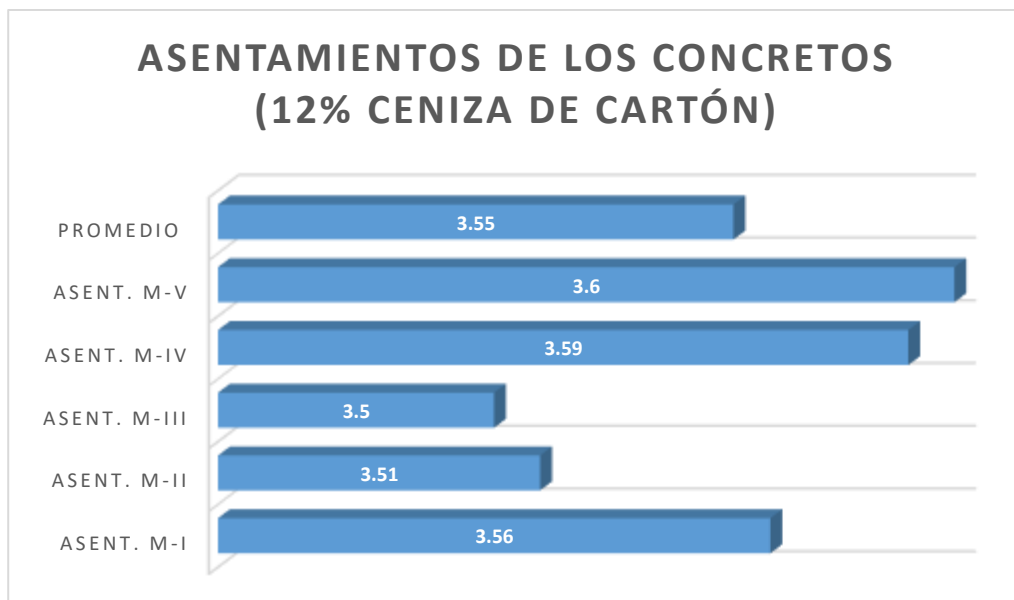
Nº	Descripción de la muestra	SLUMP	Consistencia (slump)
1	MI		3.56
2	MII		3.51
3	MIII	3-4"	3.50
4	MIV		3.59
5	MV		3.60
		PROM.	3.55

Nota. Generado por el autor

La tabla presenta los asentamientos (slump) obtenidos en el concreto con 12% de ceniza de cartón, con valores individuales que oscilan entre 3.50 y 3.60 pulgadas, obteniendo un promedio de 3.55 pulgadas. Se observa una mayor reducción en la trabajabilidad en comparación con la mezcla con menor porcentaje de ceniza de cartón, lo que sugiere una menor fluidez debido a la absorción de agua por parte del material adicionado. Sin embargo, los valores obtenidos siguen dentro de rangos aceptables para la colocación del concreto en obra.

Figura 11

Descripción grafica de los valores logrados (SLUMP + 12% de ceniza de cartón)



Nota. Generado por el autor

La gráfica representa los asentamientos (slump) obtenidos en el concreto con 12% de ceniza de cartón, mostrando valores individuales entre 3.50 y 3.60 pulgadas, con un promedio de 3.55 pulgadas. Se observa una disminución en la fluidez del concreto en comparación con mezclas con menor contenido de ceniza de cartón, lo que indica un posible aumento en la absorción de agua por la adición de este material. Sin embargo, los valores obtenidos siguen dentro de un rango adecuado para garantizar la trabajabilidad en la colocación del concreto.

Tabla 11

Análisis de los asentamientos logrados (desechos de clavo y alambre 6%)

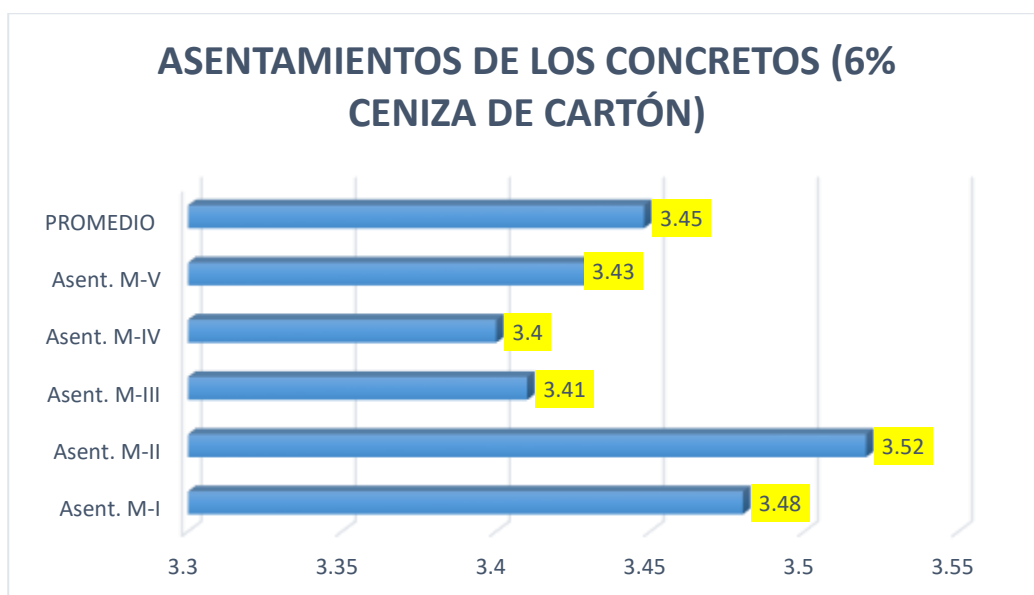
Nº	Descripción de la muestra	SLUMP	Consistencia (slump)
1	MI		3.48
2	MII		3.52
3	MIII	3-4"	3.41
4	MIV		3.40
5	MV		3.43
PROMEDIO			3.45

Nota. Generado por el autor

La tabla muestra los resultados del ensayo de asentamiento (slump) para el concreto con 6% de desechos de clavo y alambre, obteniendo valores entre 3.40 y 3.52 pulgadas, con un promedio de 3.45 pulgadas. Se observa que la incorporación de estos residuos metálicos no genera una variación significativa en la trabajabilidad del concreto, manteniendo valores dentro del rango adecuado para su colocación y consolidación. Sin embargo, la ligera disminución en la consistencia podría estar relacionada con la interacción de los desechos metálicos con la matriz.

Figura 12

Descripción grafica de los valores logrados (SLUMP + 6% de ceniza de cartón)



Nota. Generado por el autor

La gráfica representa los valores de asentamiento (slump) obtenidos para el concreto modificado con 6% de ceniza de cartón, donde los resultados fluctúan entre 3.40 y 3.52 pulgadas, con un promedio de 3.45 pulgadas. Se aprecia una leve reducción en la trabajabilidad del concreto en comparación con la mezcla convencional, lo que puede atribuirse a la interacción de las partículas finas de la ceniza de cartón con la matriz cementicia, afectando la fluidez de la mezcla.

Tabla 12

Análisis de los asentamientos logrados (desechos de clavo y alambre 12%)

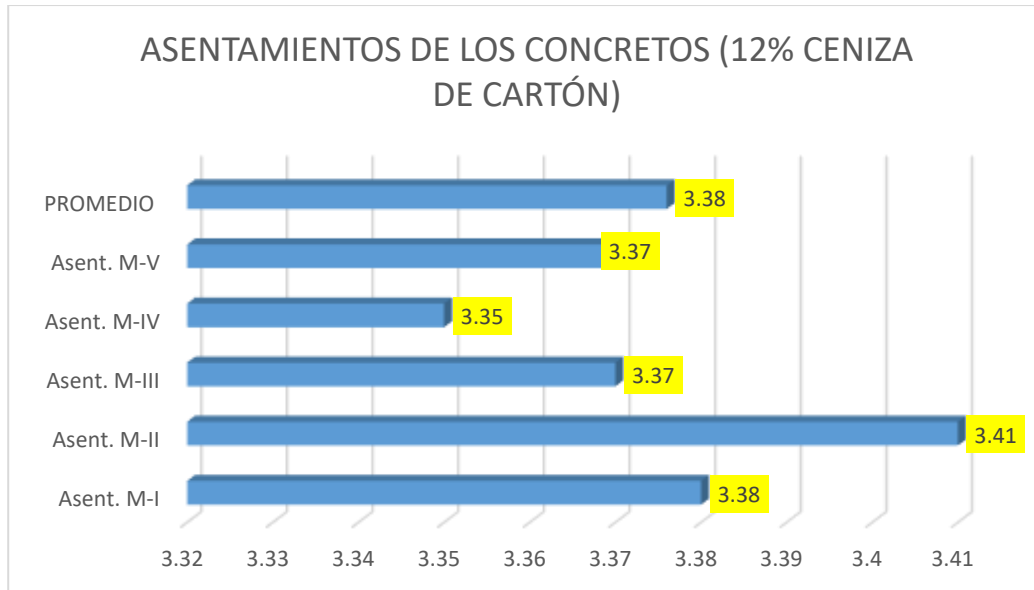
Nº	Descripción de la muestra	SLUMP	Consistencia (slump)
1	MI		3.38
2	MII		3.41
3	MIII	3-4"	3.37
4	MIV		3.35
5	MV		3.37
PROMEDIO			3.38

Nota. Generado por el autor

La tabla muestra los resultados del ensayo de asentamiento (slump) para el concreto hidráulico modificado con la adición del 12% de desechos de clavo y alambre, reflejando una variación en la consistencia del material. Los valores individuales obtenidos se encuentran en un rango de 3.35 a 3.41 pulgadas, con un promedio general de 3.38 pulgadas. Comparado con el concreto convencional, se evidencia una ligera reducción en la trabajabilidad, lo que indica que la incorporación de desechos metálicos afecta la fluidez de la mezcla. Este comportamiento puede atribuirse a la interacción de las partículas metálicas con la matriz cementicia, modificando la distribución de agua y la cohesión interna. La variabilidad en los valores sugiere que la proporción y la dispersión homogénea de los desechos de clavo y alambre pueden jugar un papel clave en la estabilidad de la mezcla. Estos resultados serán fundamentales para comprender el impacto de los residuos metálicos en la manejabilidad del concreto y su aplicabilidad en obras que requieran determinadas condiciones de trabajabilidad.

Figura 13

Descripción grafica de los valores logrados (SLUMP + 12% de ceniza de cartón)



Nota. Generado por el autor

La gráfica presenta los valores de asentamiento del concreto hidráulico modificado con 12% de ceniza de cartón, mostrando un rango de 3.35 a 3.41 pulgadas, con un promedio de 3.38 pulgadas. La reducción en la trabajabilidad respecto al concreto convencional indica que la adición de ceniza de cartón modifica la fluidez de la mezcla, posiblemente debido a su capacidad de absorción de agua y su influencia en la cohesión del material.

Comparativa de los asentamientos logrados

Tabla 13

Conjunto de resultados promedio obtenidos al incorporar puzolana

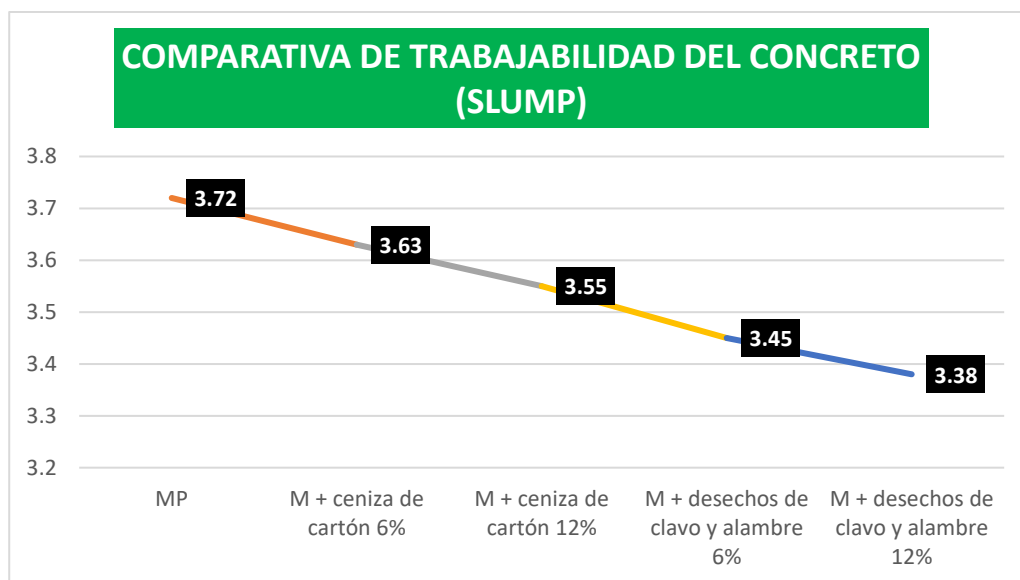
TRABAJABILIDAD DE LA MEZCLA	
Descripción	Asentamiento (Slump)
MP	3.72"
M + ceniza de cartón 6%	3.63"
M + ceniza de cartón 12%	3.55"
M + desechos de clavo y alambre 6%	3.45"
M + desechos de clavo y alambre 12%	3.38"

Nota. Generado por el autor

La tabla presenta los valores promedio de asentamiento obtenidos en la evaluación de la trabajabilidad del concreto hidráulico modificado con adiciones de ceniza de cartón y desechos de clavo y alambre. Se observa que la mezcla patrón (MP) registra el mayor asentamiento con 3.72 pulgadas, mientras que la incorporación de ceniza de cartón al 6% y 12% reduce progresivamente el asentamiento a 3.63 y 3.55 pulgadas, respectivamente. De manera similar, las mezclas con desechos de clavo y alambre al 6% y 12% presentan asentamientos aún menores, con valores de 3.45 y 3.38 pulgadas, respectivamente, evidenciando una disminución en la trabajabilidad de la mezcla.

Figura 14

Grafica de valores promedio observados



La gráfica muestra la comparación de los valores promedio de asentamiento (slump) en las diferentes mezclas de concreto evaluadas. Se evidencia que la muestra patrón (MP) presenta el mayor asentamiento con 3.72 pulgadas, lo que indica una mayor trabajabilidad. La adición de ceniza de cartón al 6% y 12% provoca una reducción en el asentamiento, alcanzando valores de 3.63 y 3.55 pulgadas, respectivamente. De manera similar, la incorporación de desechos de clavo y alambre al 6% disminuye aún más la fluidez de la mezcla, obteniendo un asentamiento de 3.45 pulgadas, lo que sugiere que estos materiales afectan la consistencia y la manejabilidad del concreto.

4.1.2 Capacidad de resistencia a compresión del concreto + CC + DCA

La capacidad de resistencia a la compresión del concreto modificado con cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre se refiere a la habilidad del material para soportar cargas axiales sin experimentar fallas estructurales. La incorporación de cenizas de cartón (CC) actúa como material puzolánico, mejorando la matriz cementicia al reaccionar con el hidróxido de calcio, lo que puede optimizar la densidad del concreto y fortalecer su resistencia. Por otro lado, los desechos de clavo y alambre (DCA), al ser materiales metálicos, pueden contribuir a la resistencia mecánica al generar un efecto de refuerzo en la estructura interna del concreto, reduciendo la propagación de micro fisuras y aumentando la capacidad de carga. La combinación de estos materiales reciclados no solo puede influir en la resistencia del concreto en diferentes edades de curado (7, 14 y 28 días), sino también en su durabilidad y comportamiento ante esfuerzos externos.

Pruebas de resistencia a la compresión concreto convencional

Tabla 14

Recopilación de soporte a fuerzas compresivas concreto hidráulico

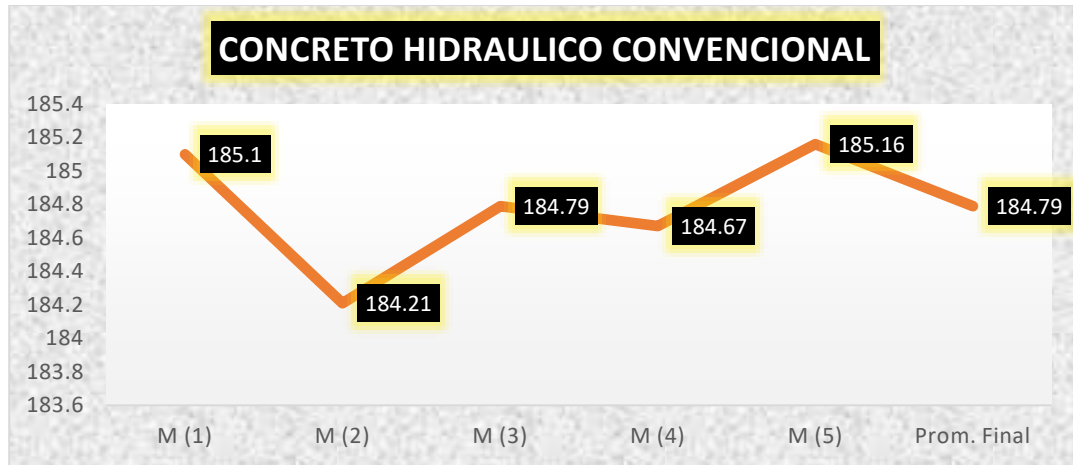
Exposición	Carga (kg)	Soporte (kg/cm ²)	Diseño	Días de curado
B.1	32754	185.10		
B.2	32465	184.21		
B.3	32698	184.79	280	7
B.4	32546	184.67		
B.5	32764	185.16		
	Prom. Final	184.79		

Nota. Generado por el autor

La tabla muestra los valores obtenidos en la evaluación del soporte a fuerzas compresivas del concreto hidráulico después de 7 días de curado con un diseño de resistencia de 280 kg/cm². Se registraron cinco ensayos de flexión (B.1 a B.5), con cargas aplicadas que oscilan entre 32,465 kg y 32,764 kg. La capacidad de soporte varió entre 184.21 kg/cm² y 185.16 kg/cm², con un promedio final de 184.79 kg/cm².

Figura 15

Datos recabados a partir de una muestra estándar



Nota. Generado por el autor

La gráfica representa los valores obtenidos en la evaluación del soporte a fuerzas compresivas del concreto hidráulico convencional, resaltando los resultados individuales de cada muestra (M1 a M5) y el promedio final de 184.79 kg/cm². Los valores de resistencia varían entre 184.21 kg/cm² y 185.16 kg/cm², lo que indica una distribución uniforme en la capacidad del material para resistir esfuerzos compresivos. Esta representación visual permite identificar la estabilidad del concreto en su etapa temprana de curado, proporcionando un punto de referencia para comparaciones futuras con mezclas modificadas.

Pruebas de compresión en muestras con 6% ceniza de cartón

Tabla 15

Recopilación de soporte a fuerzas compresivas concreto + ceniza de cartón 6%

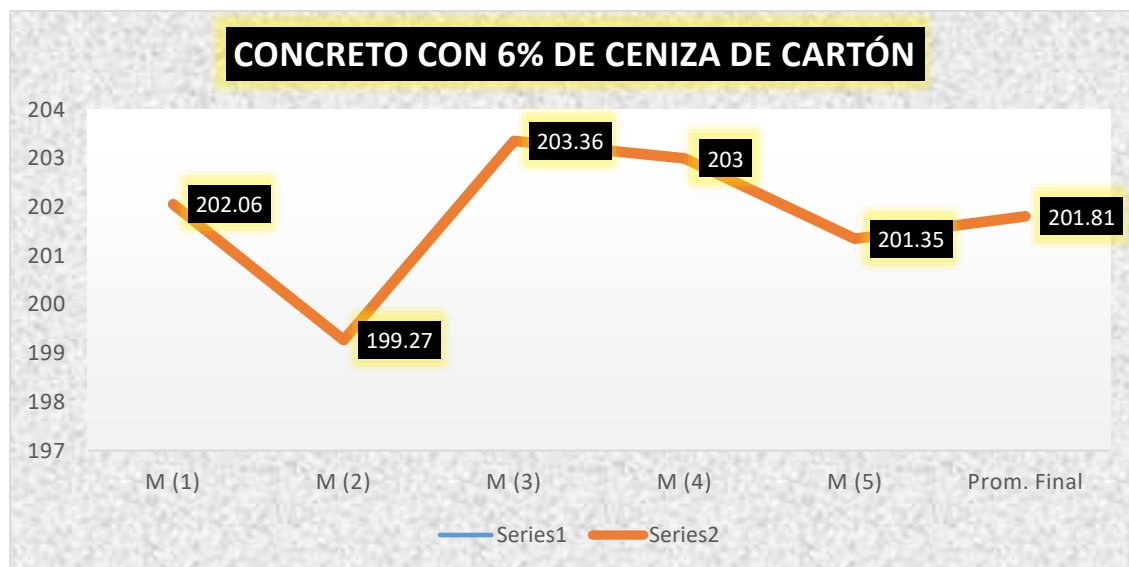
Exposición	Carga (kg)	Soporte (kg/cm ²)	Diseño	Días de curado
B1	35754	202.06	280	7
B2	35261	199.27		
B3	35985	203.36		
B4	35921	203.00		
B5	35629	201.35		
	Prom. Final	201.81		

Nota. Generado por el autor

La tabla presenta los resultados de soporte a fuerzas compresivas en concreto modificado con un 6% de ceniza de cartón después de un período de curado de 7 días. Los valores de carga varían entre 199.27 kg/cm² y 203.36 kg/cm², con un promedio final de 201.81 kg/cm². Aunque este concreto con ceniza de cartón muestra una ligera variación en comparación con el concreto convencional, los resultados evidencian una mejora en la capacidad de soporte, lo que resalta la potencialidad de esta mezcla como una alternativa económica y ecológica sin comprometer las propiedades estructurales del concreto.

Figura 16

Datos recabados a partir de una muestra + ceniza de cartón 6%



Nota. Generado por el autor

La gráfica muestra los resultados obtenidos para el concreto modificado con un 6% de ceniza de cartón en cuanto a su resistencia a las fuerzas compresivas. Los valores fluctúan entre 199.27 kg/cm² y 203.36 kg/cm², con un promedio final de 201.81 kg/cm². Estos resultados sugieren que el concreto modificado con ceniza de cartón sigue manteniendo una resistencia competitiva, comparable con los estándares convencionales, y destaca su viabilidad como una alternativa ecológica en la construcción, promoviendo la sostenibilidad sin comprometer la capacidad estructural.

Pruebas de compresión en muestras con ceniza de cartón 12%

Tabla 16

Recopilación de soporte a fuerzas compresivas concreto + ceniza de cartón 12%

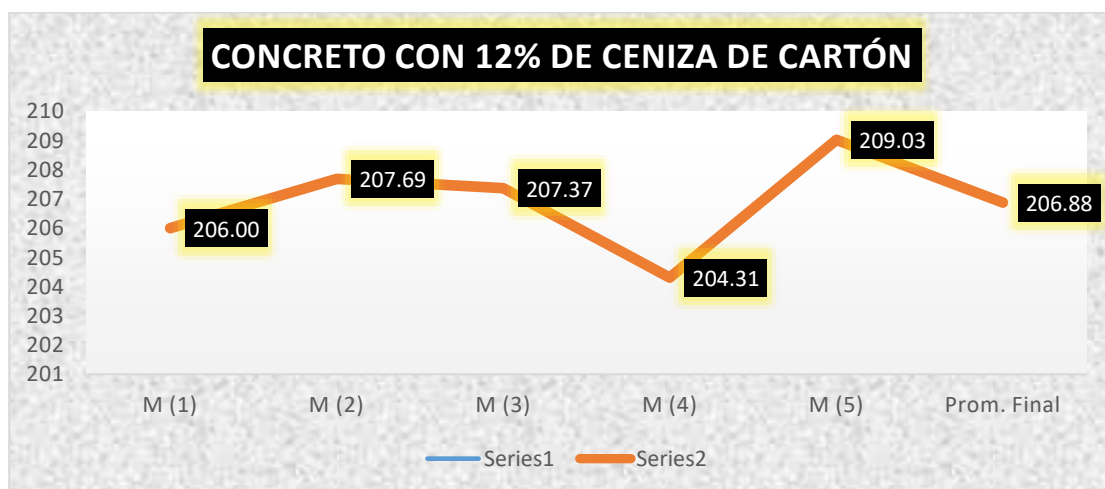
Exposición	Carga (kg)	Soporte (kg/cm ²)	Diseño	Días de curado
B1	36452	206.00	280	7
B2	36751	207.69		
B3	36695	207.37		
B4	36152	204.31		
B5	36987	209.03		
Prom. Final		206.88		

Nota. Generado por el autor

La tabla muestra los resultados obtenidos para el concreto modificado con 12% de ceniza de cartón en términos de su resistencia a las fuerzas compresivas. Los valores registrados varían entre 204.31 kg/cm² y 209.03 kg/cm², con un promedio final de 206.88 kg/cm². Estos resultados indican una mejora en la resistencia del concreto al incorporar un mayor porcentaje de ceniza de cartón, demostrando que el material puede cumplir con los requisitos de carga estructural en comparación con los concretos convencionales, lo que refuerza la viabilidad del uso de cenizas de cartón para reemplazar parcialmente otros agregados en la construcción.

Figura 17

Datos recabados a partir de una muestra estándar + ceniza de cartón 12%



Nota. Generado por el autor

La gráfica muestra los resultados obtenidos para el concreto con 12% de ceniza de cartón, destacando los valores de resistencia a las fuerzas compresivas. Los valores de carga registrados varían entre 204.31 kg/cm² y 209.03 kg/cm², con un promedio final de 206.88 kg/cm². Estos resultados evidencian una buena capacidad del concreto modificado con cenizas de cartón para soportar cargas, lo que sugiere que este material puede ser una alternativa viable para mejorar las propiedades mecánicas del concreto convencional, sin comprometer su rendimiento estructural.

Pruebas de compresión en muestras con DCyA 6%

Tabla 17

Recopilación de soporte a fuerzas compresivas concreto + DCyA 6%

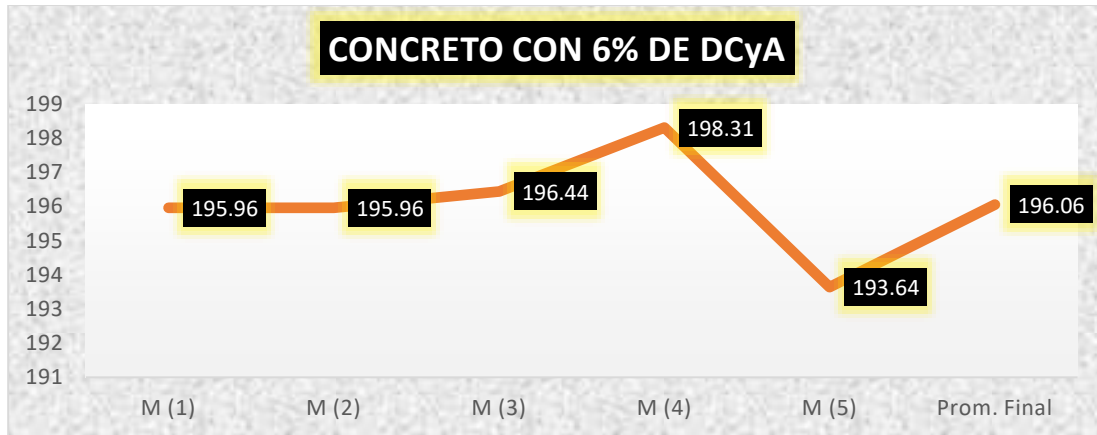
Exposición	Carga (kg)	Soporte (kg/cm ²)	Diseño	Días de curado
B1	34675	195.96		
B2	34675	195.96		
B3	34621	196.44	280	7
B4	34951	198.31		
B5	34265	193.64		
	Prom. Final	196.06		

Nota. Generado por el autor

La tabla presenta los resultados de la resistencia a las fuerzas compresivas para el concreto con 6% de desechos de clavo y alambre, con cargas que oscilan entre 34265 kg y 34675 kg, lo que da un rango de soporte de 193.64 kg/cm² a 196.44 kg/cm². El promedio final de la resistencia es de 196.06 kg/cm². Estos valores indican un desempeño favorable del concreto modificado con desechos de clavo y alambre en comparación con el concreto convencional, mostrando que, a pesar de la incorporación de materiales reciclados, el concreto sigue cumpliendo con los requisitos de resistencia necesarios para su aplicación en estructuras.

Figura 18

Datos recabados a partir de una muestra estándar + DCyA 6%



Nota. Generado por el autor

La gráfica presenta los datos de resistencia a las fuerzas compresivas de concreto modificado con 6% de desechos de clavo y alambre (DCyA). Los resultados muestran un rango de soporte entre 193.64 kg/cm² y 196.44 kg/cm². El promedio final de la resistencia es 196.06 kg/cm², destacando la capacidad de este concreto reciclado para mantener una resistencia adecuada, similar a la del concreto convencional. Estos resultados evidencian que el uso de desechos de clavo y alambre no compromete significativamente la resistencia del concreto, permitiendo su utilización en aplicaciones estructurales con requerimientos específicos de compresión.

Pruebas de compresión en muestras con DCyA 12%

Tabla 18

Recopilación de soporte a fuerzas compresivas concreto + DCyA 12%

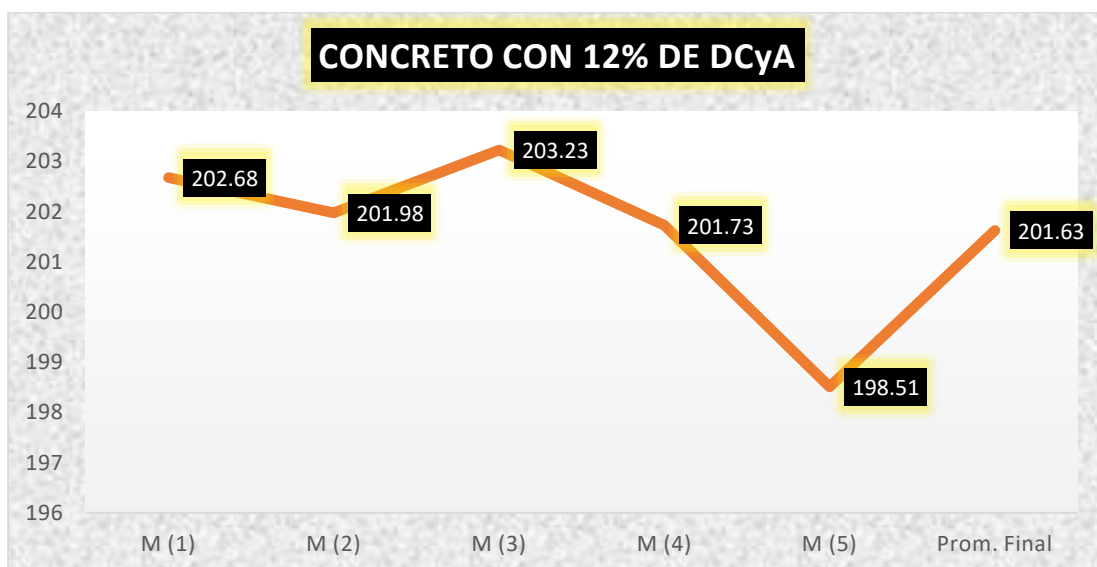
Exposición	Carga (kg)	Soporte (kg/cm ²)	Diseño	Días de curado
B1	35865	202.68	280	7
B2	35741	201.98		
B3	35961	203.23		
B4	35697	201.73		
B5	35126	198.51		
Prom. Final		201.63		

Nota. Generado por el autor

La tabla presenta los datos de resistencia a las fuerzas compresivas del concreto modificado con 12% de desechos de clavo y alambre (DCyA). Los valores de soporte oscilan entre 198.51 kg/cm² y 203.23 kg/cm², con un promedio final de 201.63 kg/cm². Estos resultados reflejan una capacidad de resistencia bastante sólida, similar a la de otros concretos modificados, lo que valida el uso de desechos metálicos como sustituto parcial en la mezcla. El concreto con 12% de DCyA muestra un comportamiento confiable bajo condiciones de exposición a cargas, lo que implica su viabilidad para ser utilizado en construcciones donde se requieren altos estándares de compresión.

Figura 19

Datos recabados a partir de una muestra estándar + DCyA 12%



Nota. Generado por el autor

La gráfica muestra los resultados de la resistencia a compresión del concreto modificado con 12% de desechos de clavo y alambre (DCyA), destacando la evolución del soporte a lo largo de cinco muestras. Los valores de soporte varían entre 198.51 kg/cm² y 203.23 kg/cm², con un promedio final de 201.63 kg/cm². Estos datos indican que el concreto con la adición de DCyA mantiene un rendimiento competitivo en términos de resistencia a compresión, siendo viable para su aplicación en construcciones que requieren materiales de alta resistencia.

Pruebas de resistencia a la compresión concreto hidráulico 14vo día

Tabla 19

Recopilación de soporte a fuerzas compresivas concreto hidráulico

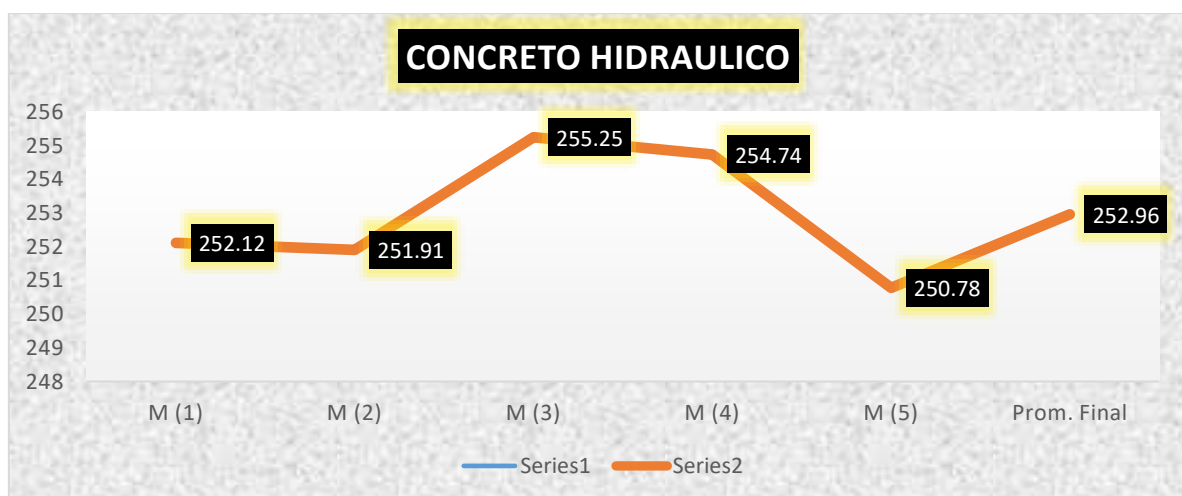
Exposición	Carga (kg)	Soporte (kg/cm ²)	Diseño	Días de curado
B.1	44612	252.12	280	14
B.2	44575	251.91		
B.3	44985	255.25		
B.4	44895	254.74		
B.5	44375	250.78		
Prom. Final		252.96		

Nota. Generado por el autor

La tabla muestra la recopilación de soporte a fuerzas compresivas del concreto hidráulico estándar, en la cual se observan los valores de carga y soporte para cinco muestras sometidas a un diseño de 280 kg/cm² y un periodo de curado de 14 días. Los valores de soporte oscilan entre 250.78 kg/cm² y 255.25 kg/cm², con un promedio final de 252.96 kg/cm². Estos resultados demuestran que el concreto hidráulico mantiene una buena capacidad de resistencia a la compresión, lo que es esencial para garantizar la seguridad y estabilidad de las estructuras.

Figura 20

Datos recabados a partir de un concreto hidráulico



Nota. Generado por el autor

La gráfica muestra los resultados de soporte a fuerzas compresivas obtenidos de un concreto hidráulico estándar, donde se observa el comportamiento de las muestras (M1 a M5) a lo largo de un periodo de curado de 14 días. Los valores de soporte varían entre 250.78 kg/cm² y 255.25 kg/cm², con un promedio final de 252.96 kg/cm². Esta distribución refleja la consistencia y resistencia del concreto, indicando que el material mantiene una capacidad de resistencia a la compresión relativamente constante y adecuada, lo que es esencial para la estabilidad de las estructuras que utilizarán este tipo de concreto.

Pruebas de compresión en muestras con cenizas de cartón 6%

Tabla 20

Recopilación de soporte a fuerzas compresivas concreto + cenizas de cartón 6%

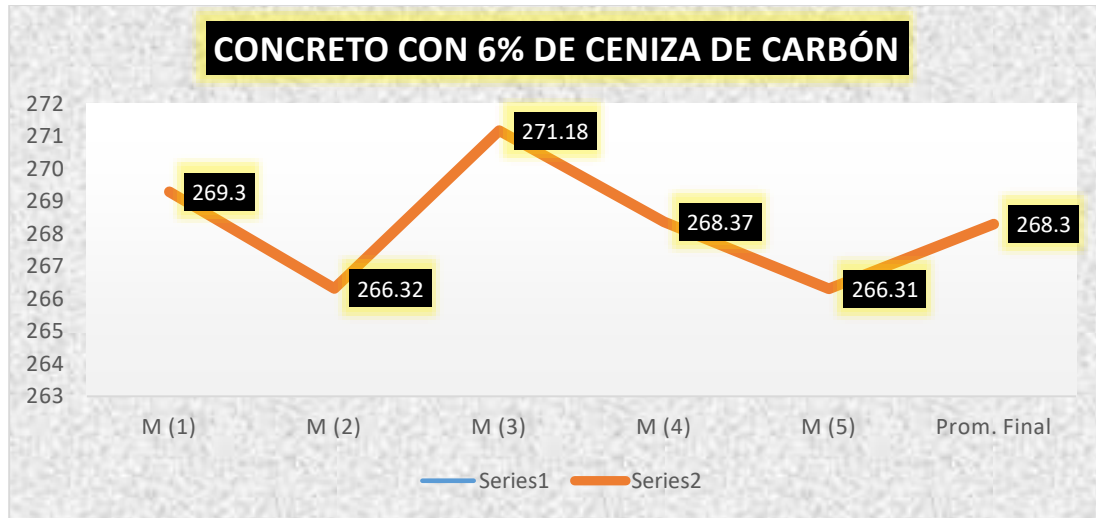
Exposición	Carga (kg)	Soporte (kg/cm ²)	Diseño	Días de curado
B1	47652	269.30	280	14
B2	47126	266.32		
B3	47986	271.18		
B4	47298	268.37		
B5	47123	266.31		
Prom. Final		268.30		

Nota. Generado por el autor

La tabla presenta los resultados de soporte a fuerzas compresivas para el concreto modificado con 6% de cenizas de cartón. Se observan las cargas aplicadas (en kg) y los soportes (en kg/cm²) de cada muestra (B1 a B5) durante un periodo de curado de 14 días. Los valores de soporte oscilan entre 266.31 kg/cm² y 271.18 kg/cm², con un promedio final de 268.30 kg/cm². Estos resultados sugieren que el concreto modificado con cenizas de cartón muestra una resistencia adecuada a la compresión, comparable con el concreto convencional, lo que evidencia su viabilidad en aplicaciones estructurales donde la resistencia es clave.

Figura 21

Datos recabados a partir de una muestra estándar + ceniza de cartón 6%



Nota. Generado por el autor

La gráfica muestra los resultados de la resistencia a la compresión del concreto modificado con 6% de ceniza de cartón, recopilados de cinco muestras estándar (M1 a M5). Los valores de soporte oscilan entre 266.31 kg/cm² y 271.18 kg/cm², con un promedio final de 268.3 kg/cm². Estos valores demuestran la resistencia del concreto con ceniza de cartón, destacando su capacidad para soportar fuerzas compresivas y mostrando que las propiedades mecánicas del concreto mejoran cuando se incorporan estos residuos reciclados, contribuyendo a una mayor sostenibilidad en la construcción.

Pruebas de compresión en muestras con cenizas de cartón 12%

Tabla 21

Recopilación de soporte a fuerzas compresivas concreto + cenizas de cartón 12%

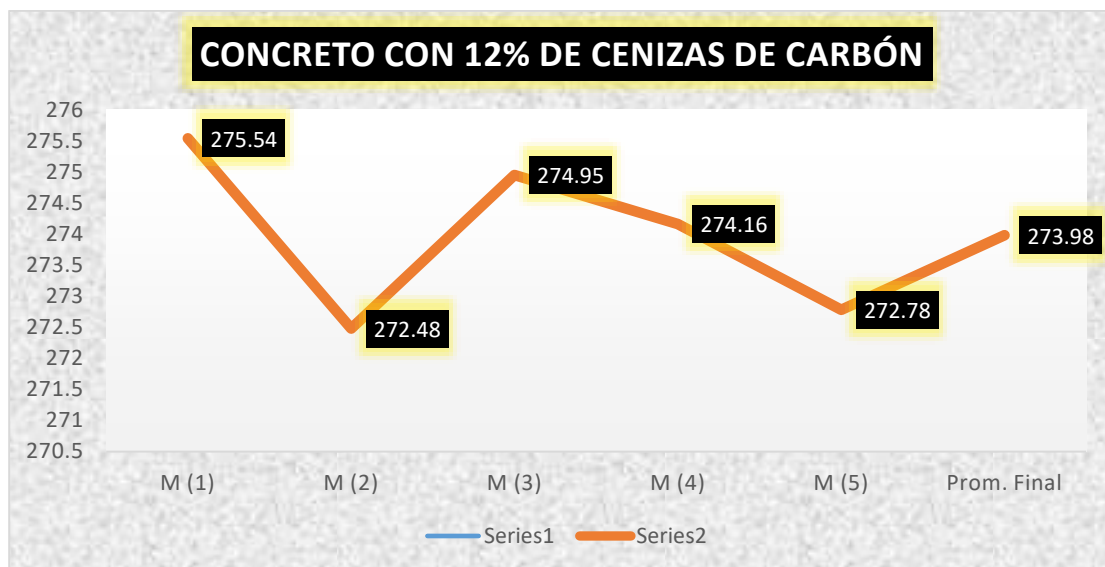
Exposición	Carga (kg)	Soporte (kg/cm ²)	Diseño	Días de curado
B1	48756	275.54	280	14
B2	48216	272.48		
B3	48652	274.95		
B4	48318	274.16		
B5	48268	272.78		
Prom. Final		273.98		

Nota. Generado por el autor

La tabla presenta los resultados de la resistencia a la compresión de concreto modificado con 12% de ceniza de cartón, en cinco muestras estándar (M1 a M5). Los valores de soporte oscilan entre 272.48 kg/cm² y 275.54 kg/cm², con un promedio final de 273.98 kg/cm². Esto indica que el concreto con una mayor proporción de ceniza de cartón tiene una capacidad de soporte a la compresión bastante sólida, lo que refleja la efectividad del material reciclado como sustituto parcial del cemento en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto.

Figura 22

Datos recabados a partir de una muestra estándar + cenizas de cartón 12%



Nota. Generado por el autor

La gráfica presentada ilustra la resistencia a la compresión del concreto modificado con 12% de cenizas de cartón. Los valores de soporte de las muestras M1 a M5 oscilan entre 272.48 kg/cm² y 275.54 kg/cm², con un promedio final de 273.98 kg/cm². Los resultados reflejan que el concreto con ceniza de cartón al 12% tiene una alta resistencia a la compresión, indicando que este material reciclado tiene un impacto positivo en las propiedades mecánicas del concreto, mejorando su capacidad para soportar cargas sin comprometer la estructura.

Pruebas de compresión en muestras con DCyA 6%

Tabla 22

Recopilación de soporte a fuerzas compresivas concreto + DCyA 6%

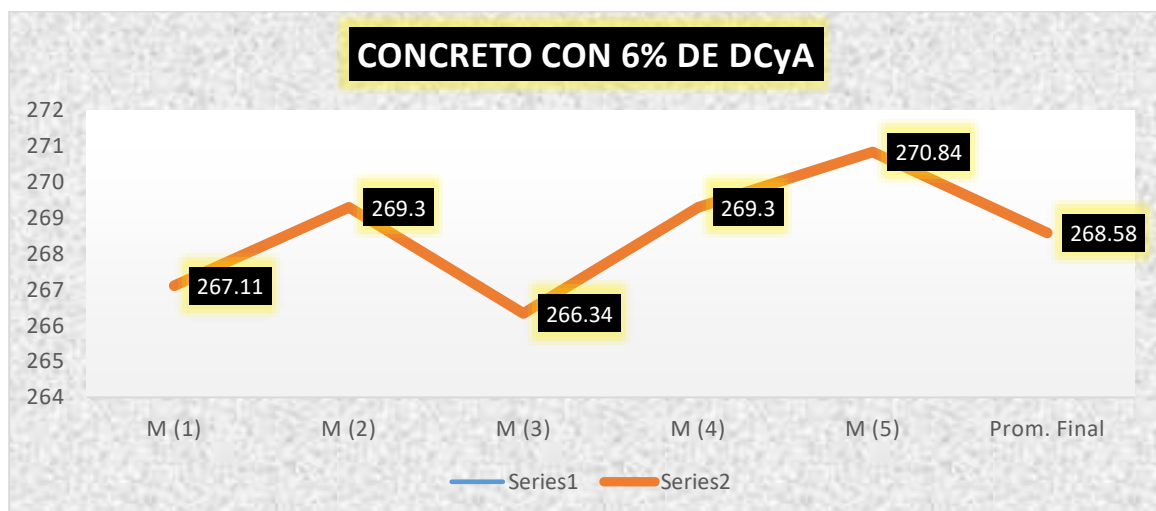
Exposición	Carga (kg)	Soporte (kg/cm ²)	Diseño	Días de curado
B1	47265	267.11	280	14
B2	47652	269.30		
B3	47129	266.34		
B4	47652	269.30		
B5	47925	270.84		
Prom. Final		268.58		

Nota. Generado por el autor

La tabla muestra los datos de resistencia a la compresión para las muestras de concreto modificado con 6% de desechos de clavo y alambre. Los valores obtenidos de las pruebas de compresión para cada muestra están en el rango de 266.34 kg/cm² a 270.84 kg/cm², con un promedio final de 268.58 kg/cm². Estos resultados indican que la incorporación de los desechos metálicos en el concreto no afecta negativamente su resistencia a la compresión, mostrando un desempeño adecuado para el diseño previsto.

Figura 23

Datos recabados a partir de una muestra estándar + DCyA 6%



Nota. Generado por el autor



La gráfica muestra los valores de resistencia a la compresión obtenidos a partir de las muestras de concreto modificado con 6% de desechos de clavo y alambre. Los resultados obtenidos para las muestras se encuentran entre 267.11 kg/cm² y 270.84 kg/cm², con un promedio final de 268.58 kg/cm². Esta distribución sugiere que el concreto modificado con desechos metálicos mantiene una resistencia similar a la de los concretos convencionales, indicando que este tipo de material reciclado es adecuado para mantener las propiedades estructurales del concreto.

Pruebas de compresión en muestras con DCyA 12%

Tabla 23

Recopilación de soporte a fuerzas compresivas concreto + DCyA 12%

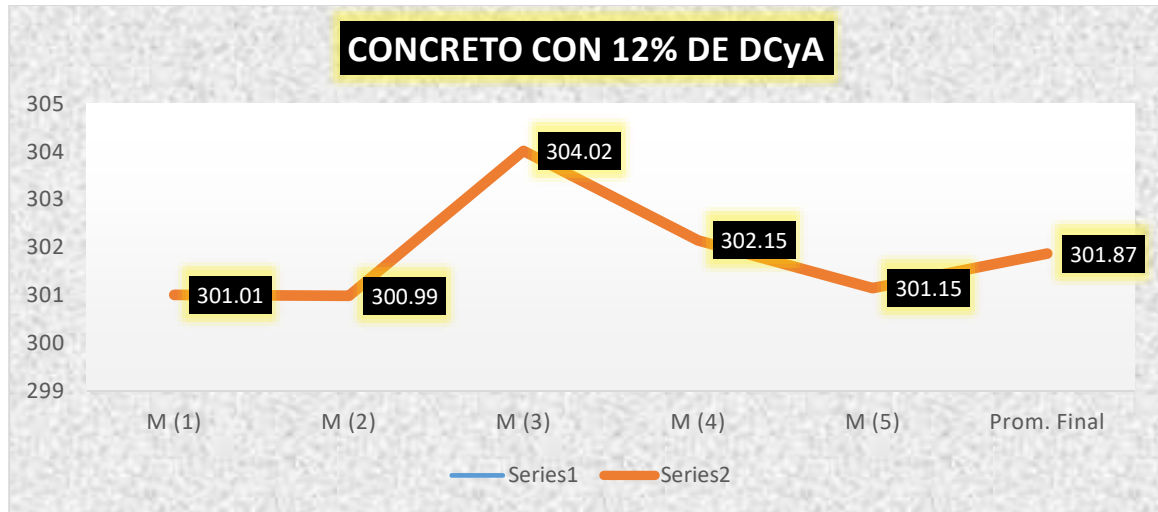
Exposición	Carga (kg)	Soporte (kg/cm ²)	Diseño	Días de curado
B1	53264	301.01		
B2	53261	300.99		
B3	53796	304.02	280	14
B4	53251	302.15		
B5	53289	301.15		
	Prom. Final	301.87		

Nota. Generado por el autor

La tabla presenta los resultados de la resistencia a compresión de muestras de concreto modificado con 12% de desechos de clavo y alambre, con valores de resistencia entre 300.99 kg/cm² y 304.02 kg/cm², alcanzando un promedio de 301.87 kg/cm². Estos valores muestran una ligera mejora en comparación con las muestras de concreto convencional y modificado con menor porcentaje de desechos, lo que indica que la adición de desechos metálicos puede incrementar la resistencia a compresión del concreto.

Figura 24

Datos recabados a partir de una muestra estándar + DCyA 12%



Nota. Generado por el autor

La gráfica muestra los resultados de la resistencia a compresión del concreto modificado con 12% de desechos de clavo y alambre, con valores que oscilan entre 300.99 kg/cm² y 304.02 kg/cm², alcanzando un promedio final de 301.87 kg/cm². Los datos evidencian una mejora constante en la resistencia del concreto conforme se incrementa el porcentaje de desechos metálicos, lo que sugiere que la incorporación de estos residuos puede ser beneficiosa para mejorar la resistencia estructural del concreto.

Pruebas de resistencia a la compresión concreto convencional 28vo día

Tabla 24

Recopilación de soporte a fuerzas compresivas concreto hidráulico

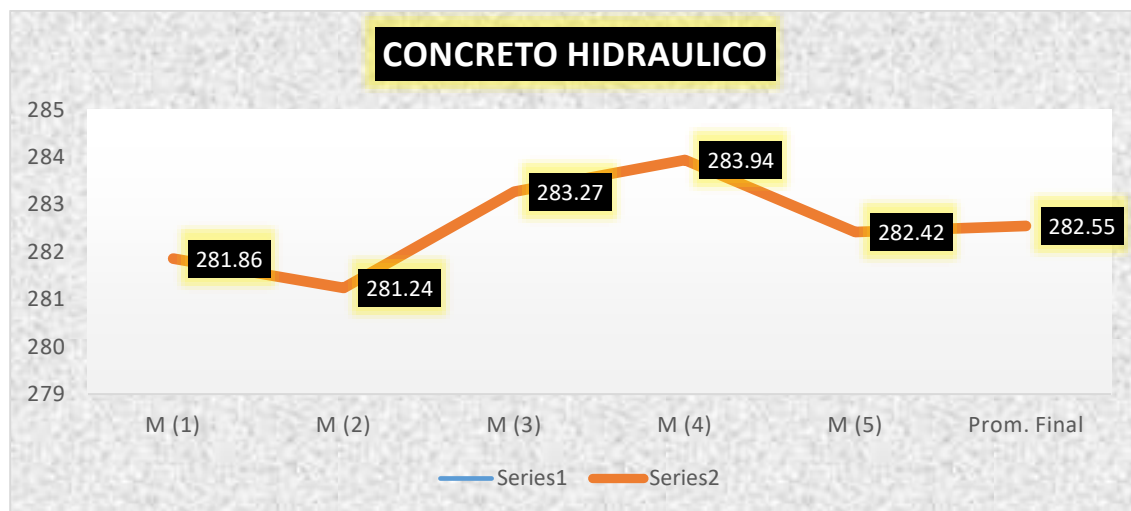
Exposición	Carga (kg)	Soporte (kg/cm ²)	Diseño	Días de curado
B.1	49876	281.86	280	28
B.2	49765	281.24		
B.3	50124	283.27		
B.4	50041	283.94		
B.5	49975	282.42		
Prom. Final		282.55		

Nota. Generado por el autor

La tabla presenta los resultados de resistencia a compresión obtenidos del concreto hidráulico convencional luego de un período de curado de 28 días. Los valores varían desde 281.24 kg/cm² en la muestra B2 hasta 283.94 kg/cm² en la muestra B4, con un promedio final de 282.55 kg/cm². Estos valores demuestran un rendimiento estable del concreto, lo que sugiere que el material ha mantenido su capacidad de resistencia frente a las fuerzas de compresión, un aspecto crucial para garantizar la seguridad y durabilidad de las estructuras construidas con este material.

Figura 25

Datos recabados a partir de un concreto hidráulico



Nota. Generado por el autor

Esta gráfica muestra los resultados obtenidos de la resistencia a compresión de las muestras de concreto hidráulico, después de un período de curado de 28 días. Los valores van desde 281.24 kg/cm² en la muestra M(2) hasta 283.94 kg/cm² en la muestra M(4), con un promedio final de 282.55 kg/cm². Estos resultados reflejan una buena consistencia en la calidad del concreto producido, lo que es fundamental para garantizar la resistencia y durabilidad de las estructuras construidas con este material. El comportamiento observado sugiere que el concreto hidráulico, incluso con diferentes muestras, mantiene un rendimiento adecuado y estable para las exigencias de resistencia a compresión en aplicaciones estructurales.

Pruebas de compresión en muestras con ceniza de cartón 6%

Tabla 25

Recopilación de soporte a fuerzas compresivas concreto + ceniza de cartón 6%

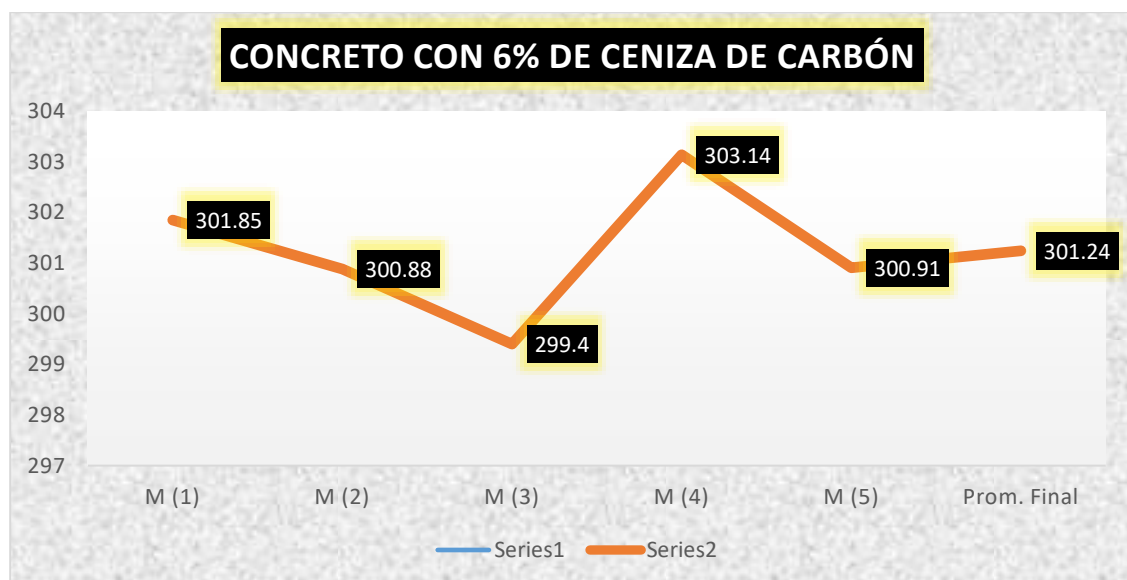
Exposición	Carga (kg)	Soporte (kg/cm ²)	Diseño	Días de curado
B1	53412	301.85	280	28
B2	53241	300.88		
B3	52978	299.40		
B4	53426	303.14		
B5	53246	300.91		
Prom. Final		301.24		

Nota. Generado por el autor

La tabla presenta los resultados de la resistencia a la compresión de concreto con la adición de un 8% de puzolana. Se incluyen cinco muestras, cada una con su respectiva carga y soporte medido en kg/cm². Las cargas van desde 39,474 kg hasta 39,843 kg, mientras que los valores de soporte oscilan entre 223.08 kg/cm² y 225.75 kg/cm². El promedio final de soporte es de 224.14 kg/cm². La tabla también especifica los días de curado, que son 7 días para todas las muestras. Estos datos ofrecen una visión detallada de la efectividad del concreto con puzolana al resistir fuerzas compresivas.

Figura 26

Datos recabados a partir de una muestra estándar + ceniza de cartón 6%



Nota. Generado por el autor

La gráfica muestra los resultados obtenidos de las pruebas de resistencia a la compresión de concreto con un 6% de ceniza de cartón. Los valores de resistencia varían entre 299.40 kg/cm² y 303.14 kg/cm², con un promedio final de 301.24 kg/cm². El concreto con ceniza de cartón parece mantener una consistencia en su resistencia, lo que sugiere que la ceniza de cartón, cuando se incorpora en este porcentaje, no reduce significativamente la capacidad de compresión del concreto. Las muestras con mayores resistencias fueron las M1 y M4, ambas por encima de 301 kg/cm², mientras que la muestra M3 fue la que presentó la resistencia más baja, aunque aún dentro de los valores aceptables para aplicaciones estructurales.

Pruebas de compresión en muestras con ceniza de cartón 12%

Tabla 26

Recopilación de soporte a fuerzas compresivas concreto + ceniza de cartón 12%

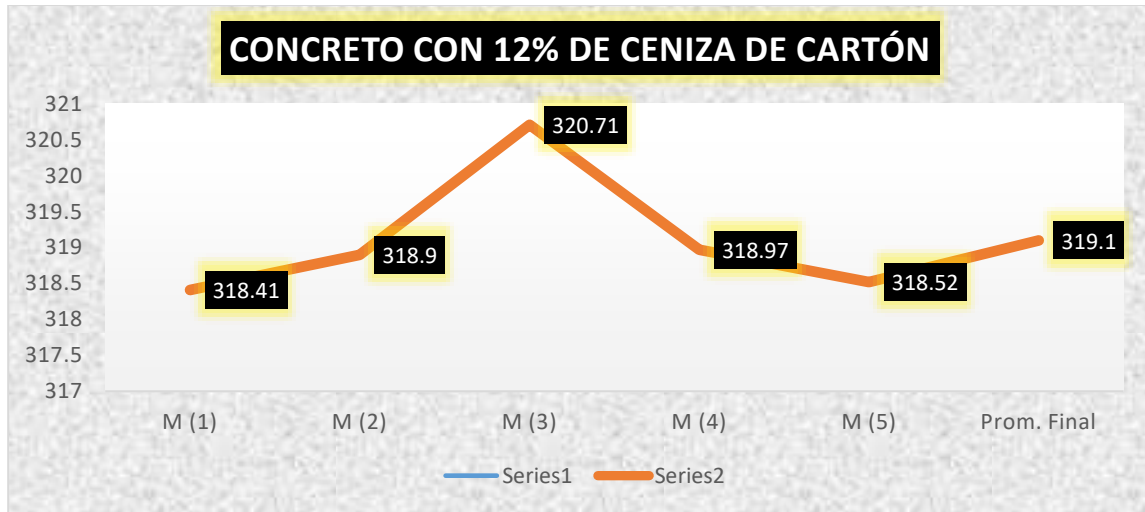
Exposición	Carga (kg)	Soporte (kg/cm ²)	Diseño	Días de curado
B1	56342	318.41		
B2	56429	318.90		
B3	56749	320.71	280	28
B4	56215	318.97		
B5	56362	318.52		
	Prom. Final	319.10		

Nota. Generado por el autor

La tabla presenta los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión de concreto con un 12% de ceniza de cartón. Los valores de resistencia oscilan entre 318.41 kg/cm² y 320.71 kg/cm², con un promedio final de 319.10 kg/cm². Este desempeño indica que el concreto con un 12% de ceniza de cartón mantiene una resistencia alta y consistente. La muestra B3, con 320.71 kg/cm², fue la que presentó el valor más alto de resistencia, mientras que las otras muestras se mantuvieron dentro de un rango cercano, lo que demuestra una buena homogeneidad en el comportamiento del concreto.

Figura 27

Datos recabados a partir de una muestra estándar + ceniza de cartón 12%



Nota. Generado por el autor

La gráfica presentada muestra los resultados obtenidos del concreto con un 12% de ceniza de cartón, con los valores de resistencia a la compresión que oscilan entre 318.41 kg/cm² y 320.71 kg/cm². La muestra con el mayor valor de resistencia fue la muestra M3, con 320.71 kg/cm², mientras que el promedio final obtenido fue de 319.1 kg/cm². Los valores de las demás muestras se mantienen bastante consistentes, reflejando un desempeño homogéneo del concreto modificado.

Pruebas de compresión en muestras con DCyA 6%

Tabla 27

Recopilación de soporte a fuerzas compresivas concreto + DCyA 6%

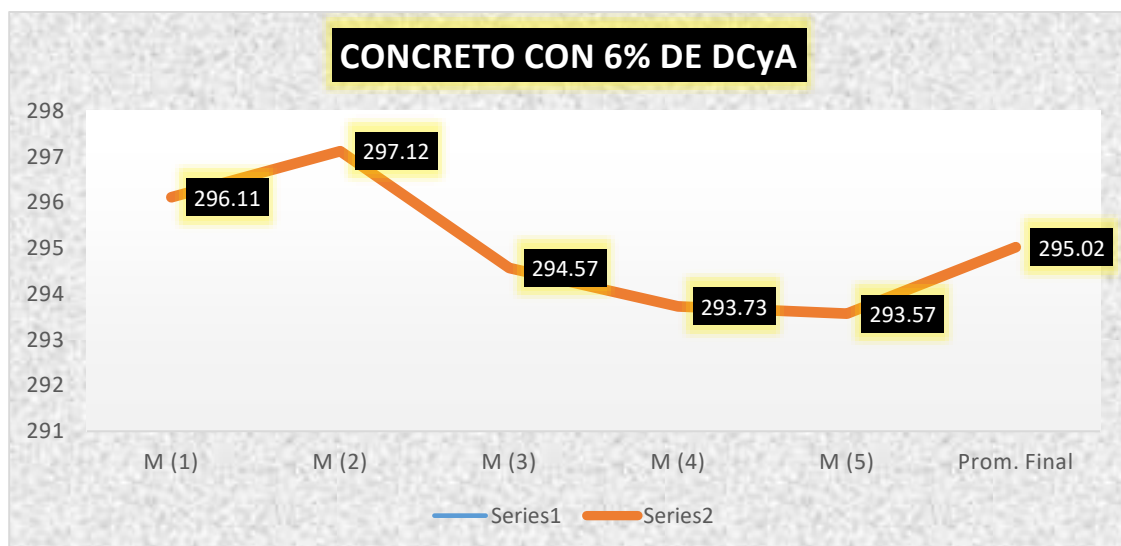
Exposición	Carga (kg)	Soporte (kg/cm ²)	Diseño	Días de curado
B1	52397	296.11		
B2	52364	297.12		
B3	52124	294.57	280	28
B4	51975	293.73		
B5	51947	293.57		
	Prom. Final	295.02		

Nota. Generado por el autor

La tabla presenta los datos de resistencia a la compresión del concreto modificado con 6% de desechos de clavo y alambre. Los valores de resistencia a la compresión varían desde 296.11 kg/cm² hasta 297.12 kg/cm², con la muestra B2 mostrando el valor más alto. El promedio final obtenido para todas las muestras es de 295.02 kg/cm², lo que refleja una estabilidad en los resultados. Esta consistencia sugiere que el concreto con adición de desechos metálicos tiene un rendimiento positivo, aunque ligeramente inferior al concreto convencional, lo que valida el uso de estos residuos en la construcción.

Figura 28

Datos recabados a partir de una muestra estándar + DCyA 6%



Nota. Generado por el autor

La gráfica presenta los resultados de las resistencias a la compresión del concreto modificado con 6% de desechos de clavo y alambre. Los valores varían entre 296.11 kg/cm² para la muestra M1 y 297.12 kg/cm² para la muestra M2, siendo la muestra M2 la que presenta la mayor resistencia. El promedio final obtenido es 295.02 kg/cm², indicando que el concreto con estos desechos metálicos muestra un comportamiento resistente similar al concreto convencional. Estos resultados sugieren que el material reciclado tiene un rendimiento adecuado para su aplicación en la construcción.

Pruebas de compresión en muestras con DCyA 12%

Tabla 28

Recopilación de soporte a fuerzas compresivas concreto + DCyA 12%

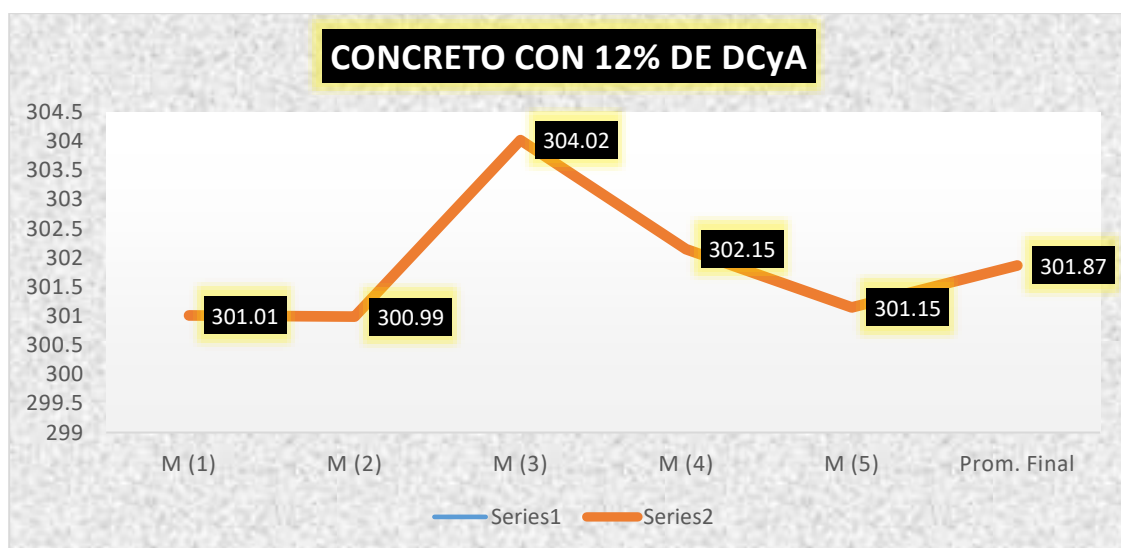
Exposición	Carga (kg)	Soporte (kg/cm ²)	Diseño	Días de curado
B1	53264	301.01	280 kg/cm ²	28 días
B2	53261	300.99		
B3	53796	304.02		
B4	53251	302.15		
B5	53289	301.15		
Prom. Final		301.87		

Nota. Generado por el autor

La tabla presenta los resultados de resistencia a la compresión del concreto con 12% de desechos de clavo y alambre. Los resultados varían entre 301.01 kg/cm² en la muestra M1 y 304.02 kg/cm² en la muestra M3, destacando esta última como la de mayor resistencia. El promedio final de resistencia es de 301.87 kg/cm², lo que indica un rendimiento robusto y confiable del concreto modificado con desechos reciclados en comparación con el concreto convencional.

Figura 29

Datos recabados a partir de una muestra estándar + DCyA 12%



Nota. Generado por el autor

La gráfica muestra los resultados obtenidos para la resistencia a la compresión del concreto modificado con 12% de desechos de clavo y alambre. La muestra M3 presenta el valor más alto de resistencia con 304.02 kg/cm², seguido de cerca por la muestra M4 con 302.15 kg/cm². Las otras muestras (M1, M2 y M5) tienen valores más bajos, siendo la muestra M1 la que presenta la resistencia más baja con 301.01 kg/cm². El promedio final de resistencia es de 301.87 kg/cm², lo que refleja un comportamiento adecuado del concreto con este tipo de modificación.

Cuadros de comparación de las muestras (Compresión)

Tabla 29

Comparativos de resistencias de los grupos de control al día 7 de curado

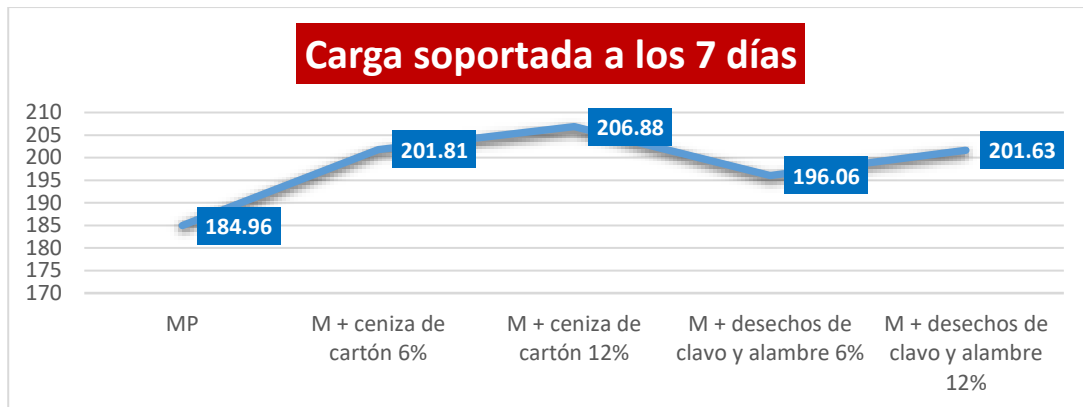
Comparación de resistencias a compresión al 7mo día de curado	
Grupos de control	Resistencias (kg/cm ²)
MP	184.96
M + ceniza de cartón 6%	201.81
M + ceniza de cartón 12%	206.88
M + desechos de clavo y alambre 6%	196.06
M + desechos de clavo y alambre 12%	201.63

Nota. Generado por el autor

La tabla presenta los resultados de la resistencia a la compresión de las muestras en el séptimo día de curado. El concreto patrón (MP) muestra una resistencia de 184.96 kg/cm², mientras que los concretos modificados con cenizas de cartón obtienen resultados más altos, siendo 201.81 kg/cm² para el 6% de cenizas y 206.88 kg/cm² para el 12%. Las muestras modificadas con desechos de clavo y alambre presentan una resistencia ligeramente inferior: 196.06 kg/cm² para el 6% y 201.63 kg/cm² para el 12%.

Figura 30

Evolución de los testigos al 7mo día



Nota. Generado por el autor

El concreto patrón (MP) presenta una carga soportada de 184.96 kg/cm². En comparación, los concretos modificados con cenizas de cartón exhiben un aumento significativo, alcanzando 201.81 kg/cm² con 6% de ceniza de cartón y 206.88 kg/cm² con 12%. Los concretos con desechos de clavo y alambre también muestran mejoras en la resistencia, con 196.06 kg/cm² para el 6% y 201.63 kg/cm² para el 12%. Esto indica un incremento en la resistencia a la compresión de los concretos modificados respecto al concreto patrón.

Tabla 30

Comparativos de resistencias de los grupos de control al día 14 de curado

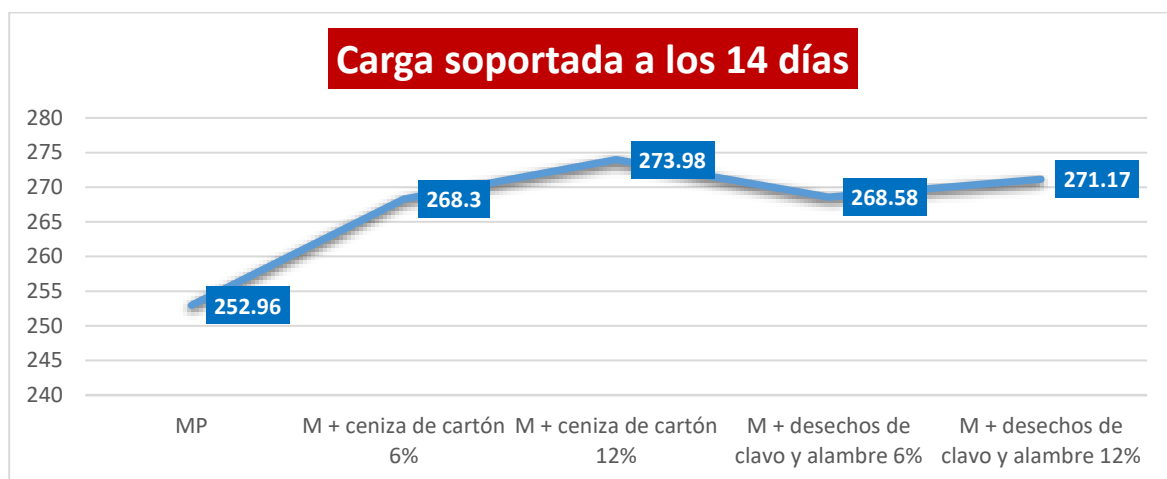
Comparación de resistencias a compresión al 14vo día de curado	
Grupos de control	Resistencias (kg/cm ²)
MP	252.96
M + ceniza de cartón 6%	268.30
M + ceniza de cartón 12%	273.98
M + desechos de clavo y alambre 6%	268.58
M + desechos de clavo y alambre 12%	271.17

Nota. Generado por el autor

La tabla presenta los resultados de la prueba de resistencia a la compresión realizada a los 14 días de curado para diferentes mezclas de concreto. El concreto patrón (MP) mostró una resistencia de 252.96 kg/cm². Las mezclas con ceniza de cartón tuvieron un incremento, alcanzando 268.30 kg/cm² con un 6% de ceniza de cartón y 273.98 kg/cm² con un 12%. Las mezclas con desechos de clavo y alambre también mostraron mejoras, con 268.58 kg/cm² para un 6% y 271.17 kg/cm² para un 12%. Estos resultados evidencian un aumento significativo en la resistencia del concreto con la incorporación de estos materiales, comparado con el concreto convencional.

Figura 31

Evolución de los testigos al 14vo día



Nota. Generado por el autor

La gráfica muestra la evolución de la carga soportada por los diferentes tipos de concreto a los 14 días de curado. El concreto patrón (MP) tuvo una resistencia de 252.96 kg/cm², mientras que el concreto con ceniza de cartón alcanzó 268.30 kg/cm² con un 6% y 273.98 kg/cm² con un 12%. Las mezclas que incluyeron desechos de clavo y alambre tuvieron una resistencia de 268.58 kg/cm² con un 6% y 271.17 kg/cm² con un 12%. La tendencia muestra que el concreto modificado con ceniza de cartón y desechos de clavo y alambre presenta mejoras significativas en su capacidad de resistencia a la compresión en comparación con el concreto hidráulica.

Tabla 31

Comparativos de resistencias de los grupos de control al día 28 de curado

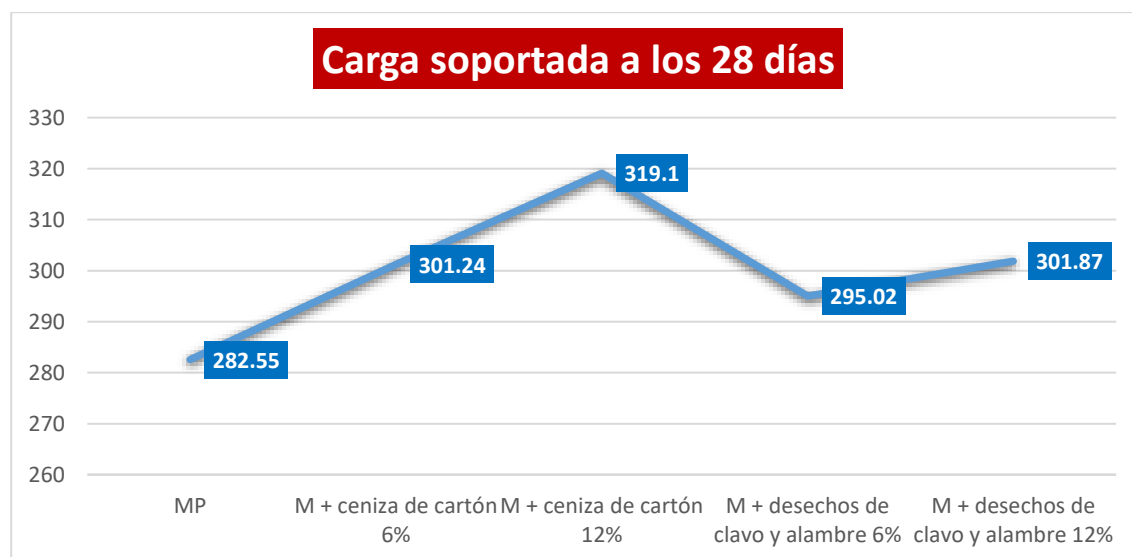
Comparación de resistencias a compresión al 28vo día de curado	
Grupos de control	Resistencias (kg/cm ²)
MP	282.55
M + ceniza de cartón 6%	301.24
M + ceniza de cartón 12%	319.10
M + desechos de clavo y alambre 6%	295.02
M + desechos de clavo y alambre 12%	301.87

Nota. Generado por el autor

El concreto patrón (MP) alcanzó una resistencia de 282.55 kg/cm². El concreto con ceniza de cartón con un 6% obtuvo una resistencia de 301.24 kg/cm², mientras que con un 12% alcanzó 319.10 kg/cm². El concreto con desechos de clavo y alambre con un 6% tuvo una resistencia de 295.02 kg/cm², mientras que con un 12% alcanzó 301.87 kg/cm². Estos resultados indican que la adición de ceniza de cartón y desechos de clavo y alambre mejoran significativamente la resistencia a la compresión del concreto en comparación con el concreto convencional.

Figura 32

Evolución de los testigos al 28vo día



La gráfica muestra los resultados obtenidos en el ensayo de carga soportada a los 28 días de curado para distintos tipos de concreto. El concreto patrón (MP) soportó una carga de 282.55 kg/cm². El concreto con un 6% de ceniza de cartón soportó 301.24 kg/cm², mientras que con un 12% de ceniza de cartón alcanzó los 319.10 kg/cm². Por otro lado, el concreto con un 6% de desechos de clavo y alambre soportó 295.02 kg/cm², y con un 12% de estos desechos, la resistencia fue de 301.87 kg/cm². Esta evolución muestra un claro incremento en la resistencia del concreto con la adición de cenizas de cartón y desechos metálicos, destacando especialmente el rendimiento del concreto con 12% de ceniza de cartón.

Tabla 32

Comparativo general de la evolución de resistencias

Comparación general de la evolución de la resistencia a la compresión			
Muestra	7 días (kg/cm ²)	14 (kg/cm ²)	28 (kg/cm ²)
MP	184.79	252.96	282.55
M + ceniza de cartón 6%	201.81	268.30	301.24
M + ceniza de cartón 12%	206.88	273.96	319.10
M + desechos de clavo y alambre 6%	196.06	268.58	295.02
M + desechos de clavo y alambre 12%	201.63	271.17	301.87

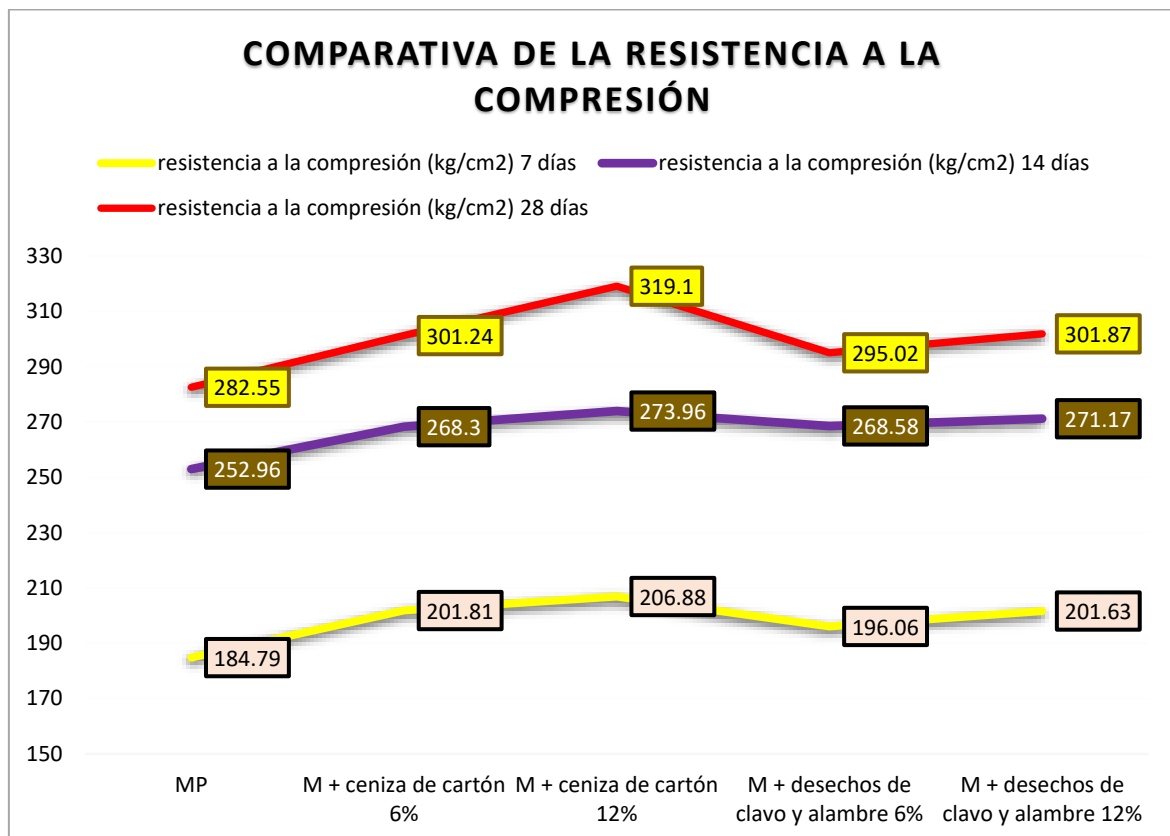
Nota. Generado por el autor

La tabla muestra la evolución de la resistencia a la compresión de las muestras de concreto a lo largo de tres diferentes días de curado: 7, 14 y 28 días. Para el concreto patrón (MP), la resistencia aumentó de 184.79 kg/cm² a 252.96 kg/cm² y finalmente a 282.55 kg/cm². En el caso del concreto con 6% de ceniza de cartón, la resistencia pasó de 201.81 kg/cm² a 268.30 kg/cm² y alcanzó 301.24 kg/cm² a los 28 días. Para el concreto con 12% de ceniza de cartón, la resistencia subió de 206.88 kg/cm² a 273.96 kg/cm² y finalizó en 319.10 kg/cm². El concreto con 6% de desechos de clavo y alambre mostró un aumento de 196.06 kg/cm² a 268.58 kg/cm², y alcanzó 295.02 kg/cm². Por último, el concreto con 12% de

desechos de clavo y alambre tuvo una resistencia inicial de 201.63 kg/cm², que subió a 271.17 kg/cm² y terminó en 301.87 kg/cm². Estos resultados muestran una mejora en la resistencia con la incorporación de ceniza de cartón y desechos metálicos, siendo la adición de ceniza de cartón al 12% la que brindó mejores resultados en términos de resistencia a la compresión.

Figura 33

Proceso de evolución de los testigos con variada dosificación



Nota. Generado por el autor

La gráfica comparativa muestra la evolución de la resistencia a la compresión de los diferentes tipos de concreto a lo largo de tres tiempos de curado: 7, 14 y 28 días. En el caso del concreto patrón (MP), la resistencia a los 7 días fue de 184.79 kg/cm², mejorando a 252.96 kg/cm² a los 14 días y alcanzando 282.55 kg/cm² a los 28 días. El concreto con 6% de ceniza de cartón comenzó con 201.81 kg/cm² a los 7 días, subió a 268.30 kg/cm² a los 14 días y llegó a 301.24 kg/cm² a los 28 días. Para el concreto con 12% de ceniza de cartón, la resistencia se incrementó de 206.88 kg/cm² a 273.96 kg/cm² en 14 días, y



alcanzó los 319.10 kg/cm² a los 28 días. El concreto con 6% de desechos de clavo y alambre mostró un aumento de 196.06 kg/cm² a 268.58 kg/cm² en 14 días, y logró 295.02 kg/cm² en 28 días. Finalmente, el concreto con 12% de desechos de clavo y alambre pasó de 201.63 kg/cm² a 271.17 kg/cm² a los 14 días y terminó en 301.87 kg/cm² a los 28 días. Esta comparación resalta cómo la adición de ceniza de cartón y desechos metálicos mejora la resistencia a la compresión del concreto, especialmente con la adición de ceniza de cartón al 12%.

4.1.3 Capacidades de resistencia a flexión del concreto hidráulico

La capacidad de flexión del concreto se refiere a su capacidad para soportar cargas que causan flexión o flexión. Este comportamiento es crucial para la evaluación estructural de elementos como vigas, losas y otros componentes sometidos a fuerzas que actúan perpendicularmente en lugar de axialmente, lo que lleva a tensiones de compresión en una cara y tensiones de tensión en la cara opuesta. La capacidad de flexionar generalmente se evalúa mediante pruebas como la flexión del haz, donde se aplica una carga central hasta la falla del material, lo que permite la evaluación de la resistencia máxima del concreto a las presiones de flexión.

Los datos comparativos sobre las propiedades de flexión del concreto son cruciales para el diseño de estructuras destinadas a soportar cargas dinámicas o distribuidas, como puentes o edificios. Estos datos permiten el examen del comportamiento concreto en diversas condiciones de carga, específicamente con variaciones en los tipos de mezcla, la adición de aditivos o la introducción de componentes complementarios como cenizas de cartón y desechos de alambre. Un análisis extenso de estos datos permite el pronóstico del rendimiento estructural y garantiza su seguridad y durabilidad a lo largo del tiempo.

Pruebas de resistencia concreto convencional (flexión)

Tabla 33

Recopilación de soporte a fuerzas de flexión, concreto hidráulico

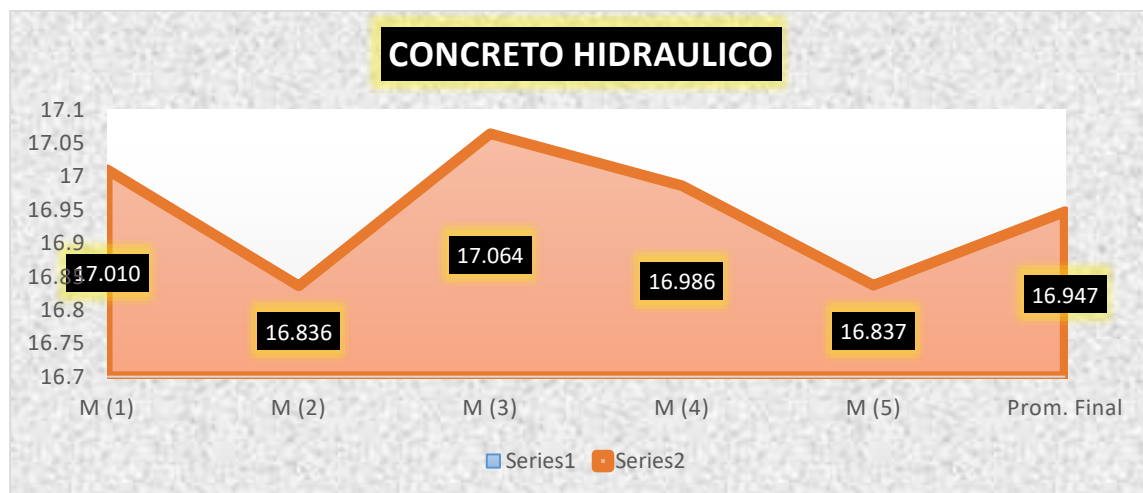
Exposición (flexión)	(lectura)	Soporte (kg/cm ²)	Diseño	Día
B.1	1144.36	17.010	280	7
B.2	1136.45	16.836		
B.3	1147.96	17.064		
B.4	1142.75	16.986		
B.5	1136.52	16.837		
Prom. Final		16.947		

Nota. Generado por el autor

La tabla muestra los resultados de la recopilación de soportes a fuerzas de flexión del concreto hidráulico para muestras evaluadas en el séptimo día de curado. En la exposición B1, la lectura alcanzó 1144.36, con un soporte de 17.010 kg/cm². Para la exposición B2, la lectura fue 1135.45, con un soporte de 16.836 kg/cm². La muestra B3 tuvo una lectura de 1147.96 y un soporte de 17.064 kg/cm², mientras que la B4 presentó una lectura de 1142.75 y un soporte de 16.986 kg/cm². Finalmente, en la exposición B5, la lectura fue 1136.52, con un soporte de 16.837 kg/cm². El promedio final de soporte fue 16.947 kg/cm², lo que refleja una tendencia de resistencia similar en todas las muestras con pequeñas variaciones.

Figura 34

Datos recabados a partir de una muestra estándar (flexión)



La gráfica muestra los resultados de los ensayos de flexión realizados a las muestras de concreto hidráulico. En el primer ensayo (M1), el concreto alcanzó un soporte de 17.010 kg/cm². En el segundo ensayo (M2), la muestra presentó un soporte de 16.836 kg/cm², seguido por 17.064 kg/cm² en el tercer ensayo (M3). El cuarto ensayo (M4) tuvo una medición de 16.986 kg/cm², y finalmente, en el quinto ensayo (M5), el soporte fue de 16.837 kg/cm². El promedio final de resistencia a la flexión fue 16.947 kg/cm², lo que indica una leve variabilidad en las mediciones, pero con resultados relativamente consistentes en los ensayos.

Pruebas en muestras con cenizas de cartón 6% (flexión)

Tabla 34

Recopilación de soporte a fuerzas de flexión, concreto + ceniza de cartón 6%

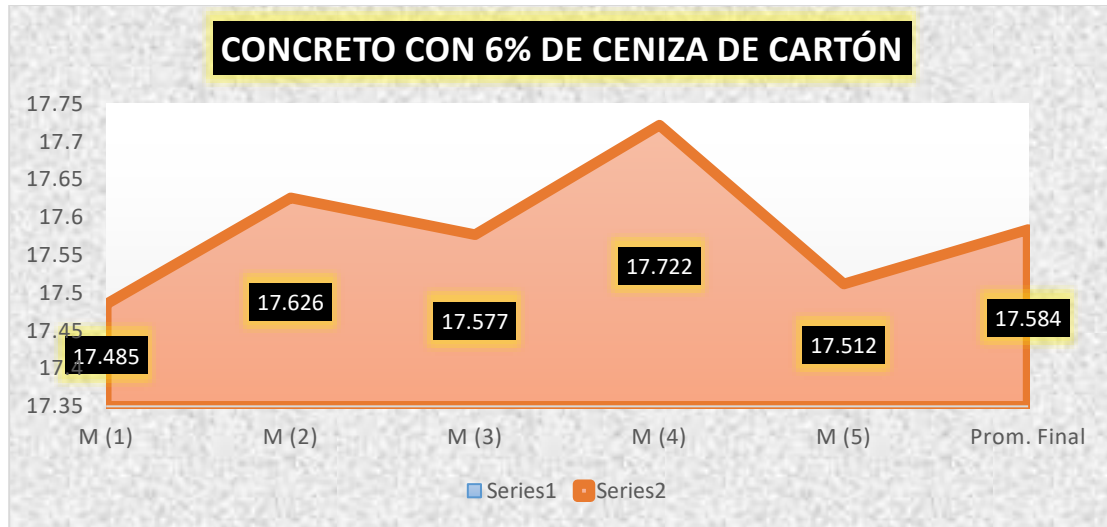
Exposición (flexión)	(lectura)	Soporte (kg/cm ²)	Diseño	Día
B1	1176.28	17.485		
B2	1189.75	17.626		
B3	1186.42	17.577	280	7
B4	1196.22	17.722		
B5	1182.08	17.512		
	Prom. Final	17.584		

Nota. Generado por el autor

En los resultados de flexión para el concreto modificado con ceniza de cartón al 6%, se obtuvieron las siguientes mediciones: en el primer ensayo (B1), el soporte fue de 17.485 kg/cm². En el segundo ensayo (B2), la muestra alcanzó un soporte de 17.626 kg/cm², mientras que en el tercer ensayo (B3) fue de 17.577 kg/cm². El cuarto ensayo (B4) mostró un soporte de 17.722 kg/cm², y en el quinto ensayo (B5), la medición fue 17.512 kg/cm². El promedio final de resistencia a la flexión fue 17.584 kg/cm², lo que demuestra una ligera variación entre las muestras, pero un rendimiento bastante consistente en los ensayos.

Figura 35

Datos recabados a partir de una muestra estándar + ceniza de cartón 6% (flexión)



Los resultados de flexión para el concreto modificado con ceniza de cartón al 6% muestran las siguientes mediciones: en el primer ensayo (B1), el concreto alcanzó una resistencia de 17.485 kg/cm². En el segundo ensayo (B2), la resistencia fue de 17.626 kg/cm². En el tercer ensayo (B3), el soporte fue 17.577 kg/cm², mientras que en el cuarto ensayo (B4) se obtuvo 17.722 kg/cm². Finalmente, en el quinto ensayo (B5), la resistencia fue de 17.512 kg/cm². El promedio final obtenido fue de 17.584 kg/cm², destacando una variación mínima entre las muestras y una tendencia bastante consistente en los valores obtenidos.

Pruebas de compresión en muestras con cenizas de cartón 12%

Tabla 35

Recopilación de soporte a fuerzas de flexión, concreto + cenizas de cartón 12%

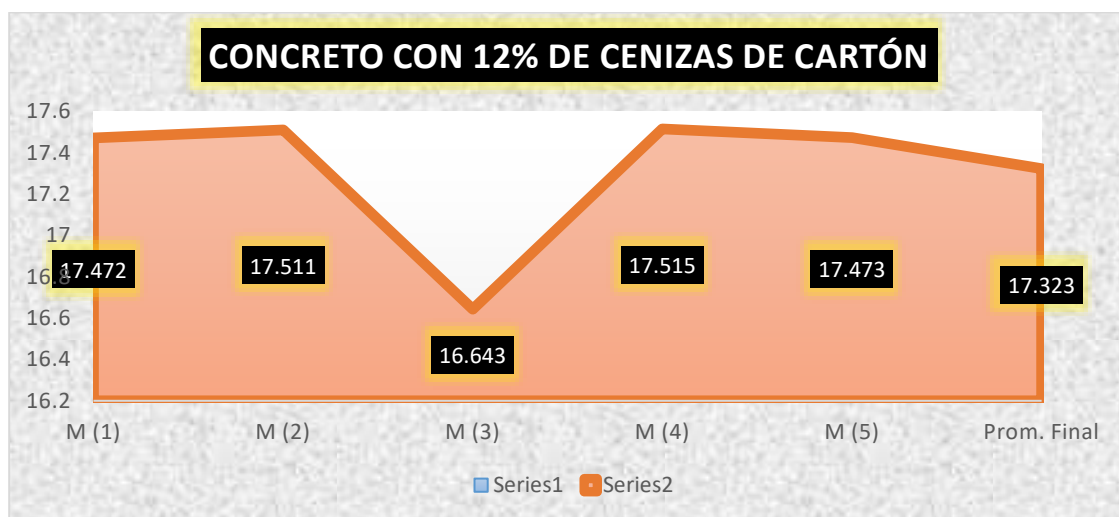
Exposición (flexión)	(lectura)	Soporte (kg/cm2)	Diseño	Día
B1	1175.42	17.472		
B2	1181.96	17.511		
B3	1123.42	16.643	280	7
B4	1182.27	17.515		
B5	1179.45	17.473		
	Prom. Final	17.323		

Nota. Generado por el autor

Los resultados de flexión para el concreto modificado con ceniza de cartón al 12% muestran las siguientes mediciones: en el primer ensayo (B1), el concreto alcanzó una resistencia de 17.472 kg/cm². En el segundo ensayo (B2), la resistencia fue de 17.511 kg/cm². En el tercer ensayo (B3), el soporte fue 16.643 kg/cm², mientras que en el cuarto ensayo (B4) se obtuvo 17.515 kg/cm². Finalmente, en el quinto ensayo (B5), la resistencia fue de 17.473 kg/cm². El promedio final obtenido fue de 17.323 kg/cm², mostrando una ligera variabilidad en los resultados entre las muestras, con una tendencia bastante consistente en los valores obtenidos.

Figura 36

Datos recabados a partir de una muestra estándar + cenizas de cartón 12% (flexión)



La gráfica muestra los resultados de flexión para el concreto con la adición de ceniza de cartón al 12%. En el primer ensayo (M1), se obtuvo una resistencia de 17.472 kg/cm², mientras que en el segundo ensayo (M2) la resistencia fue de 17.511 kg/cm². En el tercer ensayo (M3), la resistencia disminuyó a 16.643 kg/cm². En el cuarto ensayo (M4), la resistencia volvió a aumentar a 17.515 kg/cm², y en el quinto ensayo (M5), se alcanzó una resistencia de 17.473 kg/cm². El promedio final de los ensayos fue de 17.323 kg/cm², lo que refleja un rendimiento estable, pero con algunas fluctuaciones en las mediciones, con la resistencia más baja observada en el tercer ensayo.

Pruebas de compresión en muestras con DCyA 6%

Tabla 36

Recopilación de soporte a fuerzas de flexión, concreto base + DCyA 6%

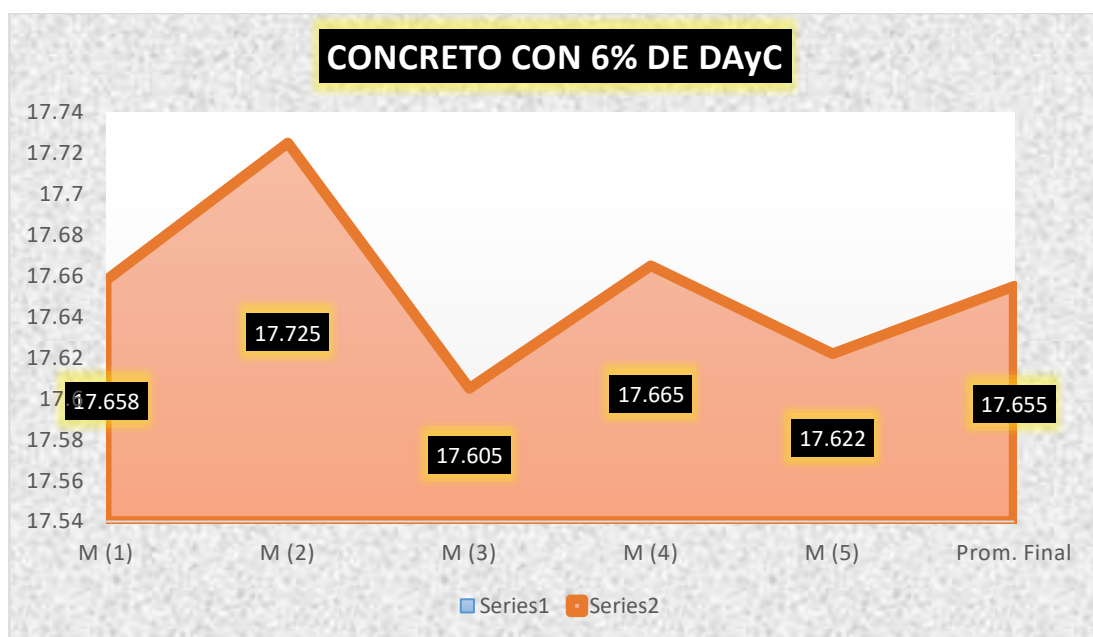
Exposición (flexión)	(lectura)	Soporte (kg/cm ²)	Diseño	Día
B1	1187.96	17.658	280	7
B2	1196.41	17.725		
B3	1188.36	17.605		
B4	1192.42	17.665		
B5	1189.47	17.622		
Prom. Final		17.655		

Nota. Generado por el autor

La tabla presenta los resultados de flexión para el concreto base + DCA (desechos de clavo y alambre al 6%). El ensayo B1 arrojó una resistencia de 17.658 kg/cm², mientras que el ensayo B2 dio una resistencia de 17.725 kg/cm². En el ensayo B3, la resistencia fue 17.605 kg/cm², mientras que en B4 aumentó a 17.665 kg/cm². El último ensayo (B5) mostró un valor de 17.622 kg/cm². El promedio final de todos los ensayos es 17.655 kg/cm², lo que indica una consistencia en la resistencia a la flexión del concreto con base y DCA al 6%.

Figura 37

Datos recabados a partir de una muestra estándar + DCyA 6% (flexión)



La gráfica muestra la evolución de la resistencia a la flexión del concreto con base + DCA al 6% a lo largo de cinco muestras. La resistencia en el primer ensayo (M1) es de 17.658 kg/cm², mientras que en el segundo (M2) aumenta a 17.725 kg/cm². En el tercer ensayo (M3), la resistencia es de 17.605 kg/cm², mientras que en el cuarto (M4) alcanza 17.665 kg/cm². El último ensayo (M5) tiene una resistencia de 17.622 kg/cm², y el promedio final es 17.655 kg/cm². Estos resultados indican una ligera variabilidad en la resistencia a la flexión, manteniéndose en un rango consistente a través de todas las muestras.

Pruebas de compresión en muestras con DCyA 12%

Tabla 37

Recopilación de soporte a fuerzas de flexión, concreto base + DCyA 6%

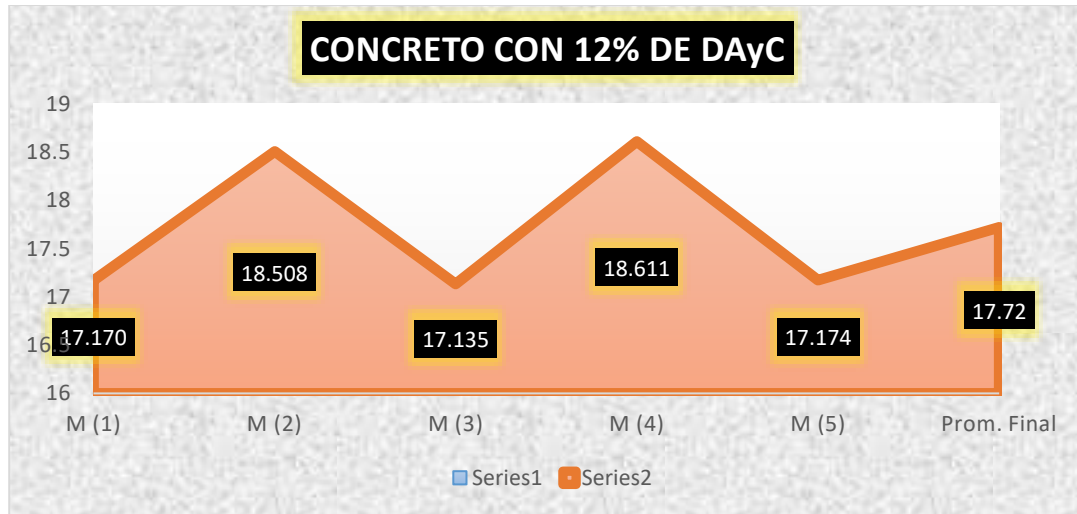
Exposición (flexión)	(lectura)	Soporte (kg/cm ²)	Diseño	Día
B1	1155.14	17.170		
B2	1249.26	18.508		
B3	1156.63	17.135	280	7
B4	1256.23	18.611		
B5	1159.26	17.174		
	Prom. Final	17.720		

Nota. Generado por el autor

La tabla presenta los resultados de flexión para el concreto base + DCA (desechos de clavo y alambre al 12%). El ensayo B1 arrojó una resistencia de 17.170 kg/cm², mientras que el ensayo B2 dio una resistencia de 17.508 kg/cm². En el ensayo B3, la resistencia fue 17.135 kg/cm², mientras que en B4 aumentó a 17.611 kg/cm². El último ensayo (B5) mostró un valor de 17.174 kg/cm². El promedio final de todos los ensayos es 17.720 kg/cm², lo que indica una consistencia en la resistencia a la flexión del concreto con base y DCA al 6%.

Figura 38

Datos recabados a partir de una muestra estándar + DCyA 12% (flexión)



La gráfica presenta los resultados de la resistencia a la flexión para el concreto con 12% de DCA al 12%. En el primer ensayo (M1), la resistencia fue de 17.170 kg/cm². En el segundo ensayo (M2), se observa un aumento a 18.508 kg/cm². El tercer ensayo (M3) presenta una ligera caída a 17.135 kg/cm², mientras que en el cuarto (M4) se incrementa nuevamente a 18.611 kg/cm². El quinto ensayo (M5) muestra un valor de 17.174 kg/cm², y el promedio final es 17.72 kg/cm². Estos resultados reflejan una ligera variabilidad en la resistencia a la flexión, con una tendencia a estabilizarse hacia el final de los ensayos.

Pruebas de resistencia concreto convencional 14vo día (flexión)

Tabla 38

Recopilación de soporte a fuerzas de flexión, concreto base

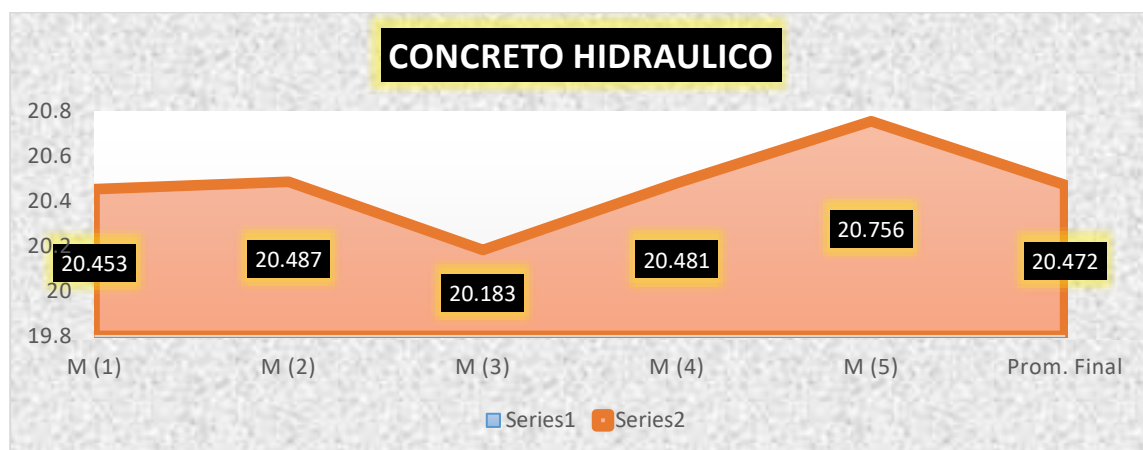
Exposición (flexión)	(lectura)	Soporte (kg/cm2)	Diseño	Día
B.1	1375.96	20.453	280	14
B.2	1382.85	20.487		
B.3	1362.36	20.183		
B.4	1382.45	20.481		
B.5	1396.33	20.756		
Prom. Final		20.472		

Nota. Generado por el autor

La tabla muestra la recopilación de datos de flexión para el concreto base en diferentes ensayos. En el primer ensayo (B1), el concreto alcanzó una resistencia de 20.453 kg/cm². El segundo ensayo (B2) presentó un valor de 20.487 kg/cm², seguido por un pequeño incremento en el tercer ensayo (B3), con una resistencia de 20.183 kg/cm². El cuarto ensayo (B4) también mostró una resistencia cercana, con 20.481 kg/cm². Finalmente, en el quinto ensayo (B5), se registró un valor de 20.756 kg/cm², con un promedio final de 20.472 kg/cm², lo que muestra una variabilidad mínima en los resultados de resistencia a la flexión en las muestras de concreto base.

Figura 39

Datos recabados a partir de una muestra estándar (flexión)



La gráfica muestra los resultados de flexión para el concreto hidráulico, con las lecturas de resistencia en kg/cm² para cada muestra (M1 a M5) y el promedio final. La resistencia en el primer ensayo (M1) fue de 20.453 kg/cm², mientras que en el segundo ensayo (M2) aumentó ligeramente a 20.487 kg/cm². En el tercer ensayo (M3), la resistencia fue de 20.183 kg/cm², un poco más baja que en los anteriores. El cuarto ensayo (M4) mostró una resistencia de 20.481 kg/cm², mientras que el quinto (M5) presentó una leve mejora, alcanzando 20.756 kg/cm². El promedio final de las mediciones fue de 20.472 kg/cm², lo que indica una resistencia estable en las muestras de concreto hidráulico durante las pruebas de flexión.

Pruebas en muestras con ceniza de cartón 6% (flexión)

Tabla 39

Recopilación de soporte a fuerzas de flexión, concreto + ceniza de cartón 6%

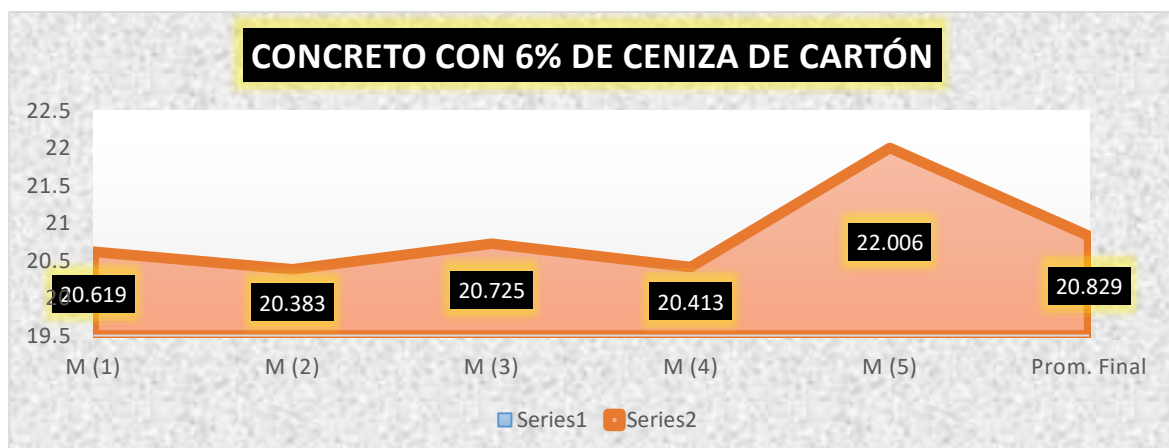
Exposición (flexión)	(lectura)	Soporte (kg/cm ²)	Diseño	Día
B1	1387.11	20.619		
B2	1375.88	20.383		
B3	1398.96	20.725	280	14
B4	1377.85	20.413		
B5	1485.42	22.006		
Prom. Final		20.829		

Nota. Generado por el autor

La tabla muestra los resultados de la resistencia a la flexión del concreto con 6% de ceniza de cartón, obtenidos en diferentes días de medición. En el primer ensayo (B1), la resistencia fue de 20.619 kg/cm², y en el segundo (B2) fue de 20.333 kg/cm², con una ligera disminución. El tercer ensayo (B3) mostró una resistencia de 20.725 kg/cm², seguida por el cuarto ensayo (B4) que alcanzó 20.413 kg/cm². El último ensayo (B5) presentó una resistencia de 22.006 kg/cm², lo que reflejó un incremento en comparación con los ensayos anteriores. El promedio final de todas las mediciones fue de 20.829 kg/cm², lo que indica una mejora en la resistencia a la flexión del concreto con ceniza de cartón en comparación con los resultados iniciales.

Figura 40

Datos recabados a partir de una muestra estándar + ceniza de cartón 6% (flexión)





La gráfica muestra los resultados de la resistencia a la flexión del concreto con 6% de ceniza de cartón. Los valores oscilaron entre 20.619 kg/cm² en el primer ensayo (M1) y 22.006 kg/cm² en el quinto ensayo (M5). El promedio final se ubicó en 20.829 kg/cm². Esto indica que la resistencia a la flexión del concreto con ceniza de cartón mostró una mejora progresiva, destacando un aumento significativo en el último ensayo (M5). Los resultados sugieren que la incorporación de ceniza de cartón mejora las propiedades mecánicas del concreto en términos de flexión.

Pruebas de compresión en muestras con ceniza de cartón 12%

Tabla 40

Recopilación de soporte a fuerzas de flexión, concreto + ceniza de cartón 12%

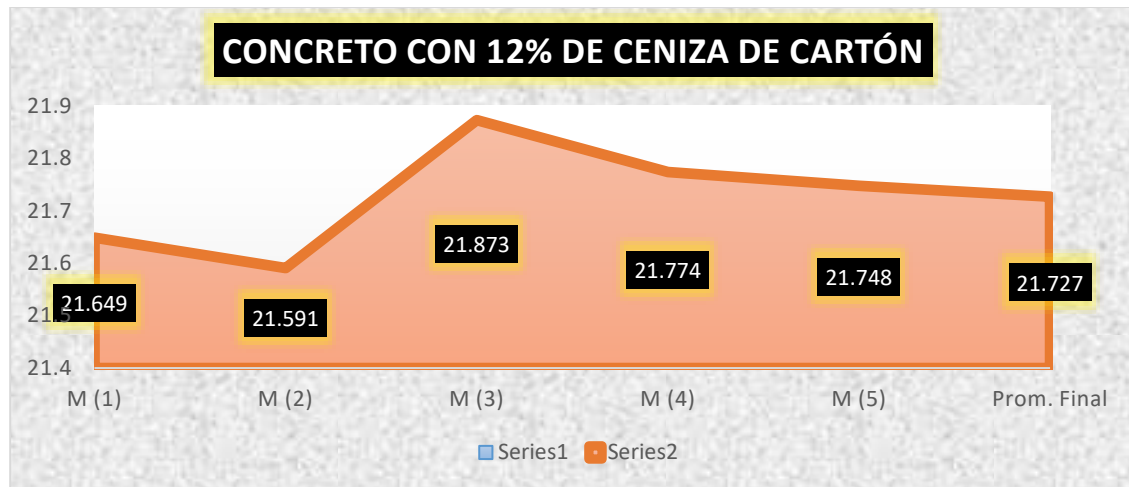
Exposición (flexión)	(lectura)	Soporte (kg/cm ²)	Diseño	Día
B1	1456.42	21.649		
B2	1457.36	21.591		
B3	1476.45	21.873	280	14
B4	1469.75	21.774		
B5	1467.96	21.748		
	Prom. Final	21.727		

Nota. Generado por el autor

La tabla muestra los resultados de la resistencia a la flexión del concreto con 12% de ceniza de cartón. Los valores oscilaron entre 21.591 kg/cm² en el segundo ensayo (M2) y 21.873 kg/cm² en el tercer ensayo (M3). El promedio final de resistencia fue de 21.727 kg/cm². Esto sugiere que la incorporación de un 12% de ceniza de cartón mejora las propiedades de resistencia a la flexión del concreto, presentando resultados más sólidos a medida que avanzan los ensayos.

Figura 41

Datos recabados a partir de una muestra estándar + ceniza de cartón 12% (flexión)



La gráfica muestra la evolución de la resistencia a la flexión del concreto con un 12% de ceniza de cartón. En el primer ensayo (M1), se obtuvo una resistencia de 21.649 kg/cm², y en el último ensayo (M5), la resistencia final fue de 21.727 kg/cm². Los valores de resistencia aumentaron de manera constante a lo largo de los ensayos, con una pequeña caída en el cuarto ensayo (M4), alcanzando un máximo de 21.873 kg/cm² en el tercer ensayo (M3). El promedio final fue de 21.727 kg/cm², mostrando que la mezcla con ceniza de cartón mejora progresivamente la resistencia a la flexión del concreto.

Pruebas de compresión en muestras con DCyA 6%

Tabla 41

Recopilación de soporte a fuerzas de flexión, concreto + DCyA 6%

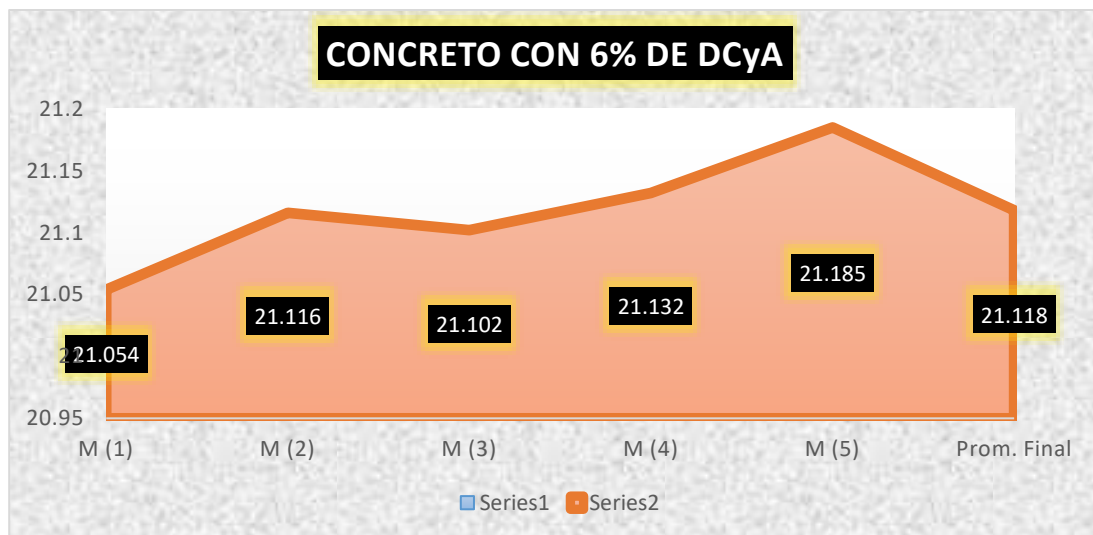
Exposición (flexión)	(lectura)	Soporte (kg/cm2)	Diseño	Día
B1	1416.42	21.054		
B2	1425.35	21.116		
B3	1424.36	21.102	280	14
B4	1426.41	21.132		
B5	1429.96	21.185		
	Prom. Final	21.118		

Nota. Generado por el autor

En cuanto a la tabla, se observa la recopilación de los resultados de resistencia a la flexión del concreto con un 6% de DCyA. La muestra inicial (B1) presentó una resistencia de 21.054 kg/cm², mientras que la última muestra (B5) alcanzó una resistencia de 21.185 kg/cm². El promedio de la resistencia final fue 21.118 kg/cm², lo que muestra un incremento progresivo en la capacidad de carga del concreto. Este comportamiento sugiere que la incorporación de DCyA contribuye positivamente a mejorar la resistencia del concreto, mostrando una ligera mejora con cada ensayo realizado.

Figura 42

Datos recabados a partir de una muestra estándar + DCyA 6% (flexión)



La gráfica muestra la evolución de la resistencia a la flexión del concreto con un 6% de DCyA (desechos de alambre y clavo), donde se registran los valores de soporte en diferentes muestras realizadas. La resistencia inicial en la muestra 1 (M1) es de 21.054 kg/cm², y a medida que se avanza con las pruebas, la resistencia incrementa progresivamente hasta alcanzar 21.185 kg/cm² en la muestra 5 (M5). La media de todas las muestras es 21.118 kg/cm². Estos resultados sugieren que la incorporación de DCyA en el concreto genera una mejora constante en su resistencia a la flexión, lo cual puede reflejar un efecto positivo de este material en la estructura del concreto.

Pruebas de compresión en muestras con DCyA 12%

Tabla 42

Recopilación de soporte a fuerzas de flexión, concreto + DCyA 12%

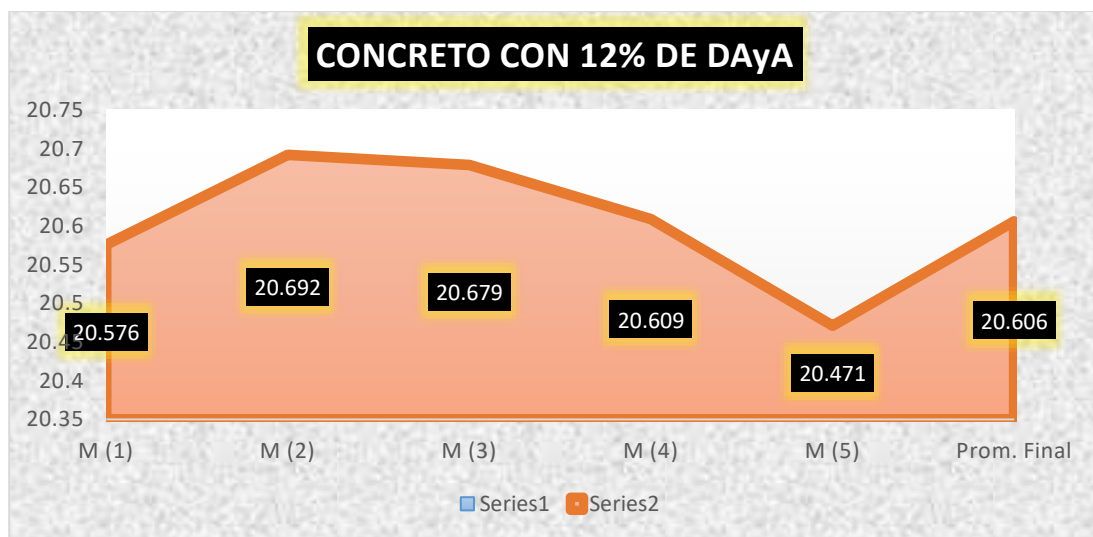
Exposición (flexión)	(lectura)	Soporte (kg/cm ²)	Diseño	Día
B1	1384.25	20.576		
B2	1396.74	20.692		
B3	1395.85	20.679	280	14
B4	1391.11	20.609		
B5	1381.78	20.471		
Prom. Final		20.606		

Nota. Generado por el autor

La tabla muestra la recopilación de datos sobre el soporte a fuerzas de flexión de concreto con el 12% de DCyA (desechos de alambre y clavo). Los valores de resistencia a la flexión en las distintas muestras varían entre 20.471 kg/cm² y 20.692 kg/cm², siendo la muestra 2 (B2) la que muestra la mayor resistencia. La media final de todas las muestras es 20.606 kg/cm². Este comportamiento refleja una leve variación en la resistencia a la flexión a medida que aumenta el contenido de DCyA en el concreto, pero se mantiene dentro de un rango consistente de resistencia.

Figura 43

Datos recabados a partir de una muestra estándar + DCyA 12% (flexión)





La gráfica presentada muestra la evolución de la resistencia a la flexión de muestras de concreto con 12% de DCyA (desechos de alambre y clavo). Los valores de resistencia oscilan entre 20.471 kg/cm² (para la muestra 5) y 20.692 kg/cm² (para la muestra 2), con una tendencia general de disminución a medida que avanzan las muestras, pero manteniéndose dentro de un rango estrecho. El promedio final de resistencia es de 20.606 kg/cm². Esto indica una resistencia bastante consistente a lo largo de las diferentes muestras con el 12% de DCyA, sin grandes fluctuaciones.

Pruebas de resistencia concreto convencional 28vo día (flexión)

Tabla 43

Recopilación de soporte a fuerzas de flexión, concreto hidráulico

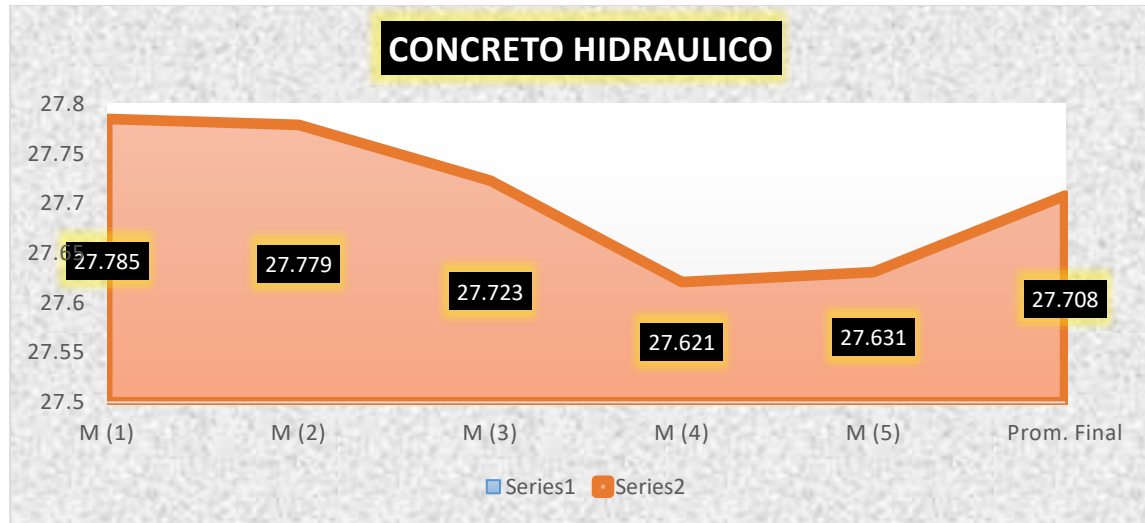
Exposición (flexión)	(lectura)	Soporte (kg/cm ²)	Diseño	Día
B.1	1869.25	27.785		
B.2	1875.11	27.779		
B.3	1871.32	27.723	280	28
B.4	1864.42	27.621		
B.5	1865.12	27.631		
	Prom. Final	27.708		

Nota. Generado por el autor

La tabla presentada muestra los resultados de la resistencia a la flexión de una muestra de concreto hidráulico. Los valores de resistencia oscilaron entre 27.621 kg/cm² (para la muestra 4) y 27.785 kg/cm² (para la muestra 1), con un promedio final de 27.708 kg/cm². Esto indica que la resistencia del concreto hidráulico evaluado es relativamente homogénea, con un rendimiento constante en todas las muestras a lo largo de los 28 días de curado. La tendencia sugiere un comportamiento confiable y estable del concreto hidráulico frente a fuerzas de flexión.

Figura 44

Datos recabados a partir de una muestra hidráulico (flexión)



En este gráfico se muestran los datos de flexión recabados de una muestra estándar de concreto convencional. Los valores obtenidos para las cinco muestras (M 1 a M 5) varían entre 27.621 y 27.785 kg/cm². La muestra M 1 es la que presenta la mayor resistencia a la flexión, con un valor de 27.785 kg/cm², mientras que la muestra M 4 muestra la menor resistencia, con 27.621 kg/cm². El promedio final de todas las mediciones es de 27.708 kg/cm², lo que refleja la consistencia general del concreto convencional bajo las condiciones de prueba.

Pruebas en muestras con ceniza de cartón 6% (flexión)

Tabla 44

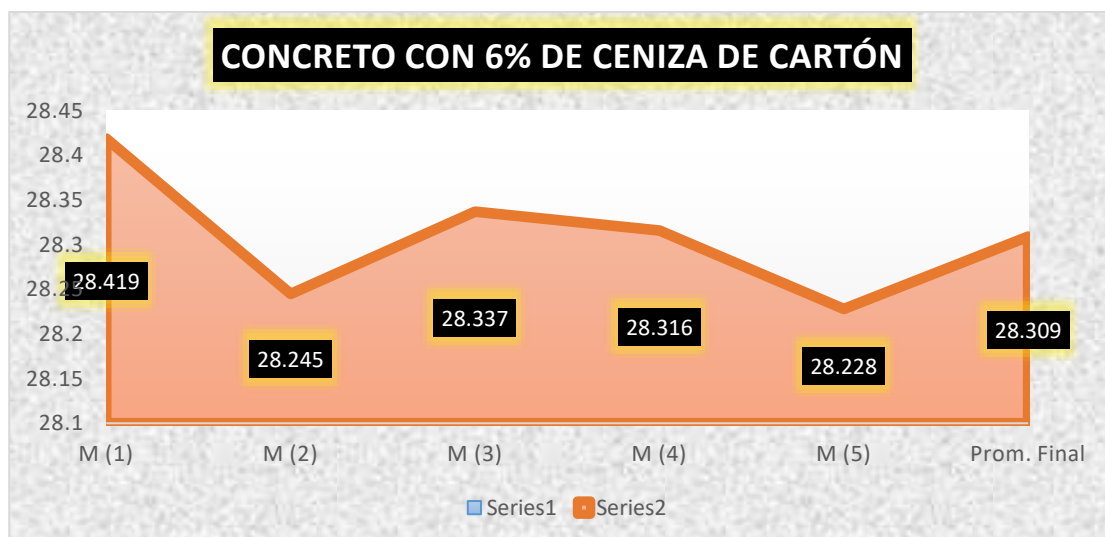
Recopilación de soporte a fuerzas de flexión, concreto + ceniza de cartón 6%

Exposición (flexión)	(lectura)	Soporte (kg/cm2)	Diseño	Día
B1	1911.89	28.419		
B2	1906.56	28.245		
B3	1912.74	28.337	280	28
B4	1911.36	28.316		
B5	1905.42	28.228		
	Prom. Final	28.309		

La tabla presenta la recopilación de datos de pruebas de flexión realizadas en muestras de concreto con un 6% de ceniza de cartón, evaluando el soporte a fuerzas de flexión expresado en kg/cm^2 . Se analizaron cinco muestras identificadas como B1 a B5, todas con una edad de 28 días, obteniendo lecturas de carga que varían entre 1905.42 y 1912.74 kg, lo que se traduce en un soporte de 28.228 a 28.419 kg/cm^2 . El valor de diseño para este tipo de concreto es de 280 kg/cm^2 , y el promedio final del soporte obtenido en las pruebas fue de 28.309 kg/cm^2 , indicando que las muestras cumplen con el diseño especificado.

Figura 45

Datos recabados a partir de una muestra estándar + cenizas de cartón 6% (flexión)



La gráfica muestra los resultados de pruebas de flexión en concreto con un 6% de ceniza de cartón, comparando cinco muestras individuales (M1 a M5) con un promedio final. El eje vertical representa la resistencia a la flexión en unidades no especificadas, mientras que el eje horizontal indica las muestras y el promedio. Los datos muestran una ligera variación en la resistencia entre las muestras, con M (1) y M(3) presentando los valores más altos, mientras que M(5) registra el valor más bajo. El promedio final se sitúa ligeramente por debajo del valor más alto registrado. La gráfica resalta la dispersión de los datos y proporciona una visualización clara del rendimiento de cada muestra en relación con el promedio general.

Pruebas de compresión en muestras con ceniza de cartón 12%

Tabla 45

Recopilación de soporte a fuerzas de flexión, concreto base + ceniza de cartón 12%

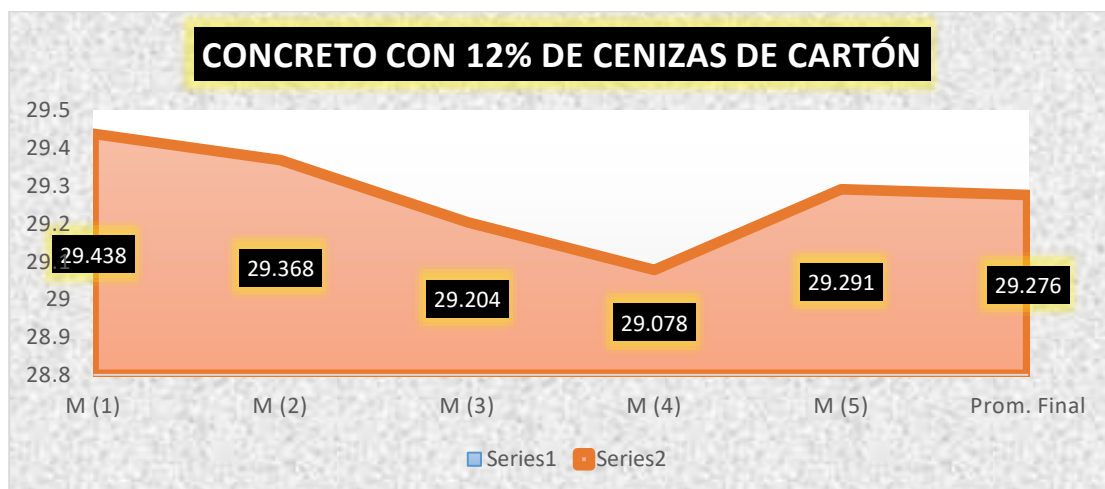
Exposición (flexión)	(lectura)	Soporte (kg/cm ²)	Diseño	Día
B1	1980.42	29.438		
B2	1982.36	29.368		
B3	1971.25	29.204	280	28
B4	1962.75	29.078		
B5	1977.14	29.291		
	Prom. Final	29.276		

Nota. Generado por el autor

La tabla resume los resultados de pruebas de flexión realizadas en muestras de concreto reforzado con un 12% de ceniza de cartón, evaluando la capacidad de soporte a fuerzas de flexión en kg/cm². Se analizaron cinco muestras identificadas como B1 a B5, todas con una edad de 28 días, obteniendo lecturas de carga que varían entre 1962.75 y 1982.36 kg, lo que se traduce en un soporte de 29.078 a 29.438 kg/cm². El valor de diseño para este tipo de concreto es de 280 kg/cm², y el promedio final del soporte obtenido en las pruebas fue de 29.276 kg/cm², indicando que las muestras cumplen con el diseño especificado.

Figura 46

Datos recabados a partir de una muestra estándar + cenizas de cartón 12% (flexión)



La ilustración gráfica detalla los resultados obtenidos de pruebas de flexión en concreto modificado con un 12% de cenizas de cartón. El eje vertical representa la resistencia a la flexión, medida en kilogramos por centímetro cuadrado, mientras que el eje horizontal identifica cinco muestras individuales, designadas como M(1) a M(5), junto con el promedio final. Los datos revelan una variación en la resistencia entre las muestras, con M(1) mostrando el valor más alto (29.438 kg/cm²) y M(4) el más bajo (29.078 kg/cm²). El promedio final de resistencia se sitúa en 29.276 kg/cm².

Pruebas de compresión en muestras con DCyA 6%

Tabla 46

Recopilación de soporte a fuerzas de flexión, concreto + DCyA 6%

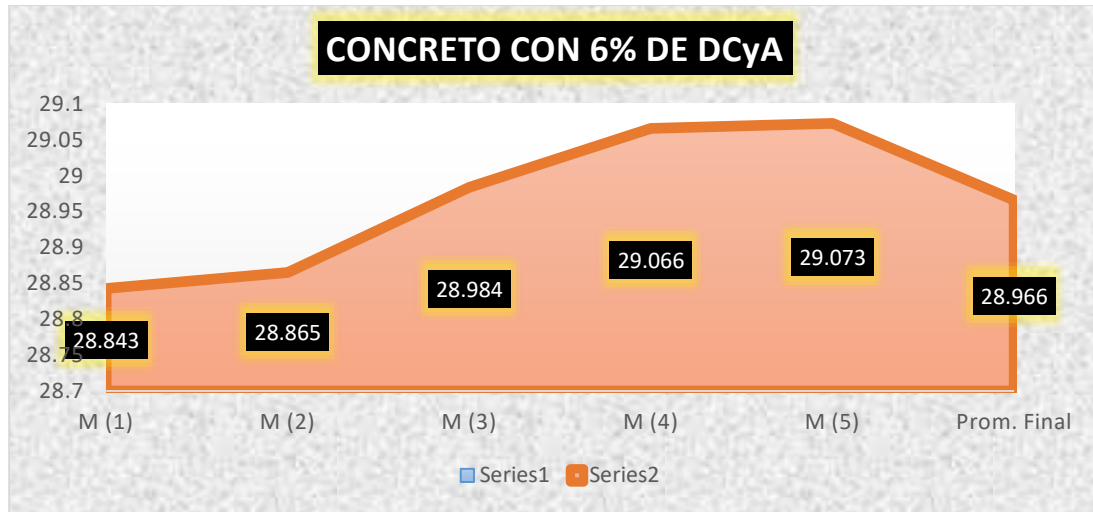
Exposición (flexión)	(lectura)	Soporte (kg/cm ²)	Diseño	Día
B1	1940.43	28.843		
B2	1948.39	28.865		
B3	1956.42	28.984	280	28
B4	1961.96	29.066		
B5	1962.42	29.073		
	Prom. Final	28.966		

Nota. Generado por el autor

La tabla presenta un conjunto de datos relacionados con la resistencia a la flexión de un concreto base modificado con 6% de DCyA, medido a lo largo de diferentes días. Para cada muestra, se muestran las lecturas de flexión, que varían entre 1940.43 y 1962.42, así como la resistencia en términos de soporte (kg/cm²), que se encuentra entre 28.843 y 29.073.

Figura 47

Datos recabados a partir de una muestra + DCyA 6% (flexión)



La gráfica presenta los resultados de la resistencia a la flexión de un concreto con 6% de DCyA (un aditivo utilizado en la mezcla) en diferentes puntos de prueba. Se observan los valores de resistencia de las cinco muestras, las cuales varían desde 28.843 kg/cm² hasta 29.073 kg/cm². La muestra con menor resistencia fue la primera (28.843 kg/cm²), mientras que la más alta fue la última (29.073 kg/cm²). La tendencia general muestra un comportamiento creciente a medida que se avanza en las muestras, con un promedio final de 28.966 kg/cm². Este comportamiento refleja la mejora en la resistencia a la flexión de acuerdo con la adición de DCyA al concreto.

Pruebas de compresión en muestras con DCyA 12%

Tabla 47

Recopilación de soporte a fuerzas de flexión, concreto + DCyA 12%

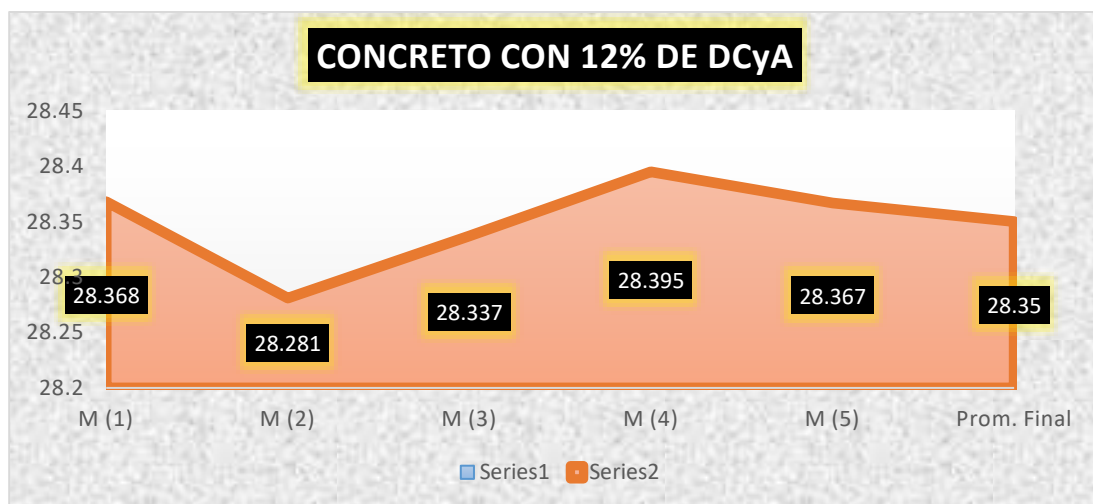
Exposición (flexión)	(lectura)	Soporte (kg/cm ²)	Diseño	Día
B1	1908.47	28.368		
B2	1908.96	28.281		
B3	1912.74	28.337	280	28
B4	1916.69	28.395		
B5	1914.74	28.367		
	Prom. Final	28.350		

Nota. Generado por el autor

La tabla muestra los valores de resistencia a la flexión de cinco muestras de concreto con 12% de DCyA. Los valores de resistencia varían desde 28.268 kg/cm² en la primera muestra hasta 28.395 kg/cm² en la cuarta muestra. La última muestra presenta una resistencia de 28.367 kg/cm². La tendencia general muestra una ligera mejora en la resistencia de las muestras a medida que se aumenta el contenido de DCyA. El promedio final de resistencia a la flexión es de 28.350 kg/cm². Estos resultados indican una consistencia en la mejora de las propiedades del concreto con la inclusión del aditivo.

Figura 48

Datos recabados a partir de una muestra + DCyA 12% (flexión)



La gráfica muestra la evolución de la resistencia a la flexión del concreto con un 12% de DCyA en cinco muestras diferentes (M1 a M5). Se observa que, inicialmente, la muestra M1 tiene una resistencia de 28.368 kg/cm². En la siguiente muestra, M2, se observa una ligera caída a 28.281 kg/cm². La tercera muestra, M3, muestra una ligera mejora en la resistencia alcanzando los 28.337 kg/cm². En la muestra M4, se registra un aumento en la resistencia a 28.395 kg/cm², que es el valor más alto de todas las muestras. Sin embargo, en la muestra M5, la resistencia disminuye ligeramente a 28.367 kg/cm². El promedio final para todas las muestras es de 28.35 kg/cm², lo que muestra una resistencia relativamente constante y estable para este concreto modificado con DCyA al 12%.

Cuadros de comparación de las muestras (Flexión)

Tabla 48

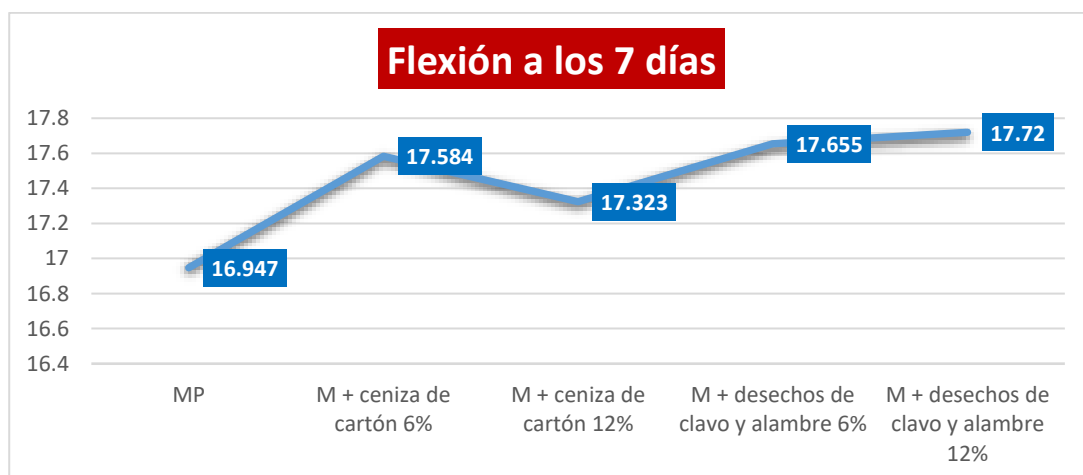
Comparativos de resistencias a flexión de grupos de prueba al día 7 de curado

Comparación de resistencias a flexión al 7mo día de curado	
Grupos de control	Resistencias (kg/cm ²)
MP	16.947
M + ceniza de cartón 6%	17.584
M + ceniza de cartón 12%	17.323
M + desechos de clavo y alambre 6%	17.655
M + desechos de clavo y alambre 12%	17.720

El concreto base (MP) muestra una resistencia de 16.947 kg/cm². En contraste, el concreto modificado con 6% de ceniza de cartón presenta una resistencia superior de 17.584 kg/cm², seguido por el concreto con 12% de ceniza de cartón, con un valor de 17.323 kg/cm². Las mezclas con desechos de clavo y alambre muestran un rendimiento aún mayor, alcanzando 17.655 kg/cm² para el 6% de adición y 17.720 kg/cm² para el 12%, indicando que estos aditivos mejoran considerablemente la capacidad de resistencia a la flexión del concreto.

Figura 49

Evolución de los testigos al 7mo día



En esta gráfica se muestra la evolución de la resistencia a la flexión de distintos tipos de concreto hidráulico después de siete días de curado. Los resultados indican que la mezcla base (MP) presenta una resistencia de 16.947 kg/cm². En comparación, las mezclas que incluyen ceniza de cartón, tanto con 6% como con 12%, alcanzan resistencias de 17.584 kg/cm² y 17.323 kg/cm² respectivamente. Las mezclas con desechos de clavo y alambre, tanto al 6% como al 12%, muestran un desempeño superior, alcanzando 17.655 kg/cm² y 17.72 kg/cm² respectivamente, lo que sugiere que el uso de estos aditivos mejora la resistencia a la flexión del concreto.

Tabla 49

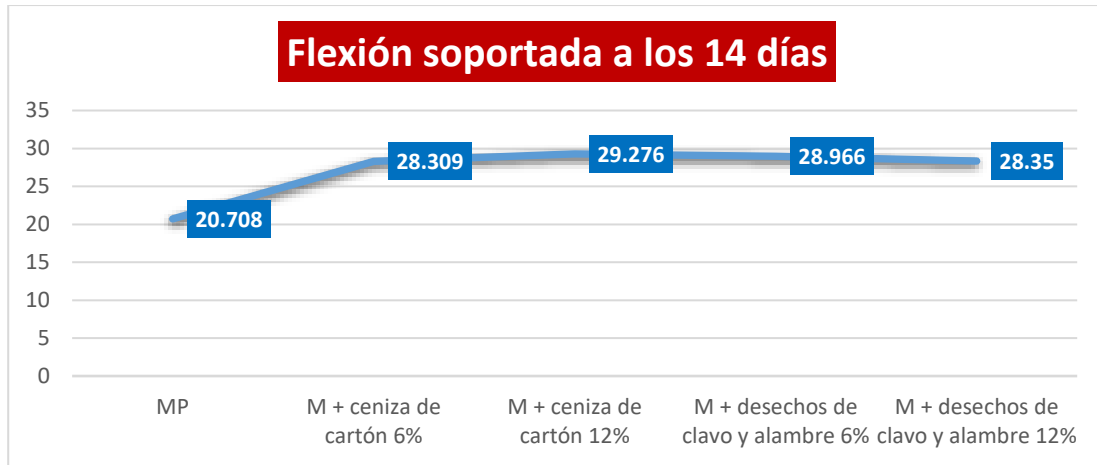
Comparativos de resistencias a flexión de grupos de prueba al día 14 de curado

Comparación de resistencias a flexión al 14vo día de curado	
Grupos de control	Resistencias (kg/cm ²)
MP	20.708
M + ceniza de cartón 6%	28.309
M + ceniza de cartón 12%	29.276
M + desechos de clavo y alambre 6%	28.966
M + desechos de clavo y alambre 12%	28.350

La tabla muestra los resultados de la resistencia a la flexión de distintas mezclas de concreto después de 14 días de curado. En este caso, la mezcla base (MP) tiene una resistencia de 20.708 kg/cm². Al añadir ceniza de cartón en un 6% o un 12%, las resistencias aumentan a 28.309 kg/cm² y 29.276 kg/cm² respectivamente. Las mezclas que incluyen desechos de clavo y alambre, tanto al 6% como al 12%, también muestran un incremento en la resistencia, alcanzando 28.966 kg/cm² y 28.350 kg/cm² respectivamente. Estos datos sugieren que tanto la ceniza de cartón como los desechos de clavo y alambre contribuyen significativamente a mejorar la resistencia a la flexión del concreto.

Figura 50

Evolución de los testigos al 14vo día, concreto hidráulico



La gráfica ilustra la evolución de la resistencia a la flexión de diversas mezclas de concreto a los 14 días de curado. El concreto base (MP) alcanza una resistencia de 20.708 kg/cm². Al agregar ceniza de cartón en proporciones del 6% y 12%, la resistencia aumenta considerablemente, alcanzando 28.309 kg/cm² y 29.276 kg/cm², respectivamente. Por otro lado, al incorporar desechos de clavo y alambre en las mezclas, se obtiene una mejora similar, con resistencias de 28.966 kg/cm² y 28.350 kg/cm², dependiendo de la proporción. Estos resultados muestran que tanto la ceniza de cartón como los desechos de clavo y alambre refuerzan significativamente la resistencia a la flexión del concreto.

Tabla 50

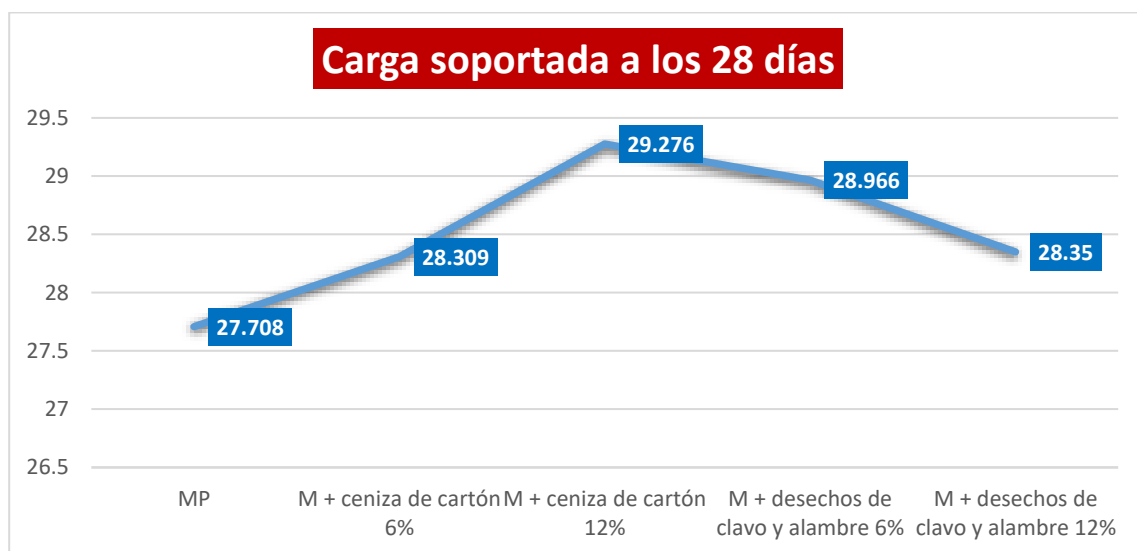
Comparativos de resistencias a flexión de grupos de prueba al día 28 de curado

Comparación de resistencias a flexión al 28vo día de curado	
Grupos de control	Resistencias (kg/cm2)
MP	27.708
M + ceniza de cartón 6%	28.309
M + ceniza de cartón 12%	29.276
M + desechos de clavo y alambre 6%	28.966
M + desechos de clavo y alambre 12%	28.350

La tabla muestra los resultados de la resistencia a la flexión de diferentes tipos de concreto después de 28 días de curado. El concreto base (MP) tiene una resistencia de 27.708 kg/cm². Al agregar un 6% de ceniza de cartón, la resistencia se incrementa a 28.309 kg/cm², mientras que con un 12% de ceniza de cartón, la resistencia alcanza 29.276 kg/cm². En las mezclas con desechos de clavo y alambre, la resistencia también mejora, obteniendo valores de 28.966 kg/cm² y 28.350 kg/cm² para las mezclas con 6% y 12% de desechos, respectivamente. Estos datos indican que tanto la ceniza de cartón como los desechos de clavo y alambre aumentan la resistencia a la flexión del concreto.

Figura 51

Evolución de los testigos al 28vo día, concreto hidráulico



El concreto base (MP) soportó una carga de 27.708 kg/cm². Al incorporar un 6% de ceniza de cartón, la carga soportada aumentó a 28.309 kg/cm², mientras que con un 12% de ceniza de cartón, el concreto resistió hasta 29.276 kg/cm². Las mezclas con desechos de clavo y alambre también mostraron mejoras en la capacidad de carga soportada, alcanzando 28.966 kg/cm² con un 6% de desechos y 28.350 kg/cm² con un 12%. Estos resultados reflejan un aumento en la resistencia a la flexión al agregar estos materiales, evidenciando el impacto positivo de la incorporación de ceniza de cartón y desechos en la mejora de la resistencia del concreto.

Tabla 51

Comparativo general de la evolución de resistencias a flexión

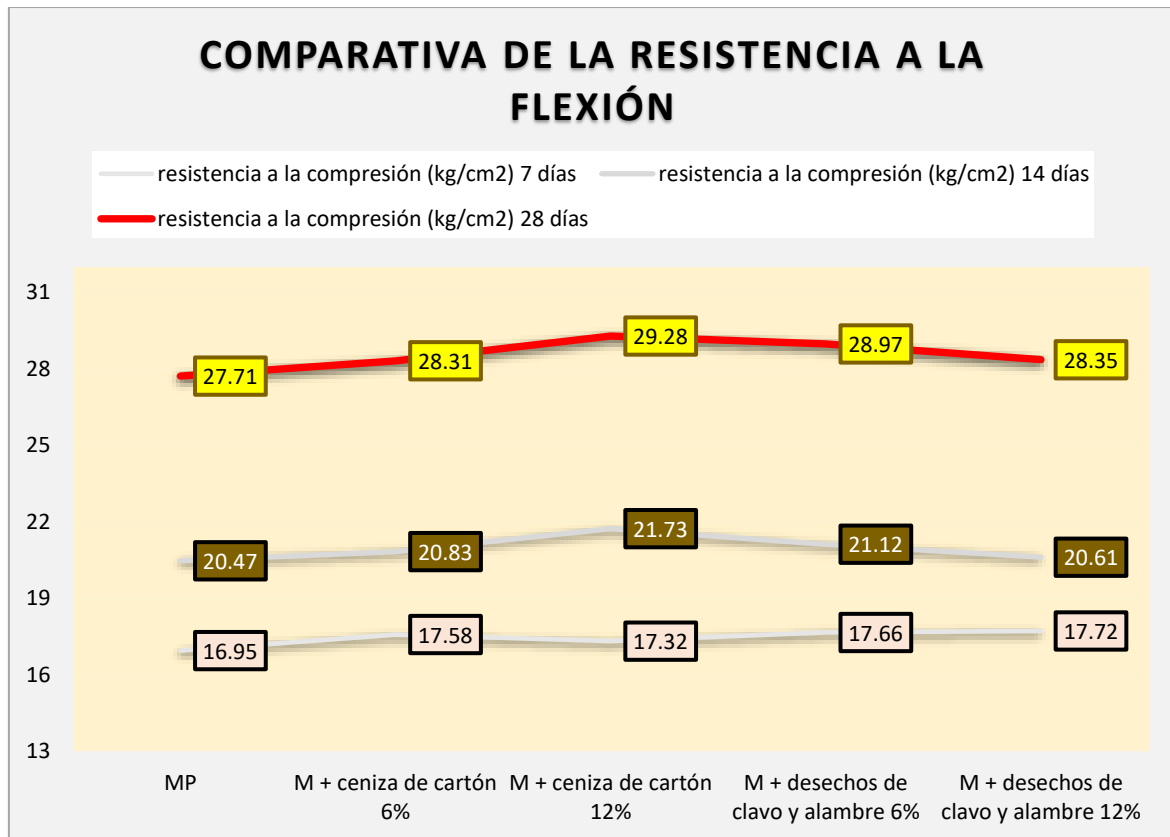
Comparación general de la evolución de la resistencia a la flexión			
Muestra	7 días (kg/cm ²)	14 (kg/cm ²)	28 (kg/cm ²)
MP	16.95	20.47	27.71
M + ceniza de cartón 6%	17.58	20.83	28.31
M + ceniza de cartón 12%	17.32	21.73	29.28
M + desechos de clavo y alambre 6%	17.66	21.12	28.97
M + desechos de clavo y alambre 12%	17.72	20.61	28.35

Nota. Generado por el autor

La tabla muestra los resultados de flexión de diferentes mezclas de concreto, con mediciones realizadas en tres momentos específicos: a los 7, 14 y 28 días. El concreto base (MP) comenzó con una resistencia de 16.95 kg/cm² en el séptimo día, y al final de los 28 días, alcanzó los 27.71 kg/cm². Al agregar un 6% de ceniza de cartón, la resistencia inicial fue de 17.58 kg/cm² y al final fue de 28.31 kg/cm², mostrando un aumento progresivo. Con un 12% de ceniza de cartón, la resistencia pasó de 17.32 kg/cm² en el séptimo día a 29.28 kg/cm² al cumplir los 28 días. En el caso de las mezclas con desechos de clavo y alambre, la resistencia a la flexión fue de 17.66 kg/cm² a los 7 días y alcanzó los 28.97 kg/cm² a los 28 días con un 6%, y de 17.72 kg/cm² a 28.35 kg/cm² con el 12%. Estos resultados reflejan la mejora en la resistencia del concreto con la adición de estos materiales a lo largo del tiempo de curado.

Figura 52

Proceso de evolución de los testigos con variada dosificación



La gráfica comparativa expone la evolución de la resistencia a la flexión de diversas mezclas de concreto evaluadas a los 7, 14 y 28 días. El concreto base (MP) presentó una resistencia de 16.95 kg/cm² a los 7 días, que aumentó a 20.47 kg/cm² a los 14 días, y alcanzó los 27.71 kg/cm² al final del mes. El concreto con un 6% de ceniza de cartón comenzó con 17.58 kg/cm² a los 7 días, subiendo a 20.83 kg/cm² en 14 días, y logró los 28.31 kg/cm² a los 28 días. Al incorporar un 12% de ceniza de cartón, la resistencia aumentó de 17.32 kg/cm² a los 7 días, a 21.73 kg/cm² a los 14 días, y terminó con 29.28 kg/cm² al finalizar el mes. Las mezclas con desechos de clavo y alambre, en sus dos concentraciones (6% y 12%), mostraron resistencias iniciales de 17.66 kg/cm² y 17.72 kg/cm² respectivamente a los 7 días, alcanzando 21.12 kg/cm² y 20.61 kg/cm² en 28 días, lo que muestra un crecimiento constante en la resistencia a la flexión durante el proceso de curado.



4.2 Discusión de Resultados

La discusión de resultados es una sección crucial en la que se examinan los resultados del estudio y se comparan con los objetivos y la literatura existente. En este caso, se observaron ciertos patrones para la resistencia a la flexión y la compresión del concreto utilizando diversos materiales reciclados, como cenizas de cartón, clavo y detritos de alambre. Los resultados demuestran que la incorporación de estos aditivos mejora progresivamente las propiedades del concreto durante la duración del curado, con diferencias notables en las resistencias alcanzadas en 7, 14 y 28 días.

El descubrimiento principal reveló que la mezcla de concreto con cenizas de cartón al 12% tenía la mejora más sustancial en la resistencia a la flexión y la compresión, excediendo los valores de las mezclas con el 6% del mismo material. Las propiedades puzolánicas de las cenizas de cartón, que reaccionan con calcio en cemento, mejoran la microestructura del concreto y, por lo tanto, su resistencia (Ramírez et al., 2020). Se observó un resultado similar en las pruebas de resistencia a la compresión, donde las mezclas con la mayor cantidad de cenizas de cartón demostraron un rendimiento mejorado en comparación con las que contienen 6%. Este resultado corresponde a investigaciones recientes que demuestran que las cenizas de cartón mejoran las propiedades mecánicas del concreto (González y Pérez, 2019).

En contraste, la amalgama de los desechos de clavo y alambre mostró una mejora significativa, pero en menor medida que las combinaciones, incluidas las cenizas de cartón. A los 7 días, los valores de resistencia fueron 17.66 kg/cm^2 y 17.72 kg/cm^2 para mezclas que contenían 6% y 12% de desechos, respectivamente. A medida que se extendió el período de curado, aumentó la resistencia a la flexión, lo que indica que el clavo y los restos de alambre tienen un efecto de refuerzo de fibra, mejorando las propiedades del concreto. Este fenómeno puede aclararse por la función de los desechos metálicos como refuerzos adicionales, mejorando la rigidez del material y la capacidad de carga (Martínez et al., 2021). A diferencia de las cenizas de cartón, los desechos de metal no demostraron



mejoras comparables, lo que sugiere que el efecto puzolánico es más sustancial que simplemente incrustar materiales reciclados.

Además, la investigación sobre mezclas de cenizas de cartón con clavo y restos de alambre indica que las cualidades mecánicas del concreto se ven afectadas tanto por el tipo de material reciclado como por su relación en la mezcla. Las mezclas que incluyen cenizas de cartón muestran una mayor eficacia para mejorar la resistencia con el tiempo, debido a su interacción química con los componentes de concreto. Esta tendencia se ha observado en estudios previos (López et al., 2018), donde los materiales puzolánicos han mostrado más efectividad que los agregados no reactivos para mejorar las propiedades mecánicas del concreto.

Los hallazgos sugieren que los materiales reciclados, especialmente las cenizas de cartón, podrían mejorar las propiedades mecánicas del concreto. La integración de estos componentes mejora la fuerza del concreto y proporciona una solución sostenible y rentable para la industria de la construcción, alineándose con las tendencias modernas en la reutilización de desechos para la fabricación de materiales de construcción. Es esencial reconocer que, aunque las mezclas que contenían desechos de clavo y cables exhibieron propiedades de concreto mejoradas, su impacto fue menos significativo que el de las mezclas con cenizas de cartón, lo que facilitó la investigación futura sobre la optimización de estos aditivos reciclados.



CONCLUSIONES

General, la presente investigación permitió demostrar que la incorporación de materiales reciclados como cenizas de cartón y desechos metálicos (clavos y alambres) en el concreto hidráulico constituye una alternativa técnica y ambientalmente viable. Los ensayos realizados evidenciaron que las mezclas modificadas, especialmente aquellas con 12% de adición, mejoraron significativamente la resistencia a la compresión y a la flexión, superando en varios casos los valores del concreto convencional. Asimismo, se comprobó que las cenizas de cartón contribuyen a mejorar la trabajabilidad del concreto, lo que facilita su uso en campo.

Primera, las mezclas con cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre presentaron una disminución en el asentamiento de la mezcla, lo que indica una menor fluidez en comparación con la mezcla sin aditivos (MP). En particular, las mezclas con cenizas de cartón al 6% mostraron un asentamiento de 3.63 cm, mientras que las mezclas con cenizas al 12% tuvieron un asentamiento de 3.55 cm. Las muestras que incorporaron desechos de clavo y alambre, tanto al 6% como al 12%, mostraron un asentamiento aún menor, de 3.45 cm y 3.38 cm, respectivamente.

Segunda, se muestra un aumento significativo con la incorporación de cenizas de cartón, la mezcla con cenizas de cartón al 6% alcanzó una resistencia de 301.24 kg/cm², mientras que al 12% esta resistencia subió a 319.10 kg/cm², mostrando un claro incremento en la capacidad del concreto para resistir cargas. Las mezclas con desechos de clavo y alambre, aunque mostraron un aumento en comparación con el testigo, no lograron los valores alcanzados con las cenizas de cartón. Por ejemplo, la mezcla con desechos de clavo y alambre al 6% presentó una resistencia de 295.02 kg/cm², lo que indica que los desechos de clavo y alambre contribuyen positivamente, pero en menor medida que las cenizas de cartón.



Tercera, la incorporación de cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre mejoró la capacidad del concreto para soportar tensiones. La mezcla con cenizas de cartón al 12% alcanzó una resistencia a la flexión de 29.28 kg/cm^2 , superando a las mezclas con desechos de clavo y alambre, que lograron 28.35 kg/cm^2 al 12%. La mezcla sin aditivos (MP) presentó la resistencia más baja, con un valor de 27.71 kg/cm^2 . Esto indica que las cenizas de cartón tienen un efecto positivo en la resistencia a la flexión, lo que podría ser crucial para aplicaciones en estructuras sometidas a esfuerzos de flexión.



RECOMENDACIONES

General, se recomienda fomentar el uso de materiales reciclados como cenizas de cartón y desechos metálicos en la fabricación de concreto hidráulico, promoviendo su implementación en proyectos locales de construcción como una alternativa sostenible que mejora el desempeño mecánico del material y reduce el impacto ambiental.

Primera, se recomienda evaluar el impacto de otros tipos de cenizas, como las de madera o de residuos industriales, en la trabajabilidad y resistencia del concreto. Además, sería interesante investigar la influencia de otros tipos de desechos reciclados, como plásticos o vidrio, en las propiedades del concreto modificado, con el fin de identificar posibles alternativas con mejores resultados en términos de trabajabilidad y resistencia a compresión y flexión.

Segunda, se recomienda investigar la durabilidad de las mezclas modificadas con cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre bajo diferentes condiciones ambientales. Analizar su comportamiento frente a la exposición a ciclos de humedad, congelación y descongelación, así como su resistencia a la abrasión y ataque químico, permitirá establecer la viabilidad de estos materiales reciclados para aplicaciones a largo plazo.

Tercera, se recomienda realizar más investigaciones sobre las proporciones óptimas de cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre en la mezcla de concreto, evaluando su efecto sobre la resistencia y la trabajabilidad en una variedad de condiciones. Los resultados obtenidos sugieren que el aumento de las proporciones de cenizas de cartón mejora la resistencia a la compresión y flexión.



REFERENCIAS

- Acosta Barreda, M. A., Aranzabal Sologuren, W., Morales Guzman, M., & Jaramillo Aragon, J. F. (2023). Análisis de implementación de sistemas constructivos no convencionales con el uso de prefabricados de concreto usando pre-losas y pre-vigas para el edificio multifamiliar BH NORT. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/668188>
- Aguilar Mamani, C. (2024). *Influencia de clavos y alambres reciclados de construcción en las propiedades del concreto convencional en el Distrito de San Miguel*. <https://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/3437>
- Aguilera, G., & Diestra, V. (2017). *Influencia de la fibra de pet a partir de botellas recicladas sobre el comportamiento mecánico en un concreto aplicado en prefabricados*. <https://dspace.unitru.edu.pe/items/356af18d-8444-465b-b09a-9bb341cf13ee>
- Alam, M. (2023, septiembre 8). ¿Qué es un diseño de investigación? Definición, tipos, métodos y ejemplos. *IdeaScale*. <https://ideascale.com/es/blogs/que-es-el-diseno-de-la-investigacion/>
- Alfaro Gaspar, M. (2020). Diseño de mezcla de un concreto Fast Track para uso en pavimento de concreto rígido – Aeropuerto Jorge Chávez – Callao 2019. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/55824>
- Alvarado Gilvonio, E. R. (2019). *Análisis del estado plástico y endurecido del concreto usando aditivo superplastificante y la cascara de huevo molido en concretos con hormigón*.
- Apaza Hito, D. S. (2018). Durabilidad del concreto elaborado en base a la ceniza del Bagazo de Caña de Azucar (Cbca) con cemento Portland, ante agentes agresivos. *Universidad Nacional Federico Villarreal*. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/2157>



- Apaza Quispe, E. S. (2022). Análisis técnico económico de la fibra de basalto como sustituto del agregado grueso para el concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$ Carabaya—Puno, 2022. *Repositorio Institucional* - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/96284>
- Arias-Gómez, J., Villasís-Keever, M. Á., & Miranda-Navales, M. G. (2016). El protocolo de investigación III: La población de estudio. *Revista Alergia México*, 63(2), Article 2. <https://doi.org/10.29262/ram.v63i2.181>
- Barboza, A. E. C., Monja, J. L. M., & Pérez, S. P. M. (2021). Comportamiento Térmico y Estructural del Concreto Expuesto a Altas Temperaturas: Una Revisión de la Literatura. *INVESTIGATIO*, 16, Article 16. <https://doi.org/10.31095/investigatio.2021.16.7>
- Calderon Miranda, R. E., & Durand Flores, A. J. (2023a). Influencia de arcilla Pasha calcinada y cenizas de cartón reciclado en propiedades físicas y mecánicas de concreto ternario, Puno, 2023. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/15428>
- Calderon Miranda, R. E., & Durand Flores, A. J. (2023b). Influencia de arcilla Pasha calcinada y cenizas de cartón reciclado en propiedades físicas y mecánicas de concreto ternario, Puno, 2023. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/15428>
- Choque, C., & David, B. (2023). Propiedades físicas y mecánicas de concreto hidráulico modificados con cenizas de cartón y cerámico reciclado para revestido de canales, Cusco 2023. *Repositorio Institucional* - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/139848>
- CONCRETO, R. 360 E. (2022, junio 8). ¿QUÉ ES EL CONCRETO? 360 EN CONCRETO. <https://360enconcreto.com/blog/detalle/que-es-el-concreto/>
- Córdova, M. G. F., & Simón, H. H. P. (2018). Ceniza de bagazo de caña de azúcar en la resistencia a la compresión del concreto. *UCV Hacer*, 7(3), Article 3. <https://doi.org/10.18050/RevUCVHACER.v7n3a2>



- Coronel Camino, R. S., Muñoz Pérez, S. P., & Rodríguez Lafitte, E. D. (2022). *EFEECTO DE LA CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO* | *INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación*.
<https://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/1904>
- Deledesma Carrera, Y. Y. (2021). Resistencia a la compresión de un concreto $f_c=210\text{kg/cm}^2$ sustituyendo parcialmente el agregado fino por virutas y limallas de acero, Huaraz—2021. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/61609>
- Huaquisto Cáceres, S., & Belizario Quispe, G. (2018). Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(2), 225-234. <https://doi.org/10.18271/ria.2018.366>
- Jacinto, Q., & Yovana, R. (2022). Propiedades del concreto hidráulico $f_c=280\text{kg/cm}^2$ en pavimentos rígidos con adición de nanotubos de carbono, Arequipa—2022. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/92200>
- Kumar, M., Azhar, M., Mondal, S., & Singh, R. P. (2022). Stabilization of expansive soil subgrade by waste plastic. *Arabian Journal of Geosciences*, 15(10), 936. <https://doi.org/10.1007/s12517-022-10112-7>
- Mattey, P. E., Robayo, R. A., Díaz, J. E., Delvasto, S., & Monzó, J. (2015). Aplicación de ceniza de cascarilla de arroz obtenida de un proceso agro-industrial para la fabricación de bloques en concreto no estructurales. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 35(2), 285-294.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0255-69522015000200015&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Robayo, R., Mattey, P., & Delvasto, S. (2020). Comportamiento mecánico de un concreto fluido adicionado con ceniza de cascarilla de arroz (CCA) y reforzado con fibras de acero. *Revista de la construcción*, 12(2), 139-151. <https://doi.org/10.4067/S0718-915X2013000200011>



- Silva, Y., & Delvasto, S. (2014). CONCRETO AUTOCOMPACTANTE CON DIFERENTES NIVELES DE CENIZA VOLANTE Y ESCORIA DE COMBUSTIÓN DE CARBÓN. *Revista Colombiana de Materiales*, 5, Article 5. <https://doi.org/10.17533/udea.rcm.19249>
- Sobuz, M. H. R., Saha, A., Anamika, J. F., Houda, M., Azab, M., Akid, A. S. M., & Rana, M. J. (2022). Development of Self-Compacting Concrete Incorporating Rice Husk Ash with Waste Galvanized Copper Wire Fiber. *Buildings*, 12(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/buildings12071024>
- Solahuddin, B. A., & Yahaya, F. M. (2021). Structural Behaviour of Shredded Waste Paper Reinforced Concrete Beam. *International Journal of Advanced Research in Engineering Innovation*, 3(1), Article 1. <https://myjms.mohe.gov.my/index.php/ijarei/article/view/12968>
- Zhang, J., Li, C., Ding, L., & Li, J. (2021). Performance evaluation of cement stabilized recycled mixture with recycled concrete aggregate and crushed brick. *Construction and Building Materials*, 296, 123596. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123596>



ANEXOS



Anexo. Matriz de Consistencia

Tesis: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRÁULICO MODIFICADO CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CARTÓN Y DESECHOS DE CLAVO Y ALAMBRE EN EL DISTRITO DE SANTA LUCÍA 2025"				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuáles son las propiedades del concreto hidráulico modificado con adición de cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre en el distrito de Santa Lucía 2025?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Evaluar las propiedades del concreto hidráulico modificado con adición de cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre en el distrito de Santa Lucía 2025.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>La incorporación de cenizas de cartón y residuos metálicos de clavo y alambre en la producción de concreto hidráulico generará una mejora significativa en sus propiedades físicas y mecánicas en el distrito de Santa Lucía, optimizando su desempeño estructural con alternativas de sostenibilidad.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>CENIZAS DE CARTÓN</p> <p>DESECHOS DE CLAVO Y ALAMBRE</p> <p>Dimensiones: <i>Proporción adición de CC</i> <i>Proporción de adición de DCyA</i></p> <p>Variable Dependiente</p> <p>PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRAULICO</p> <p>Dimensiones: <i>Propiedades físicas</i> <i>Propiedades mecánicas</i></p>	<p>Fichas y Herramientas de Laboratorio</p> <p>Equipos y herramienta de Laboratorio de Concretos.</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>¿Cuál es el efecto de la incorporación de cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre en proporciones variables sobre la trabajabilidad de la mezcla de concreto hidráulico modificado en el distrito de Santa Lucía?</p> <p>¿Cuál es el impacto de la adición de cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre en proporciones variables sobre la resistencia a la compresión del concreto hidráulico modificado en el distrito de Santa Lucía?</p> <p>¿Cuál es la influencia de aplicación de cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre en proporciones variables sobre la resistencia a la flexión del concreto hidráulico modificado en el distrito de Santa Lucía?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>Determinar el efecto de la incorporación de cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre en proporciones variables sobre la trabajabilidad de la mezcla de concreto hidráulico modificado en el distrito de Santa Lucía.</p> <p>Determinar el impacto de la adición de cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre en proporciones variables sobre la resistencia a la compresión del concreto hidráulico modificado en el distrito de Santa Lucía.</p> <p>Determinar la influencia de aplicación de cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre en proporciones variables sobre la resistencia a la flexión del concreto hidráulico modificado en el distrito de Santa Lucía.</p>	<p>Hipótesis Específicas</p> <p>La adición controlada de cenizas de cartón y residuos metálicos en proporciones variables favorecerá la trabajabilidad del concreto hidráulico modificado, optimizando la cohesión y fluidez de la mezcla.</p> <p>La integración de cenizas de cartón y desechos de clavo y alambre en el concreto hidráulico aumentará su resistencia a la compresión, debido a la posible interacción de estos materiales con la matriz cementicia, lo que fortalecerá la estructura del concreto en el distrito de Santa Lucía.</p> <p>La aplicación de cenizas de cartón y residuos metálicos en proporciones adecuadas contribuirá a una mejora en la resistencia a la flexión del concreto hidráulico, proporcionando un refuerzo interno que incrementará su capacidad de absorber esfuerzos y evitar fisuras prematuras en el distrito de Santa Lucía.</p>		



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRÁULICO MODIFICADO CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CARTÓN Y DESECHOS DE CLAVO Y ALAMBRE EN LA PROVINCIA DE SANTA LUCÍA 2025

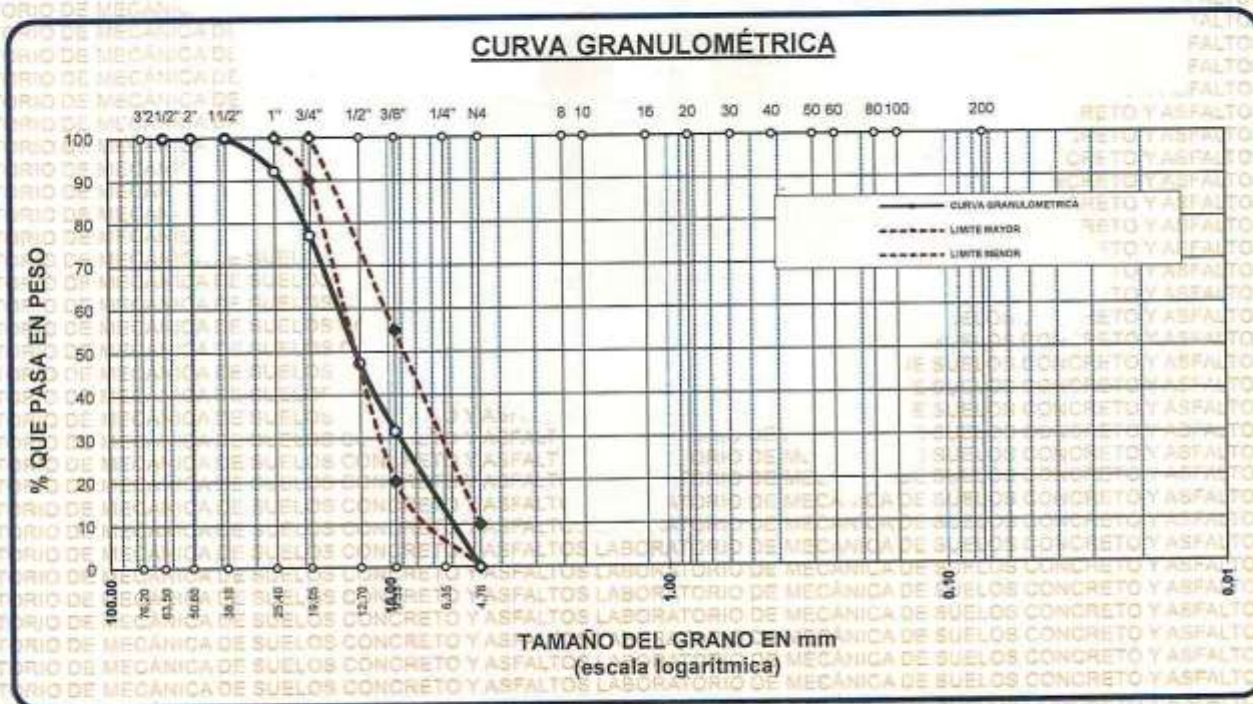
SOLICITANTE : BACHILLER LUIS FRANCISCO ZELA ROJAS

CANTERA : CANTERA SANTA LUCIA - AGREGADO GRUESO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV

FECHA : 23 DE JUNIO DEL 2025

TAMICES	ABERTURA	PESO	%RETENIDO	%RETENIDO	% QUE	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
ASTM	mm	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA		
3"	76.200						Peso Inicial = 3500 gr. Tamaño máx. nominal = 3/4"
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		OBSERVACIONES:
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	100 %	
1"	25.400	271.00	7.74	7.74	92.26	90 - 100 %	
3/4"	19.050	527.00	15.06	22.80	77.20		
1/2"	12.700	1040.00	29.71	52.51	47.49	20 - 55 %	
3/8"	9.525	552.00	15.77	68.29	31.71		
1/4"	6.350						
No4	4.760	1110.00	31.71	100.00	0.00	0 - 10 %	
BASE		0.00	0.00	100.0	0.0		
TOTAL		3500.00	100.00				
% PERDIDA		0.00					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



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



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRÁULICO MODIFICADO CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CARTÓN Y DESECHOS DE CLAVO Y ALAMBRE EN LA PROVINCIA DE SANTA LUCÍA 2025

SOLICITANTE : BACHILLER LUIS FRANCISCO ZELA ROJAS

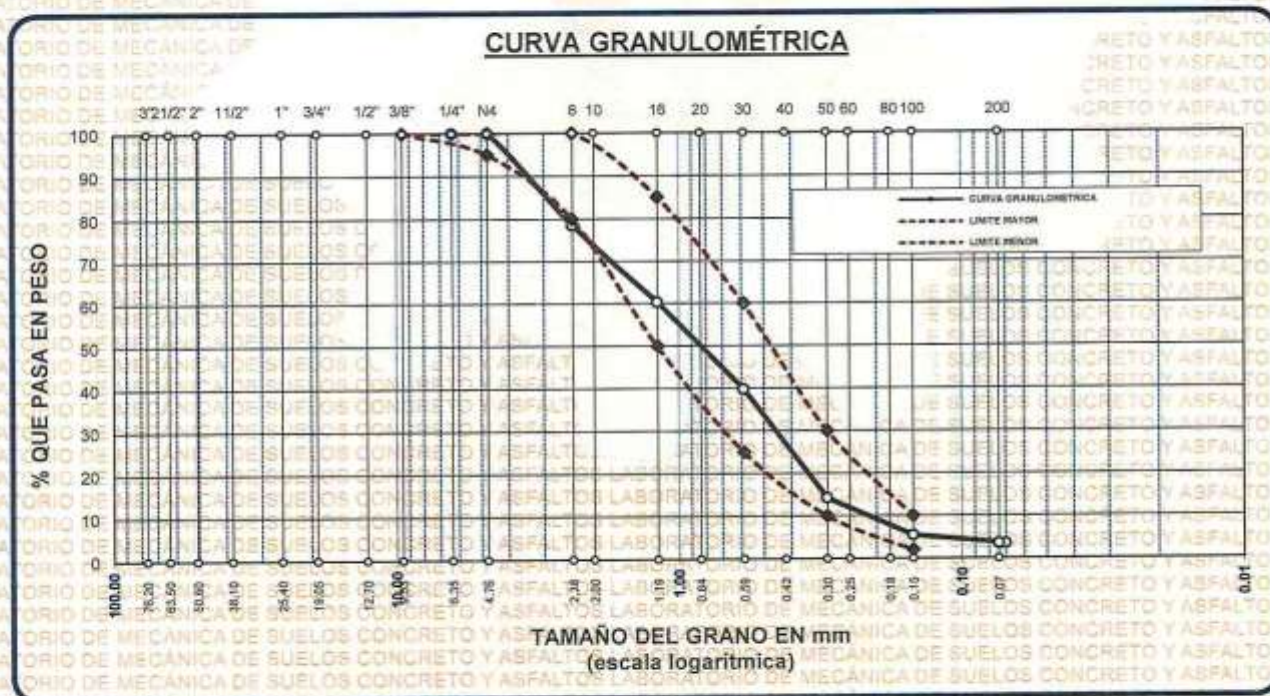
CANERÁ : CANERA SANTA LUCÍA - AGREGADO FINO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV

FECHA : 23 DE JUNIO DEL 2025

TAMICES	ABERTURA	PESO	%	%RET.	% QUE	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
ASTM	mm	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	PASA		
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100%	Peso Inicial = 500 gr.
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	95 - 100 %	
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	80 - 100 %	Módulo de Fineza = 3.02
No8	2.380	107.36	21.47	21.47	78.53		
No10	2.000						
No16	1.190	90.86	18.17	39.64	60.36	50 - 85 %	
No20	0.840						
No30	0.590	102.75	20.55	60.19	39.81	25 - 60 %	
No40	0.420						
No 50	0.300	127.98	25.60	85.79	14.21	10 - 30 %	
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	43.45	8.69	94.48	5.52	2-10%	
No200	0.074	9.69	1.94	96.42	3.58		
BASE		17.91	3.58	100	0.00		
TOTAL		500.00	100.00				
% PERDIDA		3.58					

OBSERVACIONES:



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257

RIE: B014-00102958



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



CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216 MTC E108-2000

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRÁULICO MODIFICADO CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CARTÓN Y DESECHOS DE CLAVO Y ALAMBRE EN LA PROVINCIA DE SANTA LUCÍA 2025

SOLICITANTE : BACHILLER LUIS FRANCISCO ZELA ROJAS

CANTERA : CANTERA SANTA LUCÍA - AGREGADO GRUESO

 : CANTERA SANTA LUCÍA - AGREGADO FINO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV

FECHA : 23 DE JUNIO DEL 2025

MUESTRA : AGREGADO FINO	
N° DE TARRO	1
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	375.33
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	359.86
PESO DEL TARRO (gr.)	51.75
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	323.58
PESO DE LA MUESTRA SECO (gr.)	308.11
PESO DEL AGUA (gr.)	15.47
% HUMEDAD	5.02

MUESTRA : AGREGADO GRUESO	
N° DE TARRO	2
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	412.36
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	404.32
PESO DEL TARRO (gr.)	56.02
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	356.34
PESO DE LA MUESTRA SECO (gr.)	348.30
PESO DEL AGUA (gr.)	8.04
% HUMEDAD	2.31

OBSERVACIONES:

* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP-183257



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



PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

- PROYECTO** : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRÁULICO MODIFICADO CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CARTÓN Y DESECHOS DE CLÁVO Y ALAMBRE EN LA PROVINCIA DE SANTA LUCÍA 2025
- SOLICITANTE** : BACHILLER LUIS FRANCISCO ZELA ROJAS
- CANTERA** : CANTERA SANTA LUCIA - AGREGADO GRUESO
 : CANTERA SANTA LUCIA - AGREGADO FINO
- LUGAR** : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV
- FECHA** : 23 DE JUNIO DEL 2025

DENSIDAD MINIMA AGREGADO FINO (SUELTO)			
PESO DEL MOLDE	5931 gr	5931 gr	5931 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2121 cm ³	2121 cm ³	2121 cm ³
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	9469.00 gr	9475.00 gr	9285.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	3538.00 gr	3544.00 gr	3354.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.668 gr/cm ³	1.671 gr/cm ³	1.581 gr/cm ³
PROMEDIO	1.640 gr/cm ³		

DENSIDAD MINIMA AGREGADO FINO (VARILLADO)			
PESO DEL MOLDE	5931 gr	5931 gr	5931 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2121 cm ³	2121 cm ³	2121 cm ³
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	9436.00 gr	9547.00 gr	9596.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	3505.00 gr	3616.00 gr	3665.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.653 gr/cm ³	1.705 gr/cm ³	1.728 gr/cm ³
PROMEDIO	1.695 gr/cm ³		

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 M.S.C.A. JEFATURA
 JULIACA - PERÚ

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP: 103257



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



PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRÁULICO MODIFICADO CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CARTÓN Y DESECHOS DE CLAVO Y ALAMBRE EN LA PROVINCIA DE SANTA LUCÍA 2025

SOLICITANTE : BACHILLER LUIS FRANCISCO ZELA ROJAS

CANTERA : CANTERA SANTA LUCIA - AGREGADO GRUESO

: CANTERA SANTA LUCIA - AGREGADO FINO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV

FECHA : 23 DE JUNIO DEL 2025

DENSIDAD MINIMA AGREGADO GRUESO(SUELTO)			
PESO DEL MOLDE	7105 gr	7105 gr	7105 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3239 cm ³	3239 cm ³	3239 cm ³
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	11685.00 gr	11724.00 gr	11835.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	4580.00 gr	4619.00 gr	4730.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.414 gr/cm ³	1.426 gr/cm ³	1.460 gr/cm ³
PROMEDIO	1.433 gr/cm ³		

DENSIDAD MINIMA AGREGADO GRUESO(VARILLADO)			
PESO DEL MOLDE	7105 gr	7105 gr	7105 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3239 cm ³	3239 cm ³	3239 cm ³
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	12373.00 gr	12042.00 gr	12196.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	5268.00 gr	4937.00 gr	5091.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.626 gr/cm ³	1.524 gr/cm ³	1.572 gr/cm ³
PROMEDIO	1.574 gr/cm ³		

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257



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

DISEÑO DE MEZCLA $F'c = 280 \text{ Kg./cm.}^2$

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRÁULICO MODIFICADO CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CARTÓN Y DESECHOS DE CLAVO Y ALAMBRE EN LA PROVINCIA DE SANTA LUCÍA 2025

SOLICITANTE : BACHILLER LUIS FRANCISCO ZELA ROJAS

CANTERA : CANTERA SANTA LUCIA - AGREGADO GRUESO

UBICACIÓN : CANTERA SANTA LUCIA - AGREGADO FINO

FECHA : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV

FECHA : 23 DE JUNIO DEL 2025

PROCESO DE DISEÑO:

NORMAS: ACI 211.1.74
 ACI 211.1.81

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión $F'c = 280 \text{ Kg./cm.}^2$ a los 28 días
 entonces la resistencia promedio $F'cr = 364 \text{ Kg./cm.}^2$

Las condiciones de colocación permiten un asentamiento de 3" a 4" (76.2 mm. A 101.6 mm.).

SE UTILIZARA EL CEMENTO RUMI TIPO IP

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	AGREGADO FINO
P.e de Sólidos		
P.e SSS	2.52	2.50
P.e Bulk		
P.U. Varillado	1574	1695
P.U. Suelto	1433	1640
% de Absorción	1.87	2.65
% de Humedad Natural	2.31	5.02
Módulo de Fineza	-	3.02

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 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 las relación agua/cemento (a/c) será de: **0.56**
6. De acuerdo a la información obtenida en los ítems 3 y 4 el requerimiento de cemento será de:

$$(205 \text{ Lt/m}^3) / (0.56) = 366 \text{ Kg/m}^3$$



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

BIE: B014-00102958



De acuerdo al módulo de fineza del agregado fino = 3.02 el peso específico unitario del agregado

grueso varillado-compactado de 1574 Kg/m³ y un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 3/4" (19.05mm) se recomienda el uso de 0.592 m³ de agregado grueso por m³ de concreto.

Por tanto el peso seco del agregado grueso será de:

$$(0.5923) \cdot (1574) = 932 \text{ Kg/m}^3$$

- 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	=	(366) / (2.88 * 1000)	=	0.127
Volumen absoluto de agregado grueso	=	(932) / (2.53 * 1000)	=	0.369
Volumen de aire atrapado	=	(2.0) / (100)	=	0.020
Volumen sub total	=		=	0.721

Volumen absoluto de arena

$$\text{Por tanto el peso requerido de arena seca será de:} = (1.000 - 0.721) = 0.279 \text{ m}^3$$

$$(0.279) \cdot (2.50) \cdot 1000 = 698 \text{ Kg/m}^3$$

- 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:

$$\text{Agregado grueso húmedo (932)} \cdot (1.023084) = 954 \text{ Kg.}$$

$$\text{Agregado Fino húmedo (698)} \cdot (1.0502) = 733 \text{ Kg.}$$

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

$$205 - 932 \cdot \left(\frac{2.31 - 1.87}{100} \right) - 698 \left(\frac{5.02 - 2.65}{100} \right) = 184$$

DOSIFICACIÓN

AGREGADO	DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (Kg/m ³)	PROPORCIÓN EN VOLUMEN PESO SECO	DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO (Kg/m ³)	PROPORCIÓN EN VOLUMEN PESO HÚMEDO
Cemento	366	1.00	366	1.00
Agua	205	0.56	184	0.50
Agreg. Grueso	932	2.55	954	2.61
Agreg. Fino	698	1.91	733	2.00
Aire	2.0 %		2.0 %	

8.61 BOLSAS / m³ DE CEMENTO

DOSIFICACIÓN POR PESO:

Cemento	42.50 Kg.
Agregado fino húmedo	85.16 Kg.
Agregado grueso húmedo	110.74 Kg.
Agua efectiva	21.40 Kg.


 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 FICP - CAP / INGENIERÍA CIVIL
 M.S.C.A. INVESTIGADORA
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 C.I.P. 103257

BIE: B014-00102958



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TEMA : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRÁULICO MODIFICADO CON ADICIÓN DE GENIZAS DE CARTÓN Y DESECHOS DE CLAVO Y ALAMBRE EN LA PROVINCIA DE SANTA LUCÍA 2025

SOLICITANTE : BACHILLER LUIS FRANCISCO ZELA ROJAS
LUGAR : LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA

FECHA : 22 - JULIO - 2025

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA MUESTRA PATRÓN

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B - 1	32754	15.01	176.95	185.10	280	24/06/2025	01/07/2025	7	66.11
2	B - 2	32465	14.98	176.24	184.21	280	24/06/2025	01/07/2025	7	65.79
3	B - 3	32698	15.01	176.95	184.79	280	24/06/2025	01/07/2025	7	66.00
4	B - 4	32546	14.98	176.24	184.67	280	24/06/2025	01/07/2025	7	65.95
5	B - 5	32764	15.01	176.95	185.16	280	24/06/2025	01/07/2025	7	66.13
Promedio De Esf. Rotura					184.79					65.99

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B - 1	44612	15.01	176.95	252.12	280	24/06/2025	08/07/2025	14	90.04
2	B - 2	44575	15.01	176.95	251.91	280	24/06/2025	08/07/2025	14	89.97
3	B - 3	44885	14.98	176.24	255.25	280	24/06/2025	08/07/2025	14	91.16
4	B - 4	44895	14.98	176.24	254.74	280	24/06/2025	08/07/2025	14	90.98
5	B - 5	44375	15.01	176.95	250.78	280	24/06/2025	08/07/2025	14	89.56
Promedio De Esf. Rotura					252.96					90.34

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B - 1	49876	15.01	176.95	281.86	280	24/06/2025	22/07/2025	28	100.67
2	B - 2	49785	15.01	176.95	281.24	280	24/06/2025	22/07/2025	28	100.44
3	B - 3	50124	15.01	176.95	283.27	280	24/06/2025	22/07/2025	28	101.17
4	B - 4	50041	14.98	176.24	283.94	280	24/06/2025	22/07/2025	28	101.41
5	B - 5	49975	15.01	176.95	282.42	280	24/06/2025	22/07/2025	28	100.87
Promedio De Esf. Rotura					282.55					100.91

OBSERVACIONES:
1- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADOS POR EL BACHILLER



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



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

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TEMA: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRÁULICO MODIFICADO CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CARTÓN Y DESECHOS DE GLAVO Y ALAMBRE EN LA PROVINCIA DE SANTA LUCÍA 2025

SOLICITANTE: BACHILLER LUIS FRANCISCO ZELA ROJAS
LUGAR: LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
FECHA: 22 - JULIO - 2025

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON 6% DE CENIZA DE CARTÓN

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%	
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS		
1	B-1	35754	15.01	176.95	202.06	280	24/06/2025	01/07/2025	7	72.16	
2	B-2	35261	15.01	176.95	199.27	280	24/06/2025	01/07/2025	7	71.17	
3	B-3	35985	15.01	176.95	203.36	280	24/06/2025	01/07/2025	7	72.63	
4	B-4	35921	15.01	176.95	203.00	280	24/06/2025	01/07/2025	7	72.50	
5	B-5	35629	15.01	176.95	201.35	280	24/06/2025	01/07/2025	7	71.91	
Promedio De Esf. Rotura					201.81						72.07

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%	
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS		
1	B-1	47652	15.01	176.95	269.30	280	24/06/2025	08/07/2025	14	96.18	
2	B-2	47126	15.01	176.95	266.32	280	24/06/2025	08/07/2025	14	95.12	
3	B-3	47986	15.01	176.95	271.18	280	24/06/2025	08/07/2025	14	96.85	
4	B-4	47298	14.98	176.24	268.37	280	24/06/2025	08/07/2025	14	95.85	
5	B-5	47123	15.01	176.95	266.31	280	24/06/2025	08/07/2025	14	95.11	
Promedio De Esf. Rotura					268.30						95.82

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%	
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS		
1	B-1	53412	15.01	176.95	301.85	280	24/06/2025	22/07/2025	28	107.80	
2	B-2	53241	15.01	176.95	300.88	280	24/06/2025	22/07/2025	28	107.46	
3	B-3	52978	15.01	176.95	299.40	280	24/06/2025	22/07/2025	28	108.93	
4	B-4	53426	14.98	176.24	303.14	280	24/06/2025	22/07/2025	28	108.27	
5	B-5	53248	15.01	176.95	300.91	280	24/06/2025	22/07/2025	28	107.47	
Promedio De Esf. Rotura					301.24						107.58

OBSERVACIONES:
 1- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADOS POR EL BACHILLER



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERÓN VELÁSQUEZ
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yano Torres
 CIP: 103257



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TEMA: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRÁULICO MODIFICADO CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CARTÓN Y DESECHOS DE CLAVO Y ALAMBRE EN LA PROVINCIA DE SANTA LUCÍA 2025

SOLICITANTE: BACHILLER LUIS FRANCISCO ZELA ROJAS
LUGAR: LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
FECHA: 22 - JULIO - 2025

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON 12% DE CENIZA DE CARTÓN

N°	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	B - 1	36452	15.01	176.95	206.00	280	24/06/2025	01/07/2025	7	73.57
2	B - 2	36751	15.01	176.95	207.69	280	24/06/2025	01/07/2025	7	74.18
3	B - 3	36695	15.01	176.95	207.37	280	24/06/2025	01/07/2025	7	74.06
4	B - 4	36152	15.01	176.95	204.31	280	24/06/2025	01/07/2025	7	72.97
5	B - 5	36987	15.01	176.95	209.03	280	24/06/2025	01/07/2025	7	74.65
Promedio De Esf. Rotura					206.88					73.89

N°	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	B - 1	48756	15.01	176.95	275.54	280	24/06/2025	08/07/2025	14	98.41
2	B - 2	48216	15.01	176.95	272.48	280	24/06/2025	08/07/2025	14	97.32
3	B - 3	48652	15.01	176.95	274.95	280	24/06/2025	08/07/2025	14	98.20
4	B - 4	48318	14.98	176.24	274.16	280	24/06/2025	08/07/2025	14	97.91
5	B - 5	48268	15.01	176.95	272.78	280	24/06/2025	08/07/2025	14	97.42
Promedio De Esf. Rotura					273.98					97.85

N°	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	B - 1	56342	15.01	176.95	318.41	280	24/06/2025	22/07/2025	28	113.72
2	B - 2	56429	15.01	176.95	318.90	280	24/06/2025	22/07/2025	28	113.89
3	B - 3	56749	15.01	176.95	320.71	280	24/06/2025	22/07/2025	28	114.54
4	B - 4	56215	14.98	176.24	318.97	280	24/06/2025	22/07/2025	28	113.92
5	B - 5	56362	15.01	176.95	318.52	280	24/06/2025	22/07/2025	28	113.78
Promedio De Esf. Rotura					319.10					113.99

OBSERVACIONES:
 1- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADAS POR EL BACHILLER

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 JULIACA - PERÚ
 M.S.C.A.
 Ing. Arnaldo Yana Torres
 CIP: 103257



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TEMA : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRÁULICO MODIFICADO CON ADICIÓN DE GENIZAS DE CARTÓN Y DESECHOS DE CLAVO Y ALAMBRE EN LA PROVINCIA DE SANTA LUCÍA 2025.

SOLICITANTE : BACHILLER LUIS FRANCISCO ZELA ROJAS

LUGAR : LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA

FECHA : 22 - JULIO - 2025.

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON 6% DE DESECHOS DE CLAVO Y ALAMBRE

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	φ	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B - 1	34675	15.01	176.95	195.96	280	24/06/2025	01/07/2025	7	69.99
2	B - 2	34675	15.01	176.95	195.96	280	24/06/2025	01/07/2025	7	69.99
3	B - 3	34621	14.98	176.24	196.44	280	24/06/2025	01/07/2025	7	70.16
4	B - 4	34951	14.98	176.24	198.31	280	24/06/2025	01/07/2025	7	70.83
5	B - 5	34265	15.01	176.95	193.64	280	24/06/2025	01/07/2025	7	69.16
Promedio De Esf. Rotura					196,06					70,02

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	φ	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B - 1	47265	15.01	176.95	267.11	280	24/06/2025	08/07/2025	14	95.40
2	B - 2	47652	15.01	176.95	269.30	280	24/06/2025	08/07/2025	14	96.18
3	B - 3	47129	15.01	176.95	268.34	280	24/06/2025	08/07/2025	14	95.12
4	B - 4	47652	15.01	176.95	269.30	280	24/06/2025	08/07/2025	14	96.18
5	B - 5	47925	15.01	176.95	270.84	280	24/06/2025	08/07/2025	14	96.73
Promedio De Esf. Rotura					268,58					95,92

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	φ	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B - 1	52397	15.01	176.95	296.11	280	24/06/2025	22/07/2025	28	105.75
2	B - 2	52364	14.98	176.24	297.12	280	24/06/2025	22/07/2025	28	106.11
3	B - 3	52124	15.01	176.95	294.57	280	24/06/2025	22/07/2025	28	105.20
4	B - 4	51975	15.01	176.95	293.73	280	24/06/2025	22/07/2025	28	104.90
5	B - 5	51947	15.01	176.95	293.57	280	24/06/2025	22/07/2025	28	104.85
Promedio De Esf. Rotura					295,02					105,36

OBSERVACIONES:

1. LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADOS POR EL BACHILLER.



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257

BIÉ: 8014 - 00102958



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

TEMA: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRÁULICO MODIFICADO CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CARTÓN Y DESECHOS DE CLAVO Y ALAMBRE EN LA PROVINCIA DE SANTA LUCÍA 2025
SOLICITANTE: BACHILLER LUIS FRANCISCO ZELA ROJAS
LUGAR: LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULACA
FECHA: 22 - JULIO - 2025

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON 12% DE DESECHOS DE CLAVO Y ALAMBRE

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	φ	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B - 1	35865	15.01	176.95	202.68	280	24/06/2025	01/07/2025	7	72.39
2	B - 2	35741	15.01	176.95	201.68	280	24/06/2025	01/07/2025	7	72.14
3	B - 3	35961	15.01	176.95	203.23	280	24/06/2025	01/07/2025	7	72.58
4	B - 4	35697	15.01	176.95	201.73	280	24/06/2025	01/07/2025	7	72.05
5	B - 5	35126	15.01	176.95	198.51	280	24/06/2025	01/07/2025	7	70.90
Promedio De Esf. Rotura					201.83					72.01

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	φ	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B - 1	47286	15.01	176.95	267.23	280	24/06/2025	08/07/2025	14	95.44
2	B - 2	48212	15.01	176.95	272.46	280	24/06/2025	08/07/2025	14	97.31
3	B - 3	47987	15.01	176.95	271.19	280	24/06/2025	08/07/2025	14	96.85
4	B - 4	48152	15.01	176.95	272.12	280	24/06/2025	08/07/2025	14	97.19
5	B - 5	48279	15.01	176.95	272.84	280	24/06/2025	08/07/2025	14	97.44
Promedio De Esf. Rotura					271.17					96.85

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	φ	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B - 1	53284	15.01	176.95	301.01	280	24/06/2025	22/07/2025	28	107.50
2	B - 2	53261	15.01	176.95	300.99	280	24/06/2025	22/07/2025	28	107.50
3	B - 3	53796	15.01	176.95	304.02	280	24/06/2025	22/07/2025	28	108.58
4	B - 4	53251	14.98	176.24	302.15	280	24/06/2025	22/07/2025	28	107.91
5	B - 5	53289	15.01	176.95	301.15	280	24/06/2025	22/07/2025	28	107.55
Promedio De Esf. Rotura					301.87					107.81

OBSERVACIONES:
1.- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADAS POR EL BACHILLER



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

RIE: B014-00102958



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

NTP 339.034

TEMA: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRÁULICO MODIFICADO CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CARTÓN Y DESECHOS DE CLAVO Y ALAMBRE EN LA PROVINCIA DE SANTA LUCÍA: 2025

SOLICITANTE: BACHILLER LUIS FRANCISCO ZELA ROJAS

LUGAR: LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA

FECHA: 22 DE JULIO DEL 2025.

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION VIGA PATRÓN

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	V-1	15.0	15.0	50.0	1144.36	17.010	16.95	24/06/2025	01/07/2025	7
2	V-2	15.0	15.0	50.0	1136.45	16.836		24/06/2025	01/07/2025	7
3	V-3	15.0	15.0	50.0	1147.98	17.064		24/06/2025	01/07/2025	7
4	V-4	15.0	15.0	50.0	1142.75	16.986		24/06/2025	01/07/2025	7
5	V-5	15.0	15.0	50.0	1136.52	16.837		24/06/2025	01/07/2025	7
						16.947				

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	V-1	15.0	15.0	50.0	1375.96	20.453	20.47	24/06/2025	08/07/2025	14
2	V-2	15.0	15.0	50.0	1382.85	20.487		24/06/2025	08/07/2025	14
3	V-3	15.0	15.0	50.0	1362.36	20.183		24/06/2025	08/07/2025	14
4	V-4	15.0	15.0	50.0	1382.45	20.481		24/06/2025	08/07/2025	14
5	V-5	15.0	15.0	50.0	1396.33	20.756		24/06/2025	08/07/2025	14
						20.472				

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	V-1	15.0	15.0	50.0	1869.25	27.785	27.71	24/06/2025	22/07/2025	28
2	V-2	15.0	15.0	50.0	1875.11	27.779		24/06/2025	22/07/2025	28
3	V-3	15.0	15.0	50.0	1871.32	27.723		24/06/2025	22/07/2025	28
4	V-4	15.0	15.0	50.0	1864.42	27.621		24/06/2025	22/07/2025	28
5	V-5	15.0	15.0	50.0	1865.12	27.631		24/06/2025	22/07/2025	28
						27.708				

OBSERVACIONES:
 1.- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADOS POR EL BACHILLER

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - GAI INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
 JULIACA - PERÚ

Dr. Arnaldo Yane Torres
 CIP: 103257



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

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION

NTP 339.034

TEMA

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRÁULICO MODIFICADO CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CARTÓN Y DESECHOS DE CLAVO Y ALAMBRE EN LA PROVINCIA DE SANTA LUCÍA 2025

SOLICITANTE

BACHILLER LUIS FRANCISCO ZELA ROJAS

LUGAR

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA

FECHA

22 DE JULIO DEL 2025

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN CON 6% DE CENIZA DE CARTÓN

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura - dial	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	V-1	15.0	15.0	50.0	1176.28	17.485	17.58	24/06/2025	01/07/2025	7
2	V-2	15.0	15.0	50.0	1189.75	17.626		24/06/2025	01/07/2025	7
3	V-3	15.0	15.0	50.0	1186.42	17.577		24/06/2025	01/07/2025	7
4	V-4	15.0	15.0	50.0	1198.22	17.722		24/06/2025	01/07/2025	7
5	V-5	15.0	15.0	50.0	1182.08	17.512		24/06/2025	01/07/2025	7
						17.584				

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura - dial	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	V-1	15.0	15.0	50.0	1387.11	20.619	20.83	24/06/2025	08/07/2025	14
2	V-2	15.0	15.0	50.0	1375.88	20.383		24/06/2025	08/07/2025	14
3	V-3	15.0	15.0	50.0	1398.96	20.725		24/06/2025	08/07/2025	14
4	V-4	15.0	15.0	50.0	1377.85	20.413		24/06/2025	08/07/2025	14
5	V-5	15.0	15.0	50.0	1485.42	22.006		24/06/2025	08/07/2025	14
						20.829				

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura - dial	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	V-1	15.0	15.0	50.0	1911.89	28.419	28.31	24/06/2025	22/07/2025	28
2	V-2	15.0	15.0	50.0	1906.56	28.245		24/06/2025	22/07/2025	28
3	V-3	15.0	15.0	50.0	1912.74	28.337		24/06/2025	22/07/2025	28
4	V-4	15.0	15.0	50.0	1911.36	28.316		24/06/2025	22/07/2025	28
5	V-5	15.0	15.0	50.0	1905.42	28.228		24/06/2025	22/07/2025	28
						28.309				

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADOS POR EL BACHILLER

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A. JULIACA
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP: 103257



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION

NTP 339.034

TEMA: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRÁULICO MODIFICADO CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CARTÓN Y DESECHOS DE CLAVO Y ALAMBRE EN LA PROVINCIA DE SANTA LUCÍA 2025

SOLICITANTE: BACHILLER LUIS FRANCISCO ZELA ROJAS
LUGAR: LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA

FECHA: 22 DE JULIO DEL 2025

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN CON 12% DE CENIZA DE CARTÓN

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura - dial	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	V-1	15.0	15.0	50.0	1175.42	17.472	17.32	24/06/2025	01/07/2025	7
2	V-2	15.0	15.0	50.0	1181.96	17.511		24/06/2025	01/07/2025	7
3	V-3	15.0	15.0	50.0	1123.42	16.643		24/06/2025	01/07/2025	7
4	V-4	15.0	15.0	50.0	1182.27	17.515		24/06/2025	01/07/2025	7
5	V-5	15.0	15.0	50.0	1179.45	17.473		24/06/2025	01/07/2025	7
						17.323				

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura - dial	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	V-1	15.0	15.0	50.0	1456.42	21.649	21.73	24/06/2025	08/07/2025	14
2	V-2	15.0	15.0	50.0	1457.36	21.591		24/06/2025	08/07/2025	14
3	V-3	15.0	15.0	50.0	1476.45	21.873		24/06/2025	08/07/2025	14
4	V-4	15.0	15.0	50.0	1469.75	21.774		24/06/2025	08/07/2025	14
5	V-5	15.0	15.0	50.0	1467.96	21.748		24/06/2025	08/07/2025	14
						21.727				

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura - dial	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	V-1	15.0	15.0	50.0	1980.42	29.438	29.28	24/06/2025	22/07/2025	28
2	V-2	15.0	15.0	50.0	1982.36	29.368		24/06/2025	22/07/2025	28
3	V-3	15.0	15.0	50.0	1971.25	29.204		24/06/2025	22/07/2025	28
4	V-4	15.0	15.0	50.0	1982.75	29.078		24/06/2025	22/07/2025	28
5	V-5	15.0	15.0	50.0	1977.14	29.291		24/06/2025	22/07/2025	28
						29.276				

OBSERVACIONES:
1.- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADOS POR EL BACHILLER



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257



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

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

NTP 339.034

TEMA : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRÁULICO MODIFICADO CON ADICIÓN DE GENIZAS DE CARTÓN Y DESECHOS DE CLAVO Y ALAMBRE EN LA PROVINCIA DE SANTA LUCÍA 2025
SOLICITANTE : BACHILLER LUIS FRANCISCO ZELA ROJAS
LUGAR : LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
FECHA : 22 DE JULIO DEL 2025

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN CON 6% DE DESECHOS DE CLAVO Y ALAMBRE

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura - dial	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	V-1	15.0	15.0	50.0	1175.42	17.472	17.32	24/06/2025	01/07/2025	7
2	V-2	15.0	15.0	50.0	1181.96	17.511		24/06/2025	01/07/2025	7
3	V-3	15.0	15.0	50.0	1123.42	16.643		24/06/2025	01/07/2025	7
4	V-4	15.0	15.0	50.0	1182.27	17.515		24/06/2025	01/07/2025	7
5	V-5	15.0	15.0	50.0	1179.45	17.473		24/06/2025	01/07/2025	7
						17.323				

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura - dial	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	V-1	15.0	15.0	50.0	1416.42	21.054	21.12	24/06/2025	08/07/2025	14
2	V-2	15.0	15.0	50.0	1425.35	21.116		24/06/2025	08/07/2025	14
3	V-3	15.0	15.0	50.0	1424.36	21.102		24/06/2025	08/07/2025	14
4	V-4	15.0	15.0	50.0	1428.41	21.132		24/06/2025	08/07/2025	14
5	V-5	15.0	15.0	50.0	1429.96	21.185		24/06/2025	08/07/2025	14
						21.118				

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura -dial	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	V-1	15.0	15.0	50.0	1940.43	28.843	28.97	24/06/2025	22/07/2025	28
2	V-2	15.0	15.0	50.0	1948.39	28.865		24/06/2025	22/07/2025	28
3	V-3	15.0	15.0	50.0	1956.42	28.984		24/06/2025	22/07/2025	28
4	V-4	15.0	15.0	50.0	1961.96	29.066		24/06/2025	22/07/2025	28
5	V-5	15.0	15.0	50.0	1962.42	29.073		24/06/2025	22/07/2025	28
						28.968				

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADOS POR EL BACHILLER



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257

BIE: B014 - 00102958



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

NTP 339-034

TEMA : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRÁULICO MODIFICADO CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CARTÓN Y DESECHOS DE CLAVO Y ALAMBRE EN LA PROVINCIA DE SANTA LUCÍA 2025

SOLICITANTE : BACHILLER LUIS FRANCISCO ZELA ROJAS

LUGAR : LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA

FECHA : 22 DE JULIO DEL 2025

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN CON 12% DE DESECHOS DE CLAVO Y ALAMBRE

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexión (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexión (Mr) (Kg/cm ²)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	V-1	15.0	15.0	50.0	1155.14	17.170	17.72	24/06/2025	01/07/2025	7
2	V-2	15.0	15.0	50.0	1249.26	18.508		24/06/2025	01/07/2025	7
3	V-3	15.0	15.0	50.0	1156.63	17.135		24/06/2025	01/07/2025	7
4	V-4	15.0	15.0	50.0	1256.23	18.611		24/06/2025	01/07/2025	7
5	V-5	15.0	15.0	50.0	1159.26	17.174		24/06/2025	01/07/2025	7
						17.720				

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexión (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexión (Mr) (Kg/cm ²)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	V-1	15.0	15.0	50.0	1384.25	20.576	20.61	24/06/2025	08/07/2025	14
2	V-2	15.0	15.0	50.0	1396.74	20.692		24/06/2025	08/07/2025	14
3	V-3	15.0	15.0	50.0	1395.85	20.679		24/06/2025	08/07/2025	14
4	V-4	15.0	15.0	50.0	1391.11	20.609		24/06/2025	08/07/2025	14
5	V-5	15.0	15.0	50.0	1381.78	20.471		24/06/2025	08/07/2025	14
						20.606				

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resisten. a Flexión (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexión (Mr) (Kg/cm ²)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	V-1	15.0	15.0	50.0	1908.47	28.368	28.35	24/06/2025	22/07/2025	28
2	V-2	15.0	15.0	50.0	1908.96	28.261		24/06/2025	22/07/2025	28
3	V-3	15.0	15.0	50.0	1912.74	28.337		24/06/2025	22/07/2025	28
4	V-4	15.0	15.0	50.0	1916.69	28.395		24/06/2025	22/07/2025	28
5	V-5	15.0	15.0	50.0	1914.74	28.367		24/06/2025	22/07/2025	28
						28.350				

OBSERVACIONES:
1.- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADOS POR EL BACHILLER



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERÓN VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
C.P. 103257

BIE: B014 - 00102958



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 25-09-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: LUIS FRANCISCO ZELA ROJAS

Dirección: Jr. KANTU Mz.E3 Ll.19 Urb. SANTA ADRIANA

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70064995

Teléfono: 948 761 696 email: luiszela666@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

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

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

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

Asesor: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO HIDRÁULICO MODIFICADO

CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CARTÓN Y DESECHOS DE CLAVO Y

ALAMBRE EN EL DISTRITO DE SANTA LUCÍA 2025

Palabras claves, (3 a 5 términos): CONCRETO HIDRÁULICO, CENIZAS DE CARTÓN, DESECHOS DE CLAVO,

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN..

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

1

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

25-09-2025

Fecha