



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULARAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO  
CONVENCIONAL MODIFICADO CON ADICIÓN DE  
RESIDUOS DE CAUCHO Y TAPAS METÁLICAS DE  
BEBIDAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. RIVALDO ANGEL CHURA RODRIGUEZ**

**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**

**ÁNÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO  
CONVENCIONAL MODIFICADO CON ADICIÓN DE  
RESIDUOS DE CAUCHO Y TAPAS METÁLICAS DE  
BEBIDAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. RIVALDO ANGEL CHURA RODRIGUEZ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**APROBADA POR EL JURADO REVISOR:**

**PRESIDENTE**

:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR

**PRIMER MIEMBRO**

:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. OSCAR VICENTE MIAMONTE CALLA

**SEGUNDO MIEMBRO**

:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. ARNALDO YANA TORRES

**ASESOR DE TESIS**

:

  
\_\_\_\_\_  
M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

:

TECNOLOGÍA DE MATERIALES – P17



“NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ”

RESOLUCIÓN DECANAL N° 496-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 19 de junio del 2025

VISTO: El expediente N° 2025- CU-6931 presentado por el (la) Bachiller: RIVALDO ANGEL CHURA RODRIGUEZ 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. RIVALDO ANGEL CHURA RODRIGUEZ, quien solicita NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN de la Tesis Titulado: ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MODIFICADO CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024, la misma que pertenece a la línea de investigación TECNOLOGÍA DE MATERIALES para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

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

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

RESUELVE:

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

- \* Presidente : Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
\* 1er Miembro : Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
\* 2do Miembro : Dr. ARNALDO YANA TORRES

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

ARTICULO TERCERO.- APROBAR, la FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS de el (la) bachiller: RIVALDO ANGEL CHURA RODRIGUEZ; del informe final de la investigación (tesis) titulado: ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MODIFICADO CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024 para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- \* FECHA : jueves 26 de junio del 2025
\* HORA : 08:30 horas
\* LUGAR : Aula 306 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

Mg. WALTER J. LIZARRAGA ARMAZA
DECANO (e)
CIP. 70808



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Frita Willy Mamani Ayaco
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



TESIS UANCV

UNIVERSIDAD ANDINA



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 072-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 10 de enero del 2025

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU - 15869 por el señor (a): **RIVALDO ANGEL CHURA RODRIGUEZ** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 016 - 2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 361- 2024 del integrante del comité de investigación **EPIC** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el señor (a): **RIVALDO ANGEL CHURA RODRIGUEZ**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MODIFICADO CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024**, 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° 361- 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MODIFICADO CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**.

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

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

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **RIVALDO ANGEL CHURA RODRIGUEZ**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MODIFICADO CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**, en virtud a los considerandos expuestos.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) **la), M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y C. PURAS

**Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**  
DECANO  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y C. PURAS

**Dr. Efraín Parillo Sosa**  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
interesado (a)



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1572-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 25 de noviembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU- 013875, presentado el señor (a) **RIVALDO ANGEL CHURA RODRIGUEZ** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 1355-2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 372-2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el señor (a): **RIVALDO ANGEL CHURA RODRIGUEZ** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MODIFICADO CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 372-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MODIFICADO CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024**.

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

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

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **RIVALDO ANGEL CHURA RODRIGUEZ**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MODIFICADO CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**.

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

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

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

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

cc.  
Archivo 2024  
Interesado (a)



## ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MODIFICADO CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

### INFORME DE ORIGINALIDAD

21%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

13%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

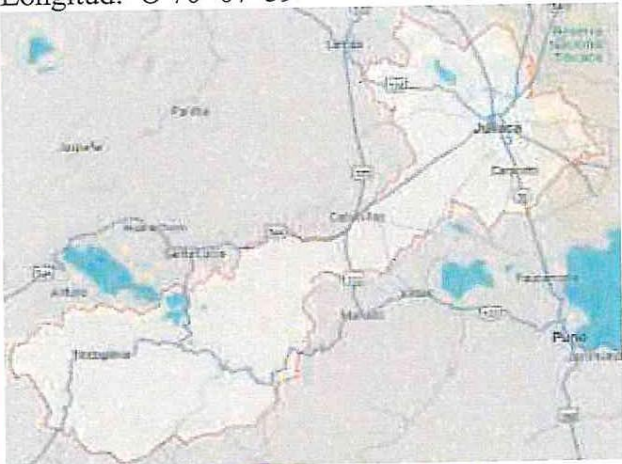
1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	8%
2	Submitted to University of Zululand Trabajo del estudiante	2%
3	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="http://repositorio.continental.edu.pe">repositorio.continental.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
5	<a href="http://repositorio.uancv.edu.pe">repositorio.uancv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
7	<a href="http://repositorio.uss.edu.pe">repositorio.uss.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%



**Metadatos Complementarios**

<b>Título de la tesis</b>	
<b>ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MODIFICADO CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024</b>	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	RIVALDO ANGEL CHURA RODRIGUEZ
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	77135553
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0008-0575-0413">https://orcid.org/0009-0008-0575-0413</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	01323821
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0003-4595-7589">https://orcid.org/0000-0003-4595-7589</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	CESAR GUILLERMO CAMARGO MAJAR
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02441152
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02371550
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	41414676
<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	Tecnología de Materiales - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Latitud: S 15° 29' 27" Longitud: O 70° 07' 59"  <a href="https://maps.app.goo.gl/bZK1URqfxpAmmA118">https://maps.app.goo.gl/bZK1URqfxpAmmA118</a>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Noviembre 2024 - Junio 2025
URL de disciplinas OCDE <a href="https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html">https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html</a> - Librería	Ingeniería civil <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</a> Ingeniería de Materiales <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.05.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.05.00</a>



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁLDERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
*[Signature]*  
Dr. Fritz Willy Matamorán Apaza  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



### DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo RIVALDO ANGEL CHURA RODRIGUEZ, identificado con DNI Nro. 77135553, 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:

ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MODIFICADO CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

Asesorado por: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Es un tema original.

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

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

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

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

Juliaca 15 de julio del 2025

  
Firma del Asesor  
(obligatoria)

  
Firma del Estudiante  
(obligatoria)

  
Huella



## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo, con todo mi cariño y gratitud, a mis padres, por su amor incondicional, su paciencia y su fe en mí en cada etapa de este camino. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo, la responsabilidad y la perseverancia.*

*A mis amigos, quienes estuvieron presentes en los momentos más difíciles y también en los más felices, gracias por su compañía, su apoyo sincero y por recordarme siempre que no estoy solo en este proceso.*

*Y a mis compañeros de universidad, con quienes compartí aprendizajes, desafíos, desvelos y logros.*

*Gracias por caminar a mi lado y ser parte fundamental de esta etapa tan importante en mi vida.*

*Con ustedes, este logro tiene aún más sentido.*



## AGRADECIMIENTO

*En primer lugar, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres, por ser el pilar fundamental en mi vida. Gracias por su amor incondicional, su apoyo constante y sus sacrificios, que han sido la base para alcanzar esta meta. Su confianza en mí ha sido mi mayor motivación.*

*A mis compañeros de universidad, gracias por acompañarme en este camino, por compartir conocimientos, esfuerzos y momentos que hicieron más llevadero este proceso. Su amistad y colaboración han sido esenciales durante toda la carrera.*

*También deseo agradecer a los docentes que, con su vocación y compromiso, me guiaron en distintos momentos de mi formación. En especial, a aquellos que dejaron una huella no solo académica, sino también personal, y que me inspiraron a seguir creciendo.*

*A todos, gracias por formar parte de este logro.*



# ÍNDICE GENERAL

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

## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática.....	17
1.2 Planteamiento del problema.....	18
1.2.1 Problema general.....	18
1.2.2 Problemas específicos.....	19
1.3 Objetivos de la investigación.....	19
1.3.1 Objetivo general.....	19
1.3.2 Objetivos específicos.....	19
1.4 Justificación de la investigación.....	20
1.4.1 Justificación técnica.....	20
1.4.2 Justificación económica.....	20
1.4.3 Justificación social.....	20
1.4.4 Justificación ambiental.....	21
1.5 Hipótesis de la investigación.....	21
1.5.1 Hipótesis general.....	21
1.5.2 Hipótesis específicas.....	22
1.6 Variables e indicadores.....	22
1.6.1 Variable independiente.....	22
1.6.2 Variable dependiente.....	22



1.7 Variables del estudio ..... 23

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación ..... 24
2.1.1 Antecedentes internacionales ..... 24
2.1.2 Antecedente nacional ..... 26
2.1.3 Antecedente de ámbito local ..... 28
2.2 Bases teóricas ..... 29
2.2.1 Concreto convencional ..... 29
2.2.1.1 Definición y composición del concreto ..... 30
2.2.1.2 Propiedades físicas y mecánicas del concreto convencional ..... 31
2.2.1.3 Usos y aplicaciones del concreto convencional ..... 33
2.2.2 Residuos de caucho y tapas metálicas ..... 34
2.2.2.1 Características de los residuos de caucho ..... 36
2.2.2.2 Características de las tapas metálicas de bebidas ..... 37
2.2.2.3 Problemática ambiental de los residuos sólidos no biodegradables ..... 39
2.2.3 Concreto modificado con adición de materiales reciclados ..... 41
2.2.3.1 Concepto de concreto modificado ..... 43
2.2.3.2 Efecto de la adición de residuos de caucho en el concreto ..... 44
2.2.3.3 Efecto de la adición de tapas metálicas en el concreto ..... 46
2.2.4 Gestión sostenible de residuos sólidos en la construcción ..... 48
2.2.4.1 Economía circular en el sector construcción ..... 50
2.2.4.2 Reutilización de residuos como alternativa sostenible ..... 52
2.2.4.3 Beneficios ambientales de la integración de residuos en el concreto ..... 54
2.3 Marco teórico conceptual ..... 55
2.3.1 Modelo teórico de incorporación de residuos en materiales de construcción ..... 55
2.3.2 Relación entre residuos reciclados y propiedades del concreto ..... 56
2.3.3 Teoría de sostenibilidad aplicada a la construcción ..... 56
2.3.4 Propiedades de los materiales ..... 57
2.3.5 Reciclado ..... 57



**CAPÍTULO III**

**METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

- 3.1 Enfoque de la investigación ..... 59
- 3.2 Tipo de la investigación..... 60
- 3.3 Nivel de la investigación..... 60
- 3.4 Diseño de la investigación..... 61
- 3.5 Método de la investigación..... 61
- 3.6 Población y muestra de la investigación..... 62
  - 3.6.1 Población..... 62
  - 3.6.2 Muestra ..... 63
- 3.7 Técnicas e instrumentos ..... 64
  - 3.7.1 Técnicas ..... 64
  - 3.7.2 Instrumentos de recolección de datos investigación ..... 65
- 3.8 Validación y confiabilidad del instrumento ..... 65
  - 3.8.1 Validación de los instrumentos ..... 65
  - 3.8.2 Confiabilidad de instrumentos..... 66
- 3.9 Plan de recolección y procesamiento de datos ..... 67
  - 3.9.1 Desarrollo de plan de investigación ..... 67
  - 3.9.2 Etapa de campo ..... 69
  - 3.9.3 Etapa de laboratorio ..... 73
  - 3.9.4 Etapa de gabinete ..... 78

**CAPÍTULO IV**

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

- 4.1 Resultados apreciados al realizar los ensayos..... 80
  - 4.1.1 Efecto de la aplicación de residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas en la consistencia de la mezcla fresca de concreto ..... 87
  - 4.1.2 Incidencia de la adición de residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas en la resistencia a la compresión del concreto..... 93
  - 4.1.3 Influencia de la incorporación de residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas en la resistencia a la flexión del concreto ..... 115
- 4.2 Discusión de Resultados..... 136



<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>139</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>140</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>141</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>144</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Variables del estudio .....	23
<b>Tabla 2</b> Cantidades generales de las muestras generadas .....	63
<b>Tabla 3</b> Porcentaje de agua en el material. ....	81
<b>Tabla 4</b> Información sobre los pesos unitarios en estado suelto .....	81
<b>Tabla 5</b> Pasos durante el proceso .....	83
<b>Tabla 6</b> Componentes del diseño utilizado en el estudio .....	84
<b>Tabla 7</b> Dosificación de residuos de caucho.....	86
<b>Tabla 8</b> Dosificación de tapas metálicas.....	86
<b>Tabla 9</b> Comportamiento respecto al asentamiento, muestra patrón. ....	87
<b>Tabla 10</b> Comportamiento respecto al asentamiento, muestra con 10% residuos de caucho.....	88
<b>Tabla 11</b> Comportamiento respecto al asentamiento, muestra con 15% residuos de caucho.....	89
<b>Tabla 12</b> Comportamiento respecto al asentamiento, muestra con tapas metálicas 5% .	90
<b>Tabla 13</b> Comportamiento respecto al asentamiento, muestra con tapas metálicas 10%	91
<b>Tabla 14</b> Descripción resumida de los asentamientos de las muestras elaboradas.....	92
<b>Tabla 15</b> Esfuerzos a la rotura alcanzados por el concreto convencional a los 7 días de curado .....	93
<b>Tabla 16</b> Esfuerzos a la rotura alcanzados del concreto + 10% residuos de caucho .....	95
<b>Tabla 17</b> Esfuerzos a la rotura alcanzados del concreto + 15% residuos de caucho .....	96
<b>Tabla 18</b> Esfuerzos a la rotura alcanzados del concreto + 5% tapas metálicas de bebidas .....	97
<b>Tabla 19</b> Esfuerzos a la rotura alcanzados del concreto + 10% tapas metálicas de bebidas.....	98
<b>Tabla 20</b> Compresión del concreto convencional a los 14 días de curado.....	99
<b>Tabla 21</b> Esfuerzos a la rotura alcanzados del concreto + 10% residuos de caucho ....	100
<b>Tabla 22</b> Compresión de los concretos + 15% residuos de caucho día 14 .....	101



**Tabla 23** Compresión de los concretos + 5% tapas metálicas de bebidas..... 102

**Tabla 24** Compresión de los concretos + 10% tapas metálicas de bebidas..... 103

**Tabla 25** Compresión de los concretos ..... 104

**Tabla 26** Compresión de los concretos + 10% residuos de caucho día 28 ..... 105

**Tabla 27** Compresión de los concretos + 15% residuos de caucho día 28 ..... 106

**Tabla 28** Compresión de los concretos + 5% tapas metálicas de bebidas..... 107

**Tabla 29** Compresión de los concretos + 10% tapas metálicas de bebidas..... 108

**Tabla 30** Resumen de resistencias promedio de cada grupo de control para 7 días de curado ..... 109

**Tabla 31** Resumen de resistencias promedio de cada grupo de control para 14 días de curado ..... 110

**Tabla 32** Resumen de resistencias promedio de cada grupo de control para 28 días de curado ..... 112

**Tabla 33** Resumen general de resistencias promedio a diferentes edades de curado. 113

**Tabla 34** Esfuerzos a la flexión logrados por el concreto convencional a los 7 días de curado ..... 115

**Tabla 35** Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 10% residuos de caucho .. 116

**Tabla 36** Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 15% residuos de caucho .. 117

**Tabla 37** Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 5% tapas metálicas de bebidas ..... 118

**Tabla 38** Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 10% tapas metálicas de bebidas..... 119

**Tabla 39** flexión de los concretos ..... 120

**Tabla 40** Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 10% residuos de caucho ... 121

**Tabla 41** Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 15% residuos de caucho ... 122

**Tabla 42** Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 5% tapas metálicas de bebidas ..... 123

**Tabla 43** Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 10% tapas metálicas de bebidas..... 124

**Tabla 44** flexión de los concretos ..... 125



<b>Tabla 45</b> Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 10% residuos metálicos ....	126
<b>Tabla 46</b> Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 15% residuos metálicos ....	127
<b>Tabla 47</b> Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 5% tapas metálicas de bebidas .....	128
<b>Tabla 48</b> Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 10% tapas metálicas de bebidas.....	129
<b>Tabla 49</b> Resumen de resistencias promedio de cada grupo de control para 7 días de curado .....	130
<b>Tabla 50</b> Resumen de resistencias promedio de cada grupo de control para 14 días de curado .....	132
<b>Tabla 51</b> Resumen de resistencias promedio de cada grupo de control para 28 días de curado .....	133
<b>Tabla 52</b> Resumen general de resistencias promedio a diferentes edades de curado.	135



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Locación donde se efectuará el estudio .....	62
<b>Figura 2</b> Muestra residuos de caucho .....	68
<b>Figura 3</b> Tapas metálicas de bebidas.....	69
<b>Figura 4</b> Cuarteo de agregados .....	73
<b>Figura 5</b> Cuarteo de agregados .....	76
<b>Figura 6</b> Cuarteo de agregados .....	77
<b>Figura 7</b> Granulometría del agregado grueso.....	82
<b>Figura 8</b> Granulometría del agregado fino.....	83
<b>Figura 9</b> Distribución proporcional de los componentes del concreto .....	85
<b>Figura 10</b> Asentamientos de muestras (resumen).....	87
<b>Figura 11</b> Comportamiento de las muestras bajo asentamiento con incorporación de 10% de residuos de caucho (resumen).....	88
<b>Figura 12</b> Comportamiento de las muestras bajo asentamiento con incorporación de 15% de residuos de caucho (resumen).....	89
<b>Figura 13</b> Comportamiento de las muestras bajo asentamiento con adición de 5% de tapas metálicas (resumen).....	90
<b>Figura 14</b> Comportamiento de las muestras bajo asentamiento con adición de 10% de tapas metálicas (resumen).....	91
<b>Figura 15</b> Resultados logrados durante las pruebas de asentamiento .....	92
<b>Figura 16</b> Esfuerzos a la rotura alcanzados por el concreto convencional a los 7 días de curado .....	94
<b>Figura 17</b> Esfuerzos a la rotura alcanzados del concreto + 10% residuos de caucho ....	95
<b>Figura 18</b> Esfuerzos a la rotura alcanzados del concreto + 15% residuos de caucho ....	96
<b>Figura 19</b> Esfuerzos a la rotura alcanzados del concreto + 5% tapas metálicas de bebidas.....	97
<b>Figura 20</b> Esfuerzos a la rotura alcanzados del concreto + 10% tapas metálicas de bebidas.....	98



<b>Figura 21</b> Compresión del concreto convencional a los 14 días de curado .....	99
<b>Figura 22</b> Esfuerzos a la rotura alcanzados del concreto + 10% residuos de caucho ..	100
<b>Figura 23</b> Esfuerzos alcanzados del concreto + 15% residuos de caucho .....	101
<b>Figura 24</b> Esfuerzos alcanzados del concreto + 5% tapas metálicas de bebidas .....	102
<b>Figura 25</b> Esfuerzos alcanzados del concreto + 10% tapas metálicas de bebidas .....	103
<b>Figura 26</b> Esfuerzos alcanzados del concreto .....	104
<b>Figura 27</b> Esfuerzos alcanzados del concreto + 10% residuos de caucho día 28.....	105
<b>Figura 28</b> Esfuerzos alcanzados del concreto + 15% residuos de caucho .....	106
<b>Figura 29</b> Esfuerzos alcanzados del concreto + 5% tapas metálicas de bebidas .....	107
<b>Figura 30</b> Esfuerzos alcanzados del concreto + 10% tapas metálicas de bebidas .....	108
<b>Figura 31</b> Comparación de resistencias promedio de cada grupo de control para 7 días de curado .....	109
<b>Figura 32</b> Datos de la fractura del espécimen durante el día 14.....	111
<b>Figura 33</b> Datos de la fractura del espécimen durante el día 28.....	112
<b>Figura 34</b> Barras comparativas en cuanto al desempeño del concreto .....	114
<b>Figura 35</b> Esfuerzos a la flexión logrados por el concreto convencional a los 7 días de curado .....	116
<b>Figura 36</b> Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 10% residuos de caucho .	117
<b>Figura 37</b> Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 15% residuos de caucho .	118
<b>Figura 38</b> Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 5% tapas metálicas de bebidas.....	119
<b>Figura 39</b> Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 10% tapas metálicas de bebidas.....	120
<b>Figura 40</b> Esfuerzos alcanzados del concreto día 14 .....	121
<b>Figura 41</b> Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 10% residuos de caucho .	122
<b>Figura 42</b> Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 15% residuos de caucho .	123
<b>Figura 43</b> Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 5% tapas metálicas de bebidas.....	124



<b>Figura 44</b> Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 10% tapas metálicas de bebidas.....	125
<b>Figura 45</b> Esfuerzos alcanzados del concreto día 28 .....	126
<b>Figura 46</b> Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 10% residuos metálicos ...	127
<b>Figura 47</b> Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 15% residuos metálicos ...	128
<b>Figura 48</b> Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 5% tapas metálicas de bebidas.....	129
<b>Figura 49</b> Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 10% tapas metálicas de bebidas.....	130
<b>Figura 50</b> Comparación de resistencias promedio de cada grupo de control para 7 días de curado .....	131
<b>Figura 51</b> Comparación de resistencias promedio de cada grupo de control para 14 días de curado .....	133
<b>Figura 52</b> Comparación de resistencias promedio de cada grupo de control para 28 días de curado .....	134
<b>Figura 53</b> Barras comparativas en cuanto al desempeño del concreto .....	136



## RESUMEN

El presente estudio, titulado "Análisis de las propiedades de un concreto convencional modificado con adición de residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas en la provincia de San Román 2024", tuvo como objetivo evaluar cómo la inclusión de estos residuos impacta la consistencia de la mezcla fresca y las resistencias a la compresión y a la flexión del concreto convencional con una resistencia característica de  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ . La investigación se desarrolló bajo un diseño experimental, siguiendo el método científico, con un nivel explicativo, tipo aplicada y un enfoque cuantitativo, lo que permitió realizar mediciones objetivas y establecer relaciones causales precisas entre las variables evaluadas. Para ello, se elaboraron distintas mezclas de concreto incorporando porcentajes variables de residuos de caucho y tapas metálicas, y se sometieron a ensayos normalizados de trabajabilidad, compresión y flexión. Los resultados revelaron que la adición de ambos tipos de residuos disminuyó la trabajabilidad del concreto, con un mayor efecto observado al emplear tapas metálicas, en cuanto a las propiedades mecánicas, los residuos de caucho destacaron por incrementar en mayor medida la resistencia a la compresión, alcanzando hasta  $233.59 \text{ kg/cm}^2$  con un 15% de adición, mientras que las tapas metálicas mostraron una mejora más moderada. Respecto a la resistencia a la flexión, ambos aditivos permitieron aumentos significativos, logrando valores de hasta  $60.47 \text{ kg/cm}^2$  y  $62.18 \text{ kg/cm}^2$  con 10% de caucho y tapas, respectivamente. En conclusión, la valorización de estos materiales reciclados no solo mejora las propiedades del concreto, sino que representa una opción sostenible y eficiente para la construcción en la región.

**Palabras Clave:** Concreto convencional, residuos de caucho, tapas metálicas de bebidas.



## ABSTRACT

The present study, entitled "Analysis of the properties of a conventional concrete modified with the addition of rubber residues and metal covers of beverage in the province of San Román 2024", aimed to evaluate how the inclusion of this waste impacts the consistency of the fresh mixture and the compression resistance and flexion of the conventional concrete with a characteristic resistance of  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . The research was developed under an experimental design, following the scientific method, with an explanatory level, applied type and a quantitative approach, which allowed objective measurements and establishing precise causal relationships between the evaluated variables. For this, different concrete mixtures were developed by incorporating variable percentages of rubber waste and metal taps, and underwent standardized workability, compression and flexion tests. The results revealed that the addition of both types of waste decreased the workability of the concrete, with a greater effect observed when using metal taps. Regarding mechanical properties, rubber residues stood out for increasing compression resistance to a greater extent, reaching up to  $233.59 \text{ kg/cm}^2$  with 15% addition, while metal covers showed a more moderate improvement. Regarding flexion resistance, both additives allowed significant increases, achieving values of up to  $60.47 \text{ kg/cm}^2$  and  $62.18 \text{ kg/cm}^2$  with 10% rubber and taps, respectively. In conclusion, the valorization of these recycled materials not only improves the properties of concrete, but also represents a sustainable and efficient option for construction in the region.

**Keywords:** Conventional concrete, rubber waste, metal beverage caps.



## INTRODUCCIÓN

El creciente desarrollo de la construcción a nivel global ha generado una elevada demanda de materiales convencionales, como el concreto, cuya producción contribuye significativamente al impacto ambiental debido al consumo de recursos no renovables y a la emisión de gases de efecto invernadero. Paralelamente, el incremento de residuos sólidos, como el caucho proveniente de neumáticos y las tapas metálicas de bebidas, plantea un desafío ambiental considerable para las comunidades, especialmente en la provincia de San Román, donde la disposición inadecuada de estos materiales afecta tanto al medio ambiente como a la calidad de vida de los habitantes.

En este contexto, la investigación sobre materiales alternativos para la construcción adquiere relevancia como una estrategia sostenible que busca mitigar los efectos negativos de la contaminación y reducir la dependencia de recursos naturales. La incorporación de residuos reciclados en el concreto convencional no solo ofrece una posible solución al problema de los desechos, sino también representa una oportunidad para mejorar propiedades específicas del material, como la resistencia, la durabilidad y la absorción de energía.

La presente investigación tiene como objetivo principal analizar las propiedades físicas y mecánicas de un concreto convencional modificado con la adición de residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas. Se busca determinar cómo estas modificaciones afectan la resistencia a la compresión, la trabajabilidad, y otras propiedades críticas del concreto, con el fin de evaluar su viabilidad para aplicaciones estructurales o no estructurales.

El estudio se lleva a cabo en la provincia de San Román, una región donde la generación de estos residuos es significativa y donde las soluciones de gestión de desechos aún son limitadas. Esta investigación busca, además, promover un enfoque de



economía circular, fomentando la reutilización de materiales que, de otro modo, contribuirían a la acumulación de desechos y la contaminación ambiental.

Se espera que los resultados de este trabajo contribuyan al desarrollo de alternativas sostenibles para la industria de la construcción, así como al establecimiento de líneas base para futuras investigaciones en el ámbito de materiales reciclados en la región. De esta manera, se busca no solo resolver problemas técnicos asociados al concreto, sino también generar un impacto positivo en el manejo de residuos y la conservación ambiental.



## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Análisis de la situación problemática

A nivel internacional, la gestión de residuos sólidos sigue siendo un desafío significativo, especialmente en lo que respecta a los materiales no biodegradables como el caucho y el metal. Según informes de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), cada año se generan millones de toneladas de residuos de neumáticos y tapas metálicas, cuya disposición final, en muchos casos, se limita a vertederos o incineración, generando contaminación ambiental y emisiones de gases de efecto invernadero. En países desarrollados como Alemania y Japón, se han implementado estrategias avanzadas de reciclaje, integrando estos desechos en la producción de nuevos materiales, incluyendo aplicaciones en la construcción, como concretos reciclados. Sin embargo, en muchas naciones en desarrollo, estas soluciones sostenibles aún son incipientes o inexistentes, lo que agrava el problema ambiental (Asocem, 2018).

En el contexto nacional, Perú enfrenta una creciente acumulación de residuos sólidos, estimada en más de 7 millones de toneladas anuales, según el Ministerio del Ambiente (MINAM). De esta cifra, una gran proporción corresponde a residuos reciclables, incluidos el caucho y el metal, que no se aprovechan adecuadamente debido a la falta de infraestructura y programas de reciclaje efectivos. La construcción, como uno de los



sectores económicos más dinámicos del país, tiene el potencial de convertirse en un aliado estratégico para mitigar esta problemática mediante la incorporación de materiales reciclados en el concreto. No obstante, los estudios locales que evalúan el impacto y viabilidad de estas iniciativas son limitados, dejando un vacío importante en el conocimiento técnico necesario para fomentar estas prácticas en el país (Benavente & Milagros, 2022).

A nivel local, en la provincia de San Román, el manejo de residuos es un problema crítico. La ciudad de Juliaca, principal núcleo urbano de la provincia, enfrenta una acumulación constante de desechos debido al crecimiento poblacional y a la limitada capacidad de las autoridades locales para implementar sistemas de reciclaje eficientes. Entre los residuos más comunes se encuentran los neumáticos usados y las tapas metálicas de bebidas, que terminan acumulándose en calles, ríos y botaderos informales, afectando tanto el medio ambiente como la calidad de vida de la población. Esta situación resalta la necesidad urgente de implementar soluciones innovadoras que permitan reutilizar estos materiales, no solo como una medida de mitigación ambiental, sino también como una oportunidad para promover prácticas constructivas sostenibles que puedan beneficiar tanto al sector construcción como a la comunidad local (Alvarado, 2019).

## 1.2 Planteamiento del problema

### 1.2.1 *Problema general*

¿Cuál es la variación de las propiedades de un concreto convencional modificado con adición de residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas en la provincia de San Román 2024?



## 1.2.2 Problemas específicos

1. ¿Cuál es el efecto de la aplicación de residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas en la consistencia de la mezcla fresca de concreto convencional de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en la provincia de San Román 2024?
2. ¿Cuál es la incidencia de la adición de residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas en la resistencia a la compresión del concreto convencional de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en la provincia de San Román 2024?
3. ¿Cuál es la influencia de la incorporación de residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas en la resistencia a la flexión del concreto convencional de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en la provincia de San Román 2024?

## 1.3 Objetivos de la investigación

### 1.3.1 Objetivo general

Evaluar las propiedades de un concreto convencional modificado con adición de residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas en la provincia de San Román 2024.

### 1.3.2 Objetivos específicos

1. Determinar el efecto de la aplicación de residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas en la consistencia de la mezcla fresca de concreto convencional de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en la provincia de San Román 2024.
2. Determinar la incidencia de la adición de residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas en la resistencia a la compresión del concreto convencional de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en la provincia de San Román 2024.
3. Determinar la influencia de la incorporación de residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas en la resistencia a la flexión del concreto convencional de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en la provincia de San Román 2024.



## **1.4 Justificación de la investigación**

### **1.4.1 Justificación técnica**

La presente investigación se justifica técnicamente al explorar el impacto de la adición de residuos de caucho y tapas metálicas en las propiedades mecánicas, físicas y químicas del concreto convencional. Esta innovación tiene el potencial de mejorar ciertas características del material, como la resistencia al impacto, la elasticidad y la durabilidad, factores esenciales en aplicaciones estructurales. Además, el estudio busca generar un conocimiento técnico detallado que permita evaluar la viabilidad de integrar estos residuos en mezclas de concreto, considerando estándares de calidad y normativas vigentes en el sector construcción. Este enfoque técnico contribuirá al desarrollo de materiales alternativos que amplíen las posibilidades de diseño y construcción en la región.

### **1.4.2 Justificación económica**

Desde una perspectiva económica, el uso de residuos de caucho y tapas metálicas como agregados en el concreto puede reducir significativamente los costos asociados a la producción de materiales de construcción. Al reutilizar desechos de bajo costo, se disminuye la dependencia de recursos naturales, como arenas y gravas, cuya extracción implica gastos considerables. Asimismo, esta propuesta fomenta la valorización de materiales reciclados, promoviendo una economía circular que beneficia tanto a los productores como a los consumidores finales. En el contexto local, donde el costo de materiales de construcción puede ser una barrera para proyectos de infraestructura, esta alternativa representa una opción más accesible y sostenible.

### **1.4.3 Justificación social**

Socialmente, la investigación aborda un problema crítico relacionado con el manejo inadecuado de residuos sólidos, que afecta directamente la calidad de vida de la población. La acumulación de caucho y tapas metálicas en espacios públicos genera riesgos para la



salud y la seguridad de las comunidades locales, además de deteriorar la estética urbana. Al proponer soluciones que reutilicen estos desechos en la construcción, se promueve una cultura de reciclaje y se involucra a la sociedad en prácticas más responsables. Además, la implementación de esta iniciativa podría generar nuevas oportunidades de empleo en actividades relacionadas con la recolección, procesamiento y reutilización de residuos.

#### **1.4.4 Justificación ambiental**

Desde un enfoque ambiental, esta investigación busca mitigar el impacto negativo que generan los residuos de caucho y metal en los ecosistemas locales. Estos materiales, al no ser biodegradables, permanecen durante años en el medio ambiente, contaminando suelos, agua y aire. Al reutilizarlos en la fabricación de concreto, se reduce su volumen en vertederos y botaderos informales, contribuyendo a la protección del entorno natural. Además, esta propuesta alinea sus objetivos con los principios de sostenibilidad y economía circular, promoviendo prácticas constructivas responsables que disminuyan la huella ambiental del sector construcción. En la provincia de San Román, donde la gestión de residuos es un desafío constante, este proyecto representa una solución innovadora y de alto impacto para preservar el medio ambiente.

### **1.5 Hipótesis de la investigación**

#### **1.5.1 Hipótesis general**

Las propiedades de un concreto convencional modificado con adición de residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas en la provincia de San Román 2024, lograrán una mejora considerable.



### **1.5.2 Hipótesis específicas.**

1. El efecto de la aplicación de residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas conservarán la consistencia de la mezcla fresca de concreto convencional de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en la provincia de San Román 2024.
2. La incidencia de la adición de residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas mejorarán la resistencia a la compresión del concreto convencional.
3. La influencia de la incorporación de residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas incrementarán la resistencia a la flexión del concreto convencional de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en la provincia de San Román 2024.

### **1.6 Variables e indicadores.**

#### **1.6.1 Variable independiente**

Residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas

#### **1.6.2 Variable dependiente**

Propiedades del concreto convencional

#### **Indicadores:**

- Propiedades físicas
- Propiedades mecánicas



1.7 Variables del estudio

Tabla 1

Variables del estudio

Variable Independiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos De Medición
RESIDUOS DE CAUCHO Y TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS	Son desechos sólidos generados a partir de productos de uso cotidiano. Los residuos de caucho provienen principalmente de neumáticos en desuso y otros artículos fabricados con caucho sintético o natural.	Propiedades de residuos de caucho. Propiedades de las tapas metálicas.	Dosificación de los residuos de caucho. Dosificación de tapas metálicas.	Fichas de control de calidad de laboratorio
Variable Dependiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos De Medición
PROPIEDADES DEL CONCRETO	Las propiedades del concreto son características físicas, mecánicas y químicas que determinan su comportamiento y desempeño en aplicaciones constructivas.	Propiedades físicas. Propiedades mecánicas.	Limites. Succión.	Equipos y herramientas brindadas por el laboratorio de suelos.

Nota. Elaborado por el autor



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1 Antecedentes internacionales

Para, Retamozo Y Tecsi, (2024) en su trabajo titulado "Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto añadiendo caucho reciclado reforzado con fibras de polipropileno", La acumulación de desechos derivados del caucho en el medio ambiente es una problemática significativa, dado que anualmente se producen enormes cantidades de este material, el cual al final de su vida útil es desechado en vertederos. En respuesta a este desafío, muchos estudios se centran en encontrar maneras de reciclar y reutilizar los residuos de caucho, principalmente porque este material se caracteriza por su bajo peso y su notable elasticidad, propiedades que pueden ser aprovechadas para mejorar el rendimiento mecánico del concreto. La investigación que se presenta a continuación tuvo como objetivo evaluar cómo la incorporación de caucho reciclado, reforzado con fibras de polipropileno, influye en las propiedades estructurales del concreto. El estudio fue de carácter aplicado, con un enfoque cuantitativo y experimental. Se utilizaron un total de 210 muestras, de las cuales 30 sirvieron como grupo de control y las otras 180 como grupo experimental, en las cuales se añadió caucho reciclado junto con fibras de polipropileno en distintas proporciones. Para la recolección de datos, se emplearon técnicas de observación



directa y la utilización de hojas de registro en el laboratorio, con posterior análisis de los resultados a través del software SPSS, que permitió organizar y procesar la información obtenida durante las pruebas. Los resultados indicaron que la incorporación de un 5% de caucho reciclado mejoró las propiedades mecánicas del concreto, pero al incrementar el contenido de fibra de polipropileno en conjunto con el caucho reciclado, se observó una disminución en las características mecánicas, en comparación con las muestras que solo contenían el 5% de caucho y un 2% de fibra. En conclusión, el mejor desempeño en términos de propiedades mecánicas se logró con la combinación de 5% de caucho reciclado y 2% de fibra de polipropileno, lo que resalta el potencial de esta mezcla como una alternativa eficaz para la mejora de los materiales de construcción sostenibles.

Seguidamente, Wijatmiko et al., (2021) En este trabajo se investiga "Características de resistencia de latas de refrescos desperdiciadas como refuerzo de fibra en hormigón ligero" Los problemas relacionados con la resistencia a la flexión del hormigón ligero se han aliviado al incluir fibras en la mezcla. Al mismo tiempo, la industria contemporánea genera perpetuamente materiales de desecho. Este trabajo busca mejorar las propiedades de resistencia a la compresión y flexión del hormigón ligero mediante la incorporación de latas de refrescos recicladas como refuerzo de fibra. Se ha realizado un examen exhaustivo para evaluar la cantidad ideal de fracciones de fibras y la influencia de la morfología de las fibras en la resistencia mecánica del hormigón. Este estudio aclaró el impacto de varias fracciones (10%, 15% y 20% en volumen de concreto) y dos morfologías de fibras (enganchadas y recortadas) sobre la resistencia a la compresión y a la tracción dividida del concreto liviano. Los resultados experimentales del hormigón ligero cilíndrico se yuxtapusieron con los del hormigón ligero convencional. Los resultados indicaron que incluir un 10% de fibra condujo a una mejora del 23% en la resistencia a la tracción, mientras que la configuración en forma de gancho de la fibra aumentó la resistencia a la compresión en más del 40%. La incorporación de estaño reciclado mejoró las propiedades



mecánicas del hormigón ligero estándar; aun así, es posible que se requiera investigación adicional para perfeccionar los atributos de resistencia.

### **2.1.2 Antecedente nacional**

Para, Poma, (2020), su investigación titulada “Evaluación estructural de un pórtico de concreto con adición de tapas metálicas recicladas en S.J.L, Lima, 2018” El objetivo principal es evaluar el impacto de las tapas metálicas tipo corona recicladas en la integridad estructural de los marcos de hormigón armado. La metodología aceptada fue cuantitativa, clasificada como aplicada por su dependencia de resultados e hipótesis, y su diseño fue experimental al involucrar la manipulación de variables. Los resultados de laboratorio fueron satisfactorios, atribuidos a la dosificación precisa en la muestra número 3 (que contenía 20% de tapas metálicas tipo corona), la cual presentó un esfuerzo de compresión de 260,00 kg/cm<sup>2</sup> después de 28 días. La tensión de flexión o tracción para la muestra que contenía adición reciclada se registró en 53,1 kg/cm<sup>2</sup>; sin embargo, los desplazamientos laterales fueron menores que los del espécimen de referencia (sin aditivo reciclado), particularmente en la dirección que presenta mayor fluencia. La X mide 0,0050 cm y 0,00680 cm, respectivamente. La tensión de compresión alcanzada se considera aceptable debido a la inclusión de un aditivo que mejora las características, junto con la tensión de flexión. Los valores de desplazamiento lateral para ambas muestras fueron aceptables dentro de un rango de derivas de 0,005, presentando la muestra que contenía el aditivo reciclado un desplazamiento lateral reducido.

Para, Benavente, (2022) en su investigación titulada “Evaluación de propiedades mecánicas y físicas del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con adición de tapas metálicas tipo corona reciclado, Lima, 2022” El objetivo principal de este estudio fue evaluar en qué medida la incorporación de tapas metálicas tipo corona recicladas mejora las propiedades mecánicas y físicas del concreto con una resistencia a la compresión de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, Lima, 2022. Este estudio adoptó una metodología cuantitativa, clasificada como aplicada debido a su



dependencia de resultados e hipótesis, y utilizó un diseño experimental a medida que se modificaban las variables. Los resultados derivados de la incorporación de tapones reciclados de 10%, 20% y 30% fueron: El objetivo principal fue evaluar el impacto de los tapones metálicos tipo corona reciclados sobre la tensión de compresión, la cual alcanzó su máximo en la dosis número 3 (20% muestra), produciendo una tensión de compresión de 260,00 kg/cm<sup>2</sup> después de 28 días. El objetivo secundario fue evaluar el impacto de las tapas metálicas tipo corona recicladas sobre la tensión de flexión, medida en 53,1 kg/cm<sup>2</sup>. El tercer propósito particular fue evaluar el impacto de las tapas metálicas tipo corona recicladas en el asentamiento del concreto, que fue inferior al del espécimen de referencia (sin adición de reciclado), lo que indica una mayor fluencia con un 20% de residuos de caucho reemplazando al agregado grueso (piedra triturada). El uso de coronas metálicas tipo corona recicladas produce resultados positivos.

Finalmente, Reyes Y Rudas, (2024) nos dice que el presente estudio "Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto, adicionando fibras de caucho y fibras de algodón" La investigación investiga el aumento de los niveles de contaminación en el sector de la construcción y la posible incorporación de residuos de caucho y fibras de algodón en las formulaciones de hormigón. El objetivo era evaluar las características físicas y mecánicas del hormigón con este tipo específico de fibra. La metodología empleada fue un diseño experimental cuantitativo, incorporando probetas de concreto con proporciones de fibra de caucho de 0%, 2.5%, 5%, 10% y 15% en la mezcla inicial. cuyos porcentajes ideales se integraron en 0%, 2%, 4%, 6% y 8% de fibra de algodón. Los hallazgos indicaron que la mezcla de 210 kg/cm<sup>2</sup>, con un contenido óptimo de fibra de caucho del 2,5%, alcanzó una resistencia a la compresión de 236 kg/cm<sup>2</sup>, una resistencia a la flexión de 85 kg/cm<sup>2</sup>, un módulo de elasticidad de 255143,37 kg/cm<sup>2</sup> y una resistencia a la tracción. Fuerza de 25,55 MPa. La dosis óptima de 6% de algodón arrojó valores de resistencia a la compresión de 245 kg/cm<sup>2</sup>, resistencia a la flexión de 70 kg/cm<sup>2</sup>, módulo de elasticidad de 270.605,68 kg/cm<sup>2</sup> y resistencia a la tracción de 26,44 MPa. Para las



muestras de 280 kg/cm<sup>2</sup>, la dosis óptima de 2,5 % de fibra de caucho produjo módulos de compresión, flexión, elasticidad y tracción de 295 kg/cm<sup>2</sup>, 85 kg/cm<sup>2</sup>, 286633,54 kg/cm<sup>2</sup> y 20,75 Mpa, respectivamente; en contraste, la dosis óptima de 6% de fibra de algodón resultó en valores de 288 kg/cm<sup>2</sup>, 83 kg/cm<sup>2</sup>, 320865,53 kg/cm<sup>2</sup> y 28,98 Mpa, respectivamente. El hormigón reforzado con fibras supera las resistencias de diseño especificadas; sin embargo, no produce resultados superiores en comparación con el hormigón convencional.

### **2.1.3 Antecedente de ámbito local**

Para, (Vilca, (2024) su investigación titulada " Propiedades físicas y mecánicas del concreto modificado con residuos de caucho y plástico en zonas altoandinas, Juliaca - Puno 2021", El objetivo principal es evaluar las variaciones en las propiedades físicas y mecánicas del concreto mejorado con residuos de caucho y plástico en la región altoandina, específicamente Juliaca - Puno, en el año 2021. La metodología empleada fue del tipo método científico así: Metodologías experimentales Se emplearon tanto en la explicación como en el diseño. Se propuso un hormigón estándar con una resistencia a la compresión  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y un hormigón modificado incorporando caucho y plástico reciclado, sustituyendo un 5% (3% caucho y 2% plástico), un 10% (6% caucho y 4% plástico), y 15% (9% caucho y 6% plástico) del volumen de agregado grueso. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: El asentamiento ideal se logró con una variación del 5%, midiendo 6 cm; la densidad más baja registrada fue de 2273 kg/m<sup>3</sup> con una alteración del 15%; la mayor resistencia a la compresión alcanzó 190,4 kg/cm<sup>2</sup> con una modificación del 5%; y la resistencia máxima a flexión fue de 3,86 MPa, obtenida con un ajuste del 10%. El estudio indica que las propiedades físicas y mecánicas del hormigón modificado demuestran cambios ventajosos, como una menor densidad y una mayor resistencia a la flexión, al tiempo que presentan impactos negativos sobre el asentamiento y la resistencia a la compresión. El estudio concluyó que la modificación óptima del hormigón se logró con un 5% (3% caucho y 2% plástico).



## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1 Concreto convencional

El concreto convencional es un material de construcción compuesto principalmente por una mezcla de cemento, agua, agregados finos (arena) y agregados gruesos (grava o piedra). Es ampliamente utilizado en proyectos de ingeniería civil debido a su versatilidad, resistencia y facilidad de moldeo, lo que lo convierte en uno de los materiales más empleados en el mundo. La combinación de estos ingredientes, en proporciones adecuadas, genera una masa que, al endurecerse mediante un proceso químico conocido como hidratación, adquiere propiedades mecánicas que le permiten soportar diferentes tipos de cargas. (Bernaola & Guardapuclla, 2021)

El cemento, generalmente del tipo Portland, actúa como el aglutinante en el concreto convencional, formando una matriz que une a los agregados y proporciona cohesión al material. El agua juega un papel crucial no solo en el proceso de hidratación del cemento, sino también en la trabajabilidad del concreto fresco. Los agregados, que ocupan entre el 60 % y el 80 % del volumen total, son responsables de proporcionar resistencia, estabilidad y durabilidad al concreto. La proporción de los ingredientes puede variar dependiendo de los requisitos específicos de resistencia, durabilidad y condiciones ambientales del proyecto constructivo.

Entre las principales propiedades del concreto convencional destacan su resistencia a la compresión, durabilidad frente a condiciones ambientales adversas y trabajabilidad durante el proceso de mezclado, transporte y colocación. No obstante, el concreto convencional también tiene limitaciones, como su baja resistencia a la tracción, lo que usualmente requiere la incorporación de refuerzos, como barras de acero, para aplicaciones estructurales. Además, la producción de cemento Portland, componente esencial del concreto, genera una significativa emisión de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), lo que



ha impulsado la búsqueda de alternativas más sostenibles en la industria de la construcción.(Bernaola & Guardapuella, 2021)

El concreto convencional es fundamental para una amplia gama de aplicaciones, desde la construcción de edificaciones residenciales hasta infraestructuras de gran escala, como puentes, carreteras y represas. Su capacidad para ser moldeado en formas diversas antes de fraguar lo convierte en un material adaptable a múltiples necesidades arquitectónicas y estructurales. Sin embargo, la creciente preocupación por el impacto ambiental asociado con su producción y uso ha motivado el desarrollo de investigaciones que buscan mejorar su desempeño mediante la incorporación de materiales reciclados o aditivos especiales, manteniendo sus características esenciales.

### **2.2.1.1 Definición y composición del concreto**

El hormigón es un material compuesto muy utilizado en la construcción, resultado de la amalgama de diversos componentes que colaboran para crear una mezcla uniforme y duradera. Esta sustancia se define por su capacidad de endurecerse mediante un proceso químico llamado hidratación, en el que el cemento interactúa con el agua, creando una matriz rígida y sólida que le confiere sus cualidades mecánicas. El hormigón es vital en proyectos de ingeniería civil debido a su versatilidad, resistencia y capacidad de moldearse antes de fraguar, lo que lo hace apropiado para diversas aplicaciones estructurales, desde edificios residenciales hasta infraestructura extensa.(Bernaola & Guardapuella, 2021)

La formulación del concreto convencional comprende cuatro componentes principales: cemento, agua, partículas finas y agregados gruesos. El cemento, típicamente de la variedad Portland, sirve como aglutinante principal, fusionando los demás componentes mediante el proceso de hidratación. Este componente está formado por minerales como el silicato tricálcico y el aluminato tricálcico, que, al reaccionar con el agua, producen compuestos que imparten resistencia y cohesividad al hormigón. El agua es crucial no sólo para iniciar la hidratación del cemento sino también para impartir la



trabajabilidad necesaria para manejar la mezcla en su forma fresca. La proporción adecuada de agua y cemento es un determinante crítico de las características finales del concreto, incluidas su resistencia y durabilidad.

Los agregados comprenden del 60% al 80% de todo el volumen del concreto y se clasifican en tipos finos y gruesos. Los agregados finos, como la arena, ocupan los huecos entre las partículas más grandes, impartiendo cohesión y estabilidad a la combinación. Por el contrario, los agregados gruesos, incluida la grava o la piedra triturada, mejoran la resistencia y aumentan la rigidez del material. Estos materiales deben cumplir con criterios científicos que aseguren su calidad, incluyendo dimensiones, dureza y limpieza, ya que cualquier impureza podría afectar negativamente las cualidades del concreto. (Bernaola & Guardapuella, 2021)

Además de los componentes fundamentales, el concreto puede incorporar adiciones químicas y minerales que mejoren o alteren sus características según los requerimientos específicos del proyecto. Los aditivos pueden mejorar la resistencia al agua, aumentar la trabajabilidad o disminuir el tiempo de fraguado. La composición del hormigón se puede modificar para satisfacer las demandas estructurales, ambientales y económicas, asegurando su importancia continua como material fundamental en el sector de la construcción.

### **2.2.1.2 Propiedades físicas y mecánicas del concreto convencional**

El hormigón convencional posee varias cualidades físicas que dictan su rendimiento en diversos escenarios de uso. Una propiedad importante es su densidad, que depende de la mezcla y proporción de los componentes constituyentes. La densidad del hormigón estándar suele variar entre 2200 y 2500 kg/m<sup>3</sup>, lo que lo convierte en un material apropiado para soportar cargas estructurales sustanciales. Un atributo físico importante es la trabajabilidad, definida como la facilidad para mezclar, moldear y compactar el hormigón en su estado fresco. La trabajabilidad de una mezcla se ve afectada por el contenido de agua, el tipo de áridos y la incorporación de aditivos químicos, todo lo cual debe ser



calibrado meticulosamente para asegurar un rendimiento óptimo en la construcción. (Bernaola & Guardapuella, 2021)

- La resistencia a la compresión es una propiedad mecánica crítica del hormigón ordinario, ya que dicta la capacidad del material para soportar cargas sin fallar. Esta resistencia generalmente se cuantifica en megapascales (MPa) y fluctúa según el diseño de la mezcla, el tipo de cemento empleado y las circunstancias de curado. El hormigón estándar utilizado en estructuras típicas exhibe una resistencia a la compresión de entre 20 y 40 MPa; sin embargo, las formulaciones destinadas a fines especializados pueden alcanzar resistencias mucho mayores.
- La resistencia a la flexión es otro parámetro mecánico pertinente que evalúa la capacidad del hormigón para soportar tensiones de tracción inducidas por cargas transversales. A pesar de su limitada resistencia a la tracción, el hormigón se utiliza junto con elementos como el acero para crear estructuras de hormigón armado, lo que mejora su capacidad para soportar cargas. La durabilidad del hormigón es crucial, ya que afecta su capacidad para preservar sus cualidades mecánicas y físicas a lo largo del tiempo, incluso en circunstancias ambientales adversas como exposición química, ciclos de congelación y descongelación o temperaturas elevadas.
- Cualidades adicionales, como la permeabilidad y el tiempo de fraguado, influyen significativamente en la calidad y el rendimiento del hormigón típico. La permeabilidad, que denota la capacidad del hormigón para permitir el flujo de agua u otros fluidos, está intrínsecamente ligada a su durabilidad, ya que una permeabilidad disminuida mitiga el riesgo de corrosión en las estructuras reforzadas. El tiempo de fraguado, que es el tiempo necesario para que el hormigón pase de un estado plástico a uno sólido, influye en el ritmo de las actividades de construcción y en la gestión del material en la obra. Las características antes



mencionadas hacen del hormigón típico un material indispensable en la construcción, caracterizado por su facilidad de uso, durabilidad y versatilidad.

### 2.2.1.3 Usos y aplicaciones del concreto convencional

El hormigón convencional se encuentra entre los materiales de construcción más flexibles y utilizados a nivel mundial, debido a sus atributos mecánicos, físicos y económicos. Su capacidad para adaptarse a muchas formas y tamaños lo convierte en una opción óptima para una variedad de aplicaciones, desde construcciones residenciales hasta infraestructuras extensas. Su resistencia a la compresión, durabilidad y maleabilidad lo hacen esencial en proyectos de ingeniería civil, arquitectura y planificación urbana. (Bernaola & Guardapuella, 2021)

El hormigón convencional se utiliza ampliamente en la construcción de cimientos, columnas, losas y muros en el sector de la construcción. Estas estructuras proporcionan la base y el soporte para edificios residenciales, comerciales e industriales, aprovechando su capacidad para soportar cargas sustanciales y su resiliencia a las condiciones ambientales. Además, se utiliza en componentes decorativos y de acabado debido a su capacidad de asumir formas personalizadas antes de solidificarse (Arenas Condori, 2022).

El hormigón convencional es esencial en la construcción de puentes, carreteras, túneles y presas dentro de la infraestructura civil. Por ejemplo, en puentes y pavimentos se valora su durabilidad frente al desgaste y la compresión, mientras que en túneles y presas se reconoce su capacidad para soportar enormes presiones. Los proyectos de urbanización lo utilizan para la construcción de aceras, bordillos, alcantarillas y sistemas de drenaje, mejorando así la funcionalidad y el desarrollo de las ciudades.

El sector energético es otro ámbito importante donde se utiliza el hormigón en la construcción de estructuras que sostienen maquinaria pesada o que requieren resiliencia frente a condiciones ambientales adversas. Un caso ejemplar son las cimentaciones de

aerogeneradores y las plataformas de instalaciones hidroeléctricas, donde se emplea la durabilidad del material para garantizar la estabilidad y vida útil de estas estructuras.

El hormigón convencional se utiliza en aplicaciones de contención de fluidos, incluidos tanques de almacenamiento y canales de riego, debido a su baja permeabilidad y capacidades de prevención de fugas. Además, en las iniciativas de sostenibilidad, su integración con materiales reciclados ha creado nuevas oportunidades para promover prácticas de construcción ecológicamente responsables. (Armas & José, 2023)

En resumen, las aplicaciones del hormigón convencional abarcan numerosas áreas debido a su durabilidad, versatilidad y facilidad de producción. Su función esencial en el avance de proyectos estructurales y urbanos subraya su importancia como material indispensable en la construcción contemporánea.

### **2.2.2 Residuos de caucho y tapas metálicas**

Los residuos de tapas de caucho y metal constituyen una porción sustancial de los desechos sólidos no biodegradables producidos en todo el mundo, y su gestión y eliminación plantean una creciente preocupación ambiental. Si no se gestionan adecuadamente, estos elementos se acumulan en vertederos o entornos naturales, lo que provoca la contaminación del suelo, el agua y el aire. Sin embargo, por sus características físicas y químicas, poseen un importante potencial de reutilización en aplicaciones industriales, especialmente en la edificación, como agentes modificadores de materiales como el hormigón. (Armas & José, 2023)

#### **basura de caucho**

El caucho reciclado proviene principalmente de neumáticos desechados que han completado su vida útil. Este material se compone principalmente de polímeros de caucho natural y sintético, aumentados con aditivos químicos como negro de humo y azufre, que confieren cualidades como elasticidad, resistencia a la abrasión y durabilidad. Debido a estos atributos, el caucho reciclado se ha utilizado en varias aplicaciones, incluida su



integración en mezclas asfálticas, pisos deportivos y materiales de construcción, como el concreto.

El caucho granulado puede servir como sustituto parcial de los agregados finos o gruesos en el concreto. Investigaciones anteriores han demostrado que la incorporación de caucho al hormigón mejora su resistencia al impacto, su flexibilidad y su rendimiento frente a los ciclos de congelación y descongelación. No obstante, su utilización puede generar problemas específicos, incluida una reducción en la resistencia a la compresión, lo que requiere modificaciones en las proporciones de mezcla y una evaluación exhaustiva de su impacto en las propiedades mecánicas del material.

### **Tapas metálicas para bebidas**

Las tapas metálicas, a menudo compuestas de acero estañado o aluminio, constituyen importantes residuos sólidos resultantes del consumo extensivo de bebidas embotelladas. Estos desechos poseen un período de degradación prolongado, lo que amplifica sus efectos perjudiciales sobre el medio ambiente si no se reciclan o reutilizan. Su composición metálica los hace resistentes, duraderos y capaces de soportar cargas importantes, atributos utilizados en el negocio de la construcción. (Armas & José, 2023)

En aplicaciones prácticas, las tapas metálicas trituradas o intactas pueden servir como refuerzos suplementarios dentro de la matriz del material, mejorando la capacidad de absorción de tensiones mecánicas. Además, su integración puede disminuir la dependencia de los agregados tradicionales, fomentando la utilización de recursos recuperados y adhiriéndose a normas de sostenibilidad. Su baja densidad y excelente resistencia son particularmente ventajosas para edificios livianos o componentes prefabricados que buscan minimizar el peso manteniendo su funcionamiento.

En conclusión, los residuos de tapones de caucho y metal mal gestionados suponen un problema medioambiental y al mismo tiempo ofrecen una importante posibilidad de incorporación al sector de la construcción. El uso de este material en el hormigón convencional no sólo mitiga el efecto medioambiental, sino que también facilita



la exploración de características y aplicaciones novedosas que pueden avanzar en la creación de materiales más sostenibles e inventivos. (Armas & José, 2023)

### **2.2.2.1 Características de los residuos de caucho**

Los residuos de caucho, principalmente provenientes de neumáticos en desuso, son materiales no biodegradables que presentan propiedades físicas, químicas y mecánicas que los convierten en una alternativa viable para su reutilización en aplicaciones industriales y de construcción. Su composición y estructura les otorgan características particulares que han sido aprovechadas en diversos sectores para reducir el impacto ambiental asociado a su acumulación y disposición inadecuada.

#### **Composición química**

El caucho está compuesto mayoritariamente por polímeros de caucho natural y sintético, reforzados con una variedad de aditivos químicos. Entre los componentes principales destacan el negro de carbón, azufre, óxido de zinc y otros estabilizantes que mejoran sus propiedades mecánicas y de durabilidad. Estos compuestos hacen del caucho un material altamente resistente al desgaste, flexible y con una vida útil prolongada, lo que a su vez dificulta su degradación en el medio ambiente. Estas características químicas también contribuyen a su capacidad de soportar condiciones extremas de temperatura y exposición a agentes químicos, factores que lo convierten en un recurso interesante para su integración en materiales de construcción como el concreto. (Armas & José, 2023)

#### **Propiedades físicas**

Los residuos de caucho se destacan por su elasticidad, baja densidad y alta capacidad de absorción de impactos. Estas propiedades permiten que el caucho reciclado actúe como un modificador en mezclas de concreto, contribuyendo a la reducción de fisuras y al aumento de la flexibilidad del material. Además, su textura irregular y su capacidad para ser triturado en diferentes tamaños facilita su incorporación como reemplazo parcial de los agregados convencionales, como arena o grava, en la fabricación de concreto.

### **Propiedades mecánicas**

El caucho posee una resistencia significativa al desgaste, a la abrasión y a la compresión, lo que lo hace útil para aplicaciones donde se requiere un material capaz de absorber energía o resistir impactos. Sin embargo, cuando se incorpora al concreto, estas propiedades mecánicas pueden influir en la resistencia a la compresión y al módulo de elasticidad de la mezcla. Por ello, es fundamental diseñar proporciones óptimas para garantizar un equilibrio entre la flexibilidad y la resistencia del concreto modificado. (Armas & José, 2023)

### **Impacto ambiental y potencial de reciclaje**

Desde una perspectiva ambiental, los residuos de caucho representan una amenaza debido a su lenta degradación y la liberación de compuestos químicos en el suelo y el agua. Sin embargo, su alta durabilidad y estabilidad también los convierten en un recurso con un gran potencial de reciclaje. La reutilización del caucho en el concreto no solo reduce el volumen de desechos acumulados en vertederos, sino que también disminuye la explotación de recursos naturales al sustituir parcialmente los agregados tradicionales.

En conclusión, los residuos de caucho poseen características únicas que los hacen adecuados para su integración en mezclas de concreto, proporcionando beneficios como mayor elasticidad y resistencia al impacto, además de contribuir a la sostenibilidad ambiental. Estas propiedades refuerzan la viabilidad técnica y ambiental de utilizar caucho reciclado como un componente innovador en el sector de la construcción. (Armas & José, 2023)

#### **2.2.2.2 Características de las tapas metálicas de bebidas**

Las tapas metálicas de bebidas, comúnmente utilizadas para sellar botellas, son residuos sólidos generados masivamente debido al consumo global de bebidas embotelladas. Estas tapas, generalmente fabricadas con acero recubierto de estaño o aluminio, presentan características físicas, químicas y mecánicas que las convierten en



materiales con un alto potencial de reutilización en diversas aplicaciones, incluidas las relacionadas con la construcción. Sin embargo, cuando no son gestionadas adecuadamente, su acumulación genera un impacto negativo en el medio ambiente debido a su naturaleza no biodegradable.

### **Composición química**

Las tapas metálicas están compuestas principalmente de acero (en el caso de las tapas de botellas de vidrio) o aluminio (para botellas de plástico). En muchos casos, las tapas de acero están recubiertas con una fina capa de estaño para prevenir la corrosión y mejorar su durabilidad. Adicionalmente, pueden contener revestimientos de barniz o pintura que garantizan su resistencia a los líquidos contenidos en las botellas. Esta composición las hace resistentes a la oxidación en ambientes controlados y les otorga una vida útil prolongada en comparación con otros residuos metálicos. (Armas & José, 2023)

### **Propiedades físicas**

Las tapas metálicas son livianas, resistentes y tienen un tamaño reducido, lo que facilita su manejo y procesamiento durante el reciclaje. Su estructura rígida y compacta permite que sean trituradas o manipuladas en diversas formas para su reutilización. En el contexto de la construcción, estas propiedades físicas facilitan su incorporación como refuerzo en mezclas de concreto, ya sea en su forma original o procesada (triturada o cortada). Además, su alta densidad las hace adecuadas para incrementar la masa del concreto en aplicaciones donde se requiere mayor resistencia al peso.

### **Propiedades mecánicas**

Las tapas metálicas poseen una resistencia considerable a la compresión y a la tracción, derivada de la naturaleza del material base (acero o aluminio). Estas propiedades mecánicas son beneficiosas cuando se utilizan como refuerzo en concreto, ya que contribuyen a la mejora de la capacidad de absorción de cargas y al aumento de la resistencia a los impactos. Además, al ser materiales metálicos, pueden ayudar a reducir la formación de microfisuras dentro de la matriz del concreto, mejorando la durabilidad del material compuesto. (Armas & José, 2023)

### **Impacto ambiental y reciclaje**

Desde una perspectiva ambiental, las tapas metálicas de bebidas representan un residuo de alto volumen y lenta degradación en vertederos. Sin embargo, al ser 100 % reciclables, presentan un gran potencial para ser reutilizadas en nuevos procesos industriales. En la construcción, su incorporación en el concreto como un material reciclado no solo ayuda a reducir la acumulación de desechos metálicos, sino que también contribuye a disminuir la extracción de agregados naturales, promoviendo la sostenibilidad ambiental. (Armas & José, 2023)

En síntesis, las tapas metálicas de bebidas poseen características físicas y mecánicas que las hacen viables para aplicaciones en el sector construcción, especialmente como refuerzos o agregados en concreto. Su reutilización no solo proporciona beneficios técnicos, sino que también ofrece una solución ambiental sostenible al transformar un residuo problemático en un recurso útil para la industria de la construcción.

#### **2.2.2.3 Problemática ambiental de los residuos sólidos no biodegradables**

Los residuos sólidos no biodegradables constituyen una de las principales problemáticas ambientales de la actualidad debido a su persistencia en el medio ambiente y a los efectos negativos que generan en los ecosistemas y la salud humana. Estos materiales, como plásticos, caucho, metales y otros compuestos sintéticos, no se descomponen de manera natural a corto o mediano plazo, lo que provoca su acumulación en vertederos, ríos, océanos y áreas urbanas. Su presencia prolongada afecta la calidad del suelo, contamina cuerpos de agua, deteriora la biodiversidad y representa un desafío considerable para su manejo y disposición final. (Armas & José, 2023)

Uno de los impactos más significativos de los residuos sólidos no biodegradables es la contaminación del suelo y del agua. Los residuos de caucho, como los neumáticos, y los residuos metálicos, como las tapas de bebidas, liberan sustancias tóxicas cuando se degradan lentamente, lo que altera las propiedades del suelo y afecta su fertilidad. En



cuerpos de agua, estos materiales pueden liberar partículas contaminantes y contribuir a la degradación de los ecosistemas acuáticos. Además, la acumulación de residuos no biodegradables en espacios naturales afecta a la flora y fauna, ya que muchos animales pueden ingerir estos desechos, causando asfixia, inanición o intoxicación, lo que a su vez desequilibra los ecosistemas.

En las zonas urbanas, la acumulación de estos desechos tiene consecuencias sociales y sanitarias. Los residuos no biodegradables tienden a ocupar grandes espacios en vertederos, reduciendo el terreno disponible para otros fines, como la construcción de viviendas o áreas recreativas. Asimismo, cuando estos desechos se acumulan en botaderos a cielo abierto, favorecen la proliferación de vectores de enfermedades, como mosquitos y roedores, que transmiten enfermedades infecciosas. Por otro lado, la quema de residuos sólidos no biodegradables, como plásticos y caucho, emite gases tóxicos que contribuyen a la contaminación atmosférica y representan un riesgo para la salud respiratoria de las comunidades cercanas. (Armas & José, 2023)

La gestión de residuos sólidos no biodegradables enfrenta desafíos importantes. En muchos países, especialmente en aquellos en vías de desarrollo, la falta de infraestructura para la recolección, clasificación y reciclaje de estos materiales limita su aprovechamiento. Además, la baja conciencia ambiental y la falta de políticas públicas efectivas agravan el problema, perpetuando prácticas inadecuadas de disposición final, como el vertido en ríos o la incineración al aire libre. Estos factores dificultan la implementación de estrategias sostenibles que puedan mitigar el impacto ambiental de estos residuos.

Sin embargo, los residuos no biodegradables también representan una oportunidad para la innovación y la sostenibilidad. Su reutilización en procesos industriales, como la fabricación de materiales de construcción, puede transformar un desafío ambiental en una solución productiva. Por ejemplo, la incorporación de caucho y tapas metálicas en mezclas de concreto no solo reduce la acumulación de desechos, sino que también promueve prácticas más responsables y sostenibles en sectores clave como el de la construcción.

En conclusión, la problemática ambiental de los residuos sólidos no biodegradables es un desafío complejo que requiere acciones integrales. Su persistencia en el medio ambiente y los múltiples impactos negativos que generan demandan estrategias que combinen la educación ambiental, la implementación de políticas públicas y la innovación tecnológica. Transformar estos desechos en recursos aprovechables no solo mitigará sus efectos negativos, sino que también contribuirá al desarrollo de una economía circular que beneficie tanto al medio ambiente como a las comunidades. (Armas & José, 2023)

### **2.2.3 Concreto modificado con adición de materiales reciclados**

El concreto modificado con adición de materiales reciclados es un tipo de concreto convencional al que se le incorporan residuos sólidos como reemplazo parcial de los componentes tradicionales, con el propósito de mejorar ciertas propiedades mecánicas, reducir costos y promover prácticas sostenibles en la construcción. Este enfoque innovador busca integrar la reutilización de materiales como plásticos, caucho, metales y vidrios en la mezcla del concreto, disminuyendo la dependencia de recursos naturales y contribuyendo a la economía circular en el sector construcción.

Una de las características principales del concreto modificado con materiales reciclados es su capacidad para reducir el impacto ambiental de los residuos sólidos. Al utilizar materiales como caucho triturado, tapas metálicas de bebidas, plástico reciclado o vidrio molido, se disminuye la acumulación de desechos en vertederos y espacios naturales. Además, esta estrategia ayuda a mitigar la explotación de recursos como arena y grava, cuyos procesos de extracción tienen un impacto significativo en el medio ambiente. Este tipo de concreto se posiciona como una alternativa sostenible que combina funcionalidad estructural con un enfoque de conservación ambiental. (Armas & José, 2023)

Desde una perspectiva técnica, la adición de materiales reciclados puede modificar diversas propiedades del concreto. Por ejemplo, la incorporación de caucho triturado como reemplazo parcial de los agregados finos puede mejorar la resistencia al impacto y la flexibilidad, aunque podría reducir ligeramente la resistencia a la compresión. Por otro lado,



las tapas metálicas de bebidas trituradas o enteras pueden actuar como refuerzo interno, mejorando la capacidad del concreto para absorber esfuerzos mecánicos. Estos cambios en las propiedades requieren ajustes precisos en las proporciones de mezcla y pruebas exhaustivas para garantizar que el material resultante cumpla con los estándares de calidad y seguridad estructural.

En términos económicos, el concreto modificado con materiales reciclados ofrece una opción más accesible, especialmente en regiones donde los costos de los materiales tradicionales son elevados. Al aprovechar desechos locales como materia prima, se reduce la necesidad de transportar agregados desde largas distancias, lo que disminuye los costos logísticos y la huella de carbono asociada. Además, este enfoque promueve el desarrollo de nuevas cadenas de valor relacionadas con la recolección, procesamiento y comercialización de residuos reciclados, generando oportunidades económicas para las comunidades locales. (Aquino Carreon, 2021)

El concreto modificado también tiene un impacto positivo en la percepción social del manejo de residuos. Su implementación fomenta la conciencia ambiental entre los actores de la industria de la construcción y la sociedad en general, mostrando que los desechos pueden transformarse en recursos valiosos. Asimismo, impulsa el desarrollo de políticas y normativas que incentiven el uso de materiales reciclados en proyectos de infraestructura pública y privada, alineándose con los objetivos globales de sostenibilidad y reducción de residuos. (Aquino Carreon, 2021)

En resumen, el concreto modificado con adición de materiales reciclados representa una alternativa viable y sostenible para la industria de la construcción. Su capacidad para integrar materiales reciclados sin comprometer la funcionalidad estructural, junto con sus beneficios económicos y ambientales, lo posiciona como una solución innovadora frente a los desafíos actuales relacionados con el manejo de residuos sólidos y la sostenibilidad en el sector. Este enfoque, si se implementa adecuadamente, puede contribuir significativamente a la preservación del medio ambiente y a la optimización de recursos en el ámbito de la construcción.

### 2.2.3.1 Concepto de concreto modificado

El concreto modificado es una variante del concreto convencional en la que se alteran o mejoran sus propiedades físicas, mecánicas y químicas mediante la incorporación de aditivos, materiales reciclados o tecnologías avanzadas. Este tipo de concreto es diseñado específicamente para cumplir con requerimientos particulares de resistencia, durabilidad o sostenibilidad, dependiendo de las necesidades del proyecto constructivo. Su objetivo principal es optimizar el desempeño del material, ya sea mejorando su funcionalidad o reduciendo su impacto ambiental, sin comprometer su calidad estructural.(Aquino Carreon, 2021)

Una de las formas más comunes de modificar el concreto es mediante la adición de materiales reciclados, como caucho triturado, tapas metálicas, plástico reciclado o vidrio molido. Estos componentes actúan como reemplazos parciales de los agregados finos o gruesos tradicionales, lo que no solo permite reducir el uso de recursos naturales, sino que también aprovecha residuos sólidos que, de otro modo, terminarían acumulándose en el medio ambiente. Este enfoque no solo fomenta prácticas sostenibles, sino que también abre nuevas posibilidades en el diseño de mezclas que puedan satisfacer criterios específicos de resistencia, flexibilidad o aislamiento térmico.(Aquino Carreon, 2021)

El concreto modificado también puede incluir aditivos químicos y minerales que alteren sus propiedades en estado fresco o endurecido. Por ejemplo, se pueden utilizar superplastificantes para mejorar la trabajabilidad sin aumentar la cantidad de agua, o fibras sintéticas para incrementar la resistencia a la tracción y al impacto. Estas modificaciones permiten adaptar el concreto a diferentes condiciones ambientales, cargas estructurales o tiempos de ejecución en obra, ofreciendo una mayor versatilidad en comparación con el concreto convencional.

Además de sus beneficios técnicos, el concreto modificado tiene un importante valor ambiental y económico. Al incorporar materiales reciclados o aditivos innovadores, se contribuye a la reducción de la huella de carbono asociada a la construcción y se disminuyen los costos derivados de la extracción de recursos naturales y la disposición de

residuos. En este sentido, el concreto modificado representa una solución práctica para integrar los principios de sostenibilidad en proyectos de infraestructura, al mismo tiempo que se mantiene el rendimiento óptimo del material.(Aquino Carreon, 2021)

En conclusión, el concreto modificado es un material diseñado para superar las limitaciones del concreto convencional mediante la integración de tecnologías, materiales y enfoques innovadores. Su capacidad para combinar funcionalidad estructural con beneficios ambientales y económicos lo posiciona como una herramienta clave en la transición hacia prácticas constructivas más sostenibles y responsables.

### **2.2.3.2 Efecto de la adición de residuos de caucho en el concreto**

La incorporación de residuos de caucho en el concreto, generalmente en forma de caucho triturado o en partículas, ha sido objeto de numerosos estudios debido a su potencial para modificar las propiedades físicas, mecánicas y de durabilidad del material. Este enfoque busca aprovechar las características únicas del caucho, como su elasticidad, resistencia al impacto y capacidad de absorción de energía, para desarrollar mezclas de concreto que cumplan con requerimientos específicos en la industria de la construcción, al tiempo que contribuyen a la gestión sostenible de residuos sólidos.

#### **Efecto en las propiedades físicas**

El uso de caucho como reemplazo parcial de los agregados finos o gruesos en el concreto afecta notablemente su densidad y trabajabilidad. La densidad del concreto modificado con caucho tiende a disminuir debido a la baja densidad inherente del caucho en comparación con los agregados tradicionales, lo que puede ser ventajoso en aplicaciones donde se requiere un material ligero, como paneles prefabricados o elementos no estructurales. Sin embargo, la trabajabilidad del concreto puede verse reducida debido a la textura rugosa de las partículas de caucho, lo que puede requerir ajustes en la proporción de agua o el uso de aditivos superplastificantes para facilitar su manipulación.(Aquino Carreon, 2021)



### **Efecto en las propiedades mecánicas**

En términos de resistencia mecánica, la adición de caucho al concreto puede tener efectos tanto positivos como negativos. Por un lado, el caucho mejora la resistencia al impacto y la capacidad de absorción de energía del material, lo que lo hace ideal para aplicaciones donde se espera una carga dinámica o impactos frecuentes, como pavimentos, barreras de seguridad y estructuras de protección. Además, la elasticidad del caucho contribuye a una mayor capacidad del concreto para resistir agrietamientos bajo tensiones térmicas o mecánicas. (Aquino Carreon, 2021)

Por otro lado, se ha observado que la resistencia a la compresión del concreto disminuye con el incremento de la proporción de caucho en la mezcla. Esto se debe a que el caucho actúa como un agregado más blando en comparación con los agregados tradicionales, lo que reduce la capacidad del material para soportar cargas axiales. Para minimizar este efecto, se recomienda limitar la proporción de caucho en la mezcla y complementar con técnicas de diseño que optimicen la distribución de partículas en la matriz del concreto. (Aquino Carreon, 2021)

### **Efecto en la durabilidad**

El caucho también tiene un impacto positivo en la durabilidad del concreto, especialmente en su resistencia a ciclos de congelación y descongelación, así como en su capacidad para resistir la penetración de agua y agentes químicos agresivos. Estas propiedades son especialmente relevantes en climas extremos o en estructuras expuestas a ambientes corrosivos, como puentes, muelles o pavimentos urbanos. Además, la presencia de caucho en el concreto puede mejorar su desempeño acústico y térmico, reduciendo la transmisión de vibraciones y mejorando el aislamiento térmico en edificios.

### **Conclusión**

La adición de residuos de caucho al concreto ofrece una solución innovadora y sostenible para gestionar este tipo de residuos sólidos, al tiempo que proporciona beneficios técnicos específicos en ciertas aplicaciones constructivas. No obstante, su implementación requiere un diseño cuidadoso de la mezcla para equilibrar las ventajas de

la elasticidad y durabilidad con las posibles disminuciones en resistencia a la compresión. Esta estrategia no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental, sino que también amplía las posibilidades de aplicación del concreto en proyectos especializados. (Aquino Carreon, 2021)

### **2.2.3.3 Efecto de la adición de tapas metálicas en el concreto**

La incorporación de tapas metálicas recicladas en el concreto ha despertado interés como una estrategia innovadora para mejorar las propiedades mecánicas del material y promover el aprovechamiento sostenible de residuos sólidos. Estas tapas, fabricadas principalmente de acero recubierto de estaño o aluminio, pueden actuar como agregados o refuerzos internos en la matriz del concreto, aportando ventajas técnicas y contribuyendo a la mitigación de la problemática ambiental asociada con su acumulación en el medio ambiente. (Aquino Carreon, 2021)

#### **Efecto en las propiedades físicas**

La adición de tapas metálicas trituradas o en piezas enteras modifica la densidad del concreto. Debido a la alta densidad del metal en comparación con los agregados tradicionales, el concreto con tapas metálicas tiende a ser más pesado, lo que puede ser beneficioso en aplicaciones donde se requiere mayor masa, como bases de maquinarias pesadas o estructuras de soporte en infraestructuras industriales. Por otro lado, el tamaño y la forma de las tapas influyen en la trabajabilidad del concreto. Si las tapas no están adecuadamente trituradas o distribuidas, pueden dificultar el mezclado y la colocación del concreto, lo que hace necesario optimizar las proporciones y el diseño de la mezcla. (Aquino Carreon, 2021)

#### **Efecto en las propiedades mecánicas**

Uno de los principales beneficios de incorporar tapas metálicas en el concreto es la mejora en su resistencia a esfuerzos mecánicos, como la compresión y la tracción. Las tapas metálicas, al actuar como refuerzos internos, contribuyen a una mejor distribución

de las cargas aplicadas sobre el concreto, reduciendo la formación de fisuras y mejorando la capacidad de absorción de energía del material. Esto es particularmente relevante en aplicaciones donde el concreto está expuesto a cargas dinámicas o impactos frecuentes, como en pavimentos, barreras de contención y estructuras sometidas a vibraciones constantes. (Aquino Carreon, 2021)

Además, la adición de tapas metálicas puede incrementar la resistencia a la flexión del concreto, haciéndolo más adecuado para elementos estructurales que requieren mayor rigidez, como vigas y losas. Sin embargo, es importante tener en cuenta que una incorporación excesiva de tapas metálicas podría generar concentraciones de tensión en la matriz del concreto, comprometiendo su integridad. Por ello, es esencial diseñar mezclas balanceadas que maximicen los beneficios sin afectar negativamente las propiedades generales del material.

### **Efecto en la durabilidad**

Desde el punto de vista de la durabilidad, las tapas metálicas pueden mejorar la resistencia del concreto a la formación de grietas, ya que actúan como barreras internas que dificultan la propagación de fisuras. Sin embargo, su incorporación también presenta retos relacionados con la corrosión. En ambientes húmedos o con exposición a agentes químicos agresivos, el metal puede oxidarse, lo que podría afectar la integridad del concreto a largo plazo. Para mitigar este riesgo, es posible recubrir las tapas metálicas con capas protectoras o incorporar aditivos que reduzcan la permeabilidad del concreto y minimicen la exposición al agua y al oxígeno. (Aquino Carreon, 2021)

### **Conclusión**

La adición de tapas metálicas al concreto ofrece una solución viable para mejorar propiedades mecánicas específicas, como la resistencia a la tracción y la flexión, y representa una alternativa sostenible para el manejo de residuos sólidos metálicos. No obstante, su implementación requiere un diseño cuidadoso de la mezcla y consideraciones sobre la durabilidad, especialmente en ambientes susceptibles a la corrosión. Esta estrategia no solo contribuye al desarrollo de materiales de construcción innovadores, sino



que también refuerza el compromiso con la sostenibilidad en el sector construcción, al transformar un desecho problemático en un recurso útil y funcional.

### **2.2.4 Gestión sostenible de residuos sólidos en la construcción**

Este enfoque busca transformar los residuos en recursos valiosos para la industria, contribuyendo a la sostenibilidad del sector construcción y alineándose con los principios de economía circular. En el contexto actual, donde el crecimiento de las actividades constructivas genera una alta cantidad de desechos sólidos, estas prácticas son esenciales para enfrentar los desafíos ambientales y sociales asociados. (Aquino Carreon, 2021)

#### **Reducción de residuos en la construcción**

Una de las principales estrategias de gestión sostenible es la reducción en la generación de residuos desde las etapas iniciales de un proyecto constructivo. Esto implica un diseño eficiente que minimice el desperdicio de materiales, el uso de tecnologías avanzadas como la prefabricación y la impresión 3D, y la optimización de procesos en obra. La implementación de prácticas como el diseño modular y el uso racional de recursos permite disminuir significativamente la cantidad de desechos producidos durante la construcción y el desmantelamiento de estructuras. (Asto Garcia, 2020)

#### **Reutilización y reciclaje de materiales**

La reutilización y el reciclaje son pilares fundamentales en la gestión sostenible de residuos en la construcción. Los materiales reciclados, como residuos de caucho, tapas metálicas, plásticos, madera y concreto demolido, pueden ser reincorporados, los residuos de caucho y tapas metálicas pueden integrarse en la fabricación de concreto modificado, mejorando propiedades específicas del material y reduciendo la acumulación de desechos no biodegradables en vertederos.

El reciclaje también fomenta la creación de nuevas cadenas de valor, generando oportunidades económicas en actividades como la recolección, procesamiento y comercialización de materiales reciclados. En este sentido, la gestión sostenible no solo beneficia al medio ambiente, sino que también impulsa el desarrollo de economías locales

y la generación de empleo en comunidades cercanas a proyectos de construcción. (Asto Garcia, 2020)

### **Beneficios ambientales y económicos**

La gestión sostenible de residuos sólidos contribuye a mitigar los efectos negativos de las actividades de construcción en el medio ambiente. Al reducir la cantidad de desechos enviados a vertederos, se disminuyen las emisiones de gases de efecto invernadero, se preservan los recursos naturales y se evita la contaminación del suelo y el agua. Además, al utilizar materiales reciclados, se disminuyen los costos asociados con la adquisición y transporte de materiales vírgenes, lo que hace que los proyectos sean más rentables desde una perspectiva económica.

### **Implementación de políticas y normativas**

La adopción de políticas y normativas que promuevan la gestión sostenible de residuos en la construcción es crucial para garantizar su implementación efectiva. Estas políticas deben incluir incentivos para el uso de materiales reciclados, requisitos para la gestión adecuada de los desechos en obra y el establecimiento de estándares de calidad para productos reciclados. Asimismo, es fundamental fomentar la educación y la capacitación en sostenibilidad para todos los actores involucrados en el sector, desde diseñadores y constructores hasta responsables de políticas públicas.

### **Conclusión**

La gestión sostenible de residuos sólidos en la construcción no solo responde a la necesidad de mitigar el impacto ambiental del sector, sino que también representa una oportunidad para innovar y transformar los procesos constructivos. Al integrar estrategias como la reducción, reutilización y reciclaje, es posible desarrollar materiales más sostenibles, optimizar los recursos y contribuir a un futuro más equilibrado entre el desarrollo económico y la preservación del medio ambiente. (Asto Garcia, 2020)



### **2.2.4.1 Economía circular en el sector construcción**

La economía circular en el sector construcción es un modelo sostenible que busca optimizar el uso de recursos y materiales a lo largo de todo el ciclo de vida de los proyectos constructivos. Este enfoque se basa en tres principios fundamentales: reducir el consumo de recursos naturales, reutilizar materiales y residuos, y reciclar al final de su vida útil, cerrando así el ciclo de los materiales para minimizar los desechos y su impacto ambiental. La implementación de la economía circular en la construcción representa una oportunidad significativa para transformar una industria tradicionalmente intensiva en recursos en un motor de sostenibilidad y desarrollo responsable. (Asto Garcia, 2020)

#### **Reducción del consumo de recursos**

Por ejemplo, el uso de tecnologías avanzadas como el modelado de información de construcción (BIM) permite planificar proyectos con mayor precisión, evitando sobrecostos y reduciendo la generación de residuos.

Además, este enfoque promueve la incorporación de materiales tradicionales por alternativas sostenibles, como el uso de concreto modificado con residuos reciclados, incluyendo caucho triturado y tapas metálicas, que no solo disminuyen la extracción de recursos naturales, sino que también reducen los desechos acumulados en el medio ambiente.

#### **Reutilización de materiales y componentes**

La reutilización es un pilar esencial de la economía circular en la construcción. Implica dar una segunda vida a los materiales y componentes que, de otro modo, serían descartados. Elementos como estructuras metálicas, bloques de concreto y madera pueden ser recuperados y reutilizados en nuevos proyectos, reduciendo significativamente la demanda de materiales vírgenes. Asimismo, los residuos de caucho y tapas metálicas recicladas pueden ser incorporados en mezclas de concreto, mejorando sus propiedades específicas y fomentando la innovación en materiales de construcción. (Asto Garcia, 2020)

Este enfoque fomenta la creación de nuevas cadenas de valor y oportunidades de empleo en actividades relacionadas con la recuperación, clasificación y procesamiento de materiales.

### **Reciclaje y valorización de residuos**

El reciclaje es otro componente clave de la economía circular, especialmente en un sector como el de la construcción, que genera una gran cantidad de desechos sólidos. Materiales como el concreto demolido, el caucho y el metal pueden ser reciclados y transformados en nuevos productos para su uso en proyectos constructivos. Por ejemplo, los residuos de concreto pueden ser triturados y reutilizados como agregados en nuevas mezclas, mientras que los metales reciclados pueden emplearse como refuerzos en elementos estructurales. (Asto Garcia, 2020)

La valorización de residuos permite cerrar el ciclo de los materiales, transformándolos en recursos útiles en lugar de desechos. Esto no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental, sino que también impulsa la innovación en el diseño y uso de materiales en el sector construcción.

### **Beneficios ambientales y económicos**

La adopción de un enfoque de economía circular en la construcción ofrece múltiples beneficios. Desde una perspectiva ambiental, disminuye la generación de residuos y protege los ecosistemas. Económicamente, promueve la eficiencia en el uso de recursos, reduce los costos operativos y genera nuevas oportunidades de negocio relacionadas con la recuperación y reciclaje de materiales. (Asto Garcia, 2020)

### **Desafíos e implementación**

A pesar de sus beneficios, la implementación de la economía circular en la construcción enfrenta desafíos, como la falta de normativas específicas, la resistencia al cambio en el sector y la necesidad de desarrollar tecnologías y procesos más eficientes. Para superar estas barreras, es fundamental establecer políticas públicas que incentiven

la economía circular, fomentar la educación y capacitación de los actores del sector y promover la investigación e innovación en materiales y procesos constructivos.

#### **2.2.4.2 Reutilización de residuos como alternativa sostenible**

La reutilización de residuos en el sector construcción se ha convertido en una alternativa sostenible para enfrentar la creciente problemática de la acumulación de desechos sólidos. Este enfoque promueve la transformación de materiales que tradicionalmente serían descartados en recursos útiles, lo que no solo reduce la presión sobre los vertederos y los ecosistemas, sino que también contribuye a la conservación de recursos naturales y al desarrollo de una economía circular. En la construcción, la reutilización de residuos, como caucho triturado, tapas metálicas, plástico y concreto demolido, ofrece una solución innovadora y práctica para mitigar los impactos ambientales asociados a la actividad constructiva. (Asto Garcia, 2020)

##### **Ventajas de la reutilización de residuos**

La reutilización de residuos presenta múltiples beneficios desde perspectivas ambientales, económicas y técnicas. En términos ambientales, permite reducir la generación de residuos sólidos, disminuyendo la contaminación del suelo, agua y aire. Además, contribuye a la conservación de recursos naturales al sustituir materiales vírgenes como la arena y la grava, cuya extracción genera impactos negativos en los ecosistemas.

Desde un punto de vista económico, la reutilización de residuos puede reducir los costos de adquisición y transporte de materiales, especialmente en proyectos donde estos residuos están disponibles localmente. También fomenta la creación de nuevas cadenas de valor relacionadas con la recolección, procesamiento y comercialización de materiales reciclados, generando empleo y oportunidades económicas para las comunidades.

##### **Reutilización en el sector construcción**

En la construcción, los residuos pueden ser incorporados como materia prima en una variedad de aplicaciones. Por ejemplo, el caucho triturado, proveniente de neumáticos en desuso, puede ser utilizado como reemplazo parcial de agregados en mezclas de



concreto, mejorando propiedades como la resistencia al impacto y la elasticidad. De manera similar, las tapas metálicas recicladas pueden actuar como refuerzos internos en el concreto, aumentando su capacidad de resistencia a la tracción y la flexión. (Asto Garcia, 2020)

Otros ejemplos incluyen el uso de concreto demolido triturado como agregados en nuevas mezclas, la reutilización de madera para elementos decorativos o estructurales, y el empleo de plástico reciclado como componentes de aislamiento térmico o elementos prefabricados. Estas aplicaciones no solo aprovechan los residuos, sino que también contribuyen a la innovación en materiales de construcción.

### **Retos y oportunidades**

A pesar de sus beneficios, la reutilización de residuos enfrenta desafíos técnicos y logísticos. Algunos materiales requieren procesamiento adicional para cumplir con los estándares de calidad y seguridad estructural, lo que puede incrementar los costos iniciales. Además, la falta de normativas claras y la resistencia al cambio en el sector construcción pueden limitar la adopción de estas prácticas. Sin embargo, estas barreras pueden ser superadas mediante la implementación de políticas públicas que incentiven la reutilización, la promoción de tecnologías avanzadas de reciclaje y la educación de los actores involucrados en el sector.

### **Sostenibilidad a largo plazo**

La reutilización de residuos en la construcción no solo aborda los problemas inmediatos relacionados con la gestión de desechos, sino que también contribuye a la sostenibilidad a largo plazo del sector. Al transformar residuos en recursos, se promueve una transición. (Asto Garcia, 2020)

### **Conclusión**

La reutilización de residuos como alternativa sostenible representa una oportunidad significativa para reducir el impacto ambiental del sector construcción, optimizar el uso de recursos y generar beneficios económicos. Este enfoque, si se implementa de manera efectiva, puede transformar la percepción de los residuos de materiales problemáticos a

recursos valiosos, promoviendo un equilibrio entre el desarrollo económico y la preservación ambiental. La reutilización no solo es una necesidad actual, sino también una herramienta clave para construir un futuro más sostenible.

#### **2.2.4.3 Beneficios ambientales de la integración de residuos en el concreto**

La integración de residuos sólidos en el concreto como materiales reciclados representa una solución innovadora y sostenible para enfrentar los desafíos ambientales asociados con la acumulación de desechos. Este enfoque no solo permite gestionar de manera más eficiente residuos como caucho, tapas metálicas, plásticos y concreto demolido, sino que también reduce el impacto ambiental generado por las actividades de construcción y la producción de materiales vírgenes. Los beneficios ambientales de esta práctica abarcan aspectos como la reducción de desechos. (Asto Garcia, 2020)

##### **Reducción de residuos sólidos en vertederos**

Uno de los principales beneficios de incorporar residuos en el concreto es la disminución de la acumulación de desechos sólidos en vertederos y espacios naturales. Residuos como caucho triturado y tapas metálicas, que tardan décadas o incluso siglos en degradarse, pueden ser reutilizados como agregados en mezclas de concreto, evitando que se conviertan en fuentes de contaminación del suelo, agua y aire. Esta práctica contribuye a aliviar la presión sobre los sistemas de gestión de residuos y previene la degradación ambiental causada por la disposición inadecuada de desechos.

##### **Conservación de recursos naturales**

La integración de residuos en el concreto reduce la demanda de materiales vírgenes como arena, grava y piedra triturada, cuya extracción tiene un impacto significativo en los ecosistemas. Al sustituir parcialmente estos recursos con materiales reciclados, se minimiza la explotación de canteras y ríos, preservando hábitats naturales y reduciendo la erosión del suelo. Este enfoque promueve un uso más eficiente y sostenible de los recursos naturales, alineándose con los principios de la economía circular. (Asto Garcia, 2020)

### **Disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero**

La producción de cemento, un componente clave del concreto, es una de las mayores fuentes de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la industria de la construcción. Al incorporar residuos reciclados en el concreto, se puede reducir la cantidad de cemento necesaria en las mezclas, disminuyendo así las emisiones asociadas a su fabricación. Además, el uso de materiales reciclados locales en lugar de transportarlos desde largas distancias contribuye a reducir la huella de carbono general de los proyectos constructivos.

### **Mitigación de la contaminación**

Residuos como el caucho y las tapas metálicas pueden liberar sustancias tóxicas al medio ambiente si no se gestionan adecuadamente. Integrarlos en el concreto encapsula estos materiales dentro de una matriz sólida, evitando que sus componentes químicos contaminen el suelo o los cuerpos de agua. Esta práctica convierte materiales potencialmente peligrosos en elementos útiles y seguros dentro de las estructuras de construcción. (Asto Garcia, 2020)

### **Impulso a la sostenibilidad en la construcción**

La incorporación de residuos en el concreto fomenta la transición hacia prácticas más sostenibles en el sector construcción. Al transformar desechos en recursos útiles, se promueve un enfoque más responsable y consciente del impacto ambiental de las actividades constructivas. Esto también estimula la innovación en materiales y tecnologías, lo que puede generar un efecto multiplicador positivo en toda la industria.

## **2.3 Marco teórico conceptual**

### **2.3.1 *Modelo teórico de incorporación de residuos en materiales de construcción***

El modelo teórico de incorporación de residuos en materiales de construcción se basa en los principios de sostenibilidad y economía circular, proponiendo la integración de desechos sólidos como componentes alternativos en la producción de materiales



constructivos. Este enfoque busca reducir la dependencia de recursos naturales, minimizar la acumulación de residuos en el medio ambiente y mejorar las propiedades de los materiales mediante la reutilización de elementos como caucho, metales, plásticos y vidrio. El modelo considera factores como la viabilidad técnica, el impacto ambiental y la rentabilidad económica, fomentando el desarrollo de soluciones innovadoras que transformen los residuos en recursos valiosos dentro del ciclo productivo de la construcción. (Asto Garcia, 2020)

### **2.3.2 Relación entre residuos reciclados y propiedades del concreto**

La incorporación de residuos reciclados en el concreto modifica de manera significativa sus propiedades físicas, mecánicas y químicas, dependiendo del tipo de residuo, la cantidad incorporada y la forma en que se integra en la mezcla. Residuos como caucho triturado, tapas metálicas, plástico reciclado y concreto demolido se utilizan como reemplazos parciales de agregados finos o gruesos, o como refuerzos internos, generando un impacto directo en la resistencia, durabilidad, trabajabilidad y densidad del material. Por ejemplo, el caucho mejora la elasticidad y la resistencia al impacto del concreto, mientras que las tapas metálicas pueden incrementar su capacidad para resistir esfuerzos de tracción y flexión. Aunque algunos residuos pueden reducir ligeramente la resistencia a la compresión, el diseño adecuado de las mezclas y el uso de aditivos permiten equilibrar estas limitaciones, promoviendo el desarrollo de un concreto funcional y sostenible. La relación entre los residuos reciclados y las propiedades del concreto refleja un enfoque innovador que combina eficiencia técnica con beneficios ambientales, ampliando las posibilidades de aplicación en proyectos constructivos. (Bedoya et al., 2018)

### **2.3.3 Teoría de sostenibilidad aplicada a la construcción**

La teoría de sostenibilidad aplicada a la construcción se fundamenta en la integración de prácticas y procesos que minimicen el impacto ambiental, optimicen el uso de recursos y promuevan beneficios sociales y económicos en el sector. Este enfoque



considera el ciclo de vida completo de las infraestructuras, desde el diseño y la selección de materiales hasta la construcción, operación y eventual demolición. En este marco, la utilización de residuos reciclados en materiales constructivos, como el concreto, es una estrategia clave para reducir la huella ambiental y fomentar una economía circular. La teoría también enfatiza la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, minimizar la generación de desechos y preservar los recursos naturales mediante tecnologías innovadoras, normativas ambientales efectivas y educación en sostenibilidad. Aplicar esta teoría en la construcción permite avanzar hacia un modelo de desarrollo equilibrado, que satisfaga las necesidades presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras. (Bedoya et al., 2018)

### **2.3.4 Propiedades de los materiales**

Las propiedades de los materiales son las características físicas, químicas, mecánicas y térmicas que determinan su comportamiento y desempeño en diferentes aplicaciones. Estas propiedades definen cómo un material responde a fuerzas, cargas, cambios ambientales y procesos industriales, siendo esenciales para seleccionar el material adecuado según los requisitos específicos de un proyecto. Entre las propiedades más relevantes se encuentran la densidad, resistencia a la compresión y tracción, elasticidad, durabilidad, conductividad térmica y resistencia química. En el sector de la construcción, comprender y optimizar las propiedades de los materiales es fundamental para garantizar la funcionalidad, seguridad y sostenibilidad de las estructuras. (Pérez & Fernando, 2016)

### **2.3.5 Reciclado**

El reciclado es el proceso mediante el cual los materiales desechados son recolectados, procesados y transformados en nuevos productos o materias primas para su reutilización en diferentes aplicaciones. Este proceso es esencial para reducir la acumulación de residuos sólidos, disminuir la demanda de recursos naturales y minimizar



el impacto ambiental de las actividades humanas. En el sector construcción, el reciclado incluye la reutilización de residuos como concreto demolido, caucho, plásticos y metales, los cuales pueden ser incorporados en nuevos materiales constructivos, como el concreto modificado. Este enfoque no solo promueve la sostenibilidad, sino que también fomenta la innovación y la economía circular, convirtiendo los desechos en recursos valiosos. (Apaza Lazo & Salcedo Tejeda, 2019)



## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Enfoque de la investigación

El enfoque de investigación se refiere a la orientación metodológica que guía el proceso científico, determinando cómo se obtienen, analizan e interpretan los datos para responder a los objetivos planteados. En términos generales, puede clasificarse en enfoque cuantitativo, cualitativo o mixto, dependiendo de si se prioriza la medición numérica de variables, la comprensión de fenómenos a partir de significados y experiencias, o la integración de ambos métodos (Hernández Sampieri et al., 2022).

El estudio se sustenta en un enfoque cuantitativo, ya que se basa en la obtención y análisis de datos numéricos a través de ensayos físicos y mecánicos realizados bajo condiciones controladas. Este enfoque permite medir objetivamente variables como la resistencia, la trabajabilidad y la durabilidad del concreto modificado con residuos de caucho y tapas metálicas, empleando métodos estadísticos para comparar resultados y establecer conclusiones precisas sobre el impacto de estos aditivos en las propiedades del material.

### 3.2 Tipo de la investigación

Tipo de Investigación: El tipo de investigación se refiere a la categorización general de un estudio según el propósito que persigue. Existen diferentes tipos, como la investigación básica, que busca generar nuevos conocimientos sin aplicación inmediata, y la investigación aplicada, que tiene como objetivo resolver problemas prácticos mediante el uso de los conocimientos obtenidos (Glatthorn & Joyner, 2005).

El tipo de investigación es aplicada, ya que tiene como objetivo generar conocimiento práctico y soluciones innovadoras para problemas concretos, como la gestión de residuos sólidos y el desarrollo de materiales constructivos más sostenibles. Los resultados de esta investigación están orientados a mejorar las prácticas del sector construcción, promoviendo el uso de materiales reciclados en aplicaciones estructurales.

### 3.3 Nivel de la investigación

El nivel de investigación hace referencia a la profundidad con la que se aborda el estudio de un fenómeno. Puede ser exploratorio, descriptivo, correlacional, explicativo o experimental, dependiendo del objetivo principal del estudio. El nivel exploratorio se utiliza cuando hay poca información sobre el tema, mientras que el nivel explicativo busca identificar relaciones causales entre variables (Hernández, Fernández & Baptista, 2014).

El nivel de investigación es explicativo, ya que busca determinar las causas y efectos de la incorporación de residuos de caucho y tapas metálicas en las propiedades del concreto. Este nivel permite no solo describir los cambios observados, sino también comprender los mecanismos y procesos que subyacen a dichos cambios, proporcionando una base científica sólida para la implementación de estos materiales en la construcción.



### 3.4 Diseño de la investigación

El diseño de investigación se refiere al plan general que guía el proceso de recolección, análisis e interpretación de datos. Este define las estrategias que se emplearán para responder a las preguntas de investigación, incluyendo la estructura y el enfoque que se dará a la investigación. Un buen diseño debe ser claro, preciso y adecuado a los objetivos del estudio, y puede ser de tipo experimental, no experimental, correlacional, entre otros (Creswell, 2014).

El diseño de investigación es experimental, ya que se busca manipular las variables independientes, en este caso la adición de residuos de caucho y tapas metálicas, para observar y medir su efecto en las propiedades del concreto. Este diseño permite establecer relaciones causales entre la incorporación de estos residuos y los cambios en las propiedades mecánicas, físicas y químicas del concreto, mediante la comparación con un concreto convencional de referencia.

### 3.5 Método de la investigación

El método de investigación es el conjunto de técnicas y procedimientos que se utilizan para recolectar y analizar datos en un estudio. Estos métodos pueden ser cualitativos, cuantitativos o mixtos, dependiendo de los objetivos de la investigación. Los métodos cualitativos se centran en entender fenómenos en profundidad y el contexto en el que ocurren, mientras que los cuantitativos se enfocan en medir variables y establecer relaciones numéricas entre ellas (Flick, 2018).

El método de investigación es científico, ya que se basa en la recolección y análisis de datos numéricos relacionados con las propiedades del concreto, como resistencia a la compresión, trabajabilidad y durabilidad. Este enfoque permite realizar mediciones precisas y objetivas, utilizando herramientas y procedimientos estandarizados para evaluar el impacto de la incorporación de residuos reciclados en el concreto.

### 3.6 Población y muestra de la investigación

#### 3.6.1 Población

La población es el conjunto total de elementos que cumplen con ciertas características y que son objeto de estudio en una investigación. La población puede ser homogénea o heterogénea, y es esencial para determinar el alcance y los límites del estudio. La población de una investigación es la base sobre la cual se generalizarán los resultados obtenidos de las muestras seleccionadas (Creswell, 2014).

La población está constituida por todas las posibles mezclas de concreto que podrían elaborarse utilizando residuos reciclados como agregados. Esto incluye combinaciones con diferentes proporciones de caucho triturado y tapas metálicas, así como mezclas que utilizan únicamente agregados convencionales. Estas posibles mezclas representan un universo amplio de alternativas para desarrollar concretos con características sostenibles.

**Figura 1**

*Locación donde se efectuará el estudio*



**Nota.** Extraído de Wikipedia

### 3.6.2 Muestra

La muestra es un subconjunto de la población que se selecciona para participar en la investigación, con el objetivo de representar de manera adecuada las características de dicha población. La muestra debe ser seleccionada de manera que sea representativa para garantizar la validez de los resultados. Existen varios métodos de muestreo, como el aleatorio, estratificado o por conveniencia, dependiendo de los objetivos del estudio y las características de la población (Hernández et al., 2014).

La muestra está compuesta por un total de 175 especímenes de concreto, los cuales se elaborarán con diferentes proporciones de residuos de caucho y tapas metálicas, además de un grupo de control con concreto convencional. Estas muestras serán probadas para evaluar propiedades como resistencia a la compresión, trabajabilidad y durabilidad, utilizando procedimientos estandarizados en un laboratorio. Esta cantidad de especímenes asegura la confiabilidad de los resultados y permite realizar análisis estadísticos para validar las conclusiones del estudio.

**Tabla 2**

*Cantidades generales de las muestras generadas*

Ensayo de concretos	concreto tradicional	Incorporación 10% residuos de caucho	Incorporación 15% residuos de caucho	Incorporación tapas metálicas 5%	Incorporación tapas metálicas 10%	Total
Consistencia	5	5	5	5	5	25
Resistencia a la compresión	15	15	15	15	15	75
Resistencia a la flexión	15	15	15	15	15	75
	35	35	35	35	35	175

**Nota.** Elaborado por el autor

La tabla presentada detalla el número de muestras creadas para el ensayo de concretos en un estudio que evalúa la incorporación de residuos reciclados (caucho y tapas

metálicas) en mezclas de concreto. Las muestras se dividen según diferentes pruebas realizadas y tipos de mezclas analizadas. Aquí está la descripción:

La muestra para este estudio se obtendrá de:

- Muestra patrón
- 10% residuos de caucho
- 15% residuos de caucho
- 5% tapas metálicas de bebidas
- 10% tapas metálicas de bebidas

MP = Muestra patrón

RC = Residuos de caucho

TMR = Tapas metálicas

### 3.7 Técnicas e instrumentos

#### 3.7.1 Técnicas

Las técnicas son herramientas metodológicas esenciales para recolectar, procesar y analizar datos de manera estructurada durante una investigación. En el caso de la investigación titulada "Análisis de las propiedades de un concreto convencional modificado con adición de residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas en la provincia de San Román, 2024", las técnicas se refieren a los procedimientos empleados para evaluar las propiedades del concreto, tales como la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión y la trabajabilidad.

De acuerdo con Hernández Sampieri, Fernández-Collado y Baptista (2014), las técnicas representan las acciones concretas que permiten operacionalizar los enfoques metodológicos mediante el uso de herramientas específicas, asegurando la obtención de datos válidos y confiables. En este estudio, las técnicas incluyen ensayos normalizados de laboratorio, como las pruebas de compresión y flexión, realizadas bajo estándares internacionales (por ejemplo, normas ASTM o ISO), lo que garantiza la precisión y

reproducibilidad de los resultados. Dichos ensayos permiten medir de forma cuantitativa los efectos de la incorporación de residuos reciclados en las propiedades mecánicas y físicas del concreto. (Medina et al., 2023)

### **3.7.2 Instrumentos de recolección de datos investigación**

Por otra parte, Carrasco (2018) Los instrumentos de recolección de datos son herramientas diseñadas para obtener información precisa y relevante que permita analizar y comprender las variables en estudio. Según Hernández Sampieri, Fernández-Collado y Baptista (2014), los instrumentos deben ser confiables y válidos, asegurando que midan con precisión las propiedades o fenómenos de interés en la investigación.

En este caso, los instrumentos empleados incluyen prensas de compresión, utilizadas para medir la resistencia a la compresión del concreto; máquinas de ensayo de flexión, destinadas a evaluar la resistencia a la flexión; y el cono de Abrams, que permite analizar la consistencia y trabajabilidad del concreto en estado fresco. Todos estos instrumentos están estandarizados bajo normativas internacionales, como las normas ASTM e ISO, lo que garantiza la calidad y reproducibilidad de los datos obtenidos durante los ensayos.

## **3.8 Validación y confiabilidad del instrumento**

### **3.8.1 Validación de los instrumentos**

La validación de instrumentos es el proceso mediante el cual se verifica que las herramientas empleadas para la recolección de datos sean precisas, consistentes y adecuadas para medir las variables de estudio. Según Hernández Sampieri, Fernández-Collado y Baptista (2014), este procedimiento asegura la validez y confiabilidad de los instrumentos, permitiendo que los resultados obtenidos sean representativos y útiles para alcanzar los objetivos de la investigación. (Suárez P. et al., 2022)



En este caso, los instrumentos utilizados, como la prensa de compresión, la máquina de ensayo de flexión y el cono de Abrams, fueron validados mediante el cumplimiento de normativas internacionales, como las normas ASTM e ISO. Estas normativas garantizan que los equipos utilizados en los ensayos proporcionen mediciones exactas y reproducibles. Además, previo a su uso, se realizó una verificación técnica que incluyó la calibración de los instrumentos en un laboratorio acreditado, asegurando que sus mediciones estuvieran alineadas con los estándares internacionales. Este proceso de validación no solo garantiza la calidad de los datos recolectados, sino que también refuerza la confianza en los resultados obtenidos.

### **3.8.2 Confiabilidad de instrumentos**

La confiabilidad de los instrumentos se refiere a la capacidad de estos para proporcionar resultados consistentes y estables en mediciones repetidas, bajo las mismas condiciones. Según Hernández Sampieri, Fernández-Collado y Baptista (2014), un instrumento confiable garantiza que las mediciones sean libres de errores aleatorios y puedan ser replicadas con un alto grado de precisión. Este aspecto es fundamental para la validez de los datos obtenidos en cualquier investigación.

En este estudio, la confiabilidad de los instrumentos utilizados, como la prensa de compresión, la máquina de ensayo de flexión y el cono de Abrams, se aseguró mediante su calibración periódica en laboratorios certificados. Además, estos equipos cumplen con las especificaciones técnicas establecidas por normativas internacionales, como las normas ASTM e ISO, que establecen los criterios de precisión y reproducibilidad para ensayos de materiales. Asimismo, se realizaron pruebas preliminares para verificar la estabilidad de los resultados, minimizando posibles variaciones no controladas. Este enfoque asegura que los datos recolectados sean consistentes y respaldados técnicamente, lo que fortalece la fiabilidad del estudio.



### 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 un proceso sistemático que consiste en identificar, seleccionar y recopilar datos relevantes provenientes de diversas fuentes para sustentar teórica y metodológicamente una investigación. Según Hernández Sampieri, Fernández-Collado y Baptista (2014), este proceso debe ser riguroso, exhaustivo y enfocado en garantizar la calidad y pertinencia de la información obtenida, priorizando fuentes confiables y actualizadas.

En este caso, la búsqueda de información se centró en literatura científica relacionada con la incorporación de residuos reciclados en materiales de construcción, como caucho y tapas metálicas, y en estudios que aborden las propiedades físicas y mecánicas del concreto. Las fuentes utilizadas incluyen bases de datos académicas, como Scopus, Google Scholar y ResearchGate, así como normativas técnicas internacionales (ASTM e ISO) y publicaciones especializadas en sostenibilidad y materiales de construcción. Este enfoque permitió recopilar información teórica, experimental y normativa, garantizando un marco sólido para el desarrollo de la investigación.

##### ✿ **Materiales empleados para la investigación**

**Residuos de caucho:** Los residuos de caucho son desechos provenientes de productos fabricados con caucho natural o sintético, como neumáticos usados, bandas transportadoras, suelas de calzado y piezas industriales. Estos materiales se caracterizan por su resistencia al desgaste, elasticidad y durabilidad, lo que dificulta su degradación natural y plantea desafíos para su gestión ambiental. Debido a su composición química basada en polímeros reticulados, los residuos de caucho pueden permanecer en el ambiente durante largos períodos si no se les da un tratamiento adecuado, contribuyendo al aumento de los desechos sólidos.

A pesar de su impacto ambiental, los residuos de caucho ofrecen un alto potencial de reciclaje y reutilización. Mediante procesos como la trituración, la pirolisis y su incorporación en mezclas con otros materiales, estos desechos pueden ser transformados en productos útiles, como modificadores de asfaltos, pisos de seguridad, rellenos para césped sintético o aislantes acústicos. Además, se utilizan como combustible alternativo en industrias, reduciendo la dependencia de combustibles fósiles. Su reciclaje no solo mitiga el impacto ambiental, sino que también fomenta la economía circular al darles una segunda vida en aplicaciones innovadoras.

## Figura 2

*Muestra residuos de caucho*



**Nota.** obtenido de Google

**Tapas metálicas de bebidas:** Las tapas metálicas de bebidas son cierres fabricados principalmente con aluminio o hojalata (acero recubierto con estaño) diseñados para sellar herméticamente botellas de vidrio o plástico. Son ampliamente utilizadas en productos como gaseosas, cervezas, jugos y licores, asegurando la preservación del contenido y protegiéndolo de contaminantes externos. Su diseño puede incluir revestimientos internos de plástico o caucho para garantizar un sellado seguro y cumplir con estándares de calidad alimentaria. Las tapas pueden ser de tipo corona, rosca o anilla, adaptándose al tipo de bebida y facilidad de apertura requerida.

A pesar de ser reciclables, las tapas metálicas representan un desafío ambiental debido a su tamaño reducido, lo que dificulta su recolección y separación en procesos de reciclaje convencional. Cuando no se gestionan adecuadamente, pueden acumularse en vertederos o contribuir a la contaminación ambiental. Sin embargo, su reciclaje permite recuperar materiales valiosos como aluminio y acero, promoviendo la economía circular y reduciendo la necesidad de extracción de materias primas. Por ello, es fundamental implementar estrategias de recolección y reciclaje efectivas para minimizar su impacto ambiental.

### Figura 3

*Tapas metálicas de bebidas*



**Nota.** Fuente Google

### 3.9.2 Etapa de campo

#### a. Recolección de muestras

La búsqueda de información es un proceso sistemático que consiste en identificar, seleccionar y recopilar datos relevantes provenientes de diversas fuentes para sustentar teórica y metodológicamente una investigación. Según Hernández Sampieri, Fernández-Collado y Baptista (2014), este proceso debe ser riguroso, exhaustivo y enfocado en garantizar la calidad y pertinencia de la información obtenida, priorizando fuentes confiables y actualizadas. (Ojeda, 2020)



Las fuentes utilizadas incluyen bases de datos académicas, como Scopus, Google Scholar y ResearchGate, así como normativas técnicas internacionales (ASTM e ISO) y publicaciones especializadas en sostenibilidad y materiales de construcción. Este enfoque permitió recopilar información teórica, experimental y normativa, garantizando un marco sólido para el desarrollo de la investigación.

## **Residuos de caucho: Procedencia, tratamiento y propiedades**

### **1. Procedencia:**

El caucho utilizado en este estudio tuvo como fuente principal los neumáticos desechados recolectados en talleres automotrices, estaciones de servicio y centros de acopio municipal de la provincia de San Román. Estos neumáticos, al final de su vida útil, eran retirados del circuito comercial y acumulados en espacios designados por la gestión local de residuos. Frecuentemente, provenían de automóviles, camiones y motocicletas que circulaban en la zona urbana y periurbana. La disposición final de estos materiales representaba un reto ambiental, ya que su lenta degradación natural y la tendencia a ser quemados de manera informal generaban problemas de contaminación del aire y del suelo. Al aprovechar estos residuos, se promovió una alternativa más sostenible y responsable, contribuyendo a la reducción del volumen de desechos sólidos en la región.

### **2. Tratamiento:**

El proceso de adecuación de los residuos de caucho comenzó con la limpieza mecánica y manual de los neumáticos, eliminando restos de tierra, aceites, grasas y cualquier contaminante superficial. Una vez limpios, los neumáticos fueron cortados en secciones manejables, utilizando herramientas manuales como sierras y cuchillas resistentes, seguidas de un triturado mecánico mediante equipos especializados, tales como molinos o trituradoras de cuchillas rotativas. Este procedimiento permitió transformar los neumáticos en partículas de tamaño controlado, asegurando una granulometría comprendida generalmente entre 2 y 10 mm, adecuada para la sustitución parcial de los agregados tradicionales en la mezcla de concreto. Se puso especial atención en garantizar



la uniformidad de los fragmentos, minimizando la presencia de filamentos metálicos o fibras textiles que suelen estar presentes en el interior de los neumáticos. Finalmente, las partículas obtenidas fueron almacenadas en condiciones secas y limpias hasta su incorporación en las mezclas experimentales.

### **3. Propiedades:**

Desde el punto de vista físico y mecánico, los residuos de caucho presentaron una densidad notablemente inferior a la de los agregados minerales convencionales, contribuyendo a la reducción del peso volumétrico del concreto final. Su estructura interna otorgó alta flexibilidad y capacidad para disipar energía, característica que resultó ventajosa en términos de resistencia al impacto y al agrietamiento. El caucho, compuesto principalmente de polímeros como el estireno-butadieno, mostró buena estabilidad frente a agentes químicos presentes en el cemento y el agua de mezclado, lo que evitó la generación de reacciones indeseadas que pudieran afectar la durabilidad del concreto. Asimismo, la textura rugosa de los fragmentos favoreció la adherencia con la matriz cementicia, contribuyendo a una adecuada integración en la mezcla. Por su naturaleza inerte, los residuos de caucho no alteraron significativamente el pH ni otros parámetros relevantes del concreto, lo que permitió mantener un equilibrio químico durante todo el proceso de fraguado y endurecimiento.

## **Tapas metálicas de bebidas: Procedencia, tratamiento y propiedades**

### **1. Procedencia:**

Las tapas metálicas incorporadas en el estudio provinieron de una red de recolección compuesta por establecimientos comerciales, puntos de reciclaje y bares ubicados en áreas urbanas de la provincia de San Román. Se trató principalmente de tapas de botellas de bebidas no alcohólicas y alcohólicas, fabricadas habitualmente en acero recubierto con una fina capa de estaño para evitar la oxidación prematura y garantizar la seguridad alimentaria. Este tipo de residuo sólido urbano presentaba alta disponibilidad debido al consumo masivo de bebidas en la población local, y su recuperación respondió



tanto a criterios ambientales como a la búsqueda de materiales alternativos que pudieran ser revalorizados en aplicaciones constructivas. La acumulación de tapas metálicas en vertederos resultaba problemática por su difícil degradación y su potencial para generar lixiviados contaminantes si no eran gestionadas adecuadamente.

## **2. Tratamiento:**

El tratamiento de las tapas metálicas comenzó con la recolección selectiva y el traslado a un área de pretratamiento donde se procedió al lavado exhaustivo utilizando agua potable y detergente neutro para eliminar residuos orgánicos, etiquetas y restos de bebidas. Una vez limpias, las tapas se secaron completamente al aire y fueron inspeccionadas para descartar aquellas que presentaran corrosión visible o deformaciones excesivas. El siguiente paso consistió en su aplanado mediante prensado mecánico y posterior corte manual o con cizallas, hasta obtener fragmentos de dimensiones regulares, generalmente entre 1 y 2 cm<sup>2</sup>. Este tamaño se eligió para facilitar una adecuada dispersión dentro de la matriz cementicia y minimizar la formación de vacíos. En algunos casos, se aplicó una capa protectora antioxidante para mejorar la durabilidad del metal durante la vida útil del concreto, especialmente cuando se preveía exposición a ambientes húmedos o agresivos. Las tapas tratadas se almacenaron en bolsas plásticas cerradas para evitar la reoxidación previa a su uso.

## **3. Propiedades:**

Las tapas metálicas, fabricadas principalmente en acero de bajo contenido de carbono, presentaron una elevada resistencia a la tracción y al corte, así como una notable rigidez comparada con otros materiales reciclados. Su densidad, considerablemente mayor que la del caucho o los agregados pétreos, influyó en el peso total de la mezcla, aunque su baja proporción en la dosificación mitigó este efecto. Tras el corte y el aplanado, las superficies metálicas adquirieron rugosidad, lo que mejoró la adhesión con la pasta de cemento y permitió una transmisión eficiente de cargas internas. Los fragmentos metálicos actuaron como micro-refuerzos dispersos, incrementando la tenacidad del concreto y su capacidad para resistir fisuras y deformaciones bajo carga. Además, la presencia de una

capa protectora superficial ayudó a prevenir la corrosión, prolongando la vida útil de la mezcla endurecida. El uso de tapas metálicas aportó, en suma, mejoras en las propiedades mecánicas y la sostenibilidad ambiental de los concretos evaluados, al tiempo que ofreció una alternativa efectiva para la valorización de residuos urbanos de difícil gestión.

### 3.9.3 *Etapa de laboratorio*

La etapa de laboratorio es una fase fundamental en la investigación experimental, donde se realizan las pruebas y mediciones necesarias para evaluar las hipótesis planteadas. Según Hernández Sampieri, Fernández-Collado y Baptista (2014), esta etapa implica la aplicación de técnicas y procedimientos previamente establecidos, utilizando instrumentos validados y confiables para garantizar la precisión y reproducibilidad de los resultados.

#### **Figura 4**

*Cuarteo de agregados*



En este caso, la etapa de laboratorio consistió en la elaboración y ensayo de 175 especímenes de concreto con diferentes proporciones de residuos de caucho y tapas metálicas. Se siguieron las normativas internacionales (ASTM e ISO) para asegurar la calidad de los procedimientos. Durante esta etapa, se llevaron a cabo pruebas de consistencia (usando el cono de Abrams), resistencia a la compresión (con una prensa de

compresión) y resistencia a la flexión (utilizando una máquina de ensayo de flexión). Cada muestra fue curada en condiciones controladas y ensayada en intervalos específicos para evaluar su desempeño en diferentes etapas de endurecimiento.

Esta etapa permitió obtener datos cuantitativos sobre las propiedades físicas y mecánicas del concreto modificado, los cuales son esenciales para analizar el impacto de la incorporación de residuos reciclados y su viabilidad en aplicaciones constructivas. (Reyes, 2022)

#### **i. Ensayo de contenido de humedad de los agregados**

El ensayo de porcentaje de humedad es un procedimiento utilizado para determinar la cantidad de agua contenida en una muestra de material, como puede ser tierra, concreto, asfalto u otros compuestos. Este ensayo es crucial en muchos campos, especialmente en ingeniería civil, ya que el contenido de humedad influye significativamente en las propiedades físicas y mecánicas de los materiales, como su resistencia, estabilidad y durabilidad. En su mayoría, la medición de humedad permite evaluar el estado del material antes de su uso en diversas aplicaciones, como la construcción de pavimentos o estructuras.

El procedimiento comienza con la preparación del espécimen, que debe ser representativa y libre de contaminantes. Dependiendo del material, la muestra puede necesitar ser triturada o tamizada para asegurar su homogeneidad. A continuación, se realiza el pesaje inicial del espécimen utilizando una balanza de precisión, que permite registrar el peso total del espécimen que incluye tanto el material seco como el agua presente.

Este proceso elimina toda el agua libre contenida en el material. Una vez seco, se deja enfriar en un deshumidificador o en un ambiente controlado para evitar la reabsorción de humedad ambiental, y luego se pesa nuevamente para obtener el peso final del espécimen, que corresponde solo al material seco.



El cálculo del porcentaje de humedad se realiza usando la fórmula que establece la relación entre la diferencia de peso del espécimen antes y después del secado, comparada con el peso final del material seco. Este cálculo se expresa como un porcentaje que representa la cantidad de agua contenida en el material en relación con su masa seca. Este ensayo es fundamental para garantizar que los materiales se utilicen en las condiciones óptimas, ajustándose a los requisitos especificados para la construcción o la fabricación de mezclas, lo cual asegura su desempeño y durabilidad.

**Cálculo:**

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

**ii. Ensayo de análisis granulométrico**

El ensayo de análisis granulométrico es un procedimiento utilizado para determinar la distribución del tamaño de partículas en una muestra de material granular, como suelos, arenas, gravillas o agregados. Este análisis es esencial en la ingeniería civil y la construcción, ya que permite conocer las características del material, lo cual influye directamente en la selección y diseño de mezclas para concreto, asfalto y otras aplicaciones de construcción. Además, este ensayo es clave para evaluar la capacidad de carga y el comportamiento mecánico de los materiales, ya que la granulometría afecta propiedades como la compactación, la permeabilidad y la resistencia.

El procedimiento del análisis granulométrico comienza con la preparación del espécimen, que debe ser representativa del material a analizar. Se toma una cantidad suficiente de material y se seca si es necesario, para evitar interferencias con el contenido de humedad. Una vez preparada, la muestra se coloca en un conjunto de tamices de diferentes tamaños de malla, de tal manera que cada tamiz permita el paso de partículas de un tamaño específico y retenga las partículas más grandes.

La muestra se somete a un proceso de agitación durante un período de tiempo determinado, normalmente en un aparato de tamizado que puede ser manual o mecanizado. Esta acción hace que las partículas del espécimen se clasifiquen según su tamaño. Posteriormente, se pesa la cantidad de material retenido en cada tamiz, registrando estos datos para poder calcular la distribución porcentual de las partículas del espécimen en función de su tamaño.

### Figura 5

#### *Cuarteo de agregados*



El cálculo del análisis granulométrico se realiza utilizando los datos obtenidos para cada tamiz, donde se determina el porcentaje acumulado del espécimen que pasa o queda retenido en cada tamiz. Esta información se utiliza para construir una curva granulométrica, que muestra la distribución del tamaño de partículas del espécimen en términos de su porcentaje en peso. El análisis granulométrico proporciona información crucial para comprender el comportamiento de los materiales y permite ajustar su uso en función de los requisitos específicos del proyecto, como la mezcla adecuada de agregados para concreto o asfalto.

### iii. Ensayo de resistencia a la compresión del espécimen

Este ensayo es especialmente crucial en la evaluación de materiales como concreto, mortero y ladrillos, ya que la resistencia a la compresión es uno de los principales parámetros que determinan la resistencia estructural de una construcción. Este ensayo proporciona información clave sobre cómo un material puede comportarse bajo fuerzas externas, asegurando que se utilicen materiales adecuados y seguros en la construcción de edificaciones e infraestructuras.

#### Figura 6

*Cuarteo de agregados*



El procedimiento del ensayo comienza con la preparación del espécimen. En el caso del concreto, se debe elaborar una muestra de prueba, como un cilindro o cubo, que tiene dimensiones estandarizadas, dependiendo de las normas aplicadas (como ASTM o UNE). Es fundamental que la muestra esté curada adecuadamente antes de realizar el ensayo, ya que el tiempo de curado influye en el desarrollo de su resistencia. Las muestras generalmente se curan por un período de 28 días en condiciones controladas, a temperatura y humedad constantes, lo cual es necesario para alcanzar su resistencia máxima.

Una vez que la muestra está lista, se coloca en una prensa hidráulica o máquina de ensayo de compresión, que aplica una carga de compresión de manera gradual. La máquina debe estar calibrada correctamente para garantizar la precisión en la medición de la fuerza aplicada. Durante el ensayo, se aumenta progresivamente la carga hasta que la muestra fracasa, es decir, se rompe o alcanza el límite de resistencia del material. La resistencia a la compresión se calcula como el máximo esfuerzo soportado por la muestra antes de la ruptura, dividido por el área de la superficie de contacto del espécimen.

#### **3.9.4 Etapa de gabinete**

La etapa de gabinete es el proceso de análisis, interpretación y sistematización de los datos recolectados durante las pruebas experimentales, con el propósito de extraer conclusiones que respondan a los objetivos de la investigación. En el contexto del estudio sobre la incorporación de residuos de caucho y tapas metálicas en concreto convencional, esta etapa implica la organización de los resultados obtenidos en la etapa de laboratorio y su análisis estadístico para identificar tendencias, relaciones y diferencias significativas en las propiedades del concreto modificado.

Durante esta etapa, los datos de resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y consistencia se procesan utilizando softwares estadísticos como Excel, asegurando la precisión en el cálculo de valores promedio, desviaciones estándar y análisis comparativos entre los diferentes grupos experimentales. Según Hernández Sampieri, Fernández-Collado y Baptista (2014), esta etapa permite no solo validar las hipótesis planteadas, sino también identificar patrones y establecer relaciones causales entre las variables independientes (residuos de caucho y tapas metálicas) y las propiedades mecánicas y físicas del concreto.

Asimismo, en la etapa de gabinete se realizan comparaciones con estudios previos y normativas internacionales (como ASTM e ISO) para evaluar la viabilidad técnica de las mezclas ensayadas. Los resultados se presentan en tablas y gráficos que facilitan su interpretación, y las conclusiones obtenidas se fundamentan en la evidencia cuantitativa



recolectada. Esta etapa es crucial para transformar los datos experimentales en conocimiento aplicable al sector construcción y al manejo sostenible de residuos sólidos.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Resultados apreciados al realizar los ensayos

Los resultados apreciados al realizar los ensayos son los datos obtenidos directamente de las pruebas experimentales llevadas a cabo durante la investigación, los cuales reflejan el comportamiento y las propiedades del material bajo las condiciones establecidas. En el caso del concreto modificado con residuos de caucho y tapas metálicas, estos resultados incluyen mediciones específicas.

Estos resultados son fundamentales para analizar las diferencias entre las mezclas ensayadas, identificando patrones, tendencias y posibles mejoras en las propiedades del concreto. Además, los datos obtenidos son procesados y validados mediante herramientas estadísticas para garantizar su precisión y confiabilidad, proporcionando evidencia cuantitativa que respalda las conclusiones de la investigación.

Los resultados apreciados al realizar los ensayos se refieren a los datos obtenidos de las pruebas realizadas en el laboratorio para evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales, en este caso, el concreto. Estos resultados proporcionan información sobre el comportamiento del material bajo diferentes condiciones, como resistencia a la compresión, flexión y trabajabilidad, permitiendo así determinar su idoneidad para cumplir con los requisitos específicos del proyecto.

## Porcentaje de agua en el material de los agregados

**Tabla 3**

*Porcentaje de agua en el material.*

	Agregados	
	Agregado fino	Agregado grueso
P. m. en húmedo+ Tarro	395.85	387.47
P. m. seco+ Tarro	385.25	380.41
P. T.	51.14	51.36
P. de m. húmedo	344.36	336.75
P. de m. seco	333.71	329.85
P. - Agua	10.96	7.53
% Hum.	3.18	2.31

**Nota.** Elaborado por el autor

La tabla muestra los resultados de un ensayo para determinar el porcentaje de agua en dos tipos de agregados: fino y grueso. Para cada tipo de agregado, se presentan varias mediciones, como el peso en húmedo con tarro, el peso seco con tarro, y el peso total. A partir de estas mediciones, se calculan los pesos de material seco y húmedo, y finalmente se obtiene el porcentaje de agua en cada tipo de agregado. Para el agregado fino, el porcentaje de humedad es 3.18%, mientras que, para el agregado grueso, es de 2.31%. Estos valores indican la cantidad de agua presente en cada tipo de agregado y son esenciales para evaluar su comportamiento en mezclas, como el concreto, donde el contenido de agua puede afectar la trabajabilidad y resistencia del material.

## Pesos unitarios sueltos

**Tabla 4**

*Información sobre los pesos unitarios en estado suelto*

	Peso específico y absorción	
	Pe. específico (gr/cm <sup>3</sup> )	Absorción (%)
Fino	2.98	4.75
Grueso	2.96	2.36

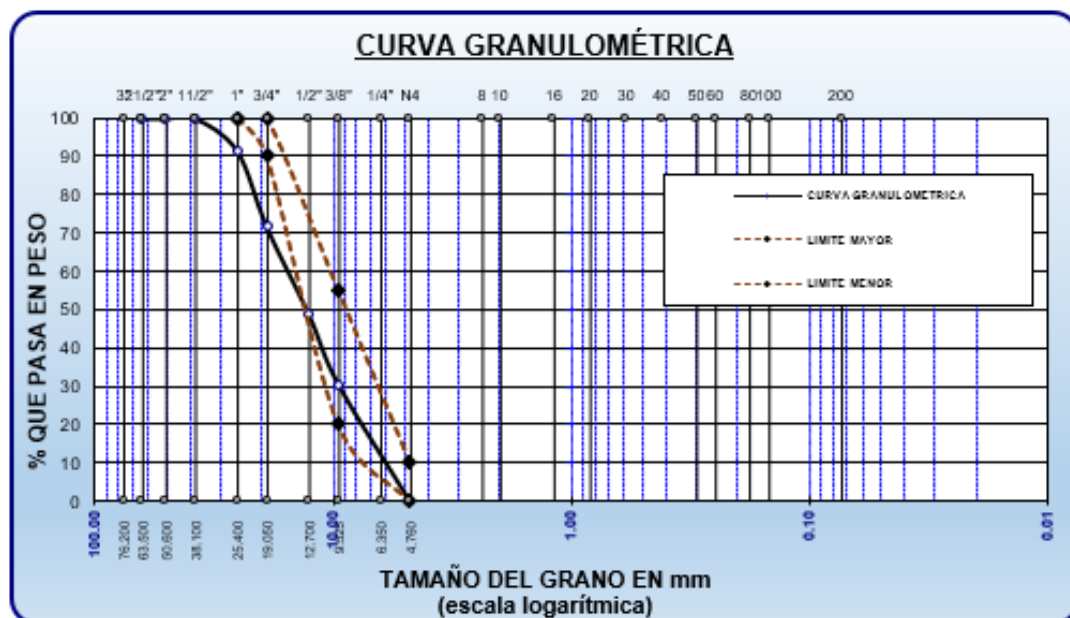
**Nota.** Elaborado por el autor

La tabla proporciona información sobre los pesos específicos y absorción de dos tipos de agregados, fino y grueso, en su estado natural. El peso específico del agregado fino es de  $2.98 \text{ g/cm}^3$ , mientras que el agregado grueso presenta un valor ligeramente menor de  $2.96 \text{ g/cm}^3$ . Esto indica que el agregado fino tiene una mayor densidad comparado con el grueso. Además, se muestra la absorción de agua de cada tipo de agregado: el agregado fino tiene una absorción de  $4.75\%$ , lo que indica que tiene una mayor capacidad de retener agua en comparación con el agregado grueso, cuya absorción es de  $2.36\%$ . Estos valores son cruciales para evaluar la capacidad de los agregados para absorber agua, lo que puede influir en las propiedades finales de mezclas como el concreto, afectando su trabajabilidad y resistencia.

### Análisis granulométrico

Figura 7

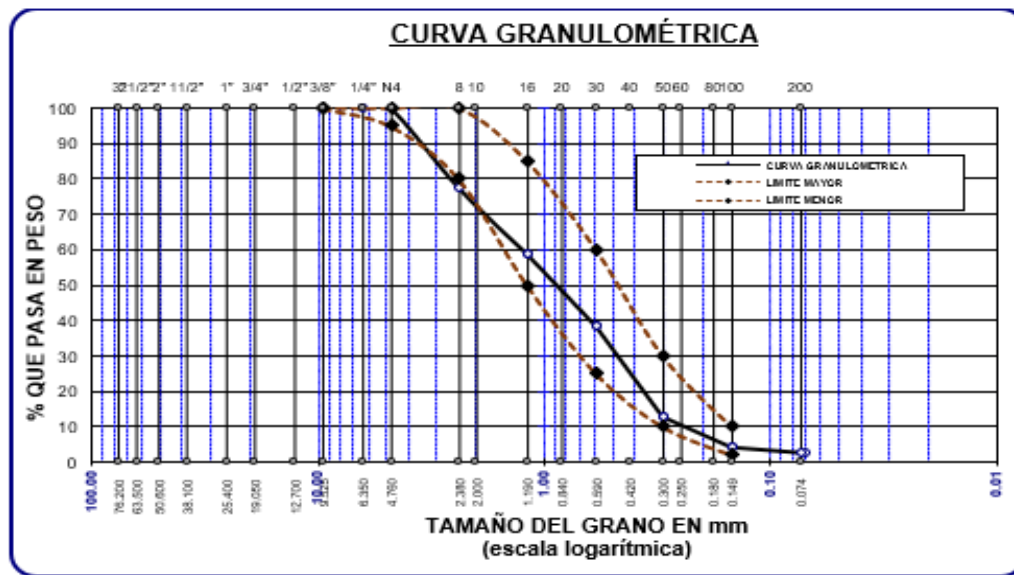
Granulometría del agregado grueso.



Nota. Elaborado por el autor

**Figura 8**

Granulometría del agregado fino



**Nota.** Elaborado por el autor

### Diseño de mezclas para resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>

**Tabla 5**

Pasos durante el proceso

Paso	Descripción
Asentamiento	TMN = 3/4
Cantidad de agua	Agua = 205.00 lts.
Porcentaje de aire	Aire = 2.00 %
Relación agua/cemento	Uso de interpolación para establecer el valor de: a/c. Relación Agua/Cemento (a/c) = 0.41
Determinación del factor de cemento	Contenido de cemento = 556 kg/m <sup>3</sup>
Evaluación del agregado grueso	P <sub>AG</sub> = b/b <sub>0</sub> x PUC. P <sub>AG</sub> = 0.592 x 1624 P <sub>AG</sub> = 962 kg/m <sup>3</sup>
Vol. de agua	Vol. de agua = (228.00) / (1000.00) = 0.228
Vol. de agregado grueso	Vol. de agregado grueso = (962) / (2.53 * 1000) = 0.380
Vol. de aire incorporado	Vol. de aire incorporado = (3.00) / (100.00) = 0.030 Vol. sub total = 0.831
Evaluación del agregado grueso	V <sub>AF</sub> = 1 - 0.831 V <sub>AF</sub> = 0.169 m <sup>3</sup> P <sub>AF</sub> = 0.169 * (2.56 * 1000) P <sub>AF</sub> = 433 kg/m <sup>3</sup>

**Nota.** Elaborado por el autor

En el Paso 1, se definen los materiales que se utilizarán, incluyendo el cemento tipo I portland, agregados gruesos con un tamaño máximo de 20 mm, y se menciona que la relación de agua se determinará en el laboratorio. En el Paso 2, se describen los cálculos necesarios para determinar las proporciones, comenzando con la determinación de la resistencia promedio ( $F'c = 294 \text{ kg/cm}^2$ ) y el asentamiento de la mezcla (entre 76.20mm y 101.60mm). Además, se calcula el tamaño máximo nominal (TMN) y la cantidad de agua utilizada, que es de 228.00 lts. También se incluye el porcentaje de aire incorporado (2.00%) y la relación agua/cemento (0.41), obtenida mediante interpolación. Se calcula el contenido de cemento ( $556 \text{ kg/m}^3$ ) y la evaluación del agregado grueso. Además, se detallan los volúmenes de agua, cemento, agregado grueso y aire incorporado, y se determina el volumen del agregado fino ( $V_{AF} = 0.169 \text{ m}^3$ ), así como su peso ( $P_{AF} = 433 \text{ kg/m}^3$ ). Estos cálculos y pasos son fundamentales para garantizar que el concreto cumpla con los requisitos de resistencia y durabilidad establecidos en el diseño.

### Proporciones para el diseño de mezcla

**Tabla 6**

*Componentes del diseño utilizado en el estudio*

Agregado	Dosificación	Proporción	Dosificación	Proporción
	Peso Seco	Volumen	Peso Húmedo	Volumen
	(Kg/m <sup>3</sup> )	peso seco	(kg/m <sup>3</sup> )	peso húmedo
Cemento	366	1.00	366	1
Agua	205	0.44	183	0.42
Ag. Grueso	930	1.70	952	1.79
Ag. Fino	700	0.80	737	0.82
Aire	2.00%		2.00%	

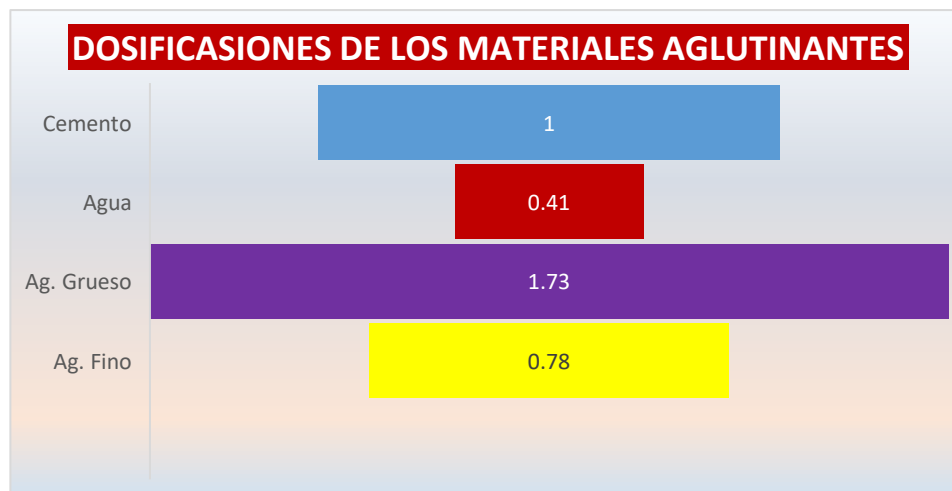
**Nota.** Elaborado por el autor

La tabla muestra la dosificación y las proporciones de los componentes empleados en el diseño del concreto utilizado en el estudio, considerando tanto el estado seco como el húmedo de los materiales. En ella se detallan las cantidades de cemento, agua, agregado

grueso, agregado fino y aire, expresadas en kilogramos por metro cúbico ( $\text{kg/m}^3$ ) y su respectiva proporción volumétrica. El diseño contempla un contenido de cemento de  $366 \text{ kg/m}^3$ , mientras que el agua se dosificó a  $205 \text{ kg/m}^3$  en peso seco y  $183 \text{ kg/m}^3$  en peso húmedo, reflejando una proporción de 0.44 y 0.42, respectivamente. Los agregados gruesos y finos se incorporaron en cantidades de  $930 \text{ y } 700 \text{ kg/m}^3$  en estado seco, y  $952 \text{ y } 737 \text{ kg/m}^3$  en estado húmedo, con proporciones volumétricas ajustadas a los cambios de humedad.

### Figura 9

*Distribución proporcional de los componentes del concreto*



**Nota.** Elaborado por el autor

La figura muestra la distribución proporcional de los componentes del concreto. Los materiales aglutinantes se representan con diferentes colores y proporciones: el cemento tiene una proporción de 1.00, el agua 0.41, el agregado grueso 1.73 y el agregado fino 0.78. Estas proporciones indican la cantidad relativa de cada componente en la mezcla de concreto, lo que es esencial para lograr las propiedades deseadas de resistencia y trabajabilidad.

Las proporciones de los materiales en peso por m<sup>3</sup>, para elaboración de concreto según diseño se mezclan para los residuos de caucho y tapas metálicas respectivamente, son:

**Tabla 7***Dosificación de residuos de caucho*

Materiales	Grupo de diseño de mezcla		
	Convencional	10% RC	15% RC
Cemento (Kg)	366	366	366
Agua (Lt)	183	183	183
A. Grueso (Kg)	952	952	952
A. Fino (Kg)	737	737	737
Aire	2.0%	2.0%	2.0%
<b>Residuos de caucho (Kg)</b>	-	<b>36.6</b>	<b>54.9</b>

Se presenta la dosificación para preparar muestras de concreto convencional y concreto con adición de residuos de caucho utilizando proporciones variables para los experimentos requeridos de compresión, definiendo la adición de dicho material respecto al peso del cemento.

**Tabla 8***Dosificación de tapas metálicas*

Materiales	Grupo de diseño de mezcla		
	Convencional	5% TMB	10% TMB
Cemento (Kg)	366	366	366
Agua (Lt)	183	183	183
A. Grueso (Kg)	952	952	952
A. Fino (Kg)	737	737	737
Aire	2.0%	2.0%	2.0%
<b>Tapas metálicas (Kg)</b>	-	<b>18.3</b>	<b>36.6</b>

Se presenta la dosificación para preparar muestras de concreto convencional y concreto con adición de tapas metálicas de bebidas utilizando proporciones variables para los experimentos requeridos de compresión, definiendo la adición de dicho material respecto al peso del cemento.

### 4.1.1 Efecto de la aplicación de residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas en la consistencia de la mezcla fresca de concreto

#### a. Asentamiento de los concretos convencionales

Tabla 9

Comportamiento respecto al asentamiento, muestra patrón.

Nº	Descripción del espécimen	Asentamiento	Consistencia (slump)
1	M.I		3.84
2	M.II		3.86
3	M.III	3-4"	3.83
4	M.IV		3.81
5	M.V		3.84
PROM.			3.84

**Nota.** Elaborado por el autor

El promedio de los valores de asentamiento es 3.84, lo que indica que las muestras se mantienen dentro de un rango similar de consistencia.

Figura 10

Asentamientos de muestras (resumen)



La gráfica presenta los asentamientos, con valores que van desde 3.81 hasta 3.86. La línea conecta estos puntos, mostrando las fluctuaciones en los valores de asentamiento, con el promedio de 3.84 resaltado al final. El gráfico también refleja la consistencia de las muestras, destacando que los asentamientos se mantienen dentro de un rango estrecho.

**Tabla 10**

*Comportamiento respecto al asentamiento, muestra con 10% residuos de caucho*

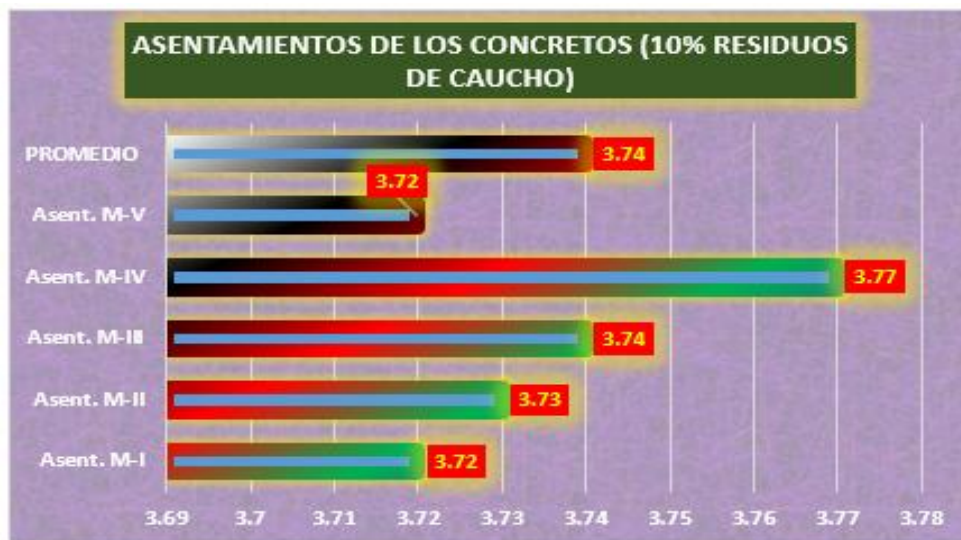
Nº	Descripción del espécimen	Asentamiento	Consistencia (slump)
1	M-I		3.72
2	M-II		3.73
3	M-III	3-4"	3.74
4	M-IV		3.77
5	M-V		3.72
		<b>PROM.</b>	<b>3.74</b>

**Nota.** Elaborado por el autor

La tabla presenta el comportamiento de las muestras con residuos de caucho al 10%, con los siguientes valores de asentamiento: 3.72 para M-I, 3.73 para M-II, 3.74 para M-III (con una descripción adicional de 3-4"), 3.77 para M-IV y 3.72 para M-V. El promedio de los valores de asentamiento es 3.74", reflejando una ligera variación en la trabajabilidad.

**Figura 11**

*Comportamiento de las muestras bajo asentamiento con incorporación de 10% de residuos de caucho (resumen)*



La gráfica muestra los asentamientos de los concretos con 10% de residuos de caucho para las distintas muestras, representadas por barras de diferentes colores. Estas barras muestran la consistencia del concreto con residuos de caucho, que tiene una variación mínima en cuanto a la trabajabilidad, lo que indica que las muestras tienen propiedades similares.

**Tabla 11**

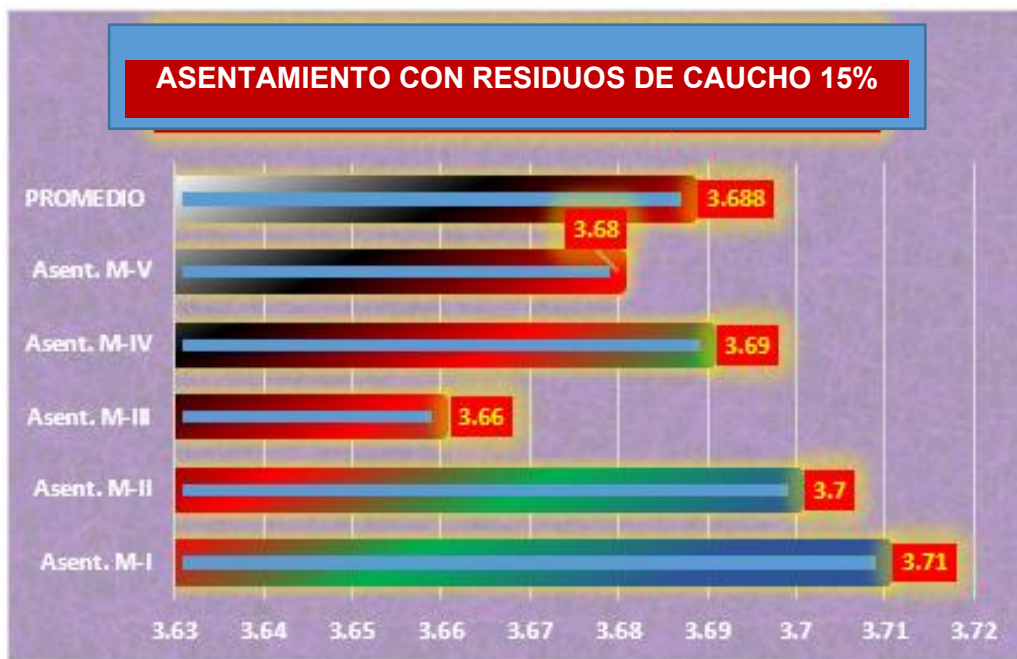
*Comportamiento respecto al asentamiento, muestra con 15% residuos de caucho*

Nº	Descripción del espécimen	Asentamiento	Consistencia (slump)
1	M-I		3.71
2	M-II		3.70
3	M-III	3-4"	3.66
4	M-IV		3.69
5	M-V		3.68
<b>PROM.</b>			<b>3.69</b>

Se presentan los asentamientos de los testigos elaborados para un testigo con la incorporación de residuos de caucho en 15%, estos testigos tendrán mostraron algunos resultados variables en comparación a la muestra base que se mostró anteriormente.

**Figura 12**

*Comportamiento de las muestras bajo asentamiento con incorporación de 15% de residuos de caucho (resumen)*



La gráfica presenta los asentamientos de los concretos con 15% de residuos de caucho para diferentes muestras. Esto muestra que las muestras con residuos de caucho mantienen una consistencia homogénea, con ligeras variaciones en la trabajabilidad del concreto.

**Tabla 12**

*Comportamiento respecto al asentamiento, muestra con tapas metálicas 5%*

Nº	Descripción del espécimen	Asentamiento	Consistencia (slump)
1	M-I	3-4"	3.59
2	M-II		3.60
3	M-III		3.62
4	M-IV		3.60
5	M-V		3.58
<b>PROM.</b>			<b>3.60</b>

**Nota.** Elaborado por el autor

La tabla presenta un resumen del asentamiento y la consistencia (slump) de una mezcla de concreto con incorporación del 5% de tapas metálicas, indicando los valores de asentamiento medidos (en pulgadas) y los resultados de la consistencia obtenidos en las pruebas.

**Figura 13**

*Comportamiento de las muestras bajo asentamiento con adición de 5% de tapas metálicas (resumen)*



La gráfica presenta los asentamientos de los concretos con 5% de tapas metálicas para diferentes muestras, con un promedio de asentamiento es 3.60, esto muestra que las muestras con tapas metálicas mantienen una consistencia homogénea, con ligeras variaciones en la trabajabilidad del concreto.

**Tabla 13**

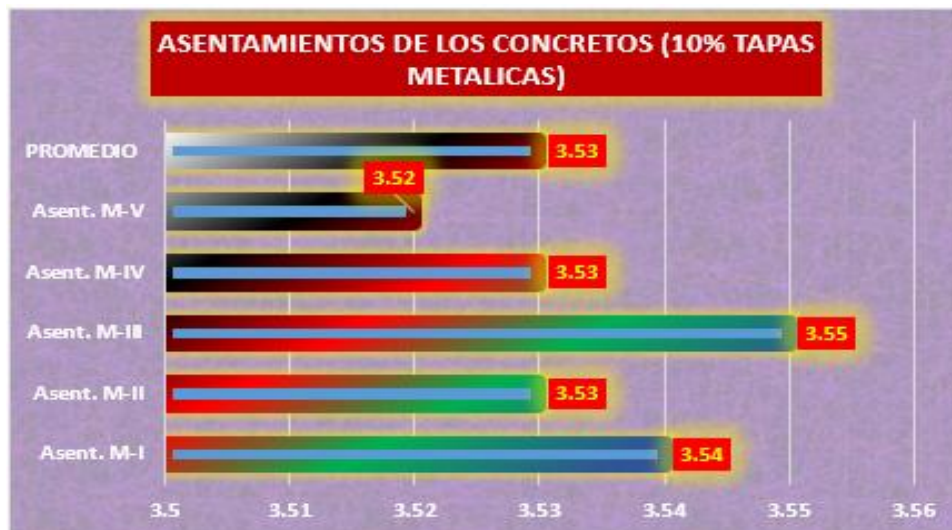
*Comportamiento respecto al asentamiento, muestra con tapas metálicas 10%*

Nº	Descripción del espécimen	Asentamiento	Consistencia (slump)
1	M-I		3.54
2	M-II		3.53
3	M-III	3-4"	3.55
4	M-IV		3.53
5	M-V		3.52
<b>PROMEDIO</b>			<b>3.53</b>

La tabla presenta un resumen del asentamiento y la consistencia (slump) de una mezcla de concreto con incorporación del 10% de tapas metálicas, indicando los valores de asentamiento medidos (en pulgadas) y los resultados de la consistencia obtenidos en las pruebas.

**Figura 14**

*Comportamiento de las muestras bajo asentamiento con adición de 10% de tapas metálicas (resumen)*



La tabla presenta un resumen del asentamiento y la consistencia (slump) de una mezcla de concreto con incorporación del 10% de tapas metálicas. Cada fila corresponde a una muestra identificada (M-I a M-V), indicando los valores de asentamiento medidos (en pulgadas) y los resultados de la consistencia obtenidos en las pruebas.

### Comparativa de los asentamientos logrados

**Tabla 14**

*Descripción resumida de los asentamientos de las muestras elaboradas*

Trabajabilidad de la mezcla	
Descripción	Asentamiento (Slump)
Muestra convencional	3.84"
Muestra + 10% residuos de caucho	3.74"
Muestra + 15% residuos de caucho	3.69"
Muestra + 5% tapas metálicas de bebidas	3.60"
Muestra + 10% tapas metálicas de bebidas	3.53"

Las muestras con residuos de caucho muestran una ligera disminución en la trabajabilidad, lo que sugiere que el uso de tapas metálicas reduce aún más la trabajabilidad del concreto.

**Figura 15**

*Resultados logrados durante las pruebas de asentamiento*



La gráfica presenta una comparativa del asentamiento (slump) entre las distintas muestras elaboradas, la muestra convencional tiene el valor más alto de 3.84", seguida por la muestra con 10% de residuos de caucho con 3.74". La muestra con 15% de residuos de caucho tiene un asentamiento menor, alcanzando 3.69". Por otro lado, las muestras con tapas metálicas muestran un asentamiento aún menor, con la muestra con 5% se tiene 3.60" y la muestra con 10% se tiene 3.53". Esta gráfica visualiza claramente cómo la inclusión de residuos de caucho y tapas metálicas disminuye la trabajabilidad del concreto.

#### 4.1.2 Incidencia de la adición de residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas en la resistencia a la compresión del concreto

Incluye estos materiales reciclados, para soportar cargas aplicadas de compresión sin fallar. Este ensayo es crucial para entender cómo la adición de estos materiales afecta la resistencia estructural del concreto, ya que tanto el residuo de caucho como las tapas metálicas pueden modificar las propiedades mecánicas del material. La resistencia a compresión es una de las características más importantes para asegurar la durabilidad y la capacidad de carga de las estructuras de concreto en aplicaciones prácticas, por lo que su medición y análisis en mezclas con materiales reciclados son esenciales para determinar su viabilidad en la construcción.

#### Resistencia a la compresión de los concretos a los 7 días de curado

Tabla 15

*Esfuerzos a la rotura alcanzados por el concreto convencional a los 7 días de curado*

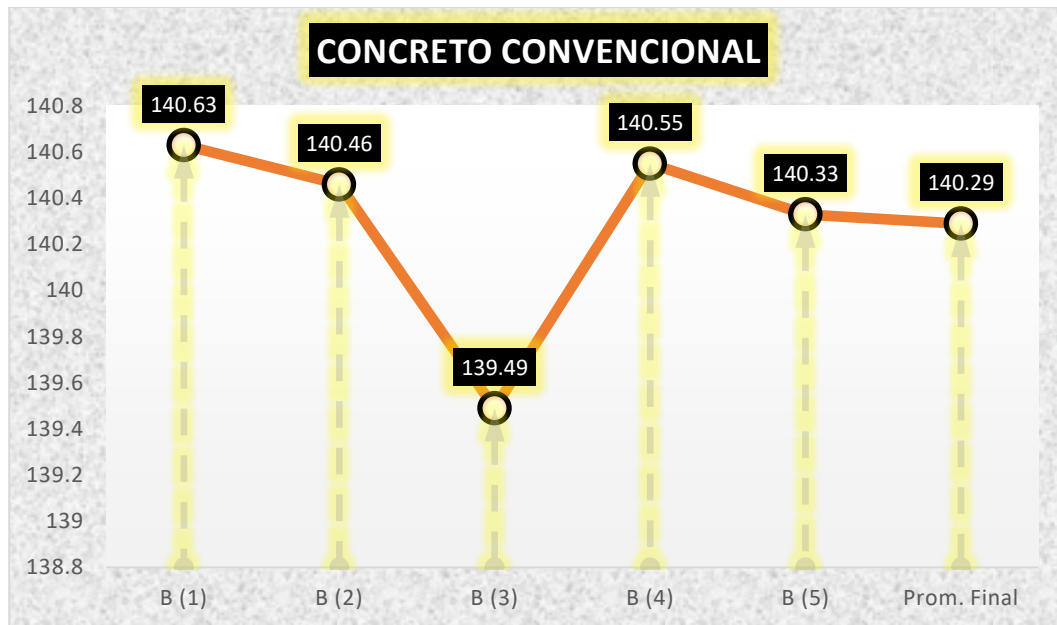
Muestra	Carga (kg)	Esfuerzo a rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Tiempo de fraguado
B. (1)	24885	140.63		
B. (2)	24755	140.46		
B. (3)	24682	139.49	210	7
B. (4)	24770	140.55		
B. (5)	24832	140.33		
	<b>Prom. Final</b>	<b>140.29</b>		

La tabla muestra los resultados de la compresión de los concretos, especificando la carga aplicada, el soporte (medido en kg/cm<sup>2</sup>), el diseño y el tiempo de fraguado para cada muestra. Se presentan cinco muestras, identificadas como B (1), B (2), B (3), B (4) y B (5), con valores de carga que varían entre 24,332 kg y 24,885 kg. Los valores de soporte oscilan entre 139.49 kg/cm<sup>2</sup> y 140.63 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio final de 140.29 kg/cm<sup>2</sup>. Todas las muestras fueron diseñadas con una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> y curadas durante

7 días. Este análisis es fundamental para evaluar la resistencia a compresión del concreto natural, lo que proporciona una indicación de su capacidad para soportar cargas y su desempeño en aplicaciones estructurales.

**Figura 16**

*Esfuerzos a la rotura alcanzados por el concreto convencional a los 7 días de curado*



La gráfica muestra los resultados obtenidos de las pruebas de rotura para muestras de concreto convencional. Cada punto de la línea naranja representa los valores de soporte (en kg/cm<sup>2</sup>) para las diferentes muestras, identificadas como B (1), B (2), B (3), B (4) y B (5). Los valores de soporte varían entre 139.49 kg/cm<sup>2</sup> y 140.63 kg/cm<sup>2</sup>, con un promedio final de 140.29 kg/cm<sup>2</sup>. La gráfica también presenta dos series: la serie azul muestra la tendencia de la carga aplicada, mientras que la serie naranja conecta los valores de soporte. La línea de la gráfica indica la consistencia de los resultados, con pequeñas variaciones entre las muestras, lo que sugiere una buena resistencia a la compresión en el concreto convencional evaluado.

### Resistencia a la compresión del concreto con residuos de caucho en 10%

Tabla 16

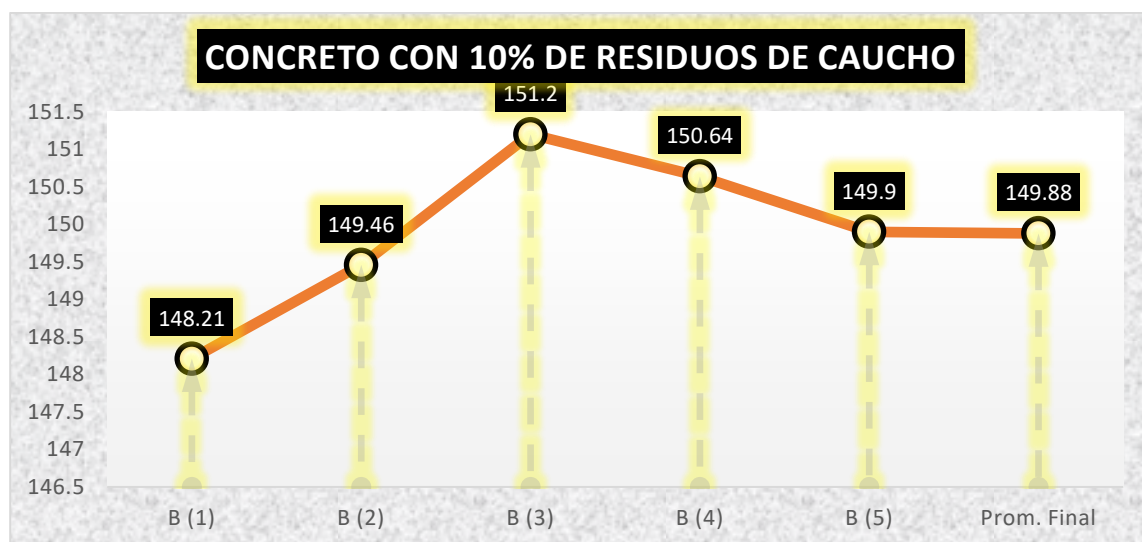
*Esfuerzos a la rotura alcanzados del concreto + 10% residuos de caucho*

Muestra	Carga (kg)	Esfuerzo a rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Tiempo de fraguado
B. (1)	26226	148.21	210	7
B. (2)	26447	149.46		
B. (3)	26754	151.20		
B. (4)	26656	150.64		
B. (5)	26525	149.90		
<b>Prom. Final</b>		<b>149.88</b>		

En la tabla se describe los especímenes obtenidos mediante una dosificación estándar con la incorporación de 10% de residuos de caucho, en este sentido, se tienen las muestras visualizadas con sus valores asociados a la compresión, alcanzando una resistencia promedio de 149.88kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días de creación.

Figura 17

*Esfuerzos a la rotura alcanzados del concreto + 10% residuos de caucho*



A través de esta gráfica se detallarán los valores compresivos de los concretos preparados para el análisis con incorporación del 10% de residuos de caucho, Los cuales exhiben comportamientos variados, donde se resalta que el concreto en el día 7 post-producción consigue una resistencia 149.88kg/cm<sup>2</sup>.

### Resistencia a la compresión del concreto con residuos de caucho en 15%

Tabla 17

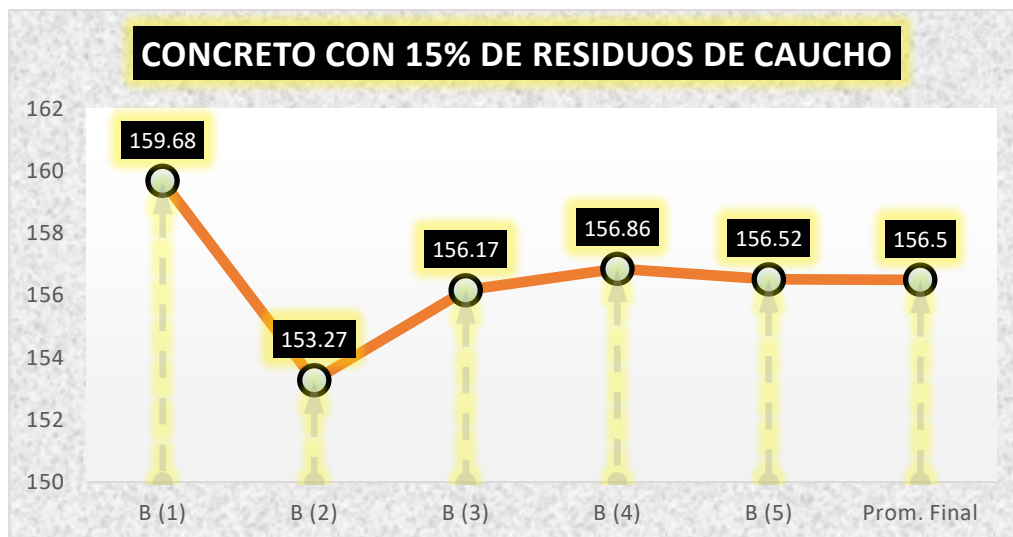
*Esfuerzos a la rotura alcanzados del concreto + 15% residuos de caucho*

Muestra	Carga (kg)	Esfuerzo a rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Tiempo de fraguado
B. (1)	28255	159.68		
B. (2)	27122	153.27		
B. (3)	27634	156.17	210	7
B. (4)	27757	156.86		
B. (5)	27697	156.52		
<b>Prom. Final</b>		<b>156.50</b>		

En la tabla se describe los especímenes obtenidos mediante una dosificación estándar con la incorporación de 15% de residuos de caucho, en este sentido, se tienen las muestras visualizadas con sus valores asociados a la compresión, alcanzando una resistencia promedio de 156.50kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días de creación.

Figura 18

*Esfuerzos a la rotura alcanzados del concreto + 15% residuos de caucho*



A través de esta gráfica se detallarán los valores compresivos de los concretos preparados para el análisis con incorporación del 15% de residuos de caucho, Los cuales exhiben comportamientos variados, donde se resalta que el concreto en el día 7 post-producción consigue una resistencia 156.5kg/cm<sup>2</sup>.

### Resistencia a la compresión del concreto con tapas metálicas en 5%

Tabla 18

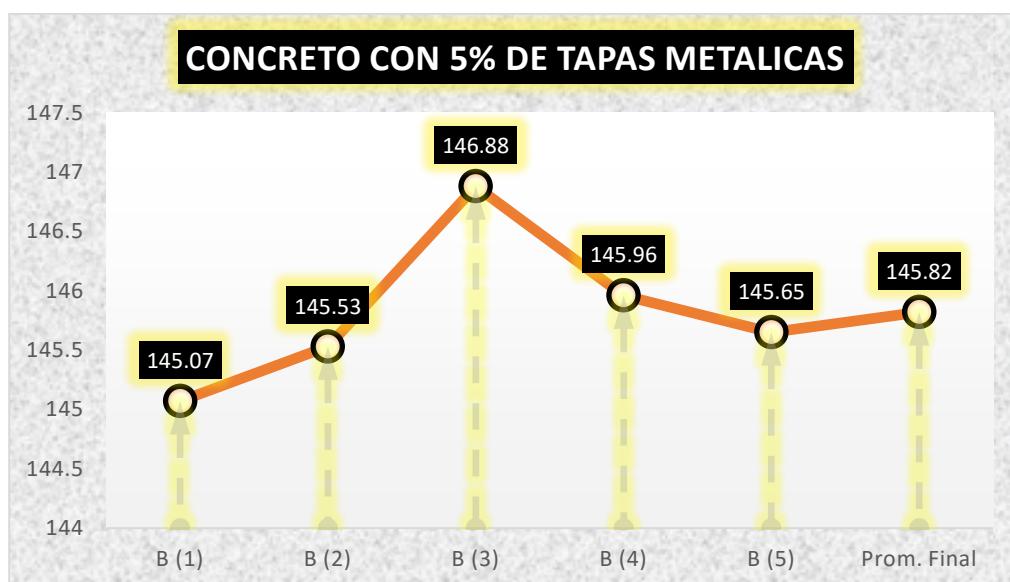
*Esfuerzos a la rotura alcanzados del concreto + 5% tapas metálicas de bebidas*

Muestra	Carga (kg)	Esfuerzo a rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Tiempo de fraguado
B. (1)	25671	145.07	210	7
B. (2)	25752	145.53		
B. (3)	25886	146.88		
B. (4)	25724	145.96		
B. (5)	25772	145.65		
<b>Prom. Final</b>		<b>145.82</b>		

La tabla presenta los resultados de la compresión de los concretos con 5% de tapas metálicas, el promedio final de soporte es de 145.82 kg/cm<sup>2</sup>, lo que indica una mejor resistencia a compresión en comparación con las muestras sin tapas metálicas. Este análisis muestra que la adición de tapas metálicas contribuye positivamente a la capacidad de carga del concreto.

Figura 19

*Esfuerzos a la rotura alcanzados del concreto + 5% tapas metálicas de bebidas*



A través de esta gráfica se detallarán los valores compresivos de los concretos preparados para el análisis con adición en 5% de tapas metálicas, Los cuales exhiben comportamientos variados, donde se resalta que el concreto en el día 7 post-producción consigue una resistencia 234.58kg/cm<sup>2</sup>.

### Resistencia a la compresión del concreto con tapas metálicas en 10%

Tabla 19

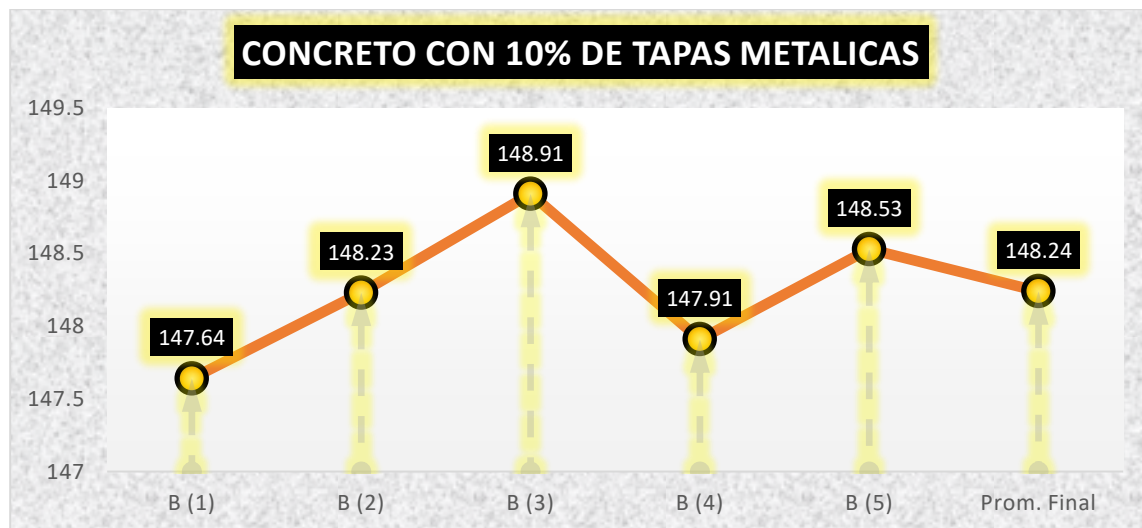
*Esfuerzos a la rotura alcanzados del concreto + 10% tapas metálicas de bebidas*

Muestra	Carga (kg)	Esfuerzo a rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Tiempo de fraguado
B. (1)	26125	147.64		
B. (2)	26229	148.23		
B. (3)	26349	148.91	210	7
B. (4)	26172	147.91		
B. (5)	26282	148.53		
<b>Prom. Final</b>		<b>148.24</b>		

En la tabla se describe los especímenes obtenidos mediante una dosificación estándar con la adición de tapas metálicas en 10%, en este sentido, se tienen las muestras visualizadas con sus valores asociados a la compresión, alcanzando una resistencia promedio de 148.24kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días de creación.

Figura 20

*Esfuerzos a la rotura alcanzados del concreto + 10% tapas metálicas de bebidas*



A través de esta gráfica se detallarán los valores compresivos de los concretos preparados para el análisis con adición en 10% de tapas metálicas, Los cuales exhiben comportamientos variados, donde se resalta que el concreto en el día 7 post-producción consigue una resistencia 148.24kg/cm<sup>2</sup>.

### Resistencia a la compresión de los concretos a los 14 días de curado

**Tabla 20**

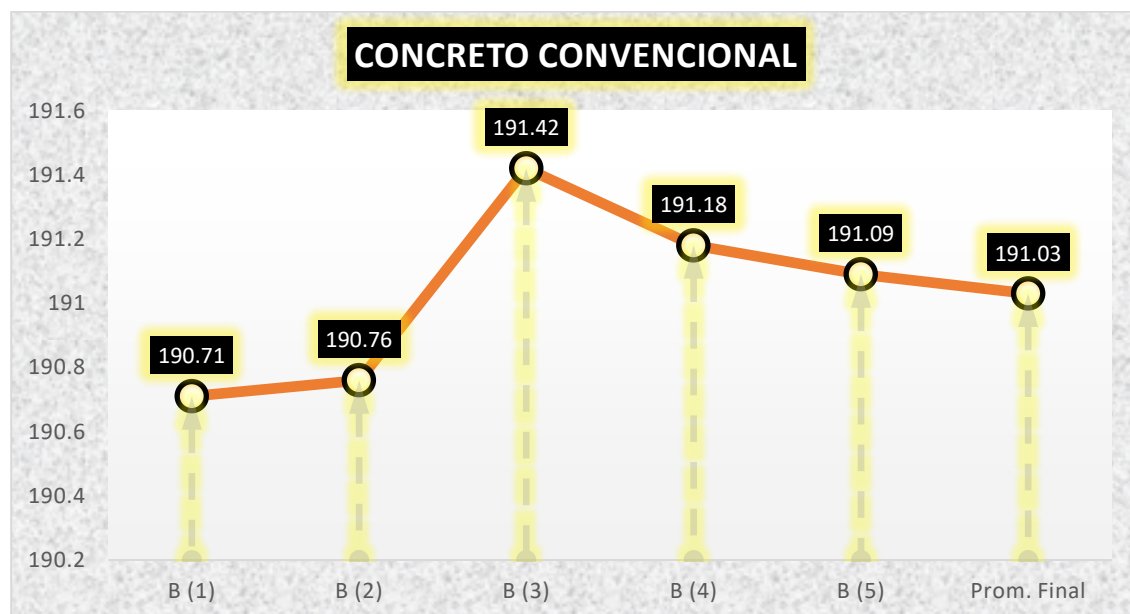
*Compresión del concreto convencional a los 14 días de curado*

Muestra	Carga (kg)	Esfuerzo a rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Tiempo de fraguado
B. (1)	33747	190.71		
B. (2)	33755	190.76		
B. (3)	33735	191.42	210	14
B. (4)	33694	191.18		
B. (5)	33814	191.09		
<b>Prom. Final</b>		<b>191.03</b>		

La tabla presenta los resultados de compresión de concretos, el promedio final de soporte es de 191.03 kg/cm<sup>2</sup>, lo que indica una resistencia a la compresión consistente y elevada en todas las muestras.

**Figura 21**

*Compresión del concreto convencional a los 14 días de curado*



La gráfica muestra los resultados de las pruebas de rotura realizadas sobre el concreto convencional, el promedio final de 191.03 kg/cm<sup>2</sup> refleja una buena resistencia a la compresión en todas las muestras evaluadas, con un comportamiento consistente del concreto bajo las condiciones de prueba.

### Resistencia a la compresión del concreto con residuos de caucho en 10%

**Tabla 21**

*Esfuerzos a la rotura alcanzados del concreto + 10% residuos de caucho*

Muestra	Carga (kg)	Esfuerzo a rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Tiempo de fraguado
B. (1)	35756	202.07		
B. (2)	35545	200.88		
B. (3)	35563	200.98	210	14
B. (4)	35679	202.45		
B. (5)	35737	201.96		
<b>Prom. Final</b>		<b>201.67</b>		

En la tabla se describe los especímenes obtenidos mediante una dosificación estándar con la incorporación de 10% de residuos de caucho, en este sentido, se tienen las muestras visualizadas con sus valores asociados a la compresión, alcanzando una resistencia promedio de 201.67kg/cm<sup>2</sup> a los 14 días de creación.

**Figura 22**

*Esfuerzos a la rotura alcanzados del concreto + 10% residuos de caucho*



A través de esta gráfica se detallarán los valores compresivos de los concretos preparados para el análisis con incorporación del 10% de residuos de caucho, Los cuales exhiben comportamientos variados, donde se resalta que el concreto en el día 14 post-producción consigue una resistencia 201.67kg/cm<sup>2</sup>.

### Resistencia a la compresión del concreto con residuos de caucho en 15%

**Tabla 22**

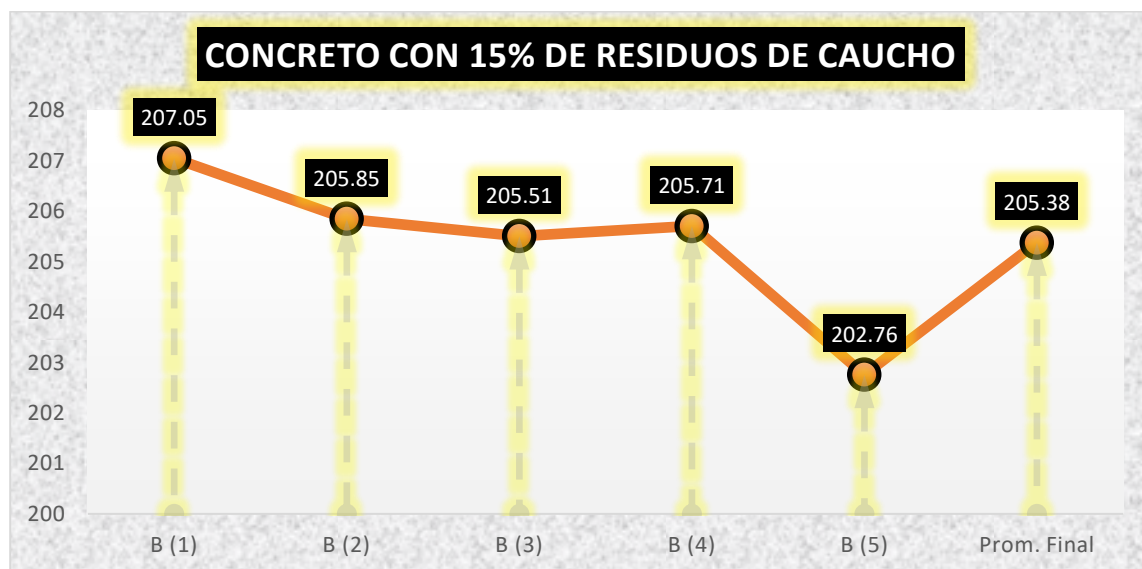
*Compresión de los concretos + 15% residuos de caucho día 14*

Muestra	Carga (kg)	Esfuerzo a rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Tiempo de fraguado
B. (1)	36638	207.05		
B. (2)	36425	205.85		
B. (3)	36365	205.51	210	14
B. (4)	36254	205.71		
B. (5)	35878	202.76		
<b>Prom. Final</b>		<b>205.38</b>		

En la tabla se describe los especímenes obtenidos mediante una dosificación estándar con la incorporación de 15% de residuos de caucho, en este sentido, se tienen las muestras visualizadas con sus valores asociados a la compresión, alcanzando una resistencia promedio de 205.38kg/cm<sup>2</sup> a los 14 días de creación.

**Figura 23**

*Esfuerzos alcanzados del concreto + 15% residuos de caucho*



A través de esta gráfica se detallarán los valores compresivos de los concretos preparados para el análisis con incorporación del 15% de residuos de caucho, Los cuales exhiben comportamientos variados, donde se resalta que el concreto en el día 14 post-producción consigue una resistencia 205.38kg/cm<sup>2</sup>.

### Pruebas de resistencia a la compresión concreto con TMB 5% día 14

**Tabla 23**

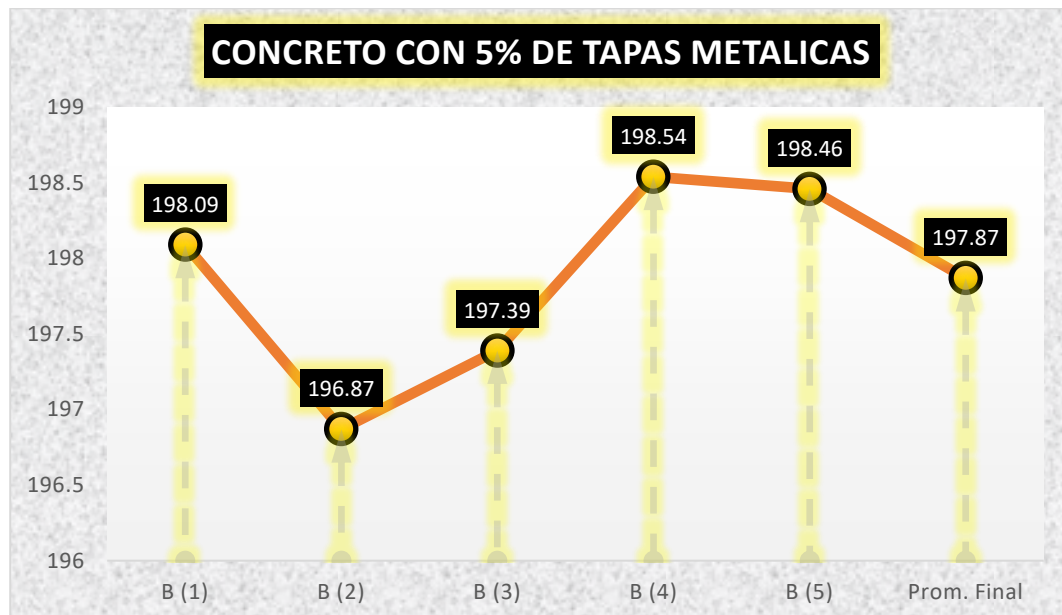
*Compresión de los concretos + 5% tapas metálicas de bebidas*

Muestra	Carga (kg)	Esfuerzo a rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Tiempo de fraguado
B. (1)	35052	198.09	210	14
B. (2)	34837	196.87		
B. (3)	34929	197.39		
B. (4)	35131	198.54		
B. (5)	35117	198.46		
<b>Prom. Final</b>		<b>197.87</b>		

En la tabla se describe los especímenes obtenidos mediante una dosificación estándar con la adición de tapas metálicas en 5%, en este sentido, se tienen las muestras visualizadas con sus valores asociados a la compresión, alcanzando una resistencia promedio de 197.87kg/cm<sup>2</sup> a los 14 días de creación.

**Figura 24**

*Esfuerzos alcanzados del concreto + 5% tapas metálicas de bebidas*



A través de esta gráfica se detallarán los valores compresivos de los concretos preparados para el análisis con adición en 5% de tapas metálicas, Los cuales exhiben comportamientos variados, donde se resalta que el concreto en el día 14 post-producción consigue una resistencia 197.87kg/cm<sup>2</sup>.

### Pruebas de resistencia a la compresión concreto con TMB 10% día 14

**Tabla 24**

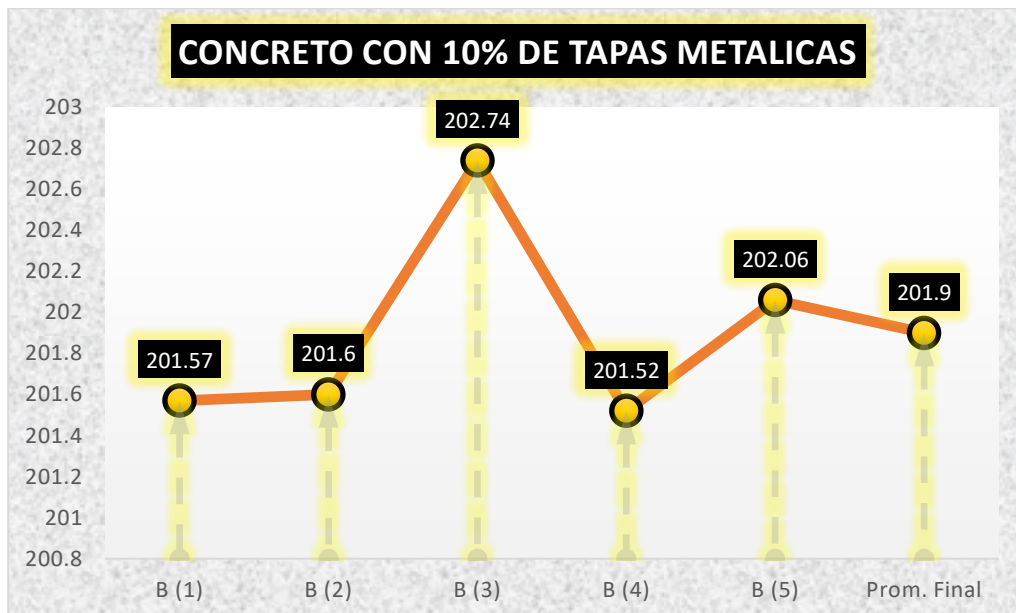
*Compresión de los concretos + 10% tapas metálicas de bebidas*

Muestra	Carga (kg)	Esfuerzo a rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Tiempo de fraguado
B. (1)	35668	201.57	210	14
B. (2)	35674	201.60		
B. (3)	35875	202.74		
B. (4)	35659	201.52		
B. (5)	35755	202.06		
<b>Prom. Final</b>		<b>201.90</b>		

En la tabla se describe los especímenes obtenidos mediante una dosificación estándar con la adición de tapas metálicas en 10%, en este sentido, se tienen las muestras visualizadas con sus valores asociados a la compresión, alcanzando una resistencia promedio de 201.90kg/cm<sup>2</sup> a los 14 días de creación.

**Figura 25**

*Esfuerzos alcanzados del concreto + 10% tapas metálicas de bebidas*



A través de esta gráfica se detallarán los valores compresivos de los concretos preparados para el análisis con adición en 10% de tapas metálicas, Los cuales exhiben comportamientos variados, donde se resalta que el concreto en el día 14 post-producción consigue una resistencia 201.9kg/cm<sup>2</sup>.

### Pruebas de resistencia a la compresión concreto convencional día 28

**Tabla 25**

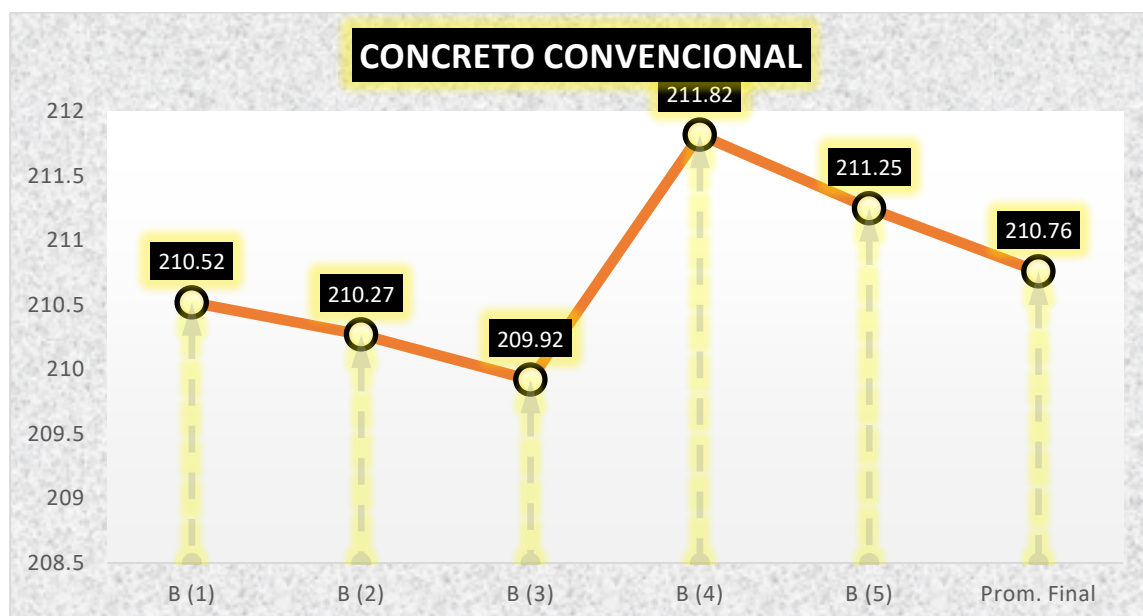
*Compresión de los concretos*

Muestra	Carga (kg)	Esfuerzo a rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Tiempo de fraguado
B. (1)	37252	210.52	210	28
B. (2)	37207	210.27		
B. (3)	37145	209.92		
B. (4)	37331	211.82		
B. (5)	37381	211.25		
<b>Prom. Final</b>		<b>210.76</b>		

La tabla presenta los resultados de la compresión del concreto, el promedio final de soporte es de 210.76 kg/cm<sup>2</sup>, lo que indica una buena resistencia a compresión en todas las muestras, reflejando un rendimiento consistente del concreto después de un tiempo de curado de 28 días.

**Figura 26**

*Esfuerzos alcanzados del concreto*



La gráfica muestra los resultados de las pruebas de rotura para el concreto convencional, la gráfica destaca la buena resistencia del concreto con pequeñas variaciones entre las muestras.

### Resistencia a la compresión del concreto con residuos de caucho en 10%

**Tabla 26**

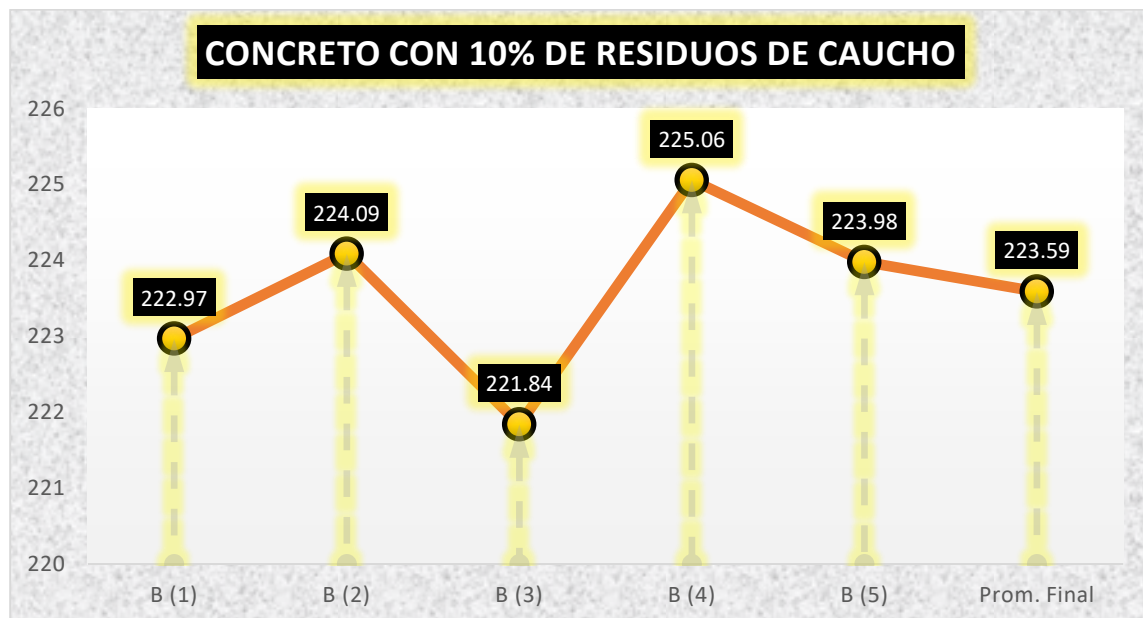
*Compresión de los concretos + 10% residuos de caucho día 28*

Muestra	Carga (kg)	Esfuerzo a rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Tiempo de fraguado
B. (1)	39455	222.97		
B. (2)	39652	224.09		
B. (3)	39255	221.84	210	28
B. (4)	39665	225.06		
B. (5)	39634	223.98		
<b>Prom. Final</b>		<b>223.59</b>		

En la tabla se describe los especímenes obtenidos mediante una dosificación estándar con la incorporación de 10% de residuos de caucho, en este sentido, se tienen las muestras visualizadas con sus valores asociados a la compresión, alcanzando una resistencia promedio de 223.59kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de creación.

**Figura 27**

*Esfuerzos alcanzados del concreto + 10% residuos de caucho día 28*



A través de esta gráfica se detallarán los valores compresivos de los concretos preparados para el análisis con incorporación del 10% de residuos de caucho, Los cuales exhiben comportamientos variados, donde se resalta que el concreto en el día 28 post-producción consigue una resistencia 223.59kg/cm<sup>2</sup>.

### Resistencia a la compresión del concreto con residuos de caucho en 15%

Tabla 27

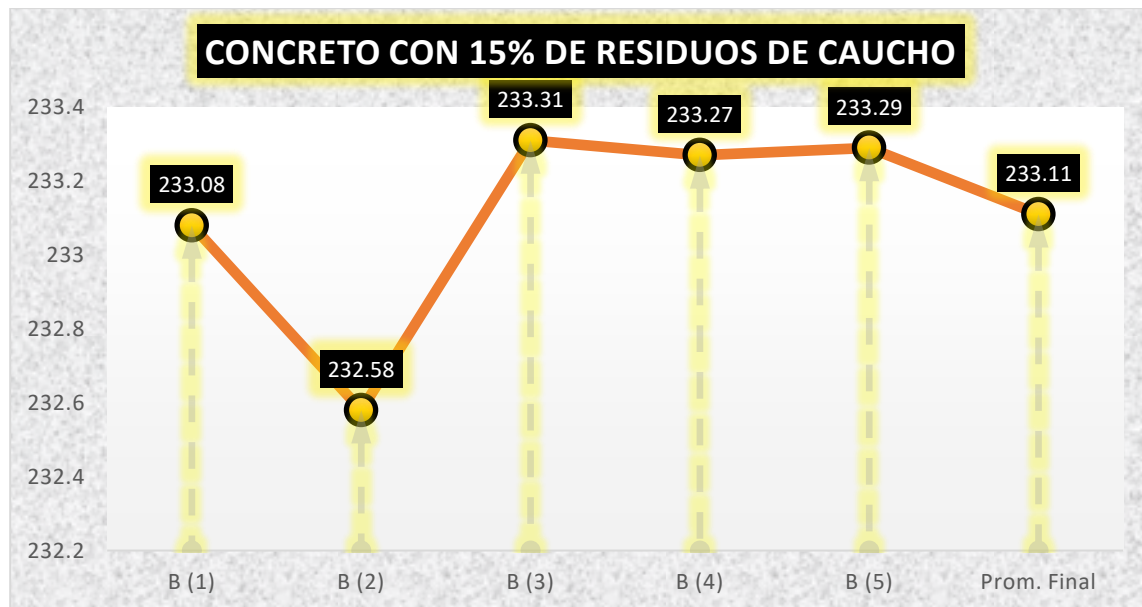
Compresión de los concretos + 15% residuos de caucho día 28

Muestra	Carga (kg)	Esfuerzo a rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Tiempo de fraguado
B. (1)	41244	233.08	210	28
B. (2)	41155	232.58		
B. (3)	41285	233.31		
B. (4)	41111	233.27		
B. (5)	41281	233.29		
<b>Prom. Final</b>		<b>233.11</b>		

En la tabla se describe los especímenes obtenidos mediante una dosificación estándar con la incorporación de 15% de residuos de caucho, en este sentido, se tienen las muestras visualizadas con sus valores asociados a la compresión, alcanzando una resistencia promedio de 233.11kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de creación.

Figura 28

Esfuerzos alcanzados del concreto + 15% residuos de caucho



A través de esta gráfica se detallarán los valores compresivos de los concretos preparados para el análisis con incorporación del 15% de residuos de caucho, Los cuales exhiben comportamientos variados, donde se resalta que el concreto en el día 28 post-producción consigue una resistencia 233.11kg/cm<sup>2</sup>.

### Pruebas de resistencia a la compresión concreto con TMB 5% día 28

**Tabla 28**

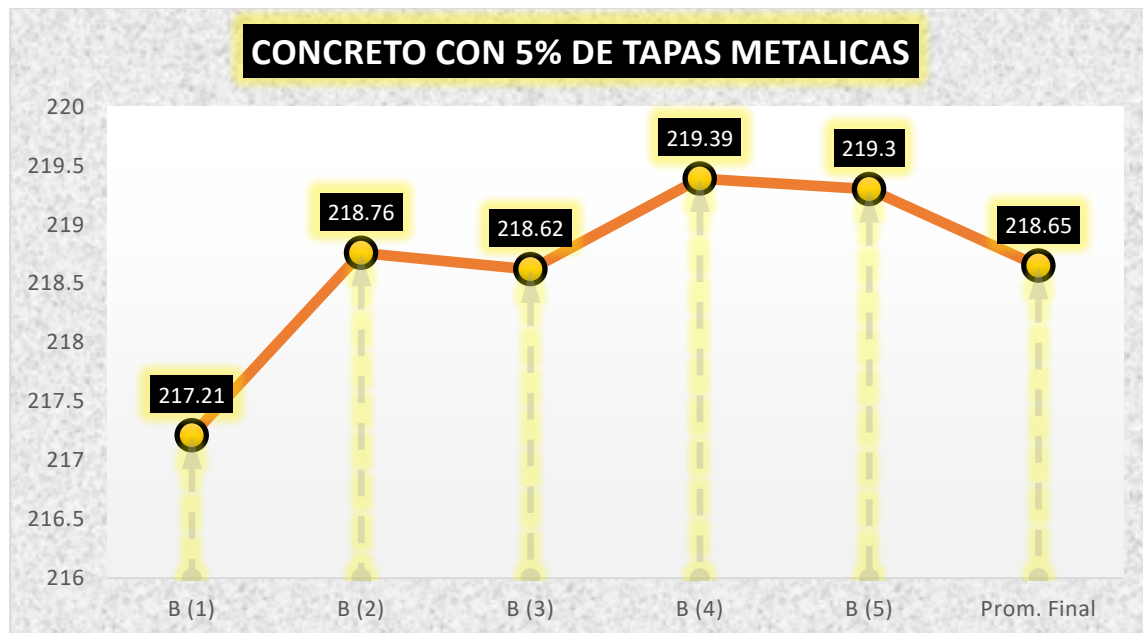
*Compresión de los concretos + 5% tapas metálicas de bebidas*

Muestra	Carga (kg)	Esfuerzo a rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Tiempo de fraguado
B. (1)	38435	217.21	210	28
B. (2)	38554	218.76		
B. (3)	38684	218.62		
B. (4)	38821	219.39		
B. (5)	38805	219.30		
<b>Prom. Final</b>		<b>218.65</b>		

En la tabla se describe los especímenes obtenidos mediante una dosificación estándar con la adición de tapas metálicas en 5%, en este sentido, se tienen las muestras visualizadas con sus valores asociados a la compresión, alcanzando una resistencia promedio de 218.65kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de creación.

**Figura 29**

*Esfuerzos alcanzados del concreto + 5% tapas metálicas de bebidas*



A través de esta gráfica se detallarán los valores compresivos de los concretos preparados para el análisis con adición en 5% de tapas metálicas, Los cuales exhiben comportamientos variados, donde se resalta que el concreto en el día 28 post-producción consigue una resistencia 218.65kg/cm<sup>2</sup>.

### Pruebas de resistencia a la compresión concreto con TMB 10% día 28

Tabla 29

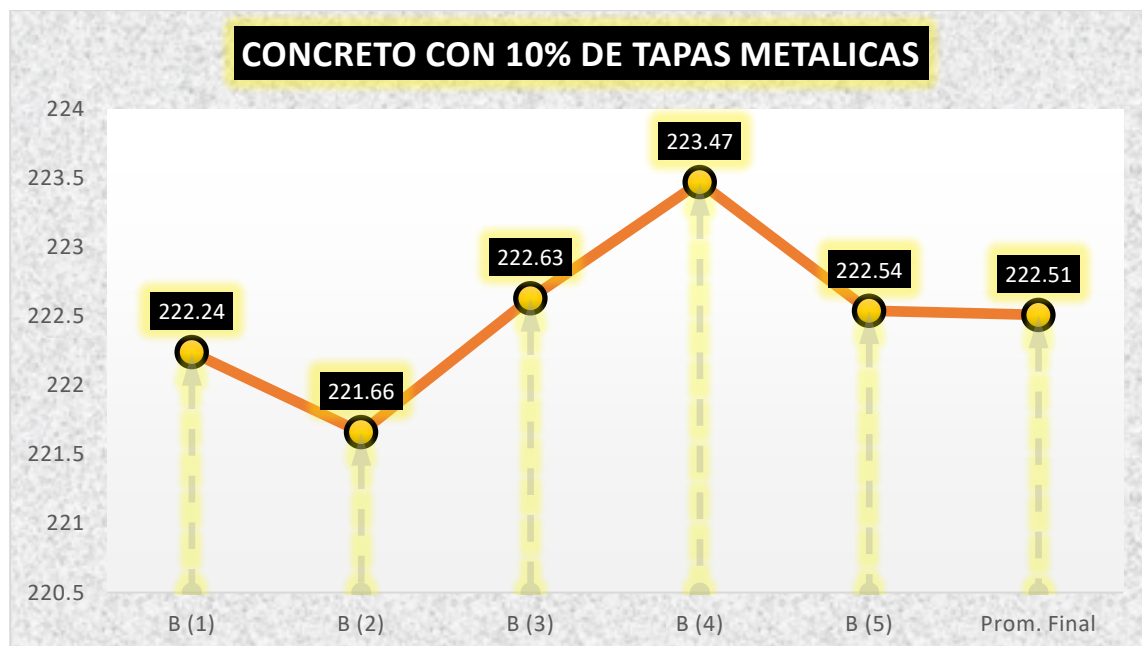
Compresión de los concretos + 10% tapas metálicas de bebidas

Muestra	Carga (kg)	Esfuerzo a rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Tiempo de fraguado
B. (1)	39326	222.24	210	28
B. (2)	39222	221.66		
B. (3)	39394	222.63		
B. (4)	39385	223.47		
B. (5)	39379	222.54		
<b>Prom. Final</b>		<b>222.51</b>		

En la tabla se describe los especímenes obtenidos mediante una dosificación estándar con la adición de tapas metálicas en 10%, en este sentido, se tienen las muestras visualizadas con sus valores asociados a la compresión, alcanzando una resistencia promedio de 222.51kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de creación.

Figura 30

Esfuerzos alcanzados del concreto + 10% tapas metálicas de bebidas



A través de esta gráfica se detallarán los valores compresivos de los concretos preparados para el análisis con adición en 10% de tapas metálicas, Los cuales exhiben comportamientos variados, donde se resalta que el concreto en el día 28 post-producción consigue una resistencia 222.51kg/cm<sup>2</sup>.

### Comparación de resistencias alcanzadas por cada grupo de control

**Tabla 30**

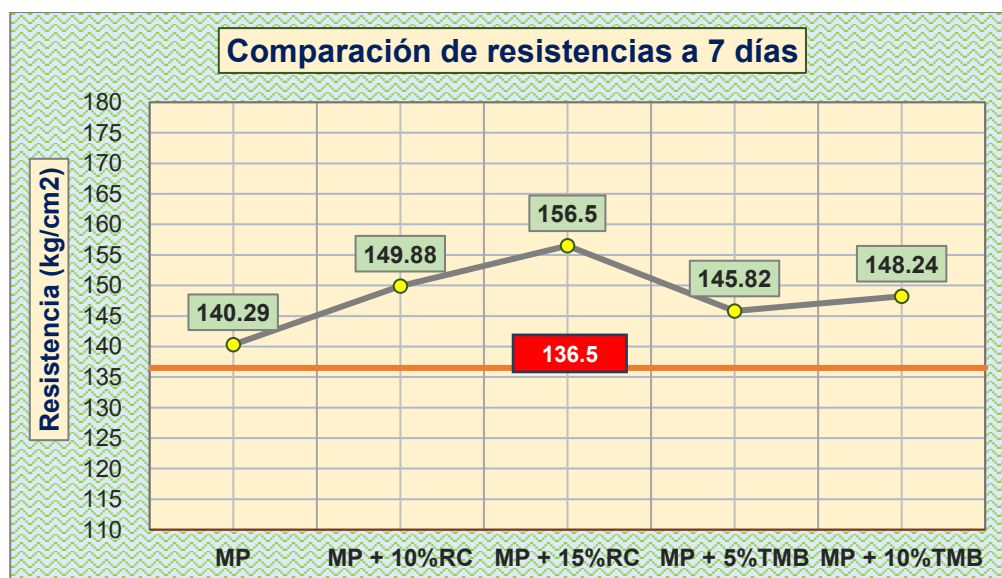
*Resumen de resistencias promedio de cada grupo de control para 7 días de curado*

Comparativo de resistencias a la compresión del concreto (kg/cm <sup>2</sup> )	
MP	140.29
MP + 10% RC	149.88
MP + 15% RC	156.50
MP + 5% TMB	145.82
MP + 10% TMB	148.24

Evaluando el efecto de la adición de residuos de caucho (RC) y tapas metálicas de bebidas (TMB). La resistencia patrón del concreto es de 140.29 kg/cm<sup>2</sup>. sin embargo, con la adición de 10% de RC la resistencia aumenta a 149.88 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que con 15% de RC alcanza el mayor valor de 156.50 kg/cm<sup>2</sup>, evidenciando que mayores porcentajes de caucho contribuyen significativamente a mejorar la resistencia a compresión. Por otro lado, las tapas metálicas, una adición del 5% de TMB genera una resistencia de 145.82 kg/cm<sup>2</sup>, y con 10% de TMB, se logra un incremento a 148.24 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 31**

*Comparación de resistencias promedio de cada grupo de control para 7 días de curado*



La gráfica representa la carga soportada a los 7 días en términos de resistencia a compresión para diferentes mezclas de concreto, mostrando los efectos de añadir residuos de caucho (RC) y tapas metálicas de bebidas (TMB) en comparación con la mezcla patrón (MP), evidenciando un impacto positivo del caucho en la mejora de la resistencia. Por otro lado, la gráfica refleja que tanto los residuos de caucho como las tapas metálicas pueden incrementar la capacidad del concreto para soportar cargas, siendo más notorio el efecto de los residuos de caucho en mayores proporciones.

**Tabla 31**

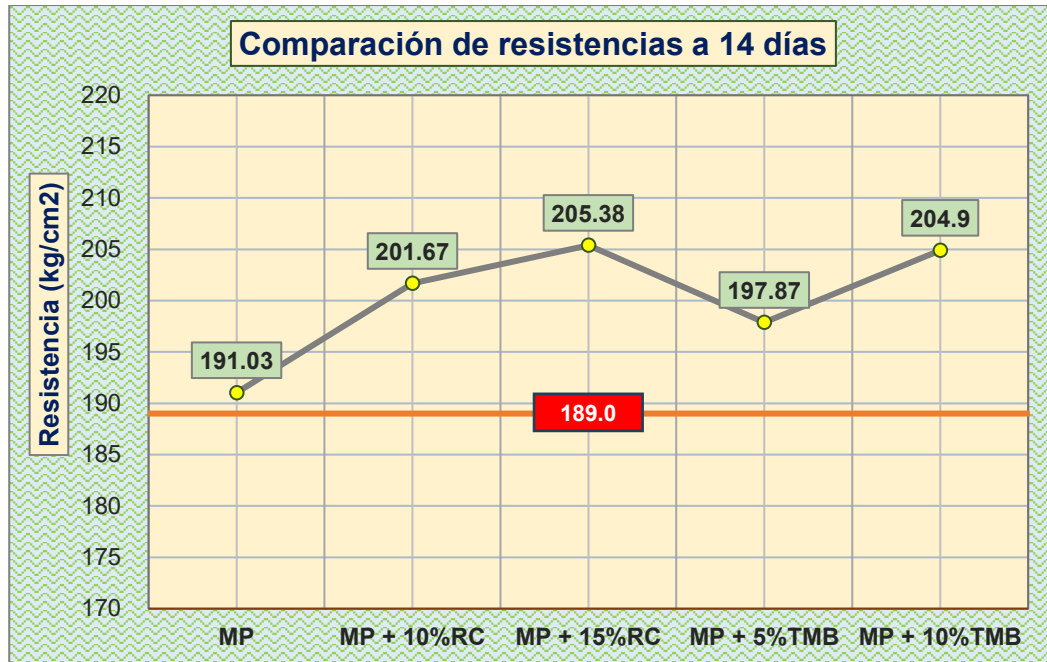
*Resumen de resistencias promedio de cada grupo de control para 14 días de curado*

<b>Comparativo de resistencias a la compresión del concreto (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	
MP	191.03
MP + 10% RC	201.67
MP + 15% RC	205.38
MP + 5% TMB	197.87
MP + 10% TMB	204.90

La tabla muestra los resultados de las pruebas de resistencia a compresión a los 14 días, evaluando el efecto de la incorporación de residuos de caucho (RC) y tapas metálicas de bebidas (TMB) en diferentes proporciones sobre la mezcla patrón (MP). La resistencia base del concreto (MP) es de 191.03 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que la adición de 10% RC incrementa la resistencia a 223.59 kg/cm<sup>2</sup>, y con 15% RC, se alcanza el valor más alto de 233.11 kg/cm<sup>2</sup>, mostrando un incremento significativo con mayores porcentajes de caucho. Por otro lado, la adición de 5% TMB mejora la resistencia a 218.65 kg/cm<sup>2</sup>, y con 10% TMB, esta aumenta a 222.51 kg/cm<sup>2</sup>, reflejando también un efecto positivo, pero menos pronunciado en comparación con el caucho.

**Figura 32**

Datos de la fractura del espécimen durante el día 14



La gráfica ilustra la carga soportada a los 14 días en términos de resistencia a compresión para distintas mezclas de concreto, destacando los efectos de la incorporación de residuos de caucho (RC) y tapas metálicas de bebidas (TMB). La mezcla patrón (MP) registra una resistencia base de 191.03 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que la adición de 10% RC eleva la resistencia a 201.67 kg/cm<sup>2</sup>, y con 15% RC, se alcanza el valor máximo de 205.38 kg/cm<sup>2</sup>, demostrando un notable impacto positivo del caucho, especialmente en mayores proporciones. Por otro lado, la adición de 5% TMB incrementa la resistencia a 197.87 kg/cm<sup>2</sup>, y con 10% TMB, esta aumenta a 204.90 kg/cm<sup>2</sup>, mostrando también un efecto positivo, aunque menos pronunciado que el de los residuos de caucho.

**Tabla 32**

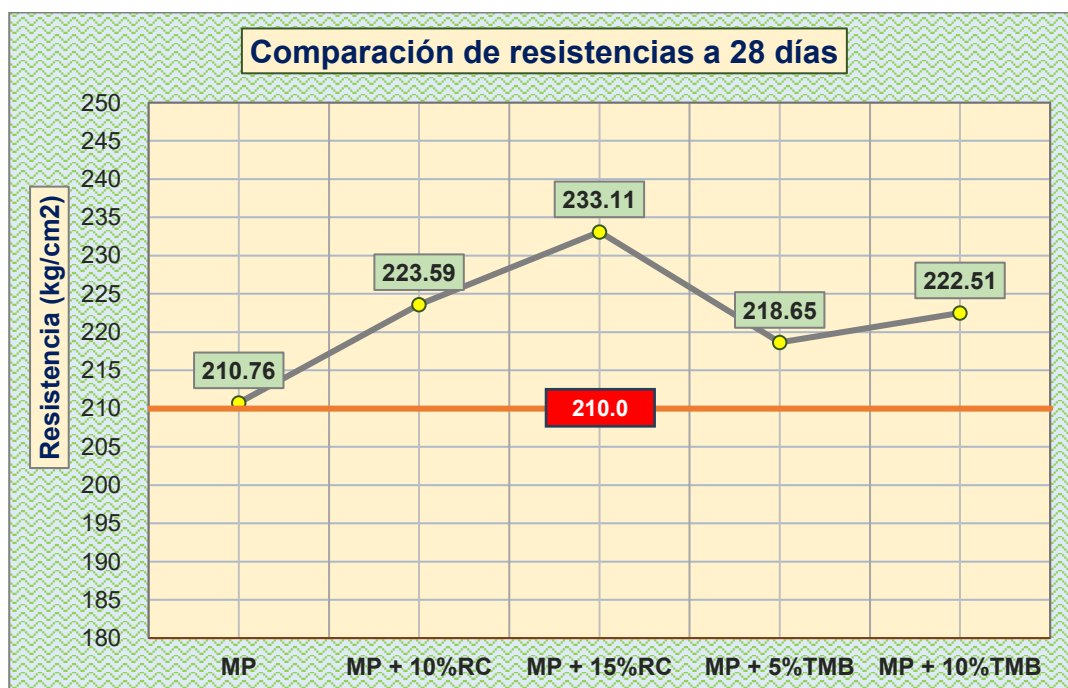
*Resumen de resistencias promedio de cada grupo de control para 28 días de curado*

Comparativo de resistencias a la compresión del concreto (kg/cm <sup>2</sup> )	
MP	210.76
MP + 10% RC	223.59
MP + 15% RC	233.11
MP + 5% TMB	218.65
MP + 10% TMB	222.51

Evaluando el impacto de la adición de residuos de caucho (RC) y tapas metálicas de bebidas (TMB) en diferentes proporciones en la mezcla patrón (MP). La resistencia base del concreto sin aditivos (MP) es de 210.76 kg/cm<sup>2</sup>. Con la adición de 10% RC, la resistencia aumenta a 223.59 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que con 15% RC, se mantiene en 233.11 kg/cm<sup>2</sup>, confirmando la eficacia del caucho en mejorar la resistencia. Para las mezclas con tapas metálicas, la adición de 5% TMB eleva la resistencia a 218.65 kg/cm<sup>2</sup>, y con 10% TMB, se logra un incremento a 222.51 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 33**

*Datos de la fractura del espécimen durante el día 28*



La gráfica muestra la carga soportada a los 28 días en términos de resistencia a compresión para distintas mezclas de concreto, evaluando el impacto de residuos de caucho (RC) y tapas metálicas de bebidas (TMB). La mezcla patrón (MP) alcanza una resistencia base de 210.76 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que la adición de 10% RC eleva la resistencia a 223.59 kg/cm<sup>2</sup> y, con 15% RC, se logra el máximo valor de 233.11 kg/cm<sup>2</sup>, destacando el efecto positivo del caucho en mejorar la resistencia. En el caso de las tapas metálicas, la mezcla con 5% TMB incrementa la resistencia a 218.65 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que con 10% TMB alcanza los 222.51 kg/cm<sup>2</sup>, mostrando también una mejora significativa. La gráfica evidencia que ambos materiales son efectivos para incrementar la resistencia a compresión del concreto, siendo más notorio el impacto de los residuos de caucho, especialmente en mayores proporciones.

**Tabla 33**

*Resumen general de resistencias promedio a diferentes edades de curado*

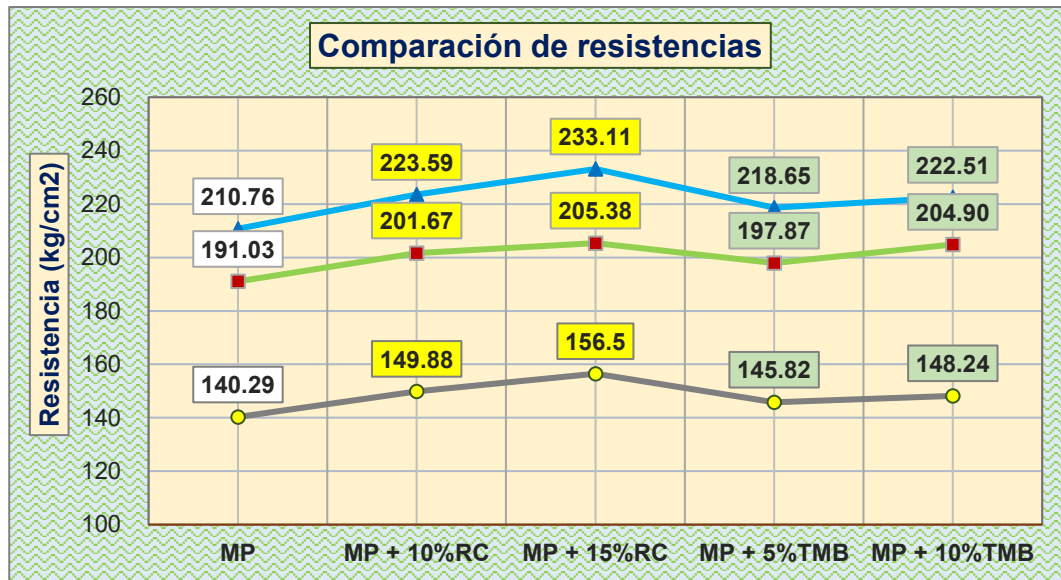
Resistencias a la compresión de los grupos de control			
Muestra	7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	14 días (kg/cm <sup>2</sup> )	28 días (kg/cm <sup>2</sup> )
MP	140.29	191.03	210.76
MP + 10% RC	149.88	201.67	223.59
MP + 15% RC	156.50	205.38	233.11
MP + 5% TMB	145.82	197.87	218.65
MP + 10% TMB	148.24	204.90	222.51

La tabla compara las resistencias a la compresión de los grupos de control a diferentes edades de curado, a los 7 días el mejor esfuerzo obtenido fue de 156.50 kg/cm<sup>2</sup> con la adición de 15% de residuos de caucho, a los 14 días el mejor esfuerzo obtenido fue de 233.59 kg/cm<sup>2</sup> con la adición de 15% de residuos de caucho, y a los 28 días el mejor esfuerzo obtenido fue de 233.59 kg/cm<sup>2</sup> con la adición de 15% de residuos de caucho. Estos datos confirman que tanto los RC como las TMB mejoran la resistencia del concreto,

siendo más efectivo el uso de residuos de caucho, especialmente en mayores concentraciones.

**Figura 34**

*Barras comparativas en cuanto al desempeño del concreto*



La gráfica presenta una comparativa de la resistencia a compresión de las diferentes mezclas de concreto (MP, MP + RC y MP + TMB) a través de su proceso de curación a 7, 14 y 28 días. La mezcla patrón (MP) muestra un incremento progresivo en resistencia desde 140.29 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días, hasta 210.76 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Con la adición de 10% de residuos de caucho (RC), la resistencia mejora significativamente, alcanzando 149.88 kg/cm<sup>2</sup> (7 días) y estabilizándose en 223.59 kg/cm<sup>2</sup> (14 y 28 días). La adición de 15% RC resulta en el mayor incremento, con valores de 156.50 kg/cm<sup>2</sup> (7 días) hasta un máximo de 233.11 kg/cm<sup>2</sup> (14 y 28 días).

En las mezclas con tapas metálicas de bebidas (TMB), el 5% TMB incrementa la resistencia a 145.82 kg/cm<sup>2</sup> (7 días) y 218.65 kg/cm<sup>2</sup> (14 y 28 días), mientras que el 10% TMB alcanza 148.24 kg/cm<sup>2</sup> (7 días) y sube a 222.51 kg/cm<sup>2</sup> (14 y 28 días). La gráfica destaca que las mezclas con residuos de caucho (especialmente al 15%) ofrecen mayores beneficios en resistencia a compresión en comparación con las tapas metálicas, evidenciando su eficacia como material de refuerzo en el concreto.

#### **4.1.3 Influencia de la incorporación de residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas en la resistencia a la flexión del concreto**

El comportamiento de los concretos con residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas al ser expuestos a flexión se refiere a la manera en que estas mezclas de concreto, que incorporan materiales reciclados como el caucho y las tapas metálicas, responden a las fuerzas de flexión aplicadas durante las pruebas. Este análisis permite evaluar cómo la inclusión de estos materiales afecta la capacidad del concreto para resistir deformaciones y fracturas bajo carga, proporcionando información sobre su ductilidad, resistencia y comportamiento estructural. Estudiar este comportamiento es fundamental para determinar la viabilidad de estos concretos modificados en aplicaciones de construcción, donde se requieren materiales que no solo sean sostenibles sino también funcionales en términos de rendimiento mecánico y durabilidad.

#### **Resistencia a la flexión de los concretos a los 7 días de curado**

**Tabla 34**

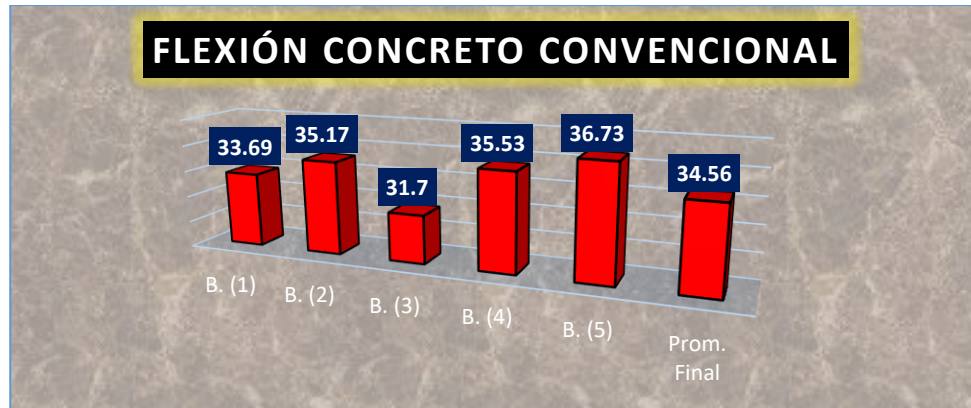
*Esfuerzos a la flexión logrados por el concreto convencional a los 7 días de curado*

<b>Muestra</b>	<b>Carga aplicada</b>	<b>Esfuerzo a flexión (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tiempo de fraguado</b>
B. (1)	1078.25	33.69	
B. (2)	1125.45	35.17	
B. (3)	1014.56	31.70	7
B. (4)	1136.98	35.53	
B. (5)	1175.57	36.73	
	<b>Prom. Final</b>	<b>34.56</b>	

La tabla muestra los resultados de la flexión de los concretos, incluyendo la carga dial aplicada, el esfuerzo (en kg/cm<sup>2</sup>) y el tiempo de fraguado para cada muestra. El promedio final de soporte es de 34.56 kg/cm<sup>2</sup>, lo que indica un rendimiento adecuado del concreto bajo cargas de flexión, con una buena capacidad de soporte después de un curado de 7 días.

**Figura 35**

*Esfuerzos a la flexión logrados por el concreto convencional a los 7 días de curado*



La gráfica muestra los resultados de las pruebas de rotura de flexión realizadas a las muestras de concreto natural después de 7 Tiempo de fraguado. Los valores de soporte (kg/cm<sup>2</sup>) para cada muestra varían, con B (1) mostrando el valor más bajo de 33.69 kg/cm<sup>2</sup> y B (5) alcanzando el valor más alto de 36.73 kg/cm<sup>2</sup>. El promedio final es de 34.56 kg/cm<sup>2</sup>, reflejando un comportamiento consistente en las muestras bajo las pruebas de flexión. Estas variaciones en los valores de soporte indican la resistencia del concreto a las fuerzas de flexión después del periodo de curado.

### Resistencia a la flexión del concreto con residuos de caucho en 10%

**Tabla 35**

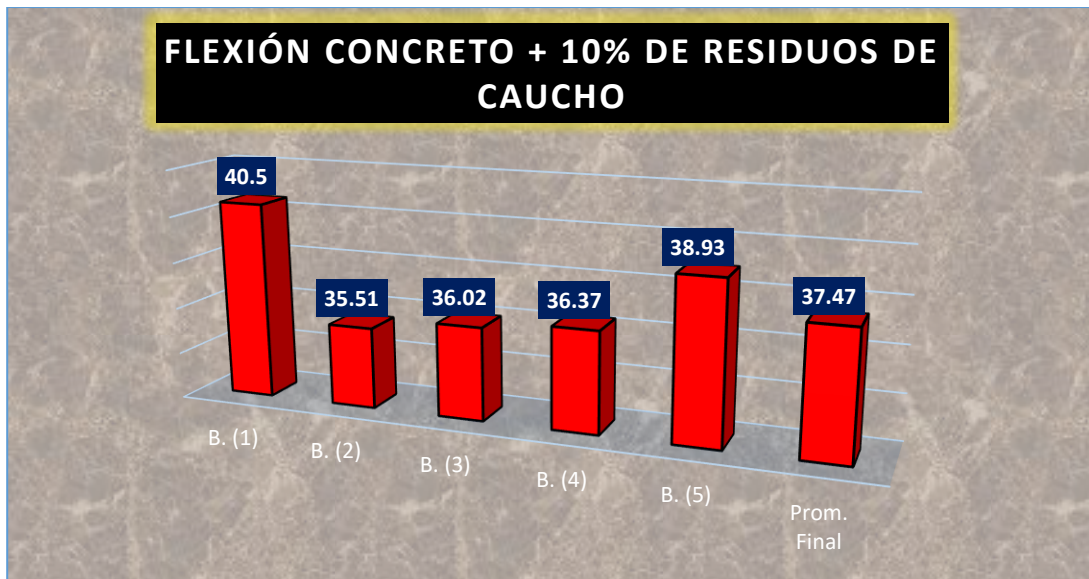
*Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 10% residuos de caucho*

Muestra	Carga aplicada	Esfuerzo a flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tiempo de fraguado
B. (1)	1296.15	40.50	7
B. (2)	1136.56	35.51	
B. (3)	1152.86	36.02	
B. (4)	1163.98	36.37	
B. (5)	1245.75	38.93	
<b>Prom. Final</b>		<b>37.47</b>	

Los resultados acerca de las propiedades flexionales de los especímenes serán demostrados en la tabla, entre los cuales se puede divisar comportamientos variados, pero dentro del rango estipulado, alcanzando un promedio de 37.471kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 36**

*Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 10% residuos de caucho*



A través de esta gráfica se visualizan de manera más dinámica los comportamientos variables de los concretos con incorporación de 10% de residuos de caucho después de los ensayos de flexión a los 7 días post-elaboración, el valor promedio alcanzado en esta fase fue de 37.471kg/cm<sup>2</sup>.

**Resistencia a la flexión del concreto con residuos de caucho en 15%**

**Tabla 36**

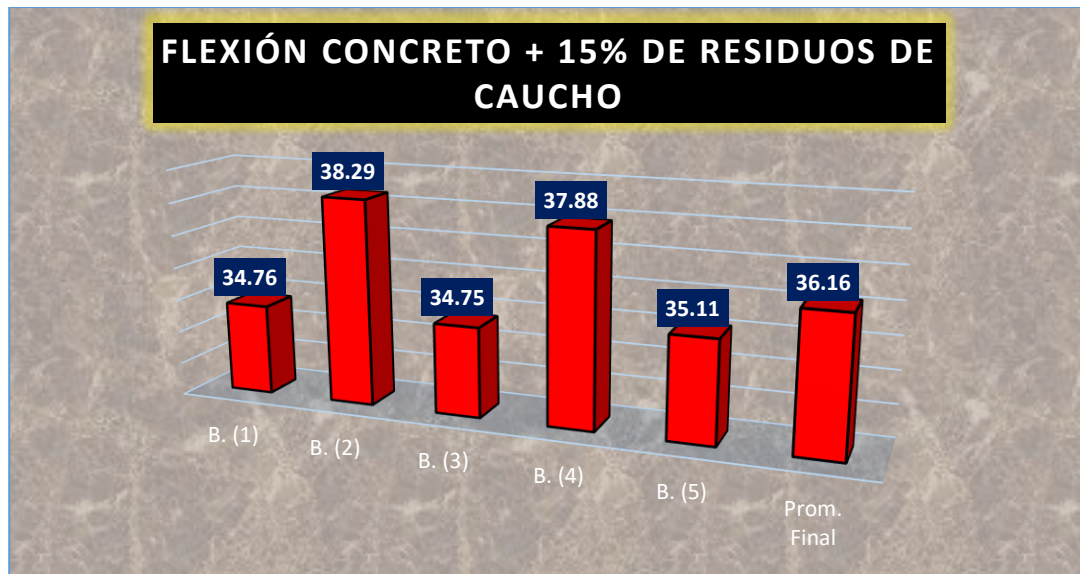
*Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 15% residuos de caucho*

Muestra	Carga aplicada	Esfuerzo a flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tiempo de fraguado
B. (1)	1112.56	34.76	7
B. (2)	1225.56	38.29	
B. (3)	1112.23	34.75	
B. (4)	1212.23	37.88	
B. (5)	1123.57	35.11	
<b>Prom. Final</b>		<b>36.16</b>	

Los resultados acerca de las propiedades flexionales de los especímenes serán demostrados en la tabla con residuos de caucho en 15%, dentro de los cuales se manifiestan comportamientos variables, aunque dentro de los rangos anticipados, alcanzando una media de 36.163kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 37**

*Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 15% residuos de caucho*



A través de esta gráfica se visualizan de manera más dinámica los comportamientos variables de los concretos con incorporación de 15% de residuos de caucho después de los ensayos de flexión a los 7 días post-elaboración, el valor promedio alcanzado en esta fase fue de 36.163kg/cm<sup>2</sup>.

### Resistencia a la flexión del concreto con tapas metálicas de bebidas en 5%

**Tabla 37**

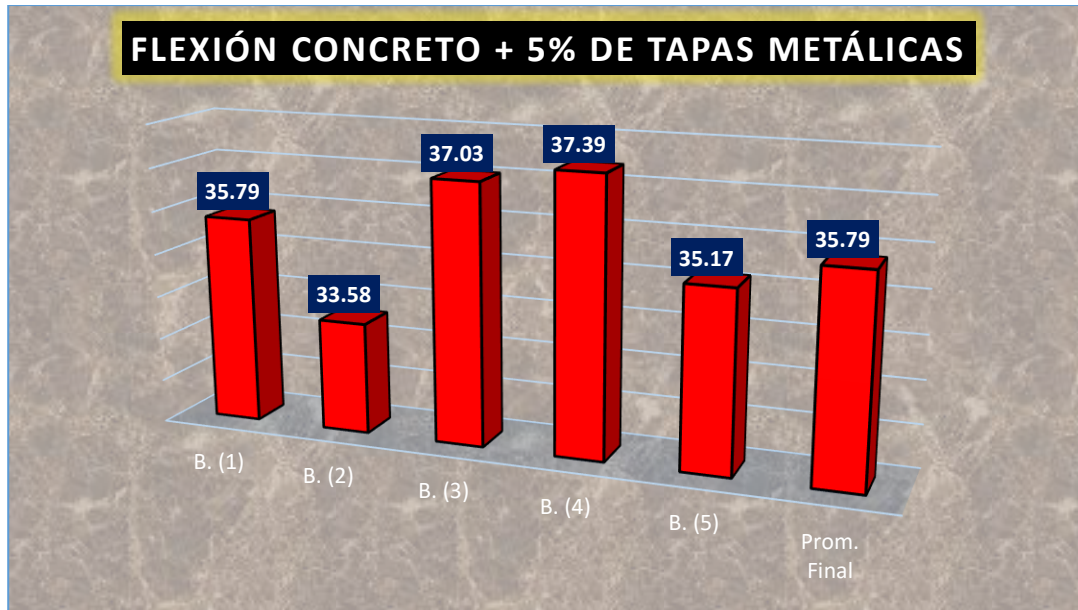
*Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 5% tapas metálicas de bebidas*

Muestra	Carga aplicada	Esfuerzo a flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tiempo de fraguado
B. (1)	1145.58	35.79	7
B. (2)	1074.57	33.58	
B. (3)	1185.24	37.03	
B. (4)	1196.74	37.39	
B. (5)	1125.56	35.17	
<b>Prom. Final</b>		<b>35.79</b>	

Los resultados acerca de las propiedades flexionales de los especímenes serán demostrados en la tabla con tapas metálicas en 5%, dentro de los cuales se manifiestan comportamientos variables, aunque dentro de los rangos anticipados, alcanzando una media de 35.798kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 38**

*Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 5% tapas metálicas de bebidas*



A través de esta gráfica se visualizan de manera más dinámica los comportamientos variables de los concretos con adición de 5% de tapas metálicas después de los ensayos de flexión a los 7 días post-elaboración, el valor promedio alcanzado en esta fase fue de 35.798kg/cm<sup>2</sup>.

### Resistencia a la flexión del concreto con tapas metálicas de bebidas en 10%

**Tabla 38**

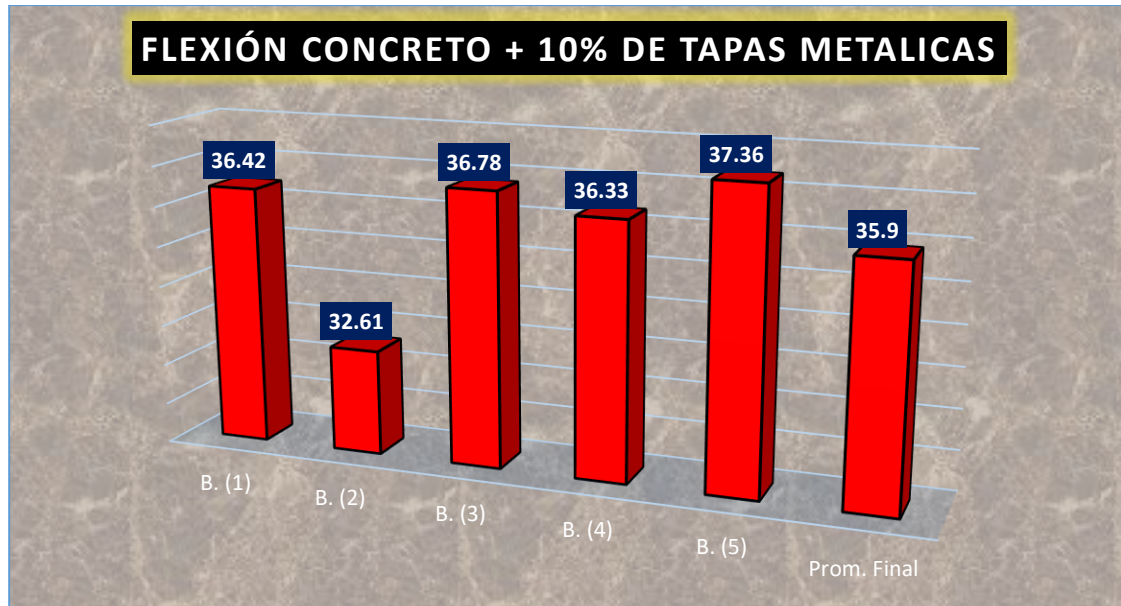
*Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 10% tapas metálicas de bebidas*

Muestra	Carga aplicada	Esfuerzo a flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tiempo de fraguado
B. (1)	1165.58	36.42	7
B. (2)	1043.57	32.61	
B. (3)	1177.24	36.78	
B. (4)	1162.74	36.33	
B. (5)	1195.56	37.36	
<b>Prom. Final</b>		<b>35.90</b>	

Los resultados acerca de las propiedades flexionales de los especímenes serán demostrados en la tabla con tapas metálicas en 8%, dentro de los cuales se manifiestan comportamientos variables, aunque dentro de los rangos anticipados, alcanzando una media de 35.904kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 39**

*Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 10% tapas metálicas de bebidas*



A través de esta gráfica se visualizan de manera más dinámica los comportamientos variables de los concretos con adición de 10% de tapas metálicas después de los ensayos de flexión a los 7 días post-elaboración, el valor promedio alcanzado en esta fase fue de 35.904kg/cm2.

**Resistencia a la flexión de los concretos a los 14 días de curado**

**Tabla 39**

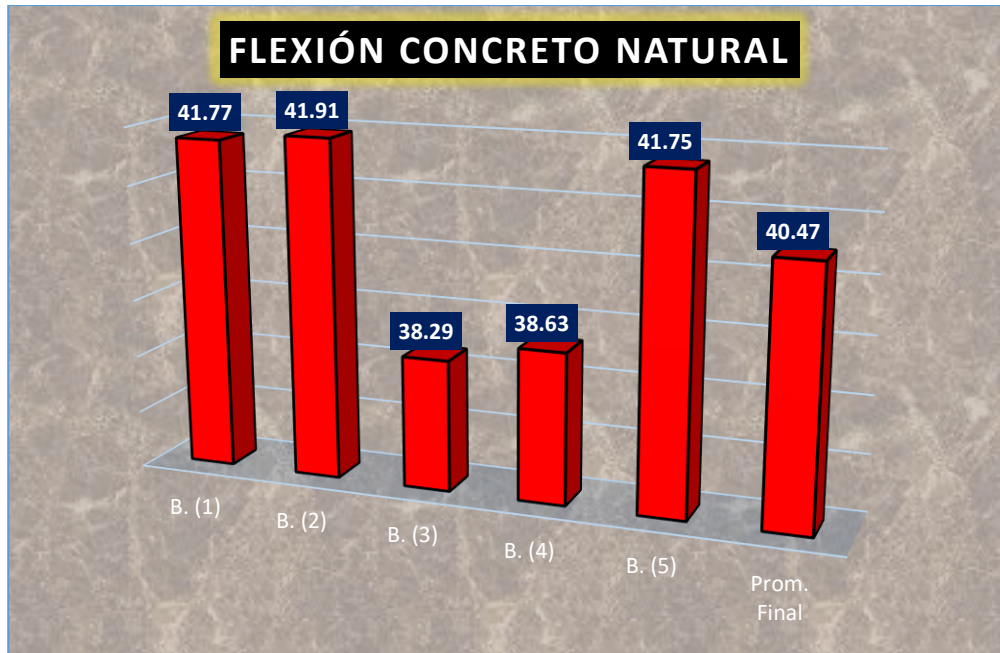
*flexión de los concretos*

Muestra	Carga aplicada	Esfuerzo a flexión (kg/cm²)	Tiempo de fraguado
B. (1)	1336.89	41.77	14
B. (2)	1341.14	41.91	
B. (3)	1225.58	38.29	
B. (4)	1236.45	38.63	
B. (5)	1336.23	41.75	
<b>Prom. Final</b>		<b>40.47</b>	

Los resultados acerca de las propiedades flexionales de los especímenes serán demostrados en la tabla, entre los cuales se puede divisar comportamientos variados, pero dentro del rango estipulado, alcanzando un promedio de 40.47kg/cm2.

**Figura 40**

*Esfuerzos alcanzados del concreto día 14*



A través de esta gráfica se visualizan de manera más dinámica los comportamientos variables de los concretos a ser sometidos a los ensayos de flexión después de 14 días de creación en esta tenemos que el valor promedio que se logró en esta etapa fue de 40.47kg/cm<sup>2</sup>.

**Resistencia a la flexión del concreto con residuos de caucho en 10%**

**Tabla 40**

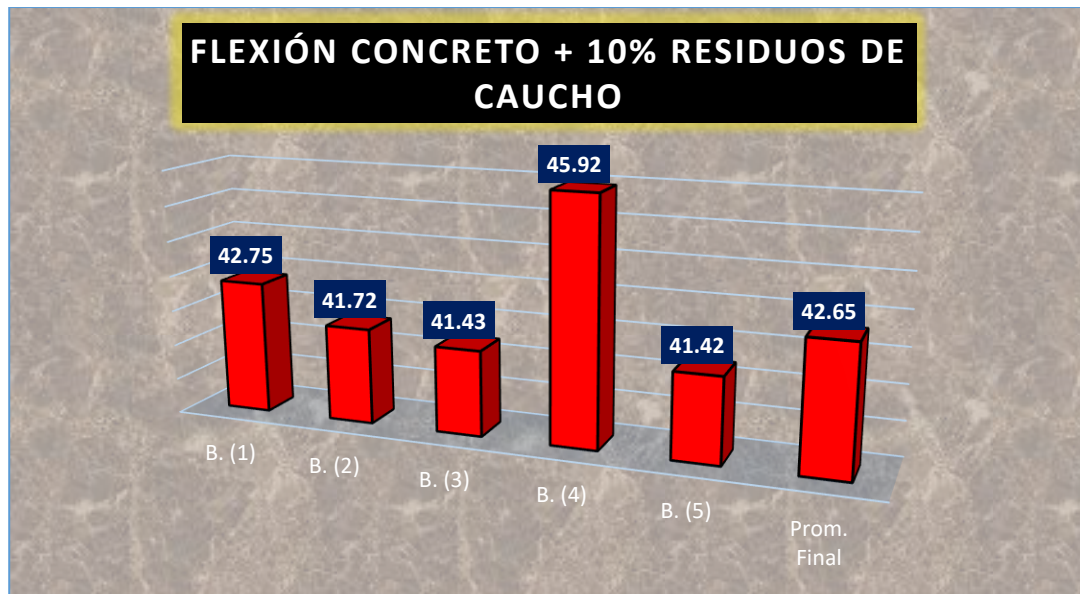
*Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 10% residuos de caucho*

Muestra	Carga aplicada	Esfuerzo a flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tiempo de fraguado
B. (1)	1368.23	42.75	14
B. (2)	1335.15	41.72	
B. (3)	1325.89	41.43	
B. (4)	1469.59	45.92	
B. (5)	1325.58	41.42	
<b>Prom. Final</b>		<b>42.65</b>	

Los resultados acerca de las propiedades flexionales de los especímenes serán demostrados en la tabla, entre los cuales se puede divisar comportamientos variados, pero dentro del rango estipulado, alcanzando un promedio de 42.653kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 41**

*Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 10% residuos de caucho*



A través de esta gráfica se visualizan de manera más dinámica los comportamientos variables de los concretos con incorporación de 10% de residuos de caucho después de los ensayos de flexión a los 14 días post-elaboración, el valor promedio alcanzado en esta fase fue de 42.65kg/cm<sup>2</sup>.

**Resistencia a la flexión del concreto con residuos de caucho en 15%**

**Tabla 41**

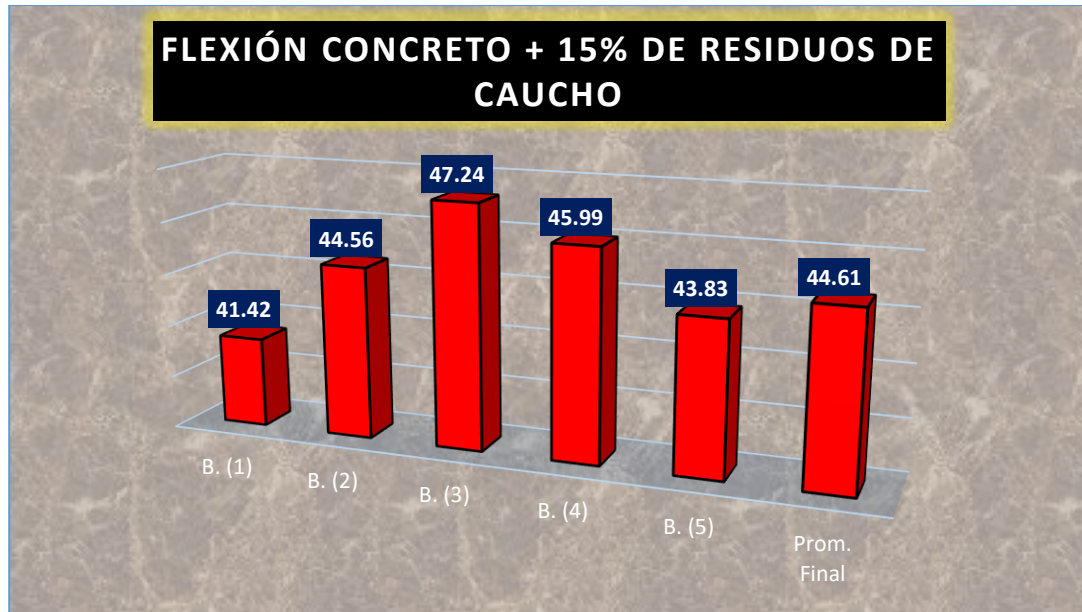
*Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 15% residuos de caucho*

Muestra	Carga aplicada	Esfuerzo a flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tiempo de fraguado
B. (1)	1325.56	41.42	14
B. (2)	1425.96	44.56	
B. (3)	1511.87	47.24	
B. (4)	1471.86	45.99	
B. (5)	1402.67	43.83	
<b>Prom. Final</b>		<b>44.61</b>	

Los resultados acerca de las propiedades flexionales de los especímenes serán demostrados en la tabla con residuos de caucho en 15%, dentro de los cuales se manifiestan comportamientos variables, aunque dentro de los rangos anticipados, alcanzando una media de 44.612kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 42**

*Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 15% residuos de caucho*



A través de esta gráfica se visualizan de manera más dinámica los comportamientos variables de los concretos con incorporación de 15% de residuos de caucho después de los ensayos de flexión a los 14 días post-elaboración, el valor promedio alcanzado en esta fase fue de 44.61kg/cm<sup>2</sup>.

**Resistencia a la flexión del concreto con tapas metálicas de bebidas en 5%**

**Tabla 42**

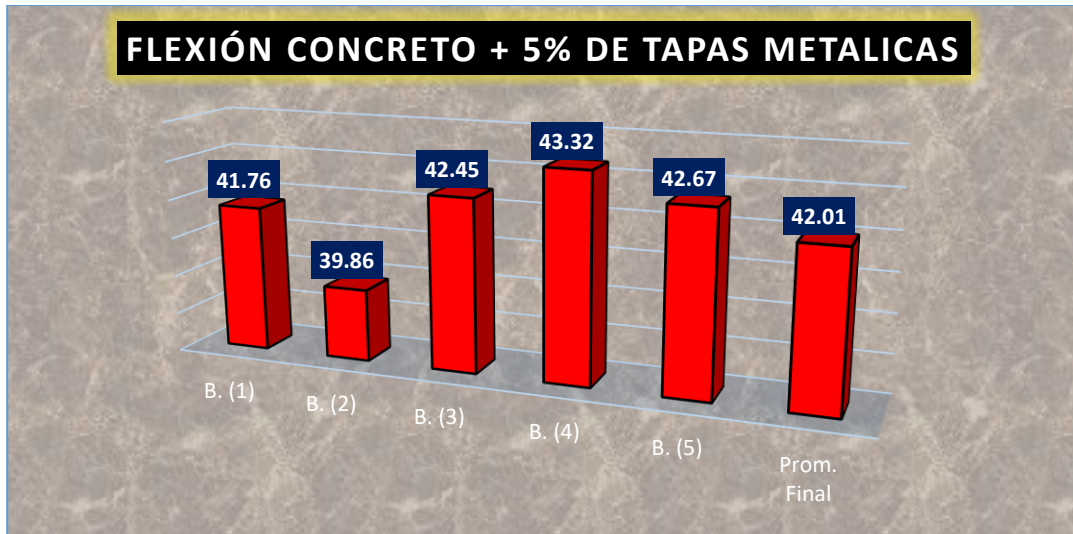
*Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 5% tapas metálicas de bebidas*

Muestra	Carga aplicada	Esfuerzo a flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tiempo de fraguado
B. (1)	1336.56	41.76	14
B. (2)	1275.58	39.86	
B. (3)	1358.56	42.45	
B. (4)	1386.23	43.32	
B. (5)	1365.54	42.67	
<b>Prom. Final</b>		<b>42.01</b>	

Los resultados acerca de las propiedades flexionales de los especímenes serán demostrados en la tabla con tapas metálicas en 5%, dentro de los cuales se manifiestan comportamientos variables, aunque dentro de los rangos anticipados, alcanzando una media de 42.015kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 43**

*Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 5% tapas metálicas de bebidas*



A través de esta gráfica se visualizan de manera más dinámica los comportamientos variables de los concretos con adición de 5% de tapas metálicas después de los ensayos de flexión a los 14 días post-elaboración, el valor promedio alcanzado en esta fase fue de 42.01kg/cm<sup>2</sup>.

**Resistencia a la flexión del concreto con tapas metálicas de bebidas en 10%**

**Tabla 43**

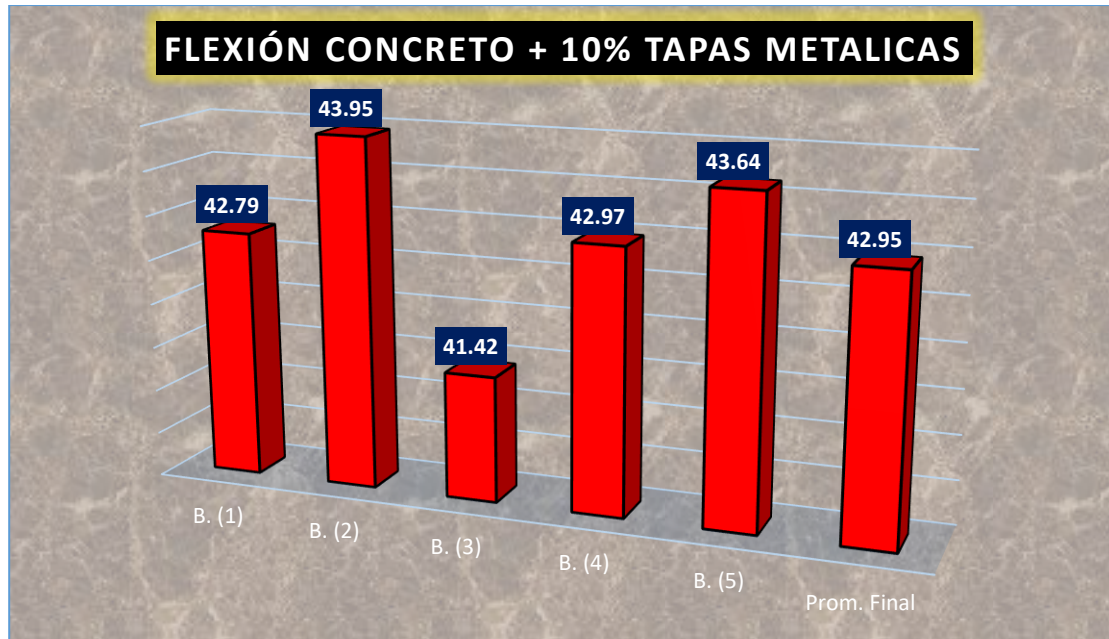
*Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 10% tapas metálicas de bebidas*

Muestra	Carga aplicada (kg)	Esfuerzo a flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tiempo de fraguado
B. (1)	1369.56	42.79	14
B. (2)	1406.58	43.95	
B. (3)	1325.56	41.42	
B. (4)	1375.23	42.97	
B. (5)	1396.54	43.64	
<b>Prom. Final</b>		<b>42.95</b>	

Los resultados acerca de las propiedades flexionales de los especímenes serán demostrados en la tabla con tapas metálicas en 10%, dentro de los cuales se manifiestan comportamientos variables, aunque dentro de los rangos anticipados, alcanzando una media de 42.959kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 44**

*Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 10% tapas metálicas de bebidas*



A través de esta gráfica se visualizan de manera más dinámica los comportamientos variables de los concretos con adición de 10% de tapas metálicas después de los ensayos de flexión a los 14 días post-elaboración, el valor promedio alcanzado en esta fase fue de 42.95kg/cm<sup>2</sup>.

### Resistencia a la flexión de los concretos a los 28 días de curado

**Tabla 44**

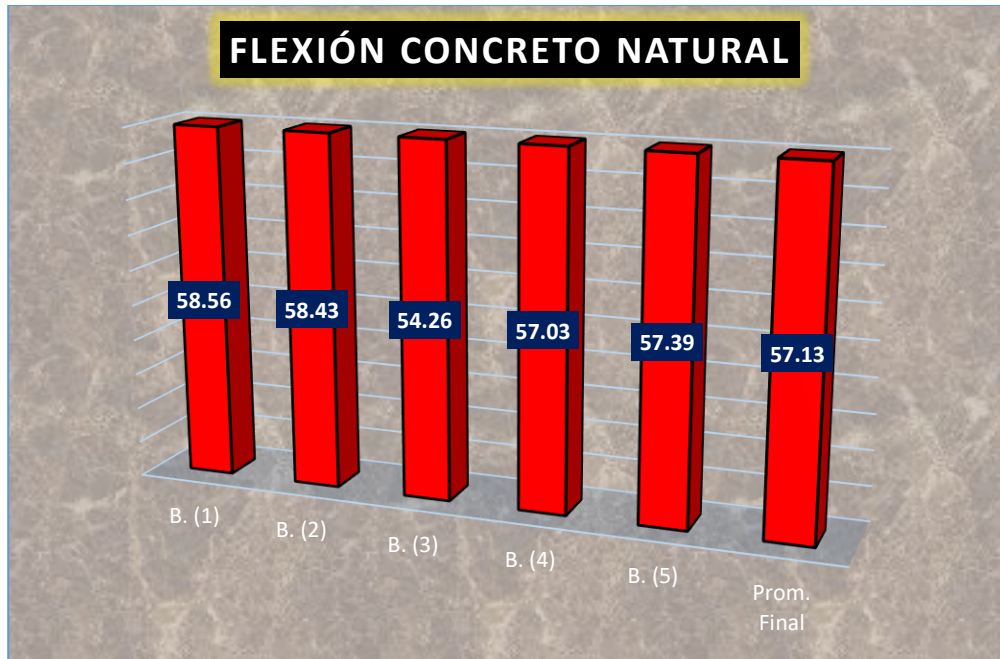
*flexión de los concretos*

Muestra	Carga aplicada	Esfuerzo a flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tiempo de fraguado
B. (1)	1874.12	58.56	28
B. (2)	1869.98	58.43	
B. (3)	1736.45	54.26	
B. (4)	1825.12	57.03	
B. (5)	1836.56	57.39	
<b>Prom. Final</b>		<b>57.13</b>	

Los resultados acerca de las propiedades flexionales de los especímenes serán demostrados en la tabla, entre los cuales se puede divisar comportamientos variados, pero dentro del rango estipulado, alcanzando un promedio de 57.13kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 45**

*Esfuerzos alcanzados del concreto día 28*



A través de esta gráfica se visualizan de manera más dinámica los comportamientos variables de los concretos a ser sometidos a los ensayos de flexión después de 28 días de creación en esta tenemos que el valor promedio que se logró en esta etapa fue de 57.13kg/cm<sup>2</sup>.

### Resistencia a la flexión del concreto con residuos de caucho en 10%

**Tabla 45**

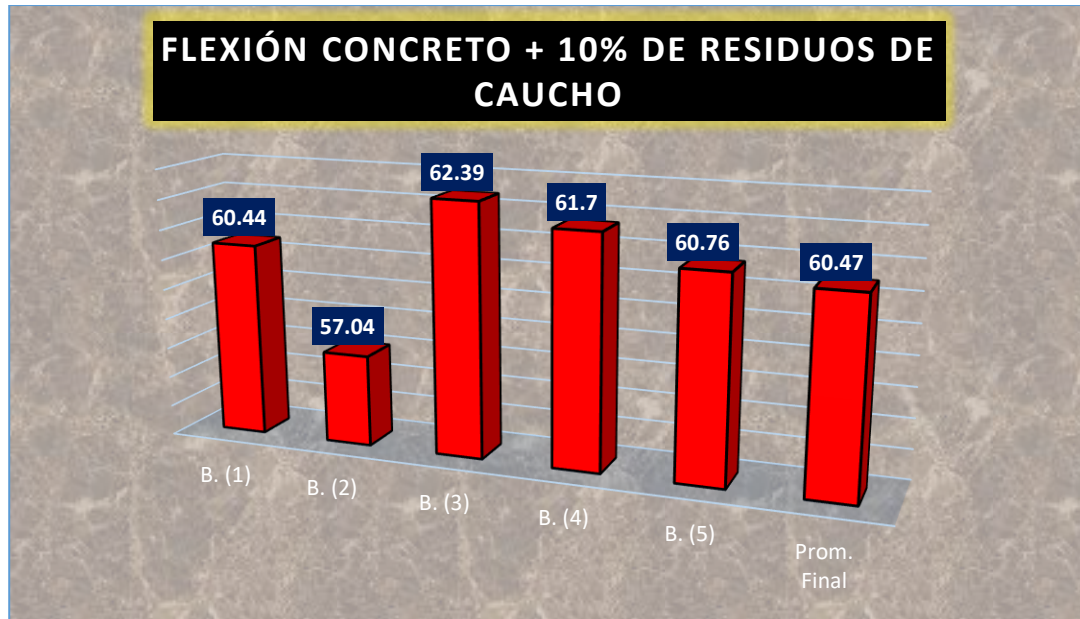
*Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 10% residuos metálicos*

Muestra	Carga aplicada	Esfuerzo a flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tiempo de fraguado
B. (1)	1934.23	60.44	28
B. (2)	1825.51	57.04	
B. (3)	1996.68	62.39	
B. (4)	1974.56	61.70	
B. (5)	1944.56	60.76	
<b>Prom. Final</b>		<b>60.47</b>	

Los resultados acerca de las propiedades flexionales de los especímenes serán demostrados en la tabla, entre los cuales se puede divisar comportamientos variados, pero dentro del rango estipulado, alcanzando un promedio de 60.47kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 46**

*Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 10% residuos metálicos*



A través de esta gráfica se visualizan de manera más dinámica los comportamientos variables de los concretos con incorporación de 10% de residuos de caucho después de los ensayos de flexión a los 28 días post-elaboración, el valor promedio alcanzado en esta fase fue de 60.47kg/cm<sup>2</sup>.

**Resistencia a la flexión del concreto con residuos de caucho en 15%**

**Tabla 46**

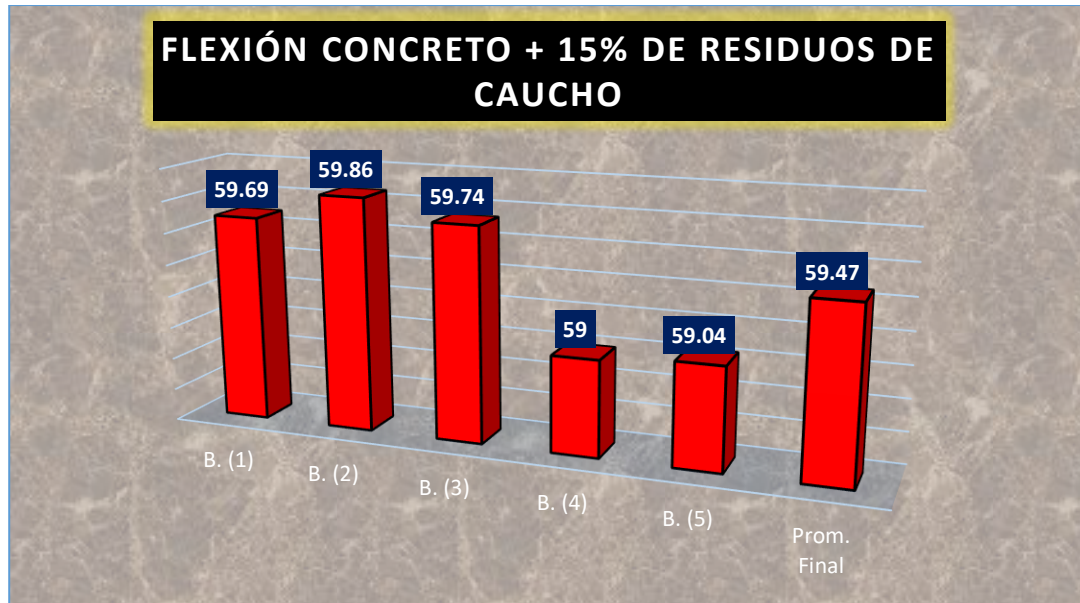
*Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 15% residuos metálicos*

Muestra	Carga aplicada	Esfuerzo a flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tiempo de fraguado
B. (1)	1910.34	59.69	28
B. (2)	1915.56	59.86	
B. (3)	1911.97	59.74	
B. (4)	1888.15	59.00	
B. (5)	1889.56	59.04	
<b>Prom. Final</b>		<b>59.47</b>	

Los resultados acerca de las propiedades flexionales de los especímenes serán demostrados en la tabla con residuos de caucho en 15%, dentro de los cuales se manifiestan comportamientos variables, aunque dentro de los rangos anticipados, alcanzando una media de 59.47kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 47**

*Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 15% residuos metálicos*



A través de esta gráfica se visualizan de manera más dinámica los comportamientos variables de los concretos con incorporación de 15% de residuos de caucho después de los ensayos de flexión a los 28 días post-elaboración, el valor promedio alcanzado en esta fase fue de 59.47kg/cm<sup>2</sup>.

**Resistencia a la flexión del concreto con tapas metálicas de bebidas en 5%**

**Tabla 47**

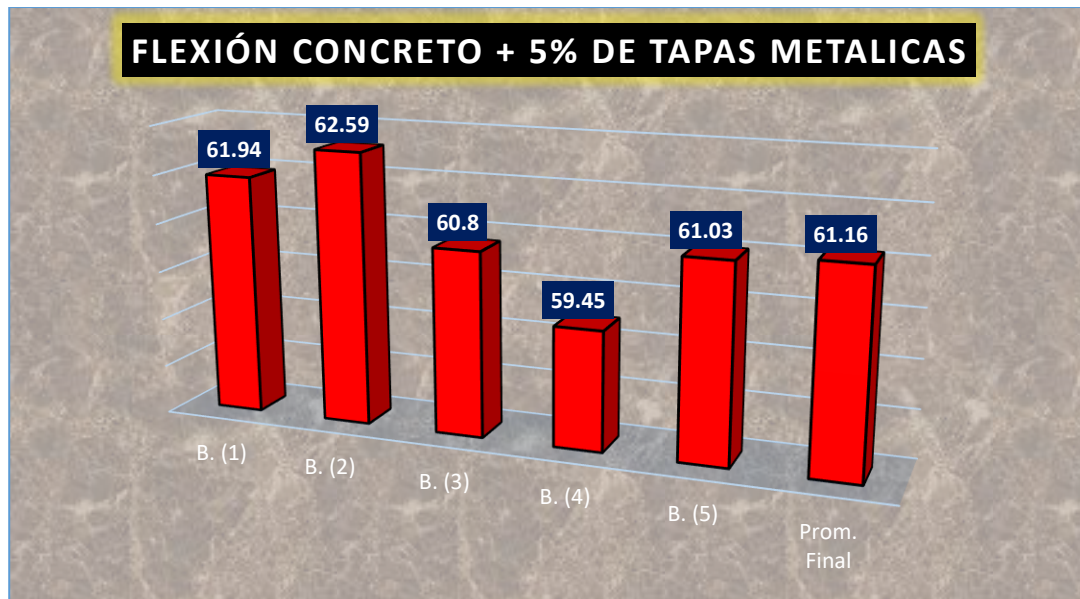
*Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 5% tapas metálicas de bebidas*

Muestra	Carga aplicada	Esfuerzo a flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tiempo de fraguado
B. (1)	1982.23	61.94	28
B. (2)	2002.96	62.59	
B. (3)	1945.65	60.80	
B. (4)	1902.54	59.45	
B. (5)	1952.99	61.03	
<b>Prom. Final</b>		<b>61.16</b>	

Los resultados acerca de las propiedades flexionales de los especímenes serán demostrados en la tabla con tapas metálicas en 5%, dentro de los cuales se manifiestan comportamientos variables, aunque dentro de los rangos anticipados, alcanzando una media de 61.16kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 48**

*Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 5% tapas metálicas de bebidas*



A través de esta gráfica se visualizan de manera más dinámica los comportamientos variables de los concretos con adición de 5% de tapas metálicas después de los ensayos de flexión a los 28 días post-elaboración, el valor promedio alcanzado en esta fase fue de 61.16kg/cm<sup>2</sup>.

### Resistencia a la flexión del concreto con tapas metálicas de bebidas en 10%

**Tabla 48**

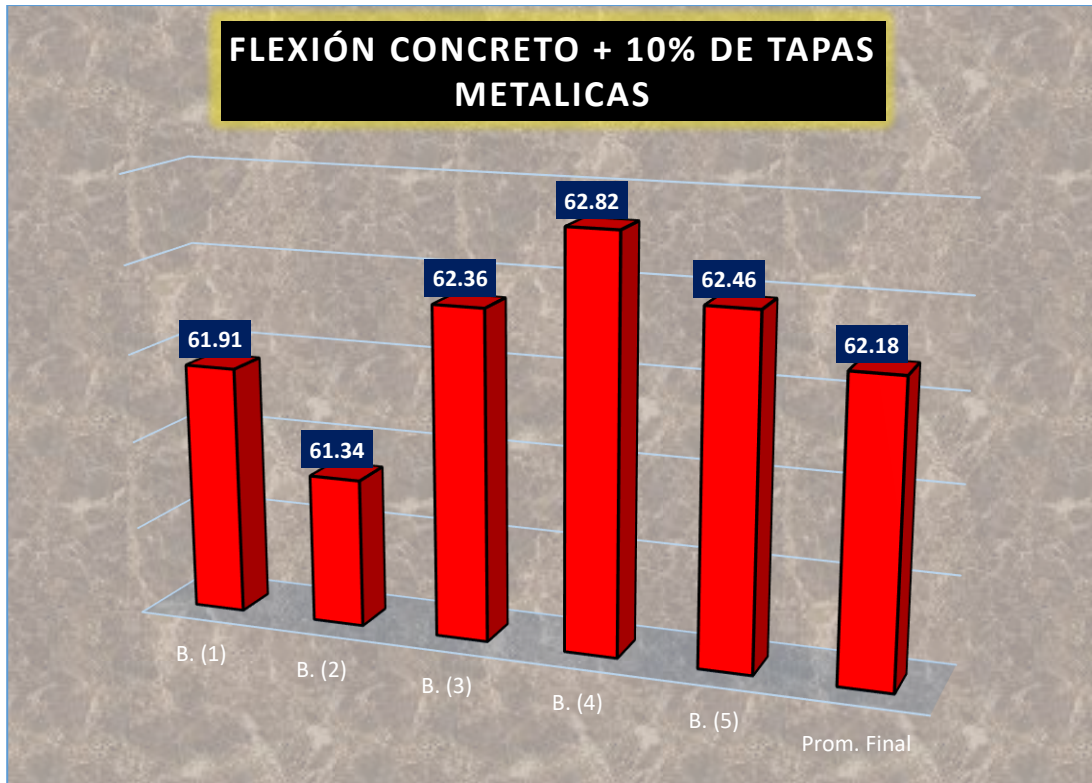
*Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 10% tapas metálicas de bebidas*

Muestra	Carga aplicada	Esfuerzo a flexión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tiempo de fraguado
B. (1)	1981.23	61.91	28
B. (2)	1962.96	61.34	
B. (3)	1995.65	62.36	
B. (4)	2010.54	62.82	
B. (5)	1998.99	62.46	
<b>Prom. Final</b>		<b>62.18</b>	

Los resultados acerca de las propiedades flexionales de los especímenes serán demostrados en la tabla con tapas metálicas en 10%, dentro de los cuales se manifiestan comportamientos variables, aunque dentro de los rangos anticipados, alcanzando una media de 62.184kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 49**

*Esfuerzos a la flexión alcanzados del concreto + 10% tapas metálicas de bebidas*



A través de esta gráfica se visualizan de manera más dinámica los comportamientos variables de los concretos con adición de 10% de tapas metálicas después de los ensayos de flexión a los 28 días post-elaboración, el valor promedio alcanzado en esta fase fue de 62.18kg/cm<sup>2</sup>.

**Comparación de resistencias a flexión alcanzadas por cada grupo de control**

**Tabla 49**

*Resumen de resistencias promedio de cada grupo de control para 7 días de curado*

Comparativo de resistencias a la compresión del concreto (kg/cm <sup>2</sup> )	
MP	34.56
MP + 10% RC	37.47
MP + 15% RC	36.16
MP + 5% TMB	35.79
MP + 10% TMB	35.90

La tabla muestra los resultados de las pruebas de fuerzas flexionantes ( $\text{kg/cm}^2$ ) realizadas a los 7 días para distintas mezclas de concreto (MP, MP + RC y MP + TMB). La mezcla patrón (MP) presenta una resistencia base de  $34.568 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que la adición de 10% de residuos de caucho (RC) incrementa la resistencia a  $37.471 \text{ kg/cm}^2$ , siendo la mejora más notable. Con 15% RC, la resistencia disminuye ligeramente a  $36.163 \text{ kg/cm}^2$ , aunque sigue siendo superior a la mezcla patrón. En el caso de las tapas metálicas de bebidas (TMB), la adición de 5% TMB eleva la resistencia a  $35.798 \text{ kg/cm}^2$ , y con 10% TMB, alcanza  $35.904 \text{ kg/cm}^2$ .

### Figura 50

*Comparación de resistencias promedio de cada grupo de control para 7 días de curado*



La gráfica presenta los resultados de la carga soportada por las muestras de concreto a los 7 días de fraguado en una prueba de flexión. Las diferentes mezclas se comparan según los materiales adicionales que se incorporaron, como residuos de caucho (RC) y tapas metálicas (TMB). La muestra MP (sin aditivos) muestra la carga más baja, con 34.56 kg, mientras que la muestra MP + 10% RC tiene la carga más alta de 37.47 kg. Otras mezclas como MP + 15% RC y MP + 5% TMB muestran valores de 36.16 kg y 35.79 kg, respectivamente. La mezcla MP + 10% TMB presenta un valor de 35.9 kg. Estos resultados sugieren que la incorporación de residuos de caucho y tapas metálicas mejora la capacidad

de soporte de las muestras bajo flexión, lo que indica un efecto positivo de estos materiales reciclados en la resistencia a flexión del concreto.

**Tabla 50**

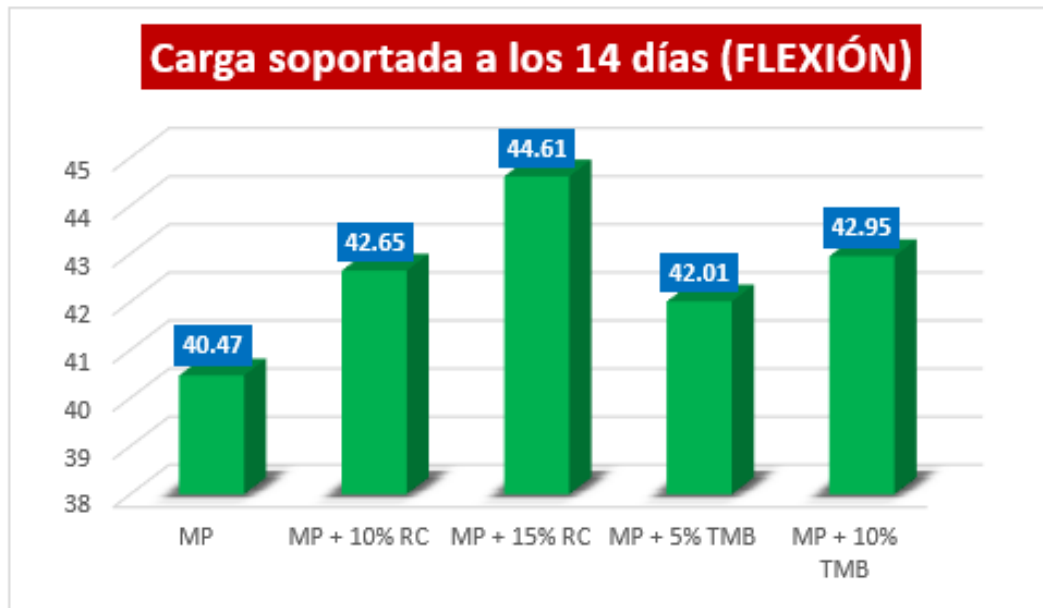
*Resumen de resistencias promedio de cada grupo de control para 14 días de curado*

<b>Comparativo de resistencias a la compresión del concreto (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	
MP	40.47
MP + 10% RC	42.65
MP + 15% RC	44.61
MP + 5% TMB	42.01
MP + 10% TMB	42.95

La tabla presenta los resultados de los esfuerzos a flexión (medidas en kg/cm<sup>2</sup>) para diferentes muestras de concreto, evaluadas después de 14 Tiempo de fraguado. La muestra MP (sin aditivos) muestra un valor de 40.47 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que las mezclas con materiales reciclados, como residuos de caucho (RC) y tapas metálicas (TMB), muestran una mejora en la resistencia a flexión. Las muestras MP + 10% RC y MP + 15% RC alcanzan los valores de 42.65 kg/cm<sup>2</sup> y 44.61 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, indicando un aumento significativo en la capacidad de flexión con la adición de caucho reciclado. Las muestras con tapas metálicas, como MP + 5% TMB y MP + 10% TMB, muestran valores de 42.01 kg/cm<sup>2</sup> y 42.95 kg/cm<sup>2</sup>, lo que también refleja una mejora comparada con la muestra base MP. Estos resultados sugieren que la incorporación de materiales reciclados, ya sean residuos de caucho o tapas metálicas, aumenta la resistencia a flexión del concreto, lo que hace que estas mezclas sean más aptas para aplicaciones que requieran mayor capacidad de carga y durabilidad.

**Figura 51**

*Comparación de resistencias promedio de cada grupo de control para 14 días de curado*



La gráfica presenta la carga soportada por diferentes mezclas de concreto con aditivos reciclados después de 14 Tiempo de fraguado en una prueba de flexión. La muestra MP (sin aditivos) muestra un valor de carga de 40.47 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que las mezclas con residuos de caucho (RC) y tapas metálicas (TMB) muestran un rendimiento superior. La muestra MP + 15% RC tiene el mayor valor de carga soportada, con 44.61 kg/cm<sup>2</sup>, seguida por MP + 10% RC con 42.65 kg/cm<sup>2</sup>. Las muestras MP + 5% TMB y MP + 10% TMB presentan valores de 42.01 kg/cm<sup>2</sup> y 42.95 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Esto indica que la incorporación de residuos de caucho y tapas metálicas mejora significativamente la capacidad de flexión del concreto, proporcionando mayor resistencia frente a cargas.

**Tabla 51**

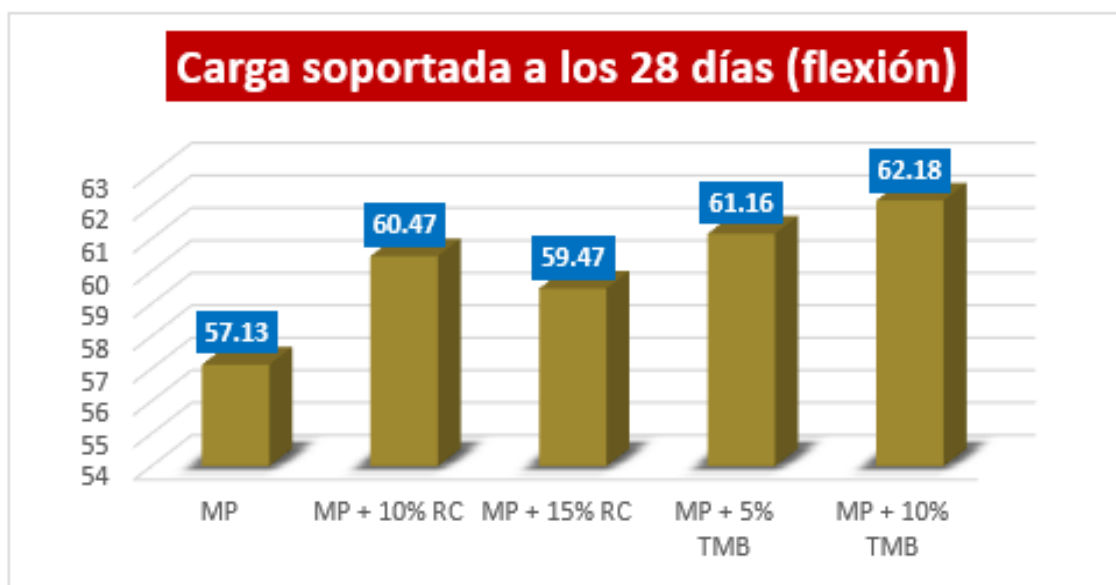
*Resumen de resistencias promedio de cada grupo de control para 28 días de curado*

Comparativo de resistencias a la compresión del concreto (kg/cm2)	
MP	57.13
MP + 10% RC	60.47
MP + 15% RC	59.47
MP + 5% TMB	61.16
MP + 10% TMB	62.18

Para las diferentes muestras de concreto después de 28 Tiempo de fraguado. La muestra MP (sin aditivos) tiene un valor de 57.13 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que las mezclas con residuos de caucho (RC) y tapas metálicas (TMB) muestran mejoras significativas en su resistencia a flexión. La muestra MP + 10% RC alcanza 60.47 kg/cm<sup>2</sup>, y MP + 15% RC tiene un valor de 59.47 kg/cm<sup>2</sup>. Las muestras con tapas metálicas como MP + 5% TMB y MP + 10% TMB muestran los valores más altos de resistencia, con 61.16 kg/cm<sup>2</sup> y 62.18 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Estos resultados reflejan cómo la adición de materiales reciclados mejora la capacidad de soporte del concreto bajo fuerzas de flexión.

### Figura 52

*Comparación de resistencias promedio de cada grupo de control para 28 días de curado*



La gráfica presenta los resultados de carga soportada por las muestras de concreto con diferentes aditivos, evaluadas en una prueba de flexión a los 28 Tiempo de fraguado. La muestra MP (sin aditivos) muestra el valor más bajo de 57.13 kg/cm<sup>2</sup>. Las mezclas con residuos de caucho (RC) y tapas metálicas (TMB) muestran un incremento en la capacidad de carga soportada. La muestra MP + 10% RC alcanza 60.47 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que MP + 15% RC tiene un valor de 59.47 kg/cm<sup>2</sup>. Las muestras con tapas metálicas como MP + 5% TMB y MP + 10% TMB presentan las mayores cargas soportadas, con 61.16 kg/cm<sup>2</sup> y 62.18 kg/cm<sup>2</sup>.

62.18 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Estos resultados demuestran que la incorporación de materiales reciclados, como el caucho y las tapas metálicas, mejora significativamente la resistencia a flexión del concreto.

**Tabla 52**

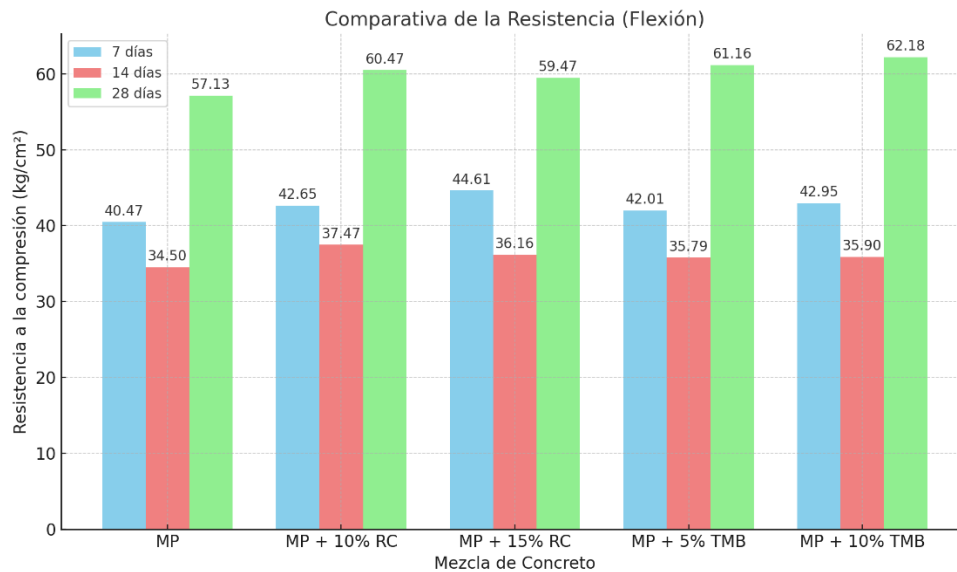
*Resumen general de resistencias promedio a diferentes edades de curado*

<b>Resistencias a la compresión de los grupos de control</b>			
<b>Muestra</b>	<b>7 días (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>14 días (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>28 días (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
MP	34.56	40.47	57.13
MP + 10% RC	37.47	42.65	60.47
MP + 15% RC	36.16	44.61	59.47
MP + 5% TMB	35.79	42.01	61.16
MP + 10% TMB	35.90	42.95	62.18

La tabla presenta una comparación de los esfuerzos a flexión (en kg/cm<sup>2</sup>) de diferentes muestras de concreto evaluadas en tres momentos: 7, 14 y 28 Tiempo de fraguado. La muestra MP (sin aditivos) muestra un aumento progresivo de su resistencia a flexión. Las mezclas con residuos de caucho (RC) y tapas metálicas (TMB) muestran un rendimiento superior en comparación con la muestra base. Por ejemplo, la muestra MP + 10% RC inicia con 37.47 kg/cm<sup>2</sup> y llega a 60.47 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Otras mezclas, como MP + 15% RC, MP + 5% TMB y MP + 10% TMB, también muestran mejoras, siendo MP + 10% TMB la que exhibe el valor más alto de 62.18 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Esto indica que la incorporación de materiales reciclados como el caucho y las tapas metálicas tiene un impacto positivo en la resistencia a flexión del concreto a lo largo del tiempo.

Figura 53

Barras comparativas en cuanto al desempeño del concreto



La gráfica presenta una comparativa de la resistencia a flexión de las muestras durante su proceso de curado, evaluadas a los 7, 14 y 28 días. Las barras representan la resistencia a la compresión para las muestras MP (sin aditivos), MP + 10% RC, MP + 15% RC, MP + 5% TMB, y MP + 10% TMB en los tres intervalos de tiempo. La muestra MP muestra una resistencia de 40.47 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días, incrementando a 57.13 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Las muestras con residuos de caucho y tapas metálicas presentan mejoras, siendo la muestra MP + 10% TMB la que alcanza el valor más alto, con 62.18 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, comparado con los 42.95 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días. Este gráfico refleja el impacto positivo.

## 4.2 Discusión de Resultados

La discusión de los resultados obtenidos en la investigación, se centra en la evaluación de cómo los materiales reciclados como los residuos de caucho y las tapas metálicas afectan a la compresión, flexión y trabajabilidad permiten una comparación significativa entre las propiedades del concreto tradicional y las de las mezclas modificadas con estos aditivos reciclados.



En primer lugar, los resultados de compresión mostraron una mejora sustancial en las muestras con residuos de caucho y tapas metálicas. Las muestras que incorporaron tapas metálicas tuvieron la mayor resistencia a la compresión, con valores de hasta 62.18 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, lo que indica un incremento significativo en comparación con las muestras sin aditivos, que alcanzaron solo 57.13 kg/cm<sup>2</sup>. Este comportamiento podría atribuirse a la rigidez adicional que las tapas metálicas proporcionan al concreto, lo que contribuye a una mayor resistencia al esfuerzo de compresión. De acuerdo con investigaciones previas, la adición de materiales reciclados como las tapas metálicas mejora la resistencia estructural del concreto (González, 2019). Sin embargo, los residuos de caucho también mostraron una mejora moderada en las propiedades de compresión, con 60.47 kg/cm<sup>2</sup> en las mezclas con un 10% de caucho. Estos resultados son consistentes con estudios previos que han señalado que el caucho reciclado, aunque no tan eficaz como otros materiales en términos de resistencia, mejora la flexibilidad y la capacidad de absorción de impactos del concreto (Martínez & Rodríguez, 2018).

Por otro lado, los resultados de flexión mostraron una tendencia similar, con un incremento en la resistencia de las muestras modificadas. Las muestras con tapas metálicas fueron también las que presentaron las mayores cargas soportadas a los 28 días, alcanzando 62.18 kg/cm<sup>2</sup>, lo que refleja una mejor capacidad de resistencia a la flexión comparada con las muestras convencionales. Este aumento puede explicarse por la rigidez añadida por las tapas metálicas, las cuales refuerzan la estructura del concreto y permiten una mejor distribución de las cargas a lo largo de la mezcla. En cuanto a las muestras con residuos de caucho, aunque los resultados fueron menores que los de las mezclas con tapas metálicas, se observó un aumento progresivo en la resistencia a la flexión con respecto al concreto convencional, con valores que llegaron a 59.47 kg/cm<sup>2</sup>. Según investigaciones de Pérez (2020), el caucho reciclado, al proporcionar cierta elasticidad al concreto, ayuda a que las mezclas sean más dúctiles y menos propensas a fracturarse bajo condiciones de flexión, lo que mejora su comportamiento bajo carga dinámica.



En cuanto a la trabajabilidad de las mezclas, las muestras con residuos de caucho y tapas metálicas mostraron un asentamiento ligeramente inferior al de las mezclas convencionales, lo que indica una mayor dificultad en la mezcla y menor fluidez del concreto. Las muestras con tapas metálicas fueron las que presentaron el asentamiento más bajo, lo que puede sugerir que la presencia de este material provoca una mayor cohesión en la mezcla, dificultando su manejo y colocación. Estos resultados coinciden con los encontrados por Silva et al. (2017), quienes indicaron que la incorporación de materiales pesados como las tapas metálicas puede reducir la trabajabilidad del concreto debido a su naturaleza densa. Las mezclas con residuos de caucho, por otro lado, no mostraron una disminución tan pronunciada en la trabajabilidad, lo que sugiere que el caucho reciclado actúa como un material que mejora la facilidad de mezcla sin comprometer excesivamente la trabajabilidad.

El análisis de los resultados obtenidos sugiere que tanto los residuos de caucho como las tapas metálicas tienen un impacto positivo.

En resumen, los resultados de esta investigación demuestran que la modificación del concreto convencional con residuos de caucho y tapas metálicas tiene el potencial de mejorar significativamente las propiedades mecánicas del material, aunque con ciertos efectos en la trabajabilidad que deben ser considerados durante la planificación y ejecución de proyectos de construcción. La sostenibilidad y la innovación en el uso de materiales reciclados en la fabricación de concreto pueden ser fundamentales para el futuro de la construcción, especialmente en áreas donde la disponibilidad de recursos es limitada y la gestión de residuos es una prioridad.

## CONCLUSIONES

**General,** el análisis de concreto modificado con residuos de caucho y tapas metálicas reveló que ambos aditivos afectaron la trabajabilidad del concreto, con una mayor reducción observada en las mezclas con tapas metálicas. En cuanto a las propiedades mecánicas, se observó que los residuos de caucho tuvieron un efecto más positivo en la resistencia a la compresión y a la flexión en comparación con las tapas metálicas. Estos resultados indican que la adición de materiales reciclados puede mejorar las características del concreto, ofreciendo una alternativa sostenible para la construcción.

**Primero,** La incorporación de residuos de caucho y tapas metálicas reduce la trabajabilidad del concreto. Las mezclas con 10% de residuos de caucho alcanzaron un asentamiento de 3.74", mientras que las mezclas con tapas metálicas mostraron un asentamiento más bajo, 3.60" con 5% y 3.53" con 10%, siendo las tapas metálicas las que reducen más la trabajabilidad.

**Segundo,** La adición de residuos de caucho y tapas metálicas aumentó la resistencia a la compresión a los 28 días de curado. Las mezclas con 10% de caucho alcanzaron 223.59 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que con 15% de caucho subieron a 233.11 kg/cm<sup>2</sup>. Las mezclas con tapas metálicas también mejoraron, alcanzando 218.65 kg/cm<sup>2</sup> con 5% y 222.51 kg/cm<sup>2</sup> con 10%. Los residuos de caucho demostraron un impacto mayor en la resistencia a la compresión que las tapas metálicas.

**Tercero,** Las muestras con residuos de caucho mostraron un incremento significativo, alcanzando 60.47 kg/cm<sup>2</sup> con 10% de caucho a los 28 días. Las muestras con tapas metálicas también mejoraron, alcanzando 62.18 kg/cm<sup>2</sup> con 10% de tapas metálicas. Sin embargo, los residuos de caucho proporcionaron el mayor beneficio en la resistencia a la flexión.

## RECOMENDACIONES

**General,** Se recomienda continuar con la investigación y el uso de materiales reciclados, como residuos de caucho y tapas metálicas, en la producción de concreto, ya que muestran un impacto positivo en las propiedades mecánicas del material. Es crucial que los estudios futuros no solo ajusten las proporciones de estos materiales, sino que también evalúen su desempeño a largo plazo en términos de durabilidad, resistencia a diferentes tipos de esfuerzo y comportamiento en condiciones de exposición real.

**Primero,** Sería beneficioso realizar pruebas con aditivos plastificantes o superplastificantes que podrían facilitar el proceso de mezcla y colocación, mejorando la fluidez sin afectar negativamente la resistencia mecánica. Investigaciones adicionales sobre la compatibilidad de estos aditivos con los materiales reciclados serían esenciales para optimizar la mezcla.

**Segundo,** Se recomienda realizar pruebas adicionales que exploren el comportamiento del concreto modificado con residuos de caucho y tapas metálicas a largo plazo, con el fin de evaluar su resistencia a la compresión bajo condiciones reales de servicio, como cargas repetidas o exposición a ambientes agresivos.

**Tercero,** Se sugiere realizar ensayos adicionales sobre la resistencia a la flexión y la fatiga del concreto con residuos de caucho y tapas metálicas, especialmente en aplicaciones expuestas a cargas dinámicas o cíclicas. Esto proporcionará una comprensión más completa de cómo estos materiales reciclados afectan el comportamiento del concreto en estructuras sometidas a flexión.



## REFERENCIAS

- 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 Lazo, E. V., & Salcedo Tejeda, J. L. (2019). *Influencia de la Ceniza de Hoja de Maíz, Cáscara de Cebada y Bagazo de Caña de Azúcar (Materiales Puzolánicos Artificiales), Como Sustitutos Parciales del Cemento en la Resistencia del Concreto Para Diseños:  $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$  y  $f'c = 350 \text{ kgf/cm}^2$  en la Ciudad de Arequipa.*  
<https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/8803>
- Aquino Carreon, H. S. (2021). *Análisis de la resistencia de concretos autocompactantes con agregados artificiales para  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$  en Puno 2018. Universidad Nacional del Altiplano.*  
<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3581532>
- Arenas Condori, J. T. (2022). *Análisis de la influencia de acelerantes de fragua y resistencia en las propiedades mecánicas del concreto convencional, Puno 2022. Repositorio Institucional - UCV.* <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/98184>
- Armas, B., & José, D. (2023). *Influencia del Reemplazo de Cemento por Puzolana Volcánica en la Resistencia a Compresión del Concreto Compactado  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  en la ciudad de Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca.*  
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5743>
- Asocem. (2018, marzo 21). *Escoria de Cobre como sustitutivo de la Arena para la Producción Sostenible del Concreto.* Asocem. <http://www.asocem.org.pe/noticias-internacionales/incorporacion-de-la-escoria-de-cobre-como-sustitutivo-de-la-arena>
- Asto Garcia, O. K. (2020). *Comportamiento estructural de losas macizas de concreto reforzadas con varillas de basalto.*



<https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/aab069e6-727b-4e53-b86e-d96b71e0c287>

Bedoya, G. T., Mejía, Z. S., & Ccori, C. H. (2018). Sustitución de los Agregados por Escoria de Cobre en la Elaboración del Concreto. *Ciencia & Desarrollo*, 12, Article 12. <https://doi.org/10.33326/26176033.2008.12.254>

Benavente, S., & Milagros, A. (2022). Evaluación de propiedades mecánicas y físicas del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con adición de tapas metálicas tipo corona reciclado, Lima, 2022. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/114950>

Bernaola Fuentes, Y., & Guardapuclla Espinoza, H. (2021). Influencia de la ceniza del tronco del eucalipto en las propiedades físico mecánicas del concreto de diseño  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> Anta, Cusco – 2021. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/83039>

Medina, M., Rojas, R., Bustamante, W., Loaiza, R., Martel, C., & Castillo, R. (2023). Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de investigación. En *Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.080>

Ojeda, D. P. C. (2020). *Universo, población y muestra*.

Pérez, G., & Fernando, J. (2016). *Aprovechamiento de cenizas de carbón mineral producidas en la industria local como material conglomerante en la construcción* [masterThesis, Universidad de Medellín]. <https://repository.udem.edu.co/handle/11407/65>

Poma, D., & Jesús, C. (2020). Evaluación estructural de un pórtico de concreto con adición de tapas metálicas recicladas en S.J.L, Lima, 2018. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/49361>

Retamozo Mallma, R. T., & Teci Huarancca, J. (2024). Influencia de la adición de ceniza de eucalipto, fibra de caña de azúcar y bentonita sódica en las propiedades físicas



- y mecánicas de ladrillos artesanales, Lima-2024. *Repositorio Institucional - UCV*.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/146522>
- Reyes, E. (2022). *Metodología de la Investigación Científica*. Page Publishing Inc.
- Reyes Vargas, D., & Rudas Ocas, J. K. (2024). Evaluación de propiedades físicas y mecánicas en adoquines artesanales con adición de cenizas de maleza y concreto reciclado, Cajamarca-2023. *Repositorio Institucional - UCV*.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/141211>
- Suárez P., I. T., Varguillas C., C. S., & Ronceros Morales, C. (2022). *Técnicas e instrumentos de investigación. Diseño y validación desde la perspectiva cuantitativa*. <http://repositorio.upsjb.edu.pe/handle/20.500.14308/4759>
- Vilca Gonzales, M. A. (2024). Propiedades físicas y mecánicas del concreto modificado con residuos de caucho y plástico en zonas altoandinas, Juliaca—Puno 2021. *Universidad Continental*.  
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/14077>
- Wijatmiko, I., Wibowo, A., & Nainggolan, C. R. (2021). STRENGTH CHARACTERISTICS OF WASTED SOFT DRINKS CAN AS FIBER REINFORCEMENT IN LIGHTWEIGHT CONCRETE. *GEOMATE Journal*, 17(60), Article 60.



## ANEXOS



### Anexo 1. Matriz de Consistencia

TESIS: "ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MODIFICADO CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024"				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p><b>Problema General:</b></p> <p>¿Cuál es la variación de las propiedades de un concreto convencional modificado con adición de residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas en la provincia de San Román 2024?</p>	<p><b>Objetivo General:</b></p> <p>Analizar las propiedades de un concreto convencional modificado con adición de residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas en la provincia de San Román 2024.</p>	<p><b>Hipótesis General:</b></p> <p>Las propiedades de un concreto convencional modificado con adición de residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas en la provincia de San Román 2024, lograrán una mejora considerable.</p>	<p><b>Variable Independiente</b></p> <p>RESIDUOS DE CAUCHO Y TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS</p> <p><b>Dimensiones:</b></p> <p><i>Concreto + residuos de caucho</i>  <math>M+10\%RC</math>  <math>M+15\%RC</math></p> <p><i>Concreto + tapas metálicas</i>  <math>M+ 5\% TMB</math>  <math>M+ 10\% TMB</math></p>	Fichas y Herramientas de Laboratorio
<p><b>Problemas Específicos</b></p> <p>¿Cuál es el efecto de la aplicación de residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas en la consistencia de la mezcla fresca de concreto convencional de <math>f'c=210 \text{ kg/cm}^2</math> en la provincia de San Román 2024?</p> <p>¿Cuál es la incidencia de la adición de residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas en la resistencia a la compresión del concreto convencional de <math>f'c=210 \text{ kg/cm}^2</math> en la provincia de San Román 2024?</p> <p>¿Cuál es la influencia de la incorporación de residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas en la resistencia a la flexión del concreto convencional de <math>f'c=210 \text{ kg/cm}^2</math> en la provincia de San Román 2024?</p>	<p><b>Objetivos Específicos</b></p> <p>Determinar el efecto de la aplicación de residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas en la consistencia de la mezcla fresca de concreto convencional de <math>f'c=210 \text{ kg/cm}^2</math> en la provincia de San Román 2024.</p> <p>Determinar la incidencia de la adición de residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas en la resistencia a la compresión del concreto convencional de <math>f'c=210 \text{ kg/cm}^2</math> en la provincia de San Román 2024.</p> <p>Determinar la influencia de la incorporación de residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas en la resistencia a la flexión del concreto convencional de <math>f'c=210 \text{ kg/cm}^2</math> en la provincia de San Román 2024.</p>	<p><b>Hipótesis Específicas</b></p> <p>El efecto de la aplicación de residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas conservarán la consistencia de la mezcla fresca de concreto convencional de <math>f'c=210 \text{ kg/cm}^2</math> en la provincia de San Román 2024.</p> <p>La incidencia de la adición de residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas mejorarán la resistencia a la compresión del concreto convencional de <math>f'c=210 \text{ kg/cm}^2</math> en la provincia de San Román 2024.</p> <p>La influencia de la incorporación de residuos de caucho y tapas metálicas de bebidas incrementarán la resistencia a la flexión del concreto convencional de <math>f'c=210 \text{ kg/cm}^2</math> en la provincia de San Román 2024.</p>	<p><b>Variable Dependiente</b></p> <p>PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO</p> <p><b>Dimensiones:</b></p> <p><i>Limites</i>  <i>Granulometría</i>  <i>Resistencia a la compresión</i>  <i>Resistencia a la flexión</i></p>	

## Anexo 2. Panel fotográfico



**Fotografía 1.** Análisis granulométrico de agregados



**Fotografía 2.** Pesaje de materiales retenidos en cada tamiz



**Fotografía 3.** Picnómetro para ensayo de pesos unitarios



**Fotografía 4.** Varillado de material para determinación de pesos específicos



**Fotografía 5.** Llenado de agregados para varillado y enrasado



**Fotografía 6.** Pesado de agua para la adición a la mezcla



**Fotografía 7.** Mezcla de materiales para su combinación con agua y la mezcla respectiva



**Fotografía 8.** Mezcla de concreto convencional



**Fotografía 9.** Colocado de mezcla fresca al cono de Abrams para determinación del Slump



**Fotografía 10.** Medición del asentamiento del concreto en su estado fresco



**Fotografía 11.** Medición del asentamiento de la mezcla con residuos de caucho



**Fotografía 12.** Colocado y varillado de mezcla fresca en moldes de briqueta



**Fotografía 13.** Desmolde de briquetas para su posterior curado



**Fotografía 14.** Proceso de curado de briquetas



**Fotografía 15.** Medición de briquetas para su posterior rotura



**Fotografía 16.** Rotura de briquetas de concreto en prensa hidráulica



**Fotografía 17.** Medición de viguetas para su posterior rotura



**Fotografía 18.** Rotura de viguetas de concreto en prensa hidráulica



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



**PROYECTO** : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MODIFICADO CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024  
**SOLICITANTE** : BACHILLER RIVALDO ALGEL CHURA RODRIGUEZ  
**CANTERA** : ISLA - AGREGADO GRUESO  
 : ISLA - AGREGADO FINO  
**LUGAR** : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV  
**FECHA** : 15 DE ENERO DEL 2025

### ANÁLISIS MECÁNICO Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

#### AGREGADO FINO

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro	
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	A	-Peso de muestra secada al horno <u>485.85</u>
N° 4	0.00	0.00	0.00	100.00	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) <u>500.00</u>
					Wc	-Peso del picnómetro con agua <u>1313.12</u>
N° 8	107.36	21.47	21.47	78.53	W	-Peso del Pic. + muestra + agua <u>1618.15</u>
					<b>PESO ESPECÍFICO</b>	
N° 16	90.86	18.17	39.64	60.36	Wc+B =	<u>1813</u> Wc+B-W = <u>195</u>
N° 30	102.75	20.55	60.19	39.81	Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = \frac{500.00}{1618.15 - 1313.12} = 2.50 \text{ gr/cm}^3$
N° 50	127.98	25.60	85.79	14.21	<b>ABSORCIÓN</b>	
N° 100	43.45	8.69	94.48	5.52	B =	<u>500.00</u> B-A = <u>14.15</u>
N° 200	9.69	1.94	96.42	3.58	Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = \frac{14.15 \times 100}{500.00} = 2.83\%$
FONDO	17.91	3.58	100.00	0.00		
SUMA	500.00	100.00				
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico						
Mf = MÓDULO DE FINEZA			3.02			

#### AGREGADO GRUESO

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro	
2"	0	0.00	0.00	100.00	A	-Peso de muestra secada al horno <u>784.64</u>
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) <u>800.00</u>
					Wc	-Peso del picnómetro con agua <u>1313.12</u>
1"	271	7.74	7.74	92.26	W	-Peso del Pic. + muestra + agua <u>1799.52</u>
					<b>PESO ESPECÍFICO</b>	
3/4"	527	15.06	22.80	77.20	Wc+B =	<u>2113</u> Wc+B-W = <u>314</u>
1/2"	1040	29.71	52.51	47.49	Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = \frac{800.00}{1799.52 - 1313.12} = 2.52 \text{ gr/cm}^3$
3/8"	552	15.77	68.29	31.71	<b>ABSORCIÓN</b>	
N° 4	0	0.00	68.29	31.71	B =	<u>800.00</u> B-A = <u>15.36</u>
N° 8	1110	31.71	100.00	0.00	Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = \frac{15.36 \times 100}{800.00} = 1.92\%$
FONDO	0.00	0.00	100.00	0.00		
SUMA	3500.00	100.00				
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico						

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

Matri: Arnaldo Yana Torres



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



### PROYECTO

ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MODIFICADO CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS EN LA PROVINCIA DE SAN DOMINGO

### SOLICITANTE

BACHILLER RIVALDO ALGEL CHURA RODRIGUEZ

### CANTERA

ISLA - AGREGADO GRUESO

### LUGAR

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV

### FECHA

15 DE ENERO DEL 2025

## CONTENIDO DE HUMEDAD

A. FINO	
P.T. M. HUM	346.13
P.T.M. SEC	331.39
P.TARRO	51.27
P. AGUA	14.74
P.S.SECO	280.12
% HUMEDAD	5.26

A. GRUESO	
P.T. M. HUM	433.75
P.T.M. SECA	425.32
P.TARRO	59.42
P. AGUA	8.43
P.S.SECO	365.90
% HUMEDAD	2.30

## PESOS UNITARIOS

### AGREGADO FINO

SUELTO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
9468	5931	2121	1668
9445	5931	2121	1657
9278	5931	2121	1578
			1634

### AGREGADO GRUESO

SUELTO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
11642	7105	3239	1401
11635	7105	3239	1399
11757	7105	3239	1436
			1412

VARILLADO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
9445	5931	2121	1657
9535	5931	2121	1699
9589	5931	2121	1725
			1694

VARILLADO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
12369	7105	3239	1625
12035	7105	3239	1522
12175	7105	3239	1565
			1571

OBSERVACIONES: LOS ENSAYOS FUERON REALIZADAS POR LOS TESISISTAS EN EL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ  
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Mdr. Arnaldo Yana Torres



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 = 210 Kg./cm.²

**PROYECTO** : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MODIFICADO CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024  
**SOLICITANTE** : BACHILLER RIVALDO ALGEL CHURA RODRIGUEZ  
**CANTERA** : ISLA - AGREGADO GRUESO  
 : ISLA - AGREGADO FINO  
**UBICACIÓN** : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV  
**FECHA** : 15 DE ENERO DEL 2025

### PROCESO DE DISEÑO:

**NORMAS:** ACI 211.1.74  
 ACI 211.1.81

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión F'c = 210 Kg./cm.² a los 28 días  
 entonces la resistencia promedio F'cr = 294 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		2.50
P.e SSS	2.52	
P.e Bulk		2.50
P.U. Varillado	1571	1694
P.U. Suelto	1412	1634
% de Absorción	1.87	2.65
% de Humedad Natural	2.30	5.26
Modulo 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 prevé 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 items 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  
 LABORATORIO M.S.C.A. FEATUR



7. De acuerdo al módulo de finza del agregado fino = 3.02 el peso específico unitario del agregado grueso varillado-compactado de 1571 Kg/m<sup>3</sup> y un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 3/4" (19.05mm) se recomienda el uso de 0.592 m<sup>3</sup> de agregado grueso por m<sup>3</sup> de concreto. Por tanto el peso seco del agregado grueso será de:

$$(0.5923) * (1571) = 930 \text{ Kg/m}^3$$

8. Una vez determinadas las cantidades de agua, cemento y agregado grueso, los materiales resultantes para completar un m<sup>3</sup> 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:

$$\begin{aligned} \text{Volúmen absoluto de agua} &= (205) / (1000) = 0.205 \\ \text{Volúmen absoluto de cemento} &= (366) / (2.88 * 1000) = 0.127 \\ \text{Volúmen absoluto de agregado grueso} &= (930) / (2.53 * 1000) = 0.368 \\ \text{Volúmen de aire atrapado} &= (2.0) / (100) = \frac{0.020}{0.720} \\ \text{Volúmen sub total} &= \end{aligned}$$

Volúmen absoluto de arena

$$\text{Por tanto el peso requerido de arena seca será de:} = (1.000 - 0.720) = 0.280 \text{ m}^3$$

$$(0.280) * (2.50) * 1000 = 700 \text{ Kg/m}^3$$

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:

$$\begin{aligned} \text{Agregado grueso húmedo} &= (930) * (1.023039) = 952 \text{ Kg.} \\ \text{Agregado Fino húmedo} &= (700) * (1.0526) = 737 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

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:

$$205 - 930 * \left( \frac{2.30 - 1.87}{100} \right) - 700 \left( \frac{5.26 - 2.65}{100} \right) = 183$$

### DOSIFICACIÓN

AGREGADO	DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (Kg/m <sup>3</sup> )	PROPORCIÓN EN VOLUMEN PESO SECO	DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO (Kg/m <sup>3</sup> )	PROPORCIÓN EN VOLUMEN PESO HÚMEDO
Cemento	366	1.00	366	1.00
Agua	205	0.56	183	0.50
Agreg. Grueso	930	2.54	952	2.60
Agreg. Fino	700	1.91	737	2.01
Aire	2.0 %		2.0 %	

### 8.61 BOLSAS /m<sup>3</sup> DE CEMENTO

### DOSIFICACIÓN POR PESO:

Cemento	42.50 Kg.
Agregado fino húmedo	85.59 Kg.
Agregado grueso húmedo	110.51 Kg.
Agua efectiva	21.21 Kg.



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELAZQUEZ  
FICP - CAP. INGENIERIA CIVIL

Mtr. Arnaldo Yana Torres  
CIP. 103257



### DOSIFICACIÓN POR TANDAS:

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

<b>1.0</b> Bolsa de Cemento:	Redondeo		
<b>1.85</b> p3 de Arena	<b>1.9</b> p3 de Arena		
<b>2.77</b> p3 de Piedra Chancada	<b>2.8</b> p3 de Piedra Chancada		
<b>21</b> Lt de Agua	<b>21</b> Lt de Agua		

### RECOMENDACIONES

Debido a las características de los agregados, se recomienda que la dosificación tanto de la arena como de la grava se realice en forma separada, tal como se indica en el ítem DOSIFICACION POR TANDAS:

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

### OBSERVACIONES.

\* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CERDAS VELÁSQUEZ  
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. 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



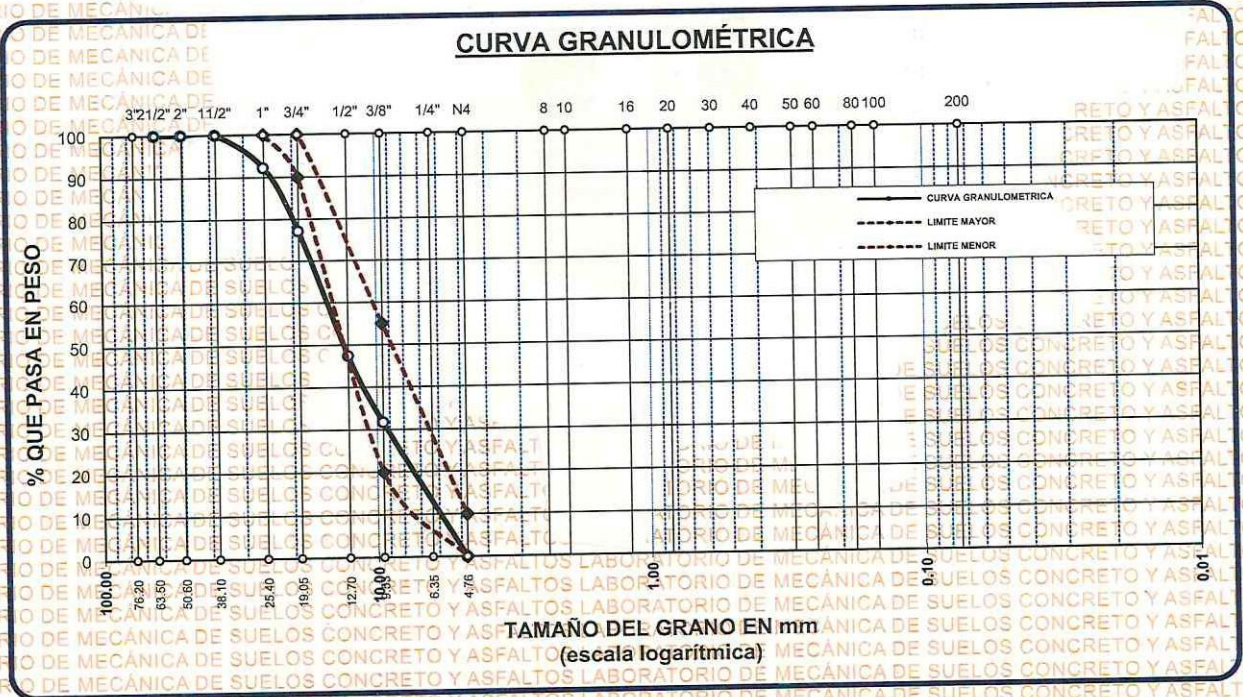
## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

**PROYECTO:** ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MODIFICADO CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024  
**SOLICITANTE:** BACHILLER RIVALDO ALGEL CHURA RODRIGUEZ  
**CANTERA:** ISLA - AGREGADO GRUESO  
**LUGAR:** LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV  
**FECHA:** 15 DE ENERO DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200		0.00	0.00	100.00		Peso Inicial = 3500 gr. Tamaño máx. nominal = 3/4" OBSERVACIONES:
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		
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					0 - 10 %	
Nº4	4.760	1110.00	31.71	100.00	0.00		
BASE		0.00	0.00	100.0	0.0		
TOTAL		3500.00	100.00				
% PERDIDA		0.00					

### CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. Arnaldo Yana Torres  
C.I.F. 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

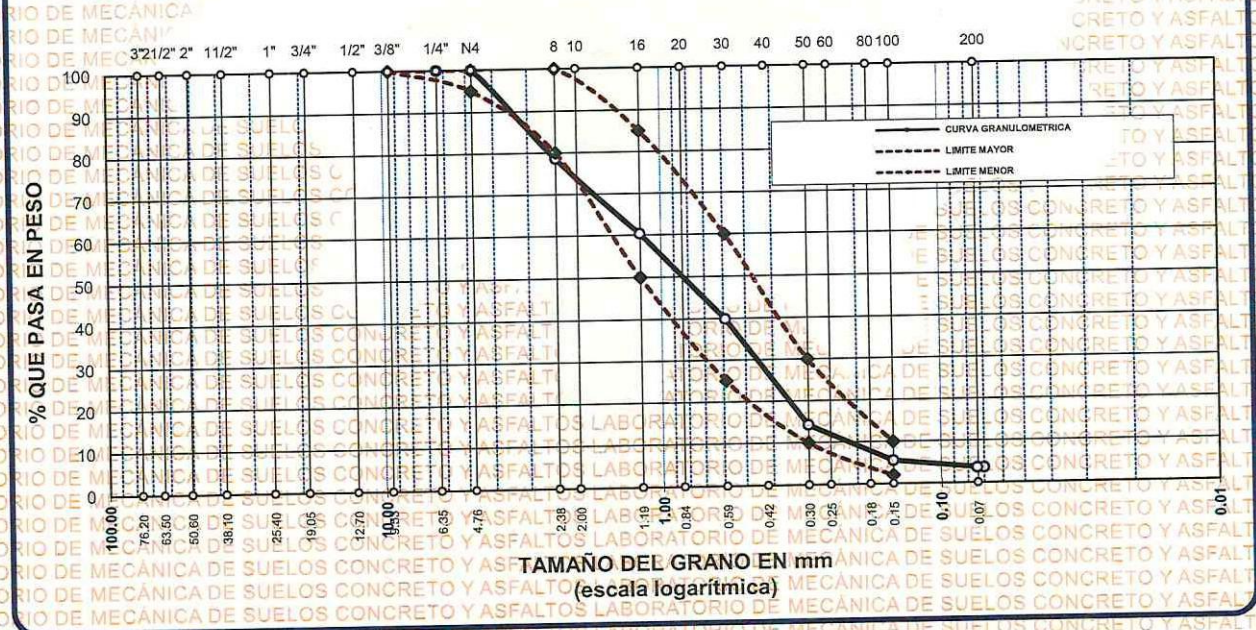
NORMA: ASTM C 33

**PROYECTO** : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MODIFICADO CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024  
**SOLICITANTE** : BACHILLER RIVALDO ALGEL CHURA RODRIGUEZ  
**CANTERA** : ISLA - AGREGADO FINO  
**LUGAR** : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV  
**FECHA** : 15 DE ENERO DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	%RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
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					50 - 85 %	
No16	1.190	90.86	18.17	39.64	60.36		
No20	0.840					25 - 60 %	
No30	0.590	102.75	20.55	60.19	39.81		
No40	0.420					10 - 30 %	
No 50	0.300	127.98	25.60	85.79	14.21		
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	43.45	8.69	94.48	5.52		
No200	0.074	9.69	1.94	96.42	3.58	2-10%	
BASE		17.91	3.58	100	0.00		
TOTAL		500.00	100.00				
% PERDIDA		3.58					

OBSERVACIONES:

### CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL  
Mgtr. Arnaldo Yana Torres  
C.I.F. 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** : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MODIFICADO CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

**SOLICITANTE** : BACHILLER RIVALDO ALGEL CHURA RODRIGUEZ

**CANTERA** : ISLA - AGREGADO GRUESO

: ISLA - AGREGADO FINO

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

**FECHA** : 15 DE ENERO DEL 2025

### DENSIDAD MINIMA AGREGADO FINO (SUELTO)

PESO DEL MOLDE	5931 gr	5931 gr	5931 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2121 cm <sup>3</sup>	2121 cm <sup>3</sup>	2121 cm <sup>3</sup>
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	9468.00 gr	9445.00 gr	9278.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	3537.00 gr	3514.00 gr	3347.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.668 gr/cm <sup>3</sup>	1.657 gr/cm <sup>3</sup>	1.578 gr/cm <sup>3</sup>
PROMEDIO	1.634 gr/cm <sup>3</sup>		

### DENSIDAD MINIMA AGREGADO FINO (VARILLADO)

PESO DEL MOLDE	5931 gr	5931 gr	5931 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2121 cm <sup>3</sup>	2121 cm <sup>3</sup>	2121 cm <sup>3</sup>
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	9445.00 gr	9535.00 gr	9589.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	3514.00 gr	3604.00 gr	3658.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.657 gr/cm <sup>3</sup>	1.699 gr/cm <sup>3</sup>	1.725 gr/cm <sup>3</sup>
PROMEDIO	1.694 gr/cm <sup>3</sup>		

**OBSERVACIONES:** LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

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

Mg. 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** : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MODIFICADO CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

**SOLICITANTE** : BACHILLER RIVALDO ALGEL CHURA RODRIGUEZ

**CANTERA** : ISLA - AGREGADO GRUESO

: ISLA - AGREGADO FINO

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

**FECHA** : 15 DE ENERO DEL 2025

### DENSIDAD MINIMA AGREGADO GRUESO(SUELTO)

PESO DEL MOLDE	7105 gr	7105 gr	7105 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3239 cm <sup>3</sup>	3239 cm <sup>3</sup>	3239 cm <sup>3</sup>
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	11642.00 gr	11635.00 gr	11757.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	4537.00 gr	4530.00 gr	4652.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.401 gr/cm <sup>3</sup>	1.399 gr/cm <sup>3</sup>	1.436 gr/cm <sup>3</sup>
PROMEDIO	1.412 gr/cm <sup>3</sup>		

### DENSIDAD MINIMA AGREGADO GRUESO(VARILLADO)

PESO DEL MOLDE	7105 gr	7105 gr	7105 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3239 cm <sup>3</sup>	3239 cm <sup>3</sup>	3239 cm <sup>3</sup>
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	12369.00 gr	12035.00 gr	12175.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	5264.00 gr	4930.00 gr	5070.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.625 gr/cm <sup>3</sup>	1.522 gr/cm <sup>3</sup>	1.565 gr/cm <sup>3</sup>
PROMEDIO	1.571 gr/cm <sup>3</sup>		

**OBSERVACIONES:** LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
 FICP - CAP/INGENIERÍA CIVIL  
 M.S.C.A. JEFATURA  
 Mgtr. 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



## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

**TEMA** : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MODIFICADO CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

**SOLICITANTE** : BACHILLER RIVALDO ALGEL CHURA RODRIGUEZ

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

**FECHA** : 10 - MARZO - 2025

## PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA MUESTRA PATRÓN

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B - 1	24885	15.01	176.95	140.63	210	20/01/2025	27/01/2025	7	66.97
2	B - 2	24755	14.98	176.24	140.46	210	20/01/2025	27/01/2025	7	66.89
3	B - 3	24682	15.01	176.95	139.49	210	20/01/2025	27/01/2025	7	66.42
4	B - 4	24770	14.98	176.24	140.55	210	20/01/2025	27/01/2025	7	66.93
5	B - 5	24832	15.01	176.95	140.33	210	20/01/2025	27/01/2025	7	66.83
Promedio De Esf. Rotura					140.29					66.81

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B - 1	33747	15.01	176.95	190.71	210	20/01/2025	03/02/2025	14	90.82
2	B - 2	33755	15.01	176.95	190.76	210	20/01/2025	03/02/2025	14	90.84
3	B - 3	33735	14.98	176.24	191.42	210	20/01/2025	03/02/2025	14	91.15
4	B - 4	33694	14.98	176.24	191.18	210	20/01/2025	03/02/2025	14	91.04
5	B - 5	33814	15.01	176.95	191.09	210	20/01/2025	03/02/2025	14	91.00
Promedio De Esf. Rotura					191.03					90.97

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B - 1	37252	15.01	176.95	210.52	210	20/01/2025	17/02/2025	28	100.25
2	B - 2	37207	15.01	176.95	210.27	210	20/01/2025	17/02/2025	28	100.13
3	B - 3	37145	15.01	176.95	209.92	210	20/01/2025	17/02/2025	28	99.96
4	B - 4	37331	14.98	176.24	211.82	210	20/01/2025	17/02/2025	28	100.87
5	B - 5	37381	15.01	176.95	211.25	210	20/01/2025	17/02/2025	28	100.60
Promedio De Esf. Rotura					210.76					100.36

### OBSERVACIONES:

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO M.S.C.A. JULIACA  
 Mgr. 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



### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

**TEMA:** ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MODIFICADO CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024  
**SOLICITANTE:** BACHILLER RIVALDO ALGEL CHURA RODRIGUEZ  
**LUGAR:** LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA  
**FECHA:** 10 - MARZO - 2025

### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON 10% DE RESIDUOS DE CAUCHO

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B - 1	26226	15.01	176.95	148.21	210	20/01/2025	27/01/2025	7	70.58
2	B - 2	26447	15.01	176.95	149.46	210	20/01/2025	27/01/2025	7	71.17
3	B - 3	26754	15.01	176.95	151.20	210	20/01/2025	27/01/2025	7	72.00
4	B - 4	26656	15.01	176.95	150.64	210	20/01/2025	27/01/2025	7	71.73
5	B - 5	26525	15.01	176.95	149.90	210	20/01/2025	27/01/2025	7	71.38
Promedio De Esf. Rotura					149.88					71.37

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B - 1	35756	15.01	176.95	202.07	210	20/01/2025	03/02/2025	14	96.22
2	B - 2	35545	15.01	176.95	200.88	210	20/01/2025	03/02/2025	14	95.66
3	B - 3	35563	15.01	176.95	200.98	210	20/01/2025	03/02/2025	14	95.70
4	B - 4	35679	14.98	176.24	202.45	210	20/01/2025	03/02/2025	14	96.40
5	B - 5	35737	15.01	176.95	201.96	210	20/01/2025	03/02/2025	14	96.17
Promedio De Esf. Rotura					201.67					96.03

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B - 1	39455	15.01	176.95	222.97	210	20/01/2025	17/02/2025	28	106.18
2	B - 2	39652	15.01	176.95	224.09	210	20/01/2025	17/02/2025	28	106.71
3	B - 3	39255	15.01	176.95	221.84	210	20/01/2025	17/02/2025	28	105.64
4	B - 4	39665	14.98	176.24	225.06	210	20/01/2025	17/02/2025	28	107.17
5	B - 5	39634	15.01	176.95	223.98	210	20/01/2025	17/02/2025	28	106.66
Promedio De Esf. Rotura					223.59					106.47

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS  
M.S.C.A.  
Ing. Arnaldo Yana Torres  
CIP 103257



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



### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NTP 339.034

**TEMA:** ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MODIFICADO CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024  
**SOLICITANTE:** BACHILLER RIVALDO ALGEL CHURA RODRIGUEZ  
**LUGAR:** LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA  
**FECHA:** 10 - MARZO - 2025

### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON 15% DE RESIDUOS DE CAUCHO

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B - 1	28255	15.01	176.95	159.68	210	20/01/2025	27/01/2025	7	76.04
2	B - 2	27122	15.01	176.95	153.27	210	20/01/2025	27/01/2025	7	72.99
3	B - 3	27634	15.01	176.95	156.17	210	20/01/2025	27/01/2025	7	74.37
4	B - 4	27757	15.01	176.95	156.86	210	20/01/2025	27/01/2025	7	74.70
5	B - 5	27697	15.01	176.95	156.52	210	20/01/2025	27/01/2025	7	74.54
Promedio De Esf. Rotura					156.50					74.52

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B - 1	36638	15.01	176.95	207.05	210	20/01/2025	03/02/2025	14	98.60
2	B - 2	36425	15.01	176.95	205.85	210	20/01/2025	03/02/2025	14	98.02
3	B - 3	36365	15.01	176.95	205.51	210	20/01/2025	03/02/2025	14	97.86
4	B - 4	36254	14.98	176.24	205.71	210	20/01/2025	03/02/2025	14	97.96
5	B - 5	35878	15.01	176.95	202.76	210	20/01/2025	03/02/2025	14	96.55
Promedio De Esf. Rotura					205.38					97.80

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B - 1	41244	15.01	176.95	233.08	210	20/01/2025	17/02/2025	28	110.99
2	B - 2	41155	15.01	176.95	232.58	210	20/01/2025	17/02/2025	28	110.75
3	B - 3	41285	15.01	176.95	233.31	210	20/01/2025	17/02/2025	28	111.10
4	B - 4	41111	14.98	176.24	233.27	210	20/01/2025	17/02/2025	28	111.08
5	B - 5	41281	15.01	176.95	233.29	210	20/01/2025	17/02/2025	28	111.09
Promedio De Esf. Rotura					233.11					111.00

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS  
M.S.C. JEFATURA  
Mgtr. Arnaldo Yana Torres  
C.P. 103257  
JULIACA



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:** ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MODIFICADO CON ADICIÓN DE RESÍDUOS DE CAUCHO Y TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024  
**SOLICITANTE:** BACHILLER RIVALDO ALGEL CHURA RODRIGUEZ  
**LUGAR:** LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA  
**FECHA:** 10 - MARZO - 2025

### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON 5% DE TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS

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	25671	15.01	176.95	145.07	210	20/01/2025	27/01/2025	7	69.08
2	B - 2	25752	15.01	176.95	145.53	210	20/01/2025	27/01/2025	7	69.30
3	B - 3	25886	14.98	176.24	146.88	210	20/01/2025	27/01/2025	7	69.94
4	B - 4	25724	14.98	176.24	145.96	210	20/01/2025	27/01/2025	7	69.50
5	B - 5	25772	15.01	176.95	145.65	210	20/01/2025	27/01/2025	7	69.36
Promedio De Esf. Rotura					145.82					69.44

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	35052	15.01	176.95	198.09	210	20/01/2025	03/02/2025	14	94.33
2	B - 2	34837	15.01	176.95	196.87	210	20/01/2025	03/02/2025	14	93.75
3	B - 3	34929	15.01	176.95	197.39	210	20/01/2025	03/02/2025	14	94.00
4	B - 4	35131	15.01	176.95	198.54	210	20/01/2025	03/02/2025	14	94.54
5	B - 5	35117	15.01	176.95	198.46	210	20/01/2025	03/02/2025	14	94.50
Promedio De Esf. Rotura					197.87					94.22

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	38435	15.01	176.95	217.21	210	20/01/2025	17/02/2025	28	103.43
2	B - 2	38554	14.98	176.24	218.76	210	20/01/2025	17/02/2025	28	104.17
3	B - 3	38684	15.01	176.95	218.62	210	20/01/2025	17/02/2025	28	104.10
4	B - 4	38821	15.01	176.95	219.39	210	20/01/2025	17/02/2025	28	104.47
5	B - 5	38805	15.01	176.95	219.30	210	20/01/2025	17/02/2025	28	104.43
Promedio De Esf. Rotura					218.65					104.12

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA  
Mgtr. Arnaldo Yana Torres  
C.I.P. 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**

ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MODIFICADO CON ADICIÓN DE RESÍDUOS DE CAUCHO Y TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

**SOLICITANTE**

BACHILLER RIVALDO ALGEL CHURA RODRIGUEZ

**LUGAR**

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA

**FECHA**

10 - MARZO - 2025

### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON 10% DE TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B - 1	26125	15.01	176.95	147.64	210	20/01/2025	27/01/2025	7	70.31
2	B - 2	26229	15.01	176.95	148.23	210	20/01/2025	27/01/2025	7	70.58
3	B - 3	26349	15.01	176.95	148.91	210	20/01/2025	27/01/2025	7	70.91
4	B - 4	26172	15.01	176.95	147.91	210	20/01/2025	27/01/2025	7	70.43
5	B - 5	26282	15.01	176.95	148.53	210	20/01/2025	27/01/2025	7	70.73
Promedio De Esf. Rotura					148.24					70.59

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B - 1	35668	15.01	176.95	201.57	210	20/01/2025	03/02/2025	14	95.99
2	B - 2	35674	15.01	176.95	201.60	210	20/01/2025	03/02/2025	14	96.00
3	B - 3	35875	15.01	176.95	202.74	210	20/01/2025	03/02/2025	14	96.54
4	B - 4	35659	15.01	176.95	201.52	210	20/01/2025	03/02/2025	14	95.96
5	B - 5	35755	15.01	176.95	202.06	210	20/01/2025	03/02/2025	14	96.22
Promedio De Esf. Rotura					201.90					96.14

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	B - 1	39326	15.01	176.95	222.24	210	20/01/2025	17/02/2025	28	105.83
2	B - 2	39222	15.01	176.95	221.66	210	20/01/2025	17/02/2025	28	105.55
3	B - 3	39394	15.01	176.95	222.63	210	20/01/2025	17/02/2025	28	106.01
4	B - 4	39385	14.98	176.24	223.47	210	20/01/2025	17/02/2025	28	106.42
5	B - 5	39379	15.01	176.95	222.54	210	20/01/2025	17/02/2025	28	105.97
Promedio De Esf. Rotura					222.51					105.96

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA  
Mgtr. 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:** ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MODIFICADO CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

**SOLICITANTE:** BACHILLER RIVALDO ALGEL CHURA RODRIGUEZ

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

**FECHA:** 10 - MARZO 2025

### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN CONCRETO CONVENCIONAL

Nº	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	10.0	8.0	20.0	1078.25	33.695	34.57	20/01/2025	27/01/2025	7
2	V-2	10.0	8.0	20.0	1125.45	35.170		20/01/2025	27/01/2025	7
3	V-3	10.0	8.0	20.0	1014.56	31.705		20/01/2025	27/01/2025	7
4	V-4	10.0	8.0	20.0	1136.98	35.531		20/01/2025	27/01/2025	7
5	V-5	10.0	8.0	20.0	1175.57	36.737		20/01/2025	27/01/2025	7
						34.568				

Nº	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	10.0	8.0	20.0	1336.89	41.778	40.48	20/01/2025	03/02/2025	14
2	V-2	10.0	8.0	20.0	1341.14	41.911		20/01/2025	03/02/2025	14
3	V-3	10.0	8.0	20.0	1225.58	38.299		20/01/2025	03/02/2025	14
4	V-4	10.0	8.0	20.0	1236.45	38.639		20/01/2025	03/02/2025	14
5	V-5	10.0	8.0	20.0	1336.23	41.757		20/01/2025	03/02/2025	14
						40.477				

Nº	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	10.0	8.0	20.0	1874.12	58.566	57.14	20/01/2025	17/02/2025	28
2	V-2	10.0	8.0	20.0	1869.98	58.437		20/01/2025	17/02/2025	28
3	V-3	10.0	8.0	20.0	1736.45	54.264		20/01/2025	17/02/2025	28
4	V-4	10.0	8.0	20.0	1825.12	57.035		20/01/2025	17/02/2025	28
5	V-5	10.0	8.0	20.0	1836.56	57.393		20/01/2025	17/02/2025	28
						57.139				

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



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

Mgr. Arnaldo Yana Torres  
C.I.F. 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:** ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MODIFICADO CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

**SOLICITANTE:** BACHILLER RIVALDO ALGEL CHURA RODRIGUEZ  
**LUGAR:** LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA  
**FECHA:** 10 - MARZO 2025

### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION CONCRETO CON 10% RESIDUOS DE CAUCHO

Nº	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	10.0	8.0	20.0	1296.15	40.505	37.47	20/01/2025	27/01/2025	7
2	V-2	10.0	8.0	20.0	1136.56	35.518		20/01/2025	27/01/2025	7
3	V-3	10.0	8.0	20.0	1152.86	36.027		20/01/2025	27/01/2025	7
4	V-4	10.0	8.0	20.0	1163.98	36.374		20/01/2025	27/01/2025	7
5	V-5	10.0	8.0	20.0	1245.75	38.930		20/01/2025	27/01/2025	7
						37.471				

Nº	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	10.0	8.0	20.0	1368.23	42.757	42.65	20/01/2025	03/02/2025	14
2	V-2	10.0	8.0	20.0	1335.15	41.723		20/01/2025	03/02/2025	14
3	V-3	10.0	8.0	20.0	1325.89	41.434		20/01/2025	03/02/2025	14
4	V-4	10.0	8.0	20.0	1469.59	45.925		20/01/2025	03/02/2025	14
5	V-5	10.0	8.0	20.0	1325.58	41.424		20/01/2025	03/02/2025	14
						42.653				

Nº	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	10.0	8.0	20.0	1934.23	60.445	60.47	20/01/2025	17/02/2025	28
2	V-2	10.0	8.0	20.0	1825.51	57.047		20/01/2025	17/02/2025	28
3	V-3	10.0	8.0	20.0	1996.68	62.396		20/01/2025	17/02/2025	28
4	V-4	10.0	8.0	20.0	1974.56	61.705		20/01/2025	17/02/2025	28
5	V-5	10.0	8.0	20.0	1944.56	60.768		20/01/2025	17/02/2025	28
						60.472				

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

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA  
Mtr. 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

ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MODIFICADO CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

SOLICITANTE

BACHILLER RIVALDO ALGEL CHURA RODRIGUEZ

LUGAR

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA

FECHA

10- MARZO 2025

### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION CONCRETO CON 15% RESIDUOS DE CAUCHO

Nº	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	10.0	8.0	20.0	1112.56	34.768	36.16	20/01/2025	27/01/2025	7	57.95
2	V-2	10.0	8.0	20.0	1225.56	38.299		20/01/2025	27/01/2025	7	63.83
3	V-3	10.0	8.0	20.0	1112.23	34.757		20/01/2025	27/01/2025	7	57.93
4	V-4	10.0	8.0	20.0	1212.23	37.882		20/01/2025	27/01/2025	7	63.14
5	V-5	10.0	8.0	20.0	1123.57	35.112		20/01/2025	27/01/2025	7	58.52
						36.163					60.27

Nº	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	10.0	8.0	20.0	1325.56	41.424	44.61	20/01/2025	03/02/2025	14	69.04
2	V-2	10.0	8.0	20.0	1425.96	44.561		20/01/2025	03/02/2025	14	74.27
3	V-3	10.0	8.0	20.0	1511.87	47.246		20/01/2025	03/02/2025	14	78.74
4	V-4	10.0	8.0	20.0	1471.86	45.996		20/01/2025	03/02/2025	14	76.66
5	V-5	10.0	8.0	20.0	1402.67	43.833		20/01/2025	03/02/2025	14	73.06
						44.612					74.35

Nº	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	10.0	8.0	20.0	1910.34	59.698	59.47	20/01/2025	17/02/2025	28	99.50
2	V-2	10.0	8.0	20.0	1915.56	59.861		20/01/2025	17/02/2025	28	99.77
3	V-3	10.0	8.0	20.0	1911.97	59.749		20/01/2025	17/02/2025	28	99.58
4	V-4	10.0	8.0	20.0	1888.15	59.005		20/01/2025	17/02/2025	28	98.34
5	V-5	10.0	8.0	20.0	1889.56	59.049		20/01/2025	17/02/2025	28	98.41
						59.472					99.12

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

UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

*Mgr. Arnaldo Yana Torres*  
C.I.P. 103257

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



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 338.034

**TEMA**

ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MODIFICADO CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

**SOLICITANTE**

BACHILLER RIVALDO ALGEL CHURA RODRIGUEZ

**LUGAR**

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA

**FECHA**

10 - MARZO 2025

### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION CONCRETO CON 5% TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS

Nº	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	10.0	8.0	20.0	1145.58	35.799	35.80	20/01/2025	27/01/2025	7
2	V- 2	10.0	8.0	20.0	1074.57	33.580		20/01/2025	27/01/2025	7
3	V- 3	10.0	8.0	20.0	1185.24	37.039		20/01/2025	27/01/2025	7
4	V- 4	10.0	8.0	20.0	1196.74	37.398		20/01/2025	27/01/2025	7
5	V- 5	10.0	8.0	20.0	1125.56	35.174		20/01/2025	27/01/2025	7
						35.798				

Nº	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	10.0	8.0	20.0	1336.56	41.768	42.02	20/01/2025	03/02/2025	14
2	V- 2	10.0	8.0	20.0	1275.58	39.862		20/01/2025	03/02/2025	14
3	V- 3	10.0	8.0	20.0	1358.56	42.455		20/01/2025	03/02/2025	14
4	V- 4	10.0	8.0	20.0	1386.23	43.320		20/01/2025	03/02/2025	14
5	V- 5	10.0	8.0	20.0	1365.54	42.673		20/01/2025	03/02/2025	14
						42.015				

Nº	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	10.0	8.0	20.0	1982.23	61.945	61.16	20/01/2025	17/02/2025	28
2	V- 2	10.0	8.0	20.0	2002.96	62.593		20/01/2025	17/02/2025	28
3	V- 3	10.0	8.0	20.0	1945.65	60.802		20/01/2025	17/02/2025	28
4	V- 4	10.0	8.0	20.0	1902.54	59.454		20/01/2025	17/02/2025	28
5	V- 5	10.0	8.0	20.0	1952.99	61.031		20/01/2025	17/02/2025	28
						61.165				

**OBSERVACIONES:**

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



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

Mgtr. 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



### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION

NTP 339.034

**TEMA** : ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MODIFICADO CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

**SOLICITANTE** : BACHILLER RIVALDO ALGEL CHURA RODRIGUEZ

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

**FECHA** : 10 - MARZO 2025

### PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION ADOQUÍN CON 10% DE TAPAS METÁLICAS DE BEBIDAS

Nº	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	10.0	8.0	20.0	1165.58	36.424	35.90	20/01/2025	27/01/2025	7
2	V - 2	10.0	8.0	20.0	1043.57	32.612		20/01/2025	27/01/2025	7
3	V - 3	10.0	8.0	20.0	1177.24	36.789		20/01/2025	27/01/2025	7
4	V - 4	10.0	8.0	20.0	1162.74	36.336		20/01/2025	27/01/2025	7
5	V - 5	10.0	8.0	20.0	1195.56	37.361		20/01/2025	27/01/2025	7
						35.904				

Nº	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	10.0	8.0	20.0	1369.56	42.799	42.96	20/01/2025	03/02/2025	14
2	V - 2	10.0	8.0	20.0	1406.58	43.956		20/01/2025	03/02/2025	14
3	V - 3	10.0	8.0	20.0	1325.56	41.424		20/01/2025	03/02/2025	14
4	V - 4	10.0	8.0	20.0	1375.23	42.976		20/01/2025	03/02/2025	14
5	V - 5	10.0	8.0	20.0	1396.54	43.642		20/01/2025	03/02/2025	14
						42.959				

Nº	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	10.0	8.0	20.0	1981.23	61.913	62.18	20/01/2025	17/02/2025	28
2	V - 2	10.0	8.0	20.0	1962.96	61.343		20/01/2025	17/02/2025	28
3	V - 3	10.0	8.0	20.0	1995.65	62.364		20/01/2025	17/02/2025	28
4	V - 4	10.0	8.0	20.0	2010.54	62.829		20/01/2025	17/02/2025	28
5	V - 5	10.0	8.0	20.0	1998.99	62.468		20/01/2025	17/02/2025	28
						62.184				

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  
M.Sc. Rivaldo Algel Chura Rodríguez  
CIP: 103257

BIE : B006-00316289



ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 15-07-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: RIVALDO ANGEL CHURA RODRIGUEZ

Dirección: JR. MIRAFLORES 110

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 77135553

Teléfono: 956 995 782 email: Rangelch1234@gmail.com

Nombres y Apellidos: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_ email: \_\_\_\_\_

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

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO CIVIL

Asesor: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL MODIFICADO

CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE CAUCHO Y TAPAS METÁLICAS DE

BEBIDAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): AGREGADOS, RECICLADOS, TAPAS METÁLICAS, PROPIEDADES DEL CONCRETO.

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

1

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

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



2. Referencia de tesis:

- Bachiller   
  Título   
  2da Especialidad   
  Maestría   
  Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

**Autorizo su publicación (marque con una X)**

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

**¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?**

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

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

- Sí autorizo
- No autorizo



**Jurisdicción de su Licencia**

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

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

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

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE MATERIALES - P17



15-07-2025

Firma de Autor

huella digital

Fecha