



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE
CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE
MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO
RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE
CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE
MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO
RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA

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

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

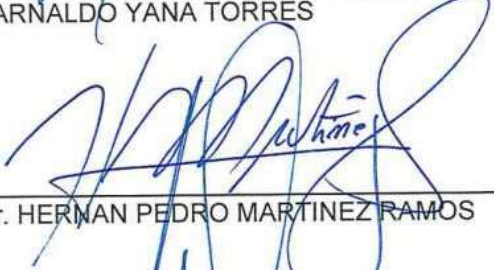
PRESIDENTE

: 
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

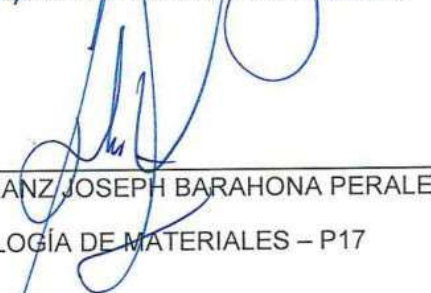
PRIMER MIEMBRO

: 
Dr. ARNALDO YANA TORRES

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Mgtr. HERMAN PEDRO MARTINEZ RAMOS

ASESOR DE TESIS

: 
Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

: TECNOLOGÍA DE MATERIALES – P17

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1686-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 06 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 14715 presentado por el (la) Bachiller: JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA 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. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 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. MILTHON QUISPE HUANCA
- * **1er Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES
- * **2do Miembro** : Mgtr. HERNAN PEDRO MARTINEZ RAMOS

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS de el (la) bachiller: JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Jueves 12 de diciembre del 2024
- * **HORA** : 14:00 p.m.
- * **LUGAR** : Aula 406 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDR. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790cc.
Archivo
interesado (a)Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1193-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 03 de octubre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 011821 por el señor (a): JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 1094 - 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS) formato N° 194 - 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): JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 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 Mgtr. 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° 194 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 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): JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 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), Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



cc.
Archivo
interesado (a)

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 853-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 22 de agosto del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU-10004, presentado el señor (a) JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 826 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 235-2024 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): JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 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 Mgtr. 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° 235-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 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 mérito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 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 Mgtr. **FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. RUTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790cc.
Archivo 2024
Interesado (a)UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR
Dr. Elfrain Pacillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

21%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

14%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Andina Nestor
Caceres Velasquez

Trabajo del estudiante

12%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

3%

3

repositorio.uancv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

Submitted to University of Zululand

Trabajo del estudiante

<1%

6

repositorio.uncp.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

7

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

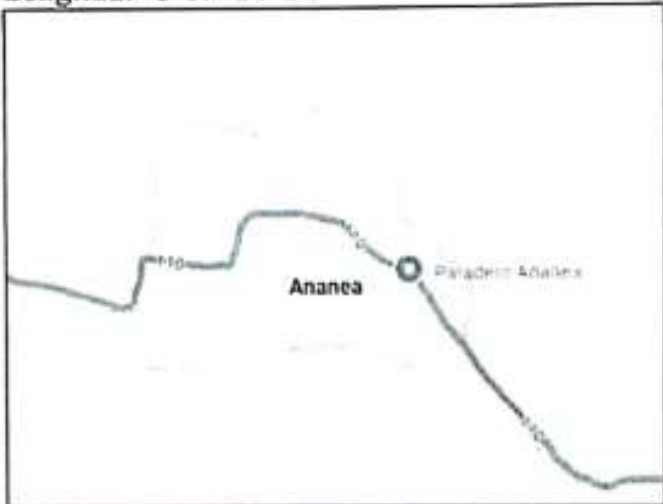
<1%

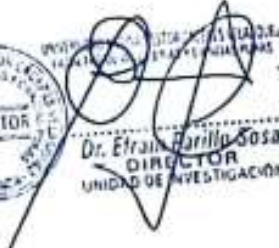


Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	43635590
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0007-7745-0930
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02442876
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8509-7224
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	HERNAN PEDRO MARTINEZ RAMOS
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	01316765
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de Materiales - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Antonio de Putina Localidad: Ananea Latitud: S 14° 40' 40" Longitud: O 69° 31' 56"  https://maps.app.goo.gl/tYBb1hFT5FLkx567
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Agosto 2024 – Diciembre 2024
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00 Ingeniería de Materiales https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.05.00
- Librería	



Dr. Efraín Harillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA, identificado con DNI
Nro. 43635590, en mi condición de egresado de:

☒ **Escuela Profesional**

☐ **Programa de Segunda Especialidad,**

☐ **Programa de Maestría o Doctorado**

INGENIERÍA CIVIL

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

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA

INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE

CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024

Asesorado por: Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

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.

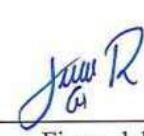
Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

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 24 de diciembre del 2024


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A dios, a mis padres que se encuentran en el cielo, por su amor incondicional su apoyo constante y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia. Sin su guía y sacrificio, este logro no habría sido posible.

A mis hermanos por ser mi fuente de inspiración y por estar siempre a mi lado en los momentos difíciles.

A mis profesores y mentores, con compartir su conocimiento y sabiduría y por motivarme a alcanzar mis metas académicas y profesionales

Y especialmente a mi pareja y mi hijo quienes son la fuente de inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.



AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento:

A dios todo poderoso.

A mi padre, Alejandro Condori Condori (QEPD): eres el mejor papá del mundo. Gracias por ser mi padre y por tanto apoyo y comprensión, que con sus sabios consejos oriento mis pasos por el camino recto

A mi madre, Juana Cristina Canaza Vilavila(QEPD), gracias por todo el esfuerzo, tu apoyo y por toda la confianza que depositaste en mí. te quiero mucho mama

A mi pareja y mi hijo a quienes los amo con todo mi corazón. Gracias por ser mi motivo e inspiración en esta vida.

De igual manera a mi asesor de tesis quien me brindo su apoyo incondicional durante todo el desarrollo de la investigación.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN.....	xvi

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Análisis de la situación problemática	1
1.2. Planteamiento del problema	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. Objetivos de la investigación.....	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Justificación de la investigación	4
1.4.1. Justificación técnica.....	4
1.4.2. Justificación económica.....	5
1.4.3. Justificación social	5
1.4.4. Justificación ambiental.....	5
1.5. Hipótesis de la investigación	6
1.5.1. Hipótesis general	6
1.5.2. Hipótesis específicas	6
1.6. Variables e indicadores.....	6
1.6.1. Variable independiente	6
1.6.2. Variable dependiente.....	6
1.7. Operacionalización de variables	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO



2.1. Antecedentes de la investigación	8
2.1.1. Antecedentes internacionales	8
2.1.2. Antecedentes nacionales	11
2.1.3. Antecedentes locales	15
2.2. Bases teóricas	15
2.2.1. Adoquín de concreto	15
2.2.2. Propiedades del adoquín de concreto	27
2.2.3. Adoquines en pavimentos	31
2.2.4. Relave minero triturado	50
2.2.5. Grano de caucho reciclado	62
2.3. Marco Conceptual	68

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de la investigación	71
3.2. Método de la investigación	71
3.3. Nivel y tipo de la investigación	71
3.1.1. Nivel de la investigación	71
3.1.2. Tipo de la investigación	72
3.4. Población y muestra	72
3.4.1. Población	72
3.4.2. Muestra	73
3.5. Técnicas e instrumentos	74
3.2.1. Técnicas	74
3.2.2. Instrumentos	75
3.6. Proceso de recolección de datos	76
3.3.1. Desarrollo del plan de investigación	76
3.7. Procesamiento y análisis de datos	85

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados obtenidos	86
4.1.1. Resultados sobre la adición de relave minero triturado y grano de caucho reciclado en las propiedades físicas de adoquines de concreto	94
4.1.2. Resultados sobre el empleo de relave minero triturado en proporciones variables sobre las propiedades mecánicas de adoquines de concreto	126



4.1.3. Resultados sobre la incorporación de grano de caucho reciclado en proporciones variables sobre las propiedades mecánicas del adoquín	138
4.1.4. Comparativos de resultados obtenidos	147
4.2. Discusión de Resultados	163
CONCLUSIONES	166
RECOMENDACIONES.....	167
BIBLIOGRAFÍA.....	168
ANEXOS	173



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de variables	7
Tabla 2	Muestras para los ensayos	73
Tabla 3	Granulometría del agregado fino	86
Tabla 4	Granulometría del agregado grueso	87
Tabla 5	Granulometría del agregado DME	88
Tabla 6	Humedad de los agregados.....	89
Tabla 7	Diseño de mezcla	90
Tabla 8	Diseño de mezcla del AC + 15% RM	90
Tabla 9	Diseño de mezcla del AC + 25% RM	91
Tabla 10	Diseño de mezcla del AC + 35% RM	91
Tabla 11	Diseño de mezcla del AC + 4% GC	92
Tabla 12	Diseño de mezcla del AC + 8.0% GC	92
Tabla 13	Diseño de mezcla del AC + 12% GC	93
Tabla 14	Absorción del adoquín de concreto.....	94
Tabla 15	Absorción del adoquín de concreto + 15% RM	95
Tabla 16	Absorción del adoquín de concreto + 25% RM	96
Tabla 17	Ensayo de absorción del adoquín de concreto + 35% RM.....	97
Tabla 18	Variación dimensional del adoquín	98
Tabla 19	Variación dimensional del adoquín de concreto (ancho)	99
Tabla 20	Variación dimensional del adoquín de concreto (largo).....	100
Tabla 21	Variación dimensional del adoquín de concreto 15% RM	101
Tabla 22	Variación dimensional del adoquín de concreto 15% RM	102
Tabla 23	Variación dimensional del adoquín de concreto 15% RM	103
Tabla 24	Variación dimensional del adoquín de concreto 25% RM	104
Tabla 25	Variación dimensional del adoquín de concreto 25% RM	105
Tabla 26	Variación dimensional del adoquín de concreto 25% RM	106
Tabla 27	Variación dimensional del adoquín de concreto 35% RM	107
Tabla 28	Variación dimensional del adoquín de concreto 35% RM	108
Tabla 29	Variación dimensional del adoquín de concreto 35% RM	109
Tabla 30	Alabeo del adoquín.....	110
Tabla 31	Alabeo del adoquín + 15% RM	110
Tabla 32	Alabeo del adoquín + 25% RM	111
Tabla 33	Alabeo del adoquín + 35% RM	111
Tabla 34	Ensayo de absorción del adoquín de concreto + 4% GC	112



Tabla 35	Ensayo de absorción del adoquín de concreto + 8% GC	113
Tabla 36	Ensayo de absorción del adoquín de concreto + 12% GC	114
Tabla 37	Variación dimensional del adoquín de concreto 4% GC.....	115
Tabla 38	Variación dimensional del adoquín de concreto 4% GC.....	116
Tabla 39	Variación dimensional del adoquín de concreto 4% GC.....	117
Tabla 40	Variación dimensional del adoquín de concreto 8% GC.....	118
Tabla 41	Variación dimensional del adoquín de concreto 8% GC.....	119
Tabla 42	Variación dimensional del adoquín de concreto 8% GC.....	120
Tabla 43	Variación dimensional del adoquín de concreto 12% GC.....	121
Tabla 44	Variación dimensional del adoquín de concreto 12% GC.....	122
Tabla 45	Variación dimensional del adoquín de concreto 12% GC.....	123
Tabla 46	Alabeo del adoquín de concreto +4% GC	124
Tabla 47	Alabeo del adoquín de concreto + 8% GC	124
Tabla 48	Alabeo del adoquín de concreto +12% GC	125
Tabla 49	Resistencia a compresión del AC	126
Tabla 50	Resistencia a compresión del AC	127
Tabla 51	Resistencia a compresión del AC	128
Tabla 52	Resistencias del AC + 15% RM	129
Tabla 53	Resistencias del AC + 15% RM	130
Tabla 54	Resistencias del AC + 15% RM	131
Tabla 55	Resistencias del AC + 25% RM	132
Tabla 56	Resistencias del AC + 25% RM	133
Tabla 57	Resistencias del AC + 25% RM	134
Tabla 58	Resistencias del AC + 35% RM	135
Tabla 59	Resistencias del AC + 35% RM	136
Tabla 60	Resistencias del AC + 35% RM	137
Tabla 61	Resistencias del AC + 4% GC	138
Tabla 62	Resistencias del AC + 4% GC	139
Tabla 63	Resistencias del AC + 4% GC	140
Tabla 64	Resistencias del AC + 8% GC	141
Tabla 65	Resistencias del AC + 8% GC	142
Tabla 66	Resistencias del AC + 8% GC	143
Tabla 67	Resistencias del AC + 12% GC	144
Tabla 68	Resistencias del AC + 12% GC	145
Tabla 69	Resistencias del AC + 12% GC	146
Tabla 70	Comparativo del ensayo de absorción del adoquín de concreto	147
Tabla 71	Comparativo del ensayo de absorción del adoquín de concreto	148



Tabla 72	Comparativo de la variación dimensional del adoquín de concreto	149
Tabla 73	Comparativo de la variación dimensional del adoquín de concreto	150
Tabla 74	Comparativo del ensayo de alabeo del adoquín de concreto	151
Tabla 75	Comparativo del ensayo de alabeo del adoquín de concreto	152
Tabla 76	Resistencias obtenidas del AC + RM	153
Tabla 77	Resistencias obtenidas del AC + RM	154
Tabla 78	Resistencias obtenidas del AC + RM	156
Tabla 79	Resistencias obtenidas del AC + GC	158
Tabla 80	Resistencias obtenidas del AC + GC	159
Tabla 81	Resistencias obtenidas del AC + GC	161



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Tipos de adoquines de concreto	21
Figura 2	Relave minero.....	51
Figura 3	Grano de caucho.....	63
Figura 4	Ubicación de la cantera Ananea.....	76
Figura 5	Relave minero.....	77
Figura 6	Grano de caucho reciclado	78
Figura 7	Granulometría del agregado fino	87
Figura 8	Granulometría del agregado DME.....	88
Figura 9	Granulometría del agregado DME.....	89
Figura 10	Absorción del adoquín de concreto	94
Figura 11	Absorción del adoquín de concreto + 15% RM.....	95
Figura 12	Absorción del adoquín de concreto + 25% RM.....	96
Figura 13	Absorción del adoquín de concreto + 35% RM.....	97
Figura 14	Variación del adoquín.....	98
Figura 15	Variación del adoquín de concreto (ancho)	99
Figura 16	Variación del adoquín de concreto (largo)	100
Figura 17	Variación del adoquín de concreto (alto)	101
Figura 18	Variación del adoquín de concreto (ancho)	102
Figura 19	Variación del adoquín de concreto (largo)	103
Figura 20	Variación del adoquín de concreto (alto)	104
Figura 21	Variación del adoquín de concreto (ancho)	105
Figura 22	Variación del adoquín de concreto (largo)	106
Figura 23	Variación del adoquín de concreto (alto)	107
Figura 24	Variación del adoquín de concreto (ancho)	108
Figura 25	Variación del adoquín de concreto (largo)	109
Figura 26	Absorción del adoquín de concreto + 4% GC.....	112
Figura 27	Absorción del adoquín de concreto + 8% GC.....	113
Figura 28	Absorción del adoquín de concreto + 12% GC.....	114
Figura 29	Variación del adoquín de concreto (alto)	115
Figura 30	Variación del adoquín de concreto (ancho)	116
Figura 31	Variación del adoquín de concreto (largo)	117
Figura 32	Variación del adoquín de concreto (alto)	118
Figura 33	Variación del adoquín de concreto (ancho)	119
Figura 34	Variación del adoquín de concreto (largo)	120



Figura 35	Variación del adoquín de concreto (alto)	121
Figura 36	Variación del adoquín de concreto (ancho)	122
Figura 37	Variación del adoquín de concreto (largo)	123
Figura 38	Variación del AC	126
Figura 39	Variación del AC	127
Figura 40	Variación del AC	128
Figura 41	Variación del AC + 15% RM.....	129
Figura 42	Variación del AC + 15% RM.....	130
Figura 43	Variación del AC + 15% RM.....	131
Figura 44	Variación del AC + 25% RM.....	132
Figura 45	Variación del AC + 25% RM.....	133
Figura 46	Variación del AC + 25% RM.....	134
Figura 47	Variación del AC + 35% RM.....	135
Figura 48	Variación del AC + 35% RM.....	136
Figura 49	Variación del AC + 35% RM.....	137
Figura 50	Variación del AC + 4% GC.....	138
Figura 51	Variación del AC + 4% GC.....	139
Figura 52	Variación del AC + 4% GC.....	140
Figura 53	Variación del AC + 8% GC.....	141
Figura 54	Variación del AC + 8% GC.....	142
Figura 55	Variación del AC + 8% GC.....	143
Figura 56	Variación del AC + 12% GC.....	144
Figura 57	Variación del AC + 12% GC.....	145
Figura 58	Variación del AC + 12% GC.....	146
Figura 59	Comparativo del ensayo de absorción del adoquín de concreto.....	147
Figura 60	Comparativo del ensayo de absorción del adoquín de concreto.....	148
Figura 61	Comparativo de la variación dimensional del adoquín de concreto	149
Figura 62	Comparativo de la variación dimensional del adoquín de concreto	150
Figura 63	Comparativo del ensayo de alabeo del adoquín de concreto	151
Figura 64	Comparativo del ensayo de alabeo del adoquín de concreto	152
Figura 65	Comparación de la resistencia del AC + % RM	153
Figura 66	Variación de la resistencia AC + % RM	154
Figura 67	Comparación de la resistencia del AC + % RM	155
Figura 68	Variación de la resistencia AC + % RM	155
Figura 69	Comparación de la resistencia del AC + % RM	156
Figura 70	Variación de la resistencia AC + % RM	157
Figura 71	Comparación de la resistencia del AC + % GC	158



Figura 72	Variación de la resistencia AC + % GC	159
Figura 73	Comparación de la resistencia del AC + % GC	160
Figura 74	Variación de la resistencia AC + % GC	160
Figura 75	Comparación de la resistencia del AC + % GC	161
Figura 76	Variación de la resistencia ACP + % GC	162



RESUMEN

La presente investigación denominada “Evaluación de las propiedades de adoquines de concreto con la incorporación de relave minero triturado y grano de caucho reciclado en el distrito de Ananea 2024”, tiene la finalidad de evaluar las propiedades de los adoquines de concreto con la incorporación de relave minero triturado y grano de caucho reciclados en el distrito de Ananea. La metodología es de diseño experimental, de método cuantitativo, de tipo aplicada y nivel explicativo; además, la muestra está conformada por adoquines de concreto, con la incorporación de relave minero triturado en 15%, 25% y 35% y grano de caucho reciclado en 4%, 8% y 12% según el agregado grueso. La absorción del adoquín de concreto estándar tuvo una absorción promedio de 4.48%. La adición de relave minero triturado mostró absorciones de 4.33% (15%), 4.19% (25%) y 4.11% (35%). Los adoquines con grano de caucho reciclado mostraron absorciones de 5.04% (4%), 5.18% (8%) y 5.39% (12%), mostrando un aumento en su absorción. En tanto la variación dimensional del adoquín normal presentó variaciones del 0.16% en altura, 0.11% en ancho y 0.07% en largo. Con relave minero triturado, la altura varió hasta 0.18% (15%) y el ancho mayor fue de 0.20% de adición (15%) y finalmente el largo mayor fue de 0.14% (25%). El grano de caucho reciclado mostró menores variaciones en altura y ancho a mayores porcentajes (0.17% y 0.10% al 0.06%). Finalmente, el alabeo del adoquín estándar fue de 0.94 mm. Con relave minero triturado, el alabeo disminuyó a 0.88 mm (15%), aumentó a 1.00 mm (25%) y se redujo a 0.75 mm (35%). Mientras que los adoquín con grano de caucho reciclado mostraron alabeos constantes de 0.94 y 1.00 mm (4% y 8%) y un aumento ligero a 1.06 mm (12%). En cuanto a la resistencia del adoquín de concreto estándar fue de 215.03 kg/cm², y los adoquines con adición de relave minero triturado mostraron una pérdida de su resistencia, alcanzando valores de 199.21 kg/cm² con 15%, 193.26 kg/cm² con 25% y 184.85 kg/cm² con 35%, dichos resultados indican que el relave minero triturado mejora sustancialmente la resistencia del concreto. Por otro lado, los adoquines con grano de caucho reciclado presentaron resistencias de; 200.43 kg/cm² con 4%, 196.99 kg/cm²



con 8% y 193.14 kg/cm² con 12%. Finalmente se concluye que ambos materiales adicionados (grano de caucho reciclado y el relave minero triturado) bajan la resistencia a compresión del concreto.

Palabras Clave: Adoquín de concreto, relave minero, grano de caucho, Resistencia a la compresión.



ABSTRACT

The present research called "Evaluation of the properties of concrete pavers with the incorporation of crushed mining tailings and recycled rubber grain in the Ananea 2024 district", has the purpose of evaluating the properties of concrete pavers with the incorporation of tailings. crushed miner and recycled rubber grain in the Ananea district. The methodology is experimental design, quantitative method, applied type and explanatory level; In addition, the sample is made up of concrete pavers, with the incorporation of crushed mining tailings in 15%, 25% and 35% and recycled rubber grain in 4%, 8% and 12% depending on the coarse aggregate. The absorption of the standard concrete paver had an average absorption of 4.48%. The addition of crushed mine tailings showed absorptions of 4.33% (15%), 4.19% (25%) and 4.11% (35%). Pavers with recycled rubber grain showed absorptions of 5.04% (4%), 5.18% (8%) and 5.39% (12%), showing an increase in their absorption. Meanwhile, the dimensional variation of the normal paving stone presented variations of 0.16% in height, 0.11% in width and 0.07% in length. With crushed mine tailings, the height varied up to 0.18% (15%) and the greatest width was 0.20% addition (15%) and finally the greatest length was 0.14% (25%). The recycled rubber grain showed lower variations in height and width at higher percentages (0.17% and 0.10% to 0.06%). Finally, the warping of the standard paver was 0.94 mm. With crushed mine tailings, warping decreased to 0.88 mm (15%), increased to 1.00 mm (25%), and reduced to 0.75 mm (35%). While the pavers with recycled rubber grain showed constant warping of 0.94 and 1.00 mm (4% and 8%) and a slight increase to 1.06 mm (12%). Regarding the resistance of the standard concrete paver, it was 215.03 kg/cm², and the pavers with the addition of crushed mining tailings showed a loss of their resistance, reaching values of 199.21 kg/cm² with 15%, 193.26 kg/cm² with 25%. % and 184.85 kg/cm² with 35%, these results indicate that the mining tailings Crushing substantially improves the strength of the concrete. On the other hand, the pavers with recycled rubber grain presented resistances of; 200.43 kg/cm² with 4%, 196.99 kg/cm² with 8% and 193.14 kg/cm² with 12%. Finally, it



is concluded that both added materials (recycled rubber grain and crushed mining tailings) lower the compressive strength of the concrete.

Keywords: Concrete paver, Mining tailings, Rubber grain, Compressive strength.



INTRODUCCIÓN

El creciente impacto ambiental generado por las actividades industriales ha motivado a diferentes sectores a buscar alternativas sostenibles que contribuyan a la reducción de residuos y a la mejora del entorno ecológico. En particular, la industria de la construcción ha sido uno de los campos que más interés ha mostrado en el desarrollo de materiales innovadores que permitan tanto la reutilización de residuos como la mejora de las propiedades de los productos finales. Entre estos residuos, los relaves mineros y el grano de caucho reciclado destacan por su abundancia y por el problema ambiental que representan, lo que los convierte en candidatos idóneos para ser incorporados en el concreto.

Los relaves mineros son subproductos generados en grandes cantidades durante la extracción y procesamiento de minerales. Estos desechos, comúnmente almacenados en presas, representan un riesgo potencial para el ambiente debido a su composición química y su volumen masivo, lo que podría desencadenar efectos adversos como la contaminación de suelos y fuentes hídricas. La búsqueda de usos alternativos para estos relaves ha llevado a investigadores a explorar su potencial como agregado en materiales de construcción, lo que podría mitigar su acumulación y contribuir al desarrollo de una minería más sostenible.

Por otro lado, el grano de caucho reciclado, proveniente principalmente de neumáticos desechados, también constituye un problema ambiental significativo debido a la difícil degradación de estos productos y su acumulación en vertederos. Sin embargo, investigaciones recientes han demostrado que el caucho puede ser utilizado de manera efectiva en la producción de hormigones y asfaltos, gracias a sus propiedades de elasticidad, absorción de impactos y resistencia al desgaste.



La incorporación de estos dos materiales en la fabricación de adoquines de concreto ofrece una alternativa prometedora en la construcción de infraestructuras urbanas. Los adoquines, utilizados comúnmente en pavimentos, senderos y plazas, requieren propiedades como la resistencia, la durabilidad y la permeabilidad, todas ellas fundamentales para su desempeño en condiciones de tráfico y exposición a factores ambientales. Al integrar relave minero triturado y grano de caucho en la mezcla de concreto, se espera no solo reducir el impacto ambiental asociado a la disposición de estos residuos, sino también mejorar las propiedades de los adoquines.

Este estudio tiene como objetivo evaluar de manera experimental las propiedades de los adoquines de concreto producidos con diferentes proporciones de relave minero y grano de caucho en el distrito de Ananea. Para ello, se analizarán parámetros clave como la resistencia, la absorción de agua, el desgaste y la permeabilidad, comparando los resultados con los de adoquines convencionales. Asimismo, se buscará determinar si la incorporación de estos materiales puede mejorar el concreto en términos de sostenibilidad y rendimiento, contribuyendo así a la construcción de infraestructuras más ecológicas y eficientes.

El capítulo I, describe los problemas del estudio, objetivos y las hipótesis.

El capítulo II, describe los antecedentes de la investigación y las bases teóricas con relación al tema de estudio.

El capítulo III, describe la metodología del estudio la población y muestra.

El capítulo IV, describe los resultados de la evaluación seguido por las conclusiones y la discusión de resultados.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Análisis de la situación problemática

La industria de la construcción enfrenta actualmente el desafío de encontrar alternativas sostenibles que permitan reducir el impacto ambiental de sus actividades. Dos problemáticas importantes a nivel global y local son el manejo de residuos industriales y el agotamiento de los recursos naturales utilizados en la producción de materiales de construcción. La disposición inadecuada de relaves mineros y de neumáticos fuera de uso genera graves problemas ambientales, afectando ecosistemas, suelos y cuerpos de agua. En este contexto, surge la necesidad de explorar soluciones que promuevan la reutilización de estos desechos en productos constructivos, como los adoquines de concreto, que son ampliamente utilizados en obras urbanas e industriales.

A nivel internacional, varias investigaciones han explorado el uso de materiales reciclados en la fabricación de concreto y otros productos de construcción. En países como Estados Unidos y Canadá, se ha comenzado a estudiar el uso de residuos industriales como adiciones en el concreto para mejorar la sostenibilidad del sector. Por ejemplo, en algunas ciudades de Europa (especialmente en países como Alemania y España), se ha investigado el uso de caucho reciclado en pavimentos, con resultados mixtos en cuanto a



la mejora de propiedades como la flexibilidad y la reducción de ruido. Sin embargo, aún persisten retos técnicos para asegurar que los adoquines con caucho reciclado puedan cumplir con los estándares de resistencia y durabilidad.

Por otro lado, en países mineros como Australia y Chile, se han realizado esfuerzos por reutilizar los relaves mineros en la fabricación de materiales de construcción. En Chile, por ejemplo, algunos estudios han mostrado que la incorporación de relaves mineros en mezclas de concreto puede mejorar ciertas propiedades, como la resistencia a la compresión. Sin embargo, existen preocupaciones sobre la lixiviación de metales pesados que pueden afectar la seguridad ambiental a largo plazo, lo que requiere de estudios más profundos.

A nivel nacional, en Perú el problema del manejo de relaves mineros es particularmente relevante debido a la importancia de la minería en la economía del país y la gran cantidad de residuos que esta actividad genera. Perú produce millones de toneladas de relaves mineros anualmente, y su manejo inadecuado ha provocado contaminación ambiental en diversas regiones, afectando la salud pública y el ecosistema. En zonas como Cerro de Pasco y La Oroya, las malas prácticas en la disposición de estos residuos han resultado en suelos contaminados y altos niveles de toxicidad en las comunidades aledañas.

En términos de reciclaje de neumáticos, Perú se enfrenta a un problema creciente debido al aumento en el uso de vehículos. Grandes cantidades de neumáticos en desuso terminan acumuladas en vertederos, sin procesos eficientes de reciclaje, lo que contribuye a la contaminación del aire y el suelo. A nivel de investigación, en universidades peruanas se han realizado estudios preliminares sobre la incorporación de caucho reciclado en mezclas de concreto, pero su aplicación práctica aún es limitada. El país necesita un enfoque más sistemático para integrar residuos industriales en la construcción, con el fin de reducir la dependencia de materiales tradicionales como el cemento y los agregados naturales.

A nivel local en el distrito de Ananea, ubicado en la región de Puno, el problema de los relaves mineros es especialmente grave debido a la actividad minera informal que genera grandes volúmenes de residuos sin un manejo adecuado. Estos relaves contaminan los suelos y cuerpos de agua locales, afectando la agricultura y la salud de los habitantes de la zona. Además, la falta de infraestructuras de gestión de residuos aumenta la acumulación de estos materiales, lo que agrava el problema.

La fabricación de adoquines de concreto utilizando relaves mineros triturados y grano de caucho reciclado en Ananea podría no solo contribuir a resolver los problemas ambientales locales, sino también mejorar la calidad de las infraestructuras urbanas, que actualmente son deficientes debido a la falta de inversión y acceso a materiales de construcción de calidad.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿De qué manera varía las propiedades de adoquines de concreto con la incorporación de relave minero triturado y grano de caucho reciclado en el distrito de Ananea 2024?

1.2.2. Problemas específicos

- a. ¿Cuál es el efecto de la adición de relave minero triturado y grano de caucho reciclado en las propiedades físicas de adoquines de concreto en el distrito de Ananea?
- b. ¿Cuál es el efecto del empleo de relave minero triturado en proporciones variables sobre las propiedades mecánicas de adoquines de concreto en el distrito de Ananea?

- c. ¿Cuál es el impacto de la incorporación de grano de caucho reciclado en proporciones variables sobre las propiedades mecánicas de adoquines de concreto en el distrito de Ananea?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Evaluar las propiedades de adoquines de concreto con la incorporación de relave minero triturado y grano de caucho reciclado en el distrito de Ananea 2024.

1.3.2. Objetivos específicos

- a. Determinar la influencia de la adición de relave minero triturado y grano de caucho reciclado en las propiedades físicas de adoquines de concreto en el distrito de Ananea.
- b. Determinar el efecto del empleo de relave minero triturado en proporciones variables sobre las propiedades mecánicas de adoquines de concreto en el distrito de Ananea.
- c. Determinar el impacto de la incorporación de grano de caucho reciclado en proporciones variables sobre las propiedades mecánicas de adoquines de concreto en el distrito de Ananea.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Justificación técnica

La incorporación de materiales reciclados en la fabricación de adoquines de concreto representa un desafío técnico que puede ofrecer beneficios significativos. Técnicamente, este estudio busca evaluar si el uso de relave minero triturado y grano de caucho afecta las propiedades mecánicas y físicas de los adoquines. Si se demuestra que estos materiales no comprometen la resistencia y durabilidad del concreto, podría abrirse

una nueva vía para el desarrollo de productos de construcción más sostenibles sin afectar su desempeño técnico.

1.4.2. Justificación económica

Desde un punto de vista económico, el uso de desechos industriales como el relave minero y el caucho reciclado puede reducir los costos de los adoquines de concreto. Los materiales reciclados suelen ser más económicos que los agregados naturales, lo que disminuye el costo total del producto. Además, la reducción en la cantidad de material natural utilizado podría llevar a una disminución en los costos de extracción y procesamiento de estos materiales, beneficiando a las empresas constructoras y reduciendo el precio final de los adoquines.

1.4.3. Justificación social

Socialmente, este proyecto tiene el potencial de contribuir a la mejora de las condiciones de vida en las comunidades afectadas por la contaminación de relaves mineros. La gestión inadecuada de estos residuos tiene consecuencias negativas en la salud pública, especialmente en áreas cercanas a actividades mineras. Al ofrecer una solución para el manejo de estos residuos y su aprovechamiento en productos de construcción, se puede generar un impacto positivo en la calidad de vida de las poblaciones cercanas.

1.4.4. Justificación ambiental

El impacto ambiental de la industria minera y la acumulación de neumáticos fuera de uso son problemas significativos que requieren soluciones urgentes. El relave minero, al no ser gestionado adecuadamente, contamina suelos y aguas, mientras que los neumáticos tardan siglos en degradarse, ocupando espacio en los vertederos y liberando sustancias tóxicas al medio ambiente. Este estudio propone una alternativa para reutilizar estos materiales, disminuyendo su impacto ambiental.

1.5. Hipótesis de la investigación

1.5.1. *Hipótesis general*

Las propiedades de adoquines de concreto mejorarán con la incorporación de relave minero triturado y grano de caucho reciclado en el distrito de Ananea 2024.

1.5.2. *Hipótesis específicas*

- a. La influencia de la adición de relave minero triturado y grano de caucho reciclado optimizarán las propiedades físicas de adoquines de concreto en el distrito de Ananea.
- b. El efecto del empleo de relave minero triturado en proporciones variables mantendrá las propiedades mecánicas de adoquines de concreto en el distrito de Ananea.
- c. El impacto de la incorporación de grano de caucho reciclado en proporciones variables mejorará las propiedades mecánicas de adoquines de concreto en el distrito de Ananea.

1.6. Variables e indicadores

1.6.1. *Variable independiente*

Relave minero triturado y Grano de caucho reciclado

Dimensiones

- Proporción de RM en 15%, 25% y 35%
- Proporción de GC en 4%, 8% y 12%

1.6.2. *Variable dependiente*

Propiedades de los adoquines de concreto

Dimensiones

- Propiedades físicas y mecánicas.

1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
Relave minero triturado y Grano de caucho reciclado	El relave minero triturado es el material residual que queda después del proceso de extracción de minerales valiosos, como el oro o el cobre, en una mina. Este residuo, que originalmente se presenta como un lodo o mezcla de sólidos y agua, se somete a un proceso de trituración para reducir el tamaño de sus partículas, haciéndolo más homogéneo y estable.	Proporciones	RM+15% GC+4%	Ficha de recolección de datos
	El caucho granulado reciclado es un material obtenido del reciclaje de neumáticos que una vez fuera de uso, son triturados en pequeñas partículas o gránulos.		RM+25% GC+8%	
			RM+35% GC+12%	
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
Propiedades de los adoquines de concreto	Los adoquines de concreto son adoquines prefabricados utilizados en pavimentos que se caracterizan por su alta resistencia a la compresión, durabilidad, y capacidad para soportar cargas pesadas sin deformarse, lo que los hace ideales para su uso en zonas de tráfico vehicular y peatonal. Además, poseen propiedades de permeabilidad que permiten el drenaje de agua, lo que ayuda a reducir el riesgo de encharcamiento.	Diseño de mezclas	Diseño de mezcla	Guías y equipos de laboratorio
		Propiedades físicas	Alabeo Absorción Variación dimensional	
		Propiedades mecánicas	Esfuerzo a la rotura (kg/cm ²)	

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. *Antecedentes internacionales*

Según, Pinillo et al. (2024) en su proyecto "Evaluación de propiedades físicas del relave de mina modificado con cemento para terraplenes. Caso de estudio: Vereda La cruzada, Antioquia", Los relaves mineros son los subproductos generados en el proceso de extracción de oro. La insuficiente disposición final de los residuos en los embalses destinados a la construcción de viviendas genera efectos ambientales adversos debido a la infiltración de lixiviados, creando zonas con mayor riesgo o peligrosidad debido a la naturaleza del material. En este estudio se empleó material de estéril proveniente de minas del municipio de Segovia, más especialmente de la comunidad norteña antioqueña de La Cruzada. Esta sustancia está compuesta por rocas ígneas trituradas de grano medio, principalmente dioritas, dioritas cuarzosas, calizas y mármoles, y su tamaño oscila entre 1 y 5 mm. Estos materiales triturados tienen contenidos de humedad variables y su consistencia se asemeja a la de la arena y el limo. En este estudio se evaluaron las propiedades mecánicas del material de escombrera tratado con cemento hidráulico en concentraciones del 1%, 3%, 5% y 7% para su uso en la construcción de terraplenes.

Según los datos, la densidad aumentó un 6%, de 1935,42 kg/m³ a 2050,30 kg/m³, cuando se añadió un porcentaje de cemento del 3,0% al material de relaves. Los resultados demuestran que el cemento puede sustituirse con éxito por material de escombreras.

Además, Enríquez et al. (2022) en su proyecto "Estudio de caso para el aprovechamiento de relaves mineros procedentes de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe-Ecuador, como agregado para la elaboración de adoquines", El sector minero produce grandes cantidades de relaves, los cuales necesitan ser bien gestionados para su eventual disposición o reutilización dependiendo de sus características. Entre otras cosas, una mala gestión puede provocar un drenaje ácido, que puede iniciar una cadena de procesos interrelacionados que afectan principalmente al suelo y al agua, cambiando sus características fisicoquímicas, elevando las concentraciones de metales y metaloides en estos ambientes y acelerando los procesos de bioacumulación. El propósito de este estudio es determinar si se pueden utilizar relaves en lugar de agregados (arena) en el proceso de fabricación de adoquines. El examen comenzó con la caracterización física, química y mineralógica de los relaves. A continuación se examinó el proceso de producción de los adoquines. Después de determinar el porcentaje de arena que fue reemplazada por relaves, los adoquines resultantes se sometieron a pruebas de compresión, resistencia a la tracción, absorción y lixiviación. Según los resultados, dependiendo de sus características físicas y químicas, los relaves de la mina Nory Gold en las instalaciones de Campanillas podrían utilizarse para producir adoquines en lugar de 20%, 30% y 40% de arena. atributos. La calidad de los adoquines como material de construcción es confirmada por análisis de laboratorio, los cuales demuestran que cumplen con los requisitos de la Norma ASTM C936 (resistencia a la fractura por compresión, 55 MPa), NTE INEN 3040, BSI BS 6717-1 (resistencia a la fractura por compresión, 49 MPa), y BS EN 1338: 2003 (resistencia a la tracción indirecta, 3,6 MPa). Los adoquines son aptos para el tránsito de vehículos pesados hasta 60 km/h, según el Instituto del Cemento y el Concreto de Chile.

Asimismo, Jácome et al. (2022) en su proyecto “Desarrollo de adoquines a partir de los relaves de mina”, La actual expansión minera ha generado importantes pasivos ambientales, en particular relaves mineros, que se mantienen en presas de relaves. La mayoría de estas presas quedan abandonadas después de su utilización, sin supervisión química ni física, lo que genera contaminación ambiental. La producción de adoquines a partir de relaves mineros comienza con los análisis físicos, mineralógicos y químicos de las arenas de relaves para determinar su idoneidad como material agregado. Luego del análisis de los relaves, se crearon prototipos de adoquines utilizando diversas dosis, sustituyendo el polvo de piedra por los relaves para determinar las propiedades óptimas de resistencia física de acuerdo con las normas INEN 3040 e INEN 1488 1986. Se estableció la dosis agregada adecuada. Los relaves sustituyen el 70% del polvo de piedra en la producción de adoquines. Se ha encontrado que el mortero formulado a partir de arena de relaves, cemento y agregados produce ahorros de costos en el manejo de residuos en comparación con la construcción de nuevas presas de relaves. Se logró una resistencia a la tracción de 3 MPa, atribuida a la elevada concentración de cuarzo (alrededor del 80%), característica de la paragénesis mineral del depósito.

Finalmente, Jaimes y Torres (2019) en su proyecto “Aprovechamiento del grano de caucho reciclado para la elaboración de adoquines ecológicos como alternativa a la industria constructiva”, La idea que subyace a este estudio es que los áridos reciclados, y más concretamente los gránulos de caucho reciclado, pueden emplearse en morteros que se utilizan para fabricar adoquines y otros componentes de construcción en sustitución de los áridos finos (arena). El contenido recopila los resultados de las investigaciones sobre las propiedades físico-químicas de varias dosificaciones en las que se utilizaron gránulos de caucho reciclado en diferentes proporciones para sustituir parte del árido. Los ensayos de absorción, flexotracción y compresión se utilizan para evaluar las propiedades mecánicas de las dosificaciones investigadas en relación con las reproducciones convencionales. Los resultados presentados sugieren que puede utilizarse una opción de

reciclado, ya que el grano de caucho puede utilizarse como un buen sustituto del árido fino. Cuando se utilizó 5%, 7% y 9% de grano de caucho en lugar de arena para crear adoquines ecológicos, los adoquines resultantes mostraron una resistencia a la flexión y una absorción que superaron la norma técnica colombiana.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Según, Campos (2023) en su proyecto "Análisis del comportamiento mecánico en adoquines de concreto sustituyendo caucho reciclado y ceniza de carbón, Chiclayo 2023", Examinar el comportamiento mecánico de adoquines de concreto tipo I utilizando ceniza de carbón como cemento y caucho reciclado como agregado fino parcialmente sustituido es el objetivo de este estudio. Para ello se utilizaron cenizas de carbón procedentes de la panadería «Mi Roció» de la zona de Ferreñafe, caucho reciclado procedente de la empresa de recauchutado norte de José Leonardo Ortiz y árido procedente de la reserva de Tres Tomás. Se produjeron 120 adoquines utilizando porcentajes de caucho reciclado de 0%, 2%, 4%, 6% y 8% en conjunto con porcentajes de ceniza de 0%, 3%, 6%, 9% y 12%. Para evaluar el atributo mecánico de la resistencia a la compresión, se realizaron experimentos de laboratorio. Con un porcentaje óptimo de cenizas del 9% y un porcentaje de caucho reciclado del 0%, la calidad mecánica se vio muy reducida por el uso de caucho reciclado.

Además, Romero y Salinas (2020) en su proyecto "Estudio experimental del concreto para adoquines Tipo II, adicionando relaves mineros", Actualmente, la economía del Perú está influenciada significativamente por la industria minera, que fomenta el desarrollo y el empleo de la población. Arequipa se destaca como la segunda economía más grande del país, y las exportaciones de cobre y oro contribuyen significativamente a su actividad económica. Sin embargo, un problema importante en el sector ambiental son los subproductos restantes producidos por las operaciones mineras, generalmente conocidos como relaves; Estos son contaminantes, y el volumen sustancial de este material de desecho plantea desafíos tanto económicos como de gestión para las



empresas mineras. En consecuencia, las repercusiones ambientales de la minería son cuestionadas en varios niveles y dominios sociales. Esta investigación analiza el uso de "Relaves Mineros" como reemplazo del agregado fino en proporciones variables, basado en la formulación proporcionada por CONCRETOS MOLDEADOS SAC., para la producción de adoquines Tipo II, utilizando el método de vibro compactación empleado en la fabricación de adoquines convencionales. Los áridos procedían de la cantera de La Poderosa y de la cantera de la vertiente del río Mollebaya, mientras que los estériles mineros procedían de la responsabilidad medioambiental de Santa Cecilia, en la región de Yarabamba. A continuación, cada uno de estos materiales fue evaluado mediante técnicas de laboratorio para conocer sus características físicas. Además de una dosificación básica sin relave minero, se desarrollaron dosificaciones para el diseño de mezcla de una pavimentadora tipo II, reemplazando el relave minero por agregado fino en porcentajes de 5%, 10%, 25% y 50% con el objetivo de alcanzar una resistencia a la compresión de diseño ($f'c$) de 380 kg/cm². A los 7, 14 y 28 días después del curado, se midió la resistencia a la compresión ($f'c$) de 15 adoquines para cada tratamiento. Además, se examinaron la densidad, la variación dimensional y la absorción de 15 adoquines por tratamiento. Tras el análisis de los resultados de los ensayos de laboratorio, se determinó que la adición de residuos mineros en una proporción inferior al 10% producía una resistencia a la compresión superior a la exigida por la norma NTP.399.611. La viabilidad de la incorporación de estériles en adoquines de hormigón se determinó mediante un análisis de costes unitarios realizado para una dosificación de adición de estériles del 10%.

Asimismo, Aguilar y Moya (2022) en su proyecto "Adición de caucho reciclado en las propiedades físico-mecánicas en adoquines ecológicos para pavimento de tránsito liviano en Trujillo, 2022", Con el objetivo de determinar el efecto del uso de caucho reciclado sobre las características físico-mecánicas de adoquines ecológicos destinados a superficies de tránsito ligero, el presente estudio se realizó en la Universidad César Vallejo de Trujillo. La tesis empleó un diseño experimental cuasiexperimental con muestreo no

probabilístico juzgado por expertos. Con un tamaño de muestra de 72 adoquines, la población estuvo compuesta por todos los adoquines ecológicos. Se utilizó una hoja de observación como herramienta para el proceso de recolección de datos observacionales. Los datos se analizaron mediante inferencia estadística y estadística descriptiva. Las carreteras de Trujillo se encuentran en mal estado, lo que dificulta el paso de los automóviles. Además, la gran cantidad de neumáticos contribuye a la contaminación ambiental, lo que repercute en la salud pública. Se observaron tolerancias dimensionales de -0,11 mm de largo, 0,15 mm de ancho y 0,07 mm de espesor, junto con una tasa de absorción del 2,56% y características mecánicas que incluían una resistencia a la compresión de 458,07 Kg/cm² y una resistencia a la flexión de 45,21 Kg/cm². cuando se añadió 5%, 10% y 15% de caucho reciclado. Cuando se evaluó el efecto del aditivo ecológico sobre las propiedades físico-mecánicas, se encontró que la proporción más beneficiosa era el 5% de caucho reciclado.

Finamente, Poma (2023) en su proyecto "Fabricación de adoquines comprimidos para veredas y pavimentos a partir de cemento Tipo I y material de desechos extraídos de la mina sierra central - La Oroya", En esta investigación se evalúan adoquines comprimidos elaborados con cemento tipo I y basura del centro minero Sierra Central en La Oroya, provincia de Yauli. Los adoquines tenían alturas de 6 cm para uso peatonal y 10 cm para uso vehicular, y se fabricaron utilizando relaciones agua-cemento de 0,55, 0,5 y 0,45. Para lograr este objetivo se utilizó cemento Portland tipo I y suelo tipo A-1-b para crear los adoquines. Para comprimir los adoquines se utilizó un compactador de presión de 7 toneladas. Los adoquines fueron ensayados y categorizados cumpliendo con la norma peruana NTP 399.611, la norma colombiana NTC 2017 y la norma NTG 41086, todas ellas relativas a adoquines de concreto para pavimentos. La investigación arrojó los siguientes resultados: La máxima resistencia a la compresión se encontró en adoquines de 6 y 10 cm de altura y una relación agua-cemento de 0,45. La resistencia a la compresión máxima del adoquín de 6 cm fue de 31,40 MPa, pero la del adoquín de 10 cm fue de 33,16 MPa. Los



adoquines con una relación agua-cemento de 0,45 (6 cm y 10 cm de alto) tuvieron la mayor resistencia a la flexión medida. La resistencia máxima a la flexión del adoquín de 6 cm fue de 4,10 MPa. La resistencia máxima a la flexión del adoquín de 10 cm fue de 4,85 MPa. Los adoquines de 6 cm y 10 cm de altura con una relación agua-cemento de 0,45 tuvieron la absorción más baja medida. La absorción mínima fue de 7,479% para el adoquín de 10 cm y de 8,281% para el adoquín de 6 cm. Todos los adoquines tienen variaciones de dimensiones que están dentro de los límites permitidos de tolerancia dimensional (proporciones a/c de 0,55, 0,50 y 0,45).

Chinguel y Flores (2019) en su proyecto "Adoquín con adición de caucho granulado reciclado para lograr un adecuado comportamiento al esfuerzo de compresión; Moyobamba, 2019", El objetivo de esta tesis es determinar las propiedades adecuadas de tensión de compresión de los adoquines, incluido el caucho granulado reciclado. Utilizando caucho granulado reciclado como variable independiente y el comportamiento de tensión de compresión de la pavimentadora como variable dependiente, se utilizó un diseño de estudio experimental. Se inició la fabricación de 36 adoquines (la población de muestra). Entre los métodos empleados se encuentran la observación, el análisis de materiales, el diseño de mezclas, las pruebas de compresión y los formatos estándar. Para la creación de mezclas y evaluaciones de materiales, las pruebas de laboratorio se apegaron al orden y métodos especificados en las normas técnicas ACI, ASTM y AASHTO 97. A los 7, 14 y 28 días, se realizaron pruebas de resistencia a la compresión utilizando cantidades variables de caucho granulado en lugar de un porcentaje de agregado fino. Dependiendo de cuánto tiempo se dejó curar, los hallazgos cambiaron. Después de 28 días, la pavimentadora con 15% de caucho granulado tuvo una mayor resistencia a la compresión, alcanzando un máximo de 357,38 kg/cm². Luego de 28 días de curado, se determina que la cantidad ideal de caucho granulado reciclado para aumentar la resistencia a la compresión es del 15%.

2.1.3. Antecedentes locales

Según, Jove y Mamani (2022) en su proyecto “Adición de relave triturado no toxico en la mezcla para la producción de adoquines de concreto, Ollachea, Puno ,2022”, Esta investigación tuvo como objetivo utilizar relaves provenientes de la extracción de minerales cerca de Ollachea, región Puno, para abordar problemas ambientales incorporando estos relaves como materia prima en la elaboración de adoquines de concreto. Este estudio emplea una técnica científica y experimental a nivel comparativo y descriptivo, realizando experimentos de laboratorio para conocer las características del concreto con la incorporación de relaves mineros y evaluar la factibilidad de su uso. La dosificación de la combinación se realizó para producir un adoquín de concreto utilizando relaves en varias cantidades (10%, 30%, 50% y 75%); De igual forma, las dosificaciones se realizaron sin la inclusión de relaves, utilizándolo como estándar primario. Se analizaron un total de 45 adoquines y se realizaron pruebas de resistencia a los 7, 14 y 28 días. Luego de 28 días se logró un diseño promedio favorable con una resistencia de $f'c=380.28 \text{ kg/cm}^2$ con una adición del 10% de relaves, cumpliendo con los requisitos establecidos por la norma NTP.399.611, que especifica $f'c=380. \text{ kg/cm}^2$ para adoquines tipo II. Posteriormente se produjeron quince adoquines de hormigón, con y sin incorporación óptima de relaves, seguidos de pruebas de absorción de agua, VD y densidad. Luego se realizó un análisis comparativo de los precios unitarios de los adoquines estándar y aquellos con relaves.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Adoquín de concreto

Son elementos de pavimentación prefabricados que se caracterizan por su elevada resistencia y durabilidad en aplicaciones urbanas y rurales. Están compuestos por una mezcla de cemento, agua, agregados finos y gruesos, y, en ocasiones, aditivos que mejoran sus características, como la resistencia a la abrasión o la impermeabilidad. Esta combinación de materiales se vierte en moldes de formas y dimensiones específicas,

donde son sometidos a un proceso de compactación y vibrado para asegurar una densidad uniforme y un acabado superficial liso o texturizado. (Martínez, 2023).

Una de las principales ventajas de los adoquines de concreto es su capacidad de soportar cargas pesadas y el tránsito constante, lo que los hace ideales para calles, avenidas, estacionamientos, parques, plazas y vías peatonales. Además, gracias a su estructura modular y al sistema de instalación que permite el encaje perfecto entre las piezas, los adoquines distribuyen las cargas de manera uniforme, reduciendo el desgaste y la necesidad de mantenimiento a lo largo del tiempo.

Otra característica destacable es su capacidad de adaptarse a diferentes condiciones climáticas y geográficas, ya que el concreto es resistente a variaciones extremas de temperatura, humedad, y agentes químicos o biológicos presentes en el ambiente. Asimismo, los adoquines permiten un excelente drenaje del agua de lluvia, ya que las juntas entre las piezas actúan como canales que facilitan la infiltración del agua hacia el subsuelo, reduciendo la formación de charcos y el riesgo de inundaciones. Esta característica los hace una opción sostenible para la construcción de pavimentos permeables, contribuyendo a la gestión adecuada del ciclo del agua en áreas urbanas.

Además, los adoquines de concreto son fáciles de instalar y desinstalar, lo que permite la reutilización de las piezas en otros proyectos, o su reemplazo en caso de daño sin la necesidad de intervenir grandes superficies. Esta cualidad resulta en un proceso de mantenimiento más económico y eficiente en comparación con otros sistemas de pavimentación. En conjunto, estas propiedades hacen de los adoquines de concreto una solución de pavimentación funcional, estética y sostenible, adaptada a las demandas de la construcción moderna y al desarrollo de infraestructuras urbanas duraderas y respetuosas con el medio ambiente.

2.2.1.1. Características del adoquín de concreto

- a. **Resistencia:** Los adoquines de concreto se destacan por su alta resistencia a la compresión, lo que les permite soportar cargas de tráfico pesado y el impacto

constante del tránsito peatonal y vehicular sin sufrir deformaciones. Esta característica es el resultado del proceso de fabricación que incluye la compactación y vibrado del concreto, lo cual asegura una densidad uniforme y una estructura sólida. Debido a esta resistencia, los adoquines son ideales para superficies sometidas a cargas elevadas, como estacionamientos, calles urbanas, puertos y zonas industriales, garantizando una larga vida útil sin necesidad de reparaciones frecuentes. (Ortiz, 2023).

- b. Capacidad de drenaje:** Una de las ventajas más notables de los adoquines de concreto es su capacidad para facilitar el drenaje del agua. Al instalarse, los adoquines dejan juntas o espacios entre sí que permiten la infiltración del agua de lluvia hacia el suelo, reduciendo la posibilidad de encharcamientos y mejorando la gestión del agua. Esta propiedad es especialmente beneficiosa en áreas propensas a inundaciones o con sistemas de drenaje insuficientes, ya que contribuye a la recarga de acuíferos y la reducción del impacto de las lluvias intensas.
- c. Versatilidad y flexibilidad de diseño:** Los adoquines de concreto se presentan en una amplia variedad de formas (rectangulares, hexagonales, en forma de 'I', entre otras), tamaños, colores y texturas, lo que permite a arquitectos y diseñadores crear patrones y estilos adaptados a las necesidades estéticas y funcionales de cada proyecto. Esta versatilidad los convierte en una opción adecuada para pavimentar plazas, senderos, calzadas, parques y jardines, brindando una apariencia estética y atractiva que puede integrarse con el entorno urbano o natural.
- d. Facilidad de instalación y mantenimiento:** La instalación de los adoquines de concreto es relativamente sencilla, ya que no requiere el uso de mortero, sino que se colocan sobre una base de arena compactada. Este sistema permite un ensamblaje rápido y eficiente, además de que facilita el reemplazo de piezas individuales en caso de daño o deterioro, sin necesidad de intervenir la totalidad de la superficie pavimentada. Esta característica reduce considerablemente los costos de mantenimiento y prolonga la vida útil de la estructura.

- e. Resistencia a las condiciones climáticas:** Los adoquines de concreto son altamente resistentes a los cambios extremos de temperatura, la acción de los rayos ultravioleta, la humedad y el hielo, evitando su deterioro con el paso del tiempo. Esta resistencia los hace ideales para climas fríos, ya que soportan ciclos de congelación y descongelación sin agrietarse ni perder su integridad estructural, lo que garantiza su funcionalidad y apariencia a largo plazo.
- f. Sostenibilidad y reutilización:** La capacidad de los adoquines de concreto para ser retirados y reutilizados en otras obras los convierte en una opción sostenible desde el punto de vista ambiental. En caso de realizar obras subterráneas o mantenimiento de servicios, los adoquines pueden levantarse y reinstalarse sin generar desperdicio de material, contribuyendo a una construcción más responsable y sostenible. Además, al ser un pavimento permeable, ayuda a la recarga de acuíferos y al manejo eficiente del agua pluvial, contribuyendo al desarrollo de ciudades más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.
- g. Alta resistencia al desgaste y abrasión:** Los adoquines de concreto están diseñados para soportar el desgaste producido por el tránsito constante y la exposición a agentes abrasivos, como arena y partículas de polvo. Esta resistencia al desgaste asegura que mantengan su forma, color y textura original durante muchos años, lo que los convierte en una inversión a largo plazo para proyectos de pavimentación.
- h. Seguridad:** Los adoquines de concreto poseen una superficie antideslizante, incluso cuando están mojados, lo que los convierte en una opción segura para zonas de alto tránsito peatonal y vehicular, como aceras, parques y pasos de cebra. Esta característica minimiza el riesgo de accidentes por resbalones, especialmente en condiciones de lluvia o humedad.
- i. Estabilidad dimensional:** La fabricación de los adoquines de concreto se realiza bajo estrictos controles de calidad que garantizan la uniformidad en tamaño, forma y acabado. Esta estabilidad dimensional facilita su instalación y asegura un

acabado final homogéneo y de alta calidad. La precisión en la fabricación también permite que los adoquines encajen de manera perfecta, aumentando la resistencia y estabilidad del pavimento terminado.

En conjunto, estas características hacen de los adoquines de concreto una opción preferida para proyectos de pavimentación que requieren durabilidad, estética y sostenibilidad, adaptándose a las necesidades de infraestructuras modernas y tradicionales.

2.2.1.2. Tipos de adoquines de concreto

Los tipos de adoquines de concreto se clasifican principalmente según su forma, diseño, y función. (Pérez et al., 2022).

1. Adoquines rectangulares.

Son los más tradicionales y utilizados, caracterizados por su forma rectangular. Su instalación es sencilla, ya que permiten la creación de patrones como el de espiga, el de filas continuas o el de mosaico. Son ideales para pavimentar calles, aceras, estacionamientos y plazas debido a su versatilidad y resistencia.

2. Adoquines interadoquínantes.

Diseñados para encajar entre sí como piezas de un rompecabezas, los adoquines interadoquínantes proporcionan una mayor estabilidad y resistencia a las cargas y al tráfico pesado. Esto los convierte en una excelente opción para áreas de alto tránsito vehicular, como puertos, zonas industriales y vías de acceso.

3. Adoquines hexagonales.

Tienen forma de hexágono y se utilizan para crear patrones decorativos en superficies como parques, plazas, jardines y áreas residenciales. Ofrecen una apariencia estética atractiva y se adaptan a diferentes estilos de diseño, además de proporcionar una superficie antideslizante.

4. Adoquines tipo 'I' o doble 'T'.

Estos adoquines tienen una forma que se asemeja a la letra 'I' o 'T', lo que les proporciona un sistema de encaje altamente resistente al desplazamiento y la deformación. Son ideales para áreas con alto tráfico, ya que su estructura garantiza una excelente capacidad de soporte de cargas, distribuyendo la presión de manera uniforme.

5. Adoquines cuadrados.

Como su nombre indica, tienen forma cuadrada y ofrecen una apariencia simple y elegante. Son muy utilizados en áreas peatonales, jardines y patios, ya que permiten la creación de patrones geométricos y combinaciones de colores.

6. Adoquines tipo trébol.

Estos adoquines presentan una forma que imita la hoja de un trébol, lo que les permite un encaje perfecto entre sí y una alta estabilidad. Se emplean en espacios que requieren una mayor resistencia y durabilidad, como vías de acceso y áreas de carga y descarga.

7. Adoquines permeables.

Diseñados específicamente para permitir la infiltración del agua de lluvia a través de sus juntas o estructuras, los adoquines permeables contribuyen a la gestión sostenible del agua y a la recarga de acuíferos. Son ideales para áreas donde se busca evitar la acumulación de agua, como estacionamientos, calles, y zonas peatonales.

8. Adoquines Con Textura O Relieve: Estos adoquines poseen superficies texturizadas o con relieve que les brindan un acabado decorativo y antideslizante. Se utilizan en proyectos que buscan combinar funcionalidad con estética, como plazas, jardines y áreas recreativas.

9. Adoquines de gran formato.

Son piezas más grandes que los adoquines convencionales y se emplean en proyectos que requieren una instalación más rápida y uniforme. Se utilizan

comúnmente en grandes explanadas, áreas de estacionamiento y espacios públicos, proporcionando un aspecto moderno y contemporáneo.

Figura 1

Tipos de adoquines de concreto



Nota. Tipos de adoquines de concreto, tomado de Comape.

Estos tipos de adoquines de concreto se adaptan a diferentes necesidades de construcción y diseño, ofreciendo soluciones duraderas, versátiles y estéticamente atractivas para diversos proyectos de pavimentación.

2.2.1.3. Aplicación de los adoquines de concreto en los pavimentos

La aplicación de los adoquines de concreto en pavimentos es una solución ampliamente utilizada debido a su versatilidad, durabilidad y capacidad para soportar diferentes tipos de carga vehicular y peatonal (Pérez et al., 2022). A continuación, se detallan las principales aplicaciones de los adoquines en pavimentos:

- **Calles y vías urbanas:** Los adoquines se emplean para pavimentar calles, avenidas y vías urbanas, especialmente en zonas residenciales, comerciales o centros históricos. Su capacidad de soportar el tráfico vehicular moderado y su

resistencia a la abrasión los convierte en una opción ideal para estos espacios. Además, su diseño modular facilita el mantenimiento y permite el reemplazo de piezas individuales en caso de daño.

- **Estacionamientos y áreas de carga:** En estacionamientos y zonas destinadas al tránsito de vehículos, los adoquines de concreto ofrecen una excelente resistencia a las cargas pesadas y al desgaste provocado por el movimiento constante de automóviles y camiones. Los adoquines interadoquínantes son especialmente adecuados para estas áreas, ya que distribuyen las cargas de manera uniforme y proporcionan una superficie estable y segura.
- **Vías peatonales y plazas:** Los adoquines de concreto son ideales para aceras, senderos, parques, plazas y áreas peatonales, ya que su superficie antideslizante proporciona seguridad a los transeúntes, incluso en condiciones húmedas. Además, su amplia variedad de formas, tamaños y colores permite crear patrones decorativos y diseños que mejoran la estética del entorno urbano.
- **Pavimentos permeables para gestión de aguas pluviales:** Los adoquines permeables se utilizan en áreas que requieren un manejo eficiente del agua de lluvia, como estacionamientos, calles y zonas verdes. Gracias a las juntas entre los adoquines, el agua se infiltra en el suelo, reduciendo el riesgo de inundaciones y contribuyendo a la recarga de acuíferos. Esta aplicación es especialmente relevante en ciudades que buscan soluciones sostenibles para el drenaje urbano.
- **Vías industriales y áreas de alto tráfico:** En zonas industriales o en carreteras que soportan tránsito de vehículos pesados, como camiones y maquinaria, los adoquines de concreto ofrecen una excelente resistencia al impacto y a la compresión. Su capacidad de interadoquínno permite que el pavimento se mantenga estable y soporta las vibraciones y cargas generadas por el tráfico intenso, sin sufrir desplazamientos ni fisuras.

- **Rotondas y bordes de vías:** Los adoquines de concreto también se utilizan en la construcción de rotondas, bordillos y delimitaciones de carreteras. Gracias a su forma modular, es posible adaptarlos a diferentes curvas y diseños, proporcionando un acabado estético y funcional que mejora la visibilidad y seguridad en la circulación vial.
- **Accesos a viviendas y zonas residenciales:** En áreas residenciales, los adoquines de concreto son una opción popular para la pavimentación de accesos a viviendas, garajes, patios y jardines. Su facilidad de instalación y mantenimiento, junto con la variedad de diseños disponibles, permite crear espacios atractivos y resistentes que complementan el entorno residencial.
- **Zonas de recreación y espacios públicos:** En parques, plazas, jardines y áreas recreativas, los adoquines de concreto se emplean para crear superficies seguras, antideslizantes y estéticamente agradables que se adaptan al uso peatonal y al tránsito ocasional de bicicletas o vehículos ligeros.

2.2.1.4. Ventajas y desventajas de los adoquines de concreto

A continuación, se presentan las principales ventajas y desventajas de los adoquines:

Ventajas:

- ✓ **Alta resistencia y durabilidad:** Los adoquines de concreto son extremadamente resistentes a la compresión y al desgaste, lo que les permite soportar cargas vehiculares y peatonales pesadas sin sufrir deformaciones. Esto los hace ideales para áreas con alto tráfico, como calles, estacionamientos y zonas industriales.
- ✓ **Facilidad de mantenimiento y reemplazo:** Los adoquines son modulares, lo que significa que, en caso de daño, se pueden reemplazar individualmente sin necesidad de intervenir toda la superficie pavimentada. Esto reduce los costos y la

complejidad del mantenimiento en comparación con otros sistemas de pavimentación continua. (Ortiz, 2023).

- ✓ **Adaptabilidad y versatilidad:** Están disponibles en una amplia variedad de formas, tamaños, colores y texturas, permitiendo la creación de diseños personalizados que se adaptan a diferentes entornos, ya sean residenciales, comerciales o industriales.
- ✓ **Capacidad de drenaje:** Las juntas entre los adoquines permiten la infiltración del agua de lluvia, lo que ayuda a evitar problemas de encharcamiento y reduce la posibilidad de inundaciones. Los adoquines permeables son especialmente efectivos para la gestión sostenible del agua.
- ✓ **Superficie antideslizante:** Los adoquines de concreto proporcionan una superficie antideslizante, lo que los hace seguros para su uso en áreas peatonales y vehiculares, incluso en condiciones de lluvia o humedad.
- ✓ **Resistencia a condiciones climáticas extremas:** Los adoquines de concreto resisten bien las variaciones de temperatura, la exposición a los rayos UV, la humedad y los ciclos de congelación, lo que garantiza su durabilidad en diferentes climas.
- ✓ **Sostenibilidad:** Pueden ser retirados y reutilizados en otros proyectos, minimizando el desperdicio de material. Además, los adoquines permeables contribuyen a la recarga de acuíferos y a la gestión eficiente del agua de lluvia, lo que es beneficioso para el medio ambiente.

Desventajas:

- ✓ **Coste inicial elevado:** La instalación de adoquines de concreto puede resultar más costosa en comparación con otros métodos de pavimentación, como el asfalto o el concreto vertido. El proceso de colocación es laborioso y requiere mano de obra calificada para asegurar un acabado correcto.

- ✓ **Tiempo de instalación:** La instalación de los adoquines de concreto es más lenta que la de otros materiales de pavimentación debido a la colocación manual y al ajuste individual de cada pieza, lo que puede retrasar la ejecución del proyecto, especialmente en áreas grandes.
- ✓ **Desplazamiento o hundimiento:** Si la base sobre la que se instalan los adoquines no está correctamente preparada o compactada, pueden ocurrir desplazamientos, hundimientos o irregularidades en la superficie con el tiempo, lo que afectaría la uniformidad del pavimento.
- ✓ **Crecimiento de maleza:** Las juntas entre los adoquines pueden permitir la aparición de maleza, pasto o musgo, especialmente si no se realiza un mantenimiento regular. Esto puede requerir un trabajo adicional de limpieza para mantener el pavimento en buen estado.
- ✓ **Menor resistencia a la flexión:** En comparación con otros materiales de pavimentación como el concreto vertido o el asfalto, los adoquines de concreto tienen una menor resistencia a la flexión, lo que puede hacerlos más susceptibles a sufrir daños si no están correctamente instalados o si se someten a cargas muy pesadas sin la base adecuada.
- ✓ **Pérdida de color con el tiempo:** Los adoquines de concreto, especialmente los que están teñidos, pueden perder su color original debido a la exposición constante al sol y al clima, lo que puede afectar la estética del pavimento.

2.2.1.5. Proceso de fabricación del adoquín de concreto

El proceso de fabricación de los adoquines de concreto es un procedimiento controlado que garantiza la resistencia, durabilidad y calidad de las piezas (DeVargas, 2021). En seguida, se describen las etapas principales de este proceso:

a. Preparación de la mezcla de concreto:

- **Selección de materiales:** Se seleccionan los materiales básicos que conforman el adoquín, los cuales incluyen cemento Portland, agregados finos

y gruesos, agua y aditivos químicos (opcional) para mejorar las propiedades del concreto.

- **Dosificación:** Los materiales se dosifican en proporciones exactas para asegurar la uniformidad y calidad de la mezcla. La relación agua-cemento es controlada para obtener una mezcla que tenga la consistencia y resistencia necesarias para los adoquines.

b. Mezclado:

Se mezclan en un mezclador industrial hasta obtener una mezcla homogénea. El mezclado debe ser eficiente para asegurar que el cemento recubra todos los agregados y que los aditivos se distribuyan uniformemente. Este paso es crucial para asegurar la calidad final del adoquín.

c. Moldeado:

- **Llenado de moldes:** La mezcla de concreto se vierte en moldes de acero o plástico que tienen la forma y tamaño deseados para el adoquín. Los moldes pueden ser de diferentes formas (rectangulares, hexagonales, tipo 'I', etc.) según el diseño del adoquín que se desea fabricar.
- **Vibrado y compactación:** Para eliminar burbujas de aire y asegurar que la mezcla se distribuya de manera uniforme dentro del molde, se someten a un proceso de vibrado y compactación. Esta etapa es esencial para aumentar la densidad del adoquín, lo que mejora su resistencia y durabilidad.

d. Desmoldeado:

Una vez que el concreto ha sido compactado, los moldes son retirados cuidadosamente para liberar el adoquín recién formado. En algunos casos, el desmoldeado se realiza de forma manual, pero en procesos industriales se utiliza maquinaria especializada que facilita la extracción de los adoquines sin dañarlos.

e. Curado:

- **Curado húmedo:** Los adoquines se transfieren a una cámara de curado, donde se mantienen por un período que puede oscilar entre 24 y 48 horas bajo niveles de temperatura y humedad cuidadosamente regulados. Este proceso asegura que el concreto alcance su máxima resistencia. La humedad es crucial durante el curado, ya que evita la evaporación rápida del agua y garantiza que el cemento complete su proceso de hidratación.
- **Curado en autoclave (opcional):** En algunos casos, los adoquines pueden someterse a un proceso de curado en autoclave, que implica la aplicación de vapor a alta presión. Este método acelera el proceso de curado y mejora la resistencia y durabilidad del adoquín.

f. Control de calidad:

- Para garantizar que los adoquines cumplan con los estándares y especificaciones requeridos, pasan por una serie de pruebas y controles de calidad. Estas pruebas incluyen resistencia a la abrasión, homogeneidad dimensional, absorción de agua y verificación de resistencia a la compresión.
- Aquellos adoquines que no cumplen con los estándares son descartados o reutilizados en la elaboración.

g. Almacenamiento y empaque:

Los adoquines que han pasado el control de calidad se almacenan en paletas o estibas para facilitar su transporte y distribución. Durante esta etapa, los adoquines continúan ganando resistencia mientras se mantienen en un lugar seco y protegido hasta que estén listos para ser enviados al sitio de instalación.

2.2.2. Propiedades del adoquín de concreto

Son fundamentales para entender por qué este material es ampliamente utilizado en la pavimentación de superficies expuestas a diferentes condiciones de uso y desgaste. A continuación, se presenta una ampliación detallada de estas propiedades:

1. Resistencia a la compresión:

Los adoquines tienen una excepcional resistencia, que es la capacidad para soportar cargas sin sufrir aplastamiento. Esto se debe a la densidad y compactación de la mezcla de concreto. La resistencia típica de un adoquín de concreto puede oscilar entre 35 y 50 MPa aunque puede ser mayor en algunos casos. Esta alta resistencia les permite soportar el tráfico pesado de vehículos, camiones y maquinaria, lo que los hace ideales para áreas de uso intensivo como calles, zonas industriales y puertos. (Juncos, 2020).

2. Resistencia a la flexión:

La resistencia a la flexión es la capacidad del adoquín para soportar fuerzas que intentan doblarlo. Aunque los adoquines de concreto son menos flexibles que otros materiales, su resistencia a la flexión, generalmente en el rango de 3.5 a 5 MPa, es suficiente para resistir las tensiones causadas por el tráfico vehicular y las variaciones de carga. Esta propiedad es esencial para evitar la formación de grietas o fracturas en el pavimento, especialmente en superficies sometidas a cargas dinámicas.

3. Absorción de agua:

La absorción de agua es un factor crítico, ya que determina la capacidad del adoquín para resistir la humedad y las condiciones de congelación y descongelación. Los adoquines de concreto tienen una absorción de agua controlada, generalmente entre el 5% y el 7%, lo que les permite ser resistentes a la acción de la lluvia y la humedad sin debilitarse ni deteriorarse. Este bajo nivel de absorción es el resultado de un proceso de curado adecuado y de la utilización de agregados de buena calidad que minimizan la porosidad del adoquín.

4. Resistencia a la abrasión:

Mide la capacidad del adoquín para soportar el desgaste, el tráfico y el impacto de objetos. Los adoquines de concreto presentan una alta resistencia a la abrasión gracias a la densidad de su superficie y al uso de agregados duros en la mezcla.

Esta propiedad es crucial para mantener la integridad y la apariencia del pavimento en áreas de tráfico constante, ya que evita la formación de surcos, rayones y desgastes superficiales.

5. Estabilidad dimensional:

Los adoquines de concreto se fabrican con dimensiones y formas precisas, lo que garantiza un encaje perfecto durante la instalación. La estabilidad dimensional es importante para asegurar que no haya desplazamientos, huecos o asentamientos irregulares en el pavimento, lo que contribuye a la durabilidad y estabilidad de la superficie. Este control dimensional también permite la creación de patrones y diseños que se adaptan a las necesidades estéticas y funcionales del proyecto.

6. Resistencia a los agentes químicos:

Los adoquines de concreto tienen una buena resistencia a la acción de agentes químicos como aceites, combustibles, detergentes y sales deshielantes. Esta propiedad es especialmente importante en estacionamientos, zonas industriales y áreas expuestas a derrames químicos, ya que garantiza que el pavimento no se degrade ni pierda su integridad al estar en contacto con estos elementos.

7. Capacidad de interadoquino:

La capacidad de interadoquino es una de las propiedades más distintivas de los adoquines de concreto. Al instalarse, los adoquines se encajan entre sí formando un sistema que distribuye las cargas de manera uniforme. Este interadoquino crea una superficie sólida y estable que resiste el desplazamiento y la deformación, incluso bajo cargas pesadas y dinámicas. Esta propiedad mejora la estabilidad del pavimento y permite que soporte mejor las tensiones provocadas por la expansión y contracción térmica.

8. Resistencia a los cambios climáticos:

Los adoquines de concreto son capaces de resistir condiciones climáticas extremas, como la exposición prolongada a la radiación solar, la humedad, el frío extremo y los ciclos de congelación. A diferencia de otros materiales que se

agrietan o deforman bajo estas condiciones, los adoquines de concreto mantienen su integridad y resistencia, lo que los hace adecuados para su uso en regiones con climas variables o adversos.

9. Propiedades antideslizantes:

La textura superficial de los adoquines de concreto proporciona un alto coeficiente de fricción, lo que les otorga propiedades antideslizantes. Esto es especialmente importante en pavimentos donde la seguridad es una prioridad, como aceras, rampas, parques y vías peatonales, ya que minimiza el riesgo de accidentes por resbalones, incluso en condiciones húmedas o lluviosas.

10. Estabilidad frente a la luz ultravioleta (UV):

Los adoquines de concreto presentan una alta resistencia a la exposición a los rayos ultravioleta, lo que les permite mantener su color y apariencia durante largos períodos. Aunque algunos pueden experimentar una ligera decoloración con el tiempo, especialmente si están pigmentados, la mayoría conserva su tonalidad original, lo que contribuye a la estética del pavimento a lo largo de su vida útil.

11. Capacidad de drenaje:

Los adoquines permeables son especialmente diseñados para permitir el paso del agua a través de las juntas y el subsuelo, lo que reduce el riesgo de encharcamientos y ayuda a la recarga de acuíferos. Esta propiedad es especialmente importante en áreas urbanas que buscan soluciones sostenibles de gestión del agua, ya que contribuyen a la reducción de inundaciones y a la mejora del drenaje superficial.

12. Resistencia a impactos y vibraciones:

Los adoquines de concreto tienen la capacidad de absorber impactos y vibraciones generadas por el tránsito vehicular o la maquinaria pesada, gracias a su diseño y al interadoquino entre las piezas. Esto les permite adaptarse a las cargas dinámicas y a los movimientos del terreno sin agrietarse ni perder su forma.

2.2.3. Adoquines en pavimentos

Los adoquines de concreto son piezas modulares prefabricadas que se utilizan comúnmente en pavimentos. Se fabrican con una mezcla de cemento, arena, agua y agregados, lo que les otorga una alta resistencia y durabilidad. Su diseño modular facilita la instalación y el mantenimiento de las superficies pavimentadas, ya que, en caso de daño, los adoquines individuales pueden ser reemplazados sin necesidad de intervenir en toda el área pavimentada (Peña, 2017). Además, su forma y tamaño permiten un ensamblaje adecuado, distribuyendo las cargas de manera uniforme en la superficie.

En términos de pavimentación, los adoquines de concreto ofrecen una solución resistente y de larga duración frente a las variaciones climáticas y cargas vehiculares. Su superficie puede soportar tráfico pesado, siendo una opción ideal para calles, estacionamientos, plazas y caminos peatonales. Otra ventaja es su capacidad de drenaje, ya que los adoquines permiten cierto grado de permeabilidad, ayudando a la filtración del agua y reduciendo la acumulación de charcos.

En comparación con otros tipos de pavimentos, los adoquines de concreto ofrecen una alta flexibilidad en términos de diseño. Se pueden encontrar en diversas formas, colores y texturas, permitiendo tanto una estética agradable como una funcionalidad adecuada en diferentes entornos urbanos y rurales. Su instalación, generalmente sencilla y rápida, también contribuye a la reducción de los tiempos de construcción en proyectos de pavimentación.

2.2.3.1. Tipos de pavimentos de adoquines de concreto

Existen varios tipos de pavimentos de adoquines de concreto, cada uno diseñado para diferentes aplicaciones según las necesidades de resistencia, durabilidad y estética del proyecto (Peña, 2017). Aquí tenemos los tipos principales:

1) Pavimento rígido de adoquines.

Este tipo de pavimento se caracteriza por la colocación de los adoquines sobre una base de concreto o mortero. Se considera "rígido" porque, al estar directamente

adheridos o asentados sobre una base de concreto, no hay movimiento entre los adoquines. Este tipo de pavimento es altamente resistente y se utiliza principalmente en áreas donde se requiere una alta durabilidad, como zonas de alto tránsito vehicular o industrial.

2) Pavimento flexible de adoquines.

En este sistema, los adoquines se colocan sobre una cama de arena o material granular, sin estar pegados a una base rígida. Los adoquines quedan sueltos pero firmemente interadoquinados, lo que permite cierta flexibilidad y movimiento en la superficie. Esta flexibilidad es ideal para zonas donde se espera movimiento del suelo o tráfico ligero, como parques, plazas y áreas residenciales.

3) Pavimento permeable de adoquines.

Los adoquines permeables están diseñados para permitir que el agua de lluvia penetre a través de ellos, en lugar de escurrirse por la superficie. Estos pavimentos son ideales para zonas urbanas que requieren una gestión sostenible del agua, como estacionamientos y calles con sistemas de drenaje sostenible. Los adoquines se colocan dejando pequeñas juntas entre ellos, y el agua se filtra a través de estas juntas hacia el subsuelo o un sistema de captación.

4) Pavimento ornamental de adoquines.

Este tipo de pavimento se enfoca más en la estética que en la funcionalidad de carga pesada. Se utilizan adoquines de diferentes formas, colores y texturas para crear patrones visuales atractivos. Es común en plazas públicas, zonas peatonales o patios. Aunque también es funcional, se prioriza el diseño arquitectónico y la armonía con el entorno.

5) Pavimento de adoquines de tráfico pesado.

Este tipo de pavimento está destinado a soportar cargas de tráfico pesado, como camiones y vehículos industriales. Los adoquines utilizados son más gruesos y están fabricados con materiales de alta resistencia. Además, la base y el subbase

sobre los que se colocan son de mayor espesor y calidad para garantizar la estabilidad del pavimento frente a grandes cargas.

6) Pavimento de adoquines ecológicos.

Este tipo de pavimento busca reducir el impacto ambiental mediante el uso de adoquines fabricados con materiales reciclados, como residuos de construcción o relaves mineros. Además de ser una opción sostenible, también pueden ser permeables, favoreciendo la infiltración de agua y ayudando a la gestión hídrica de zonas urbanas.

Resumen:

Los tipos de pavimentos de adoquines varían según su uso y las condiciones del lugar. Van desde opciones más rígidas para tráfico pesado hasta soluciones ornamentales y ecológicas. La selección depende de factores como la carga de tránsito, la gestión del agua y el diseño estético.

2.2.3.2. Ventajas y desventajas de los pavimentos de adoquines

A continuación, se presentan las principales ventajas y desventajas de los pavimentos de adoquines de concreto:

Ventajas de los pavimentos de adoquines.

- Durabilidad y resistencia: Los adoquines de concreto son altamente resistentes al tráfico pesado y a las condiciones climáticas extremas. Esto los hace adecuados para áreas de alto tránsito, como calles, estacionamientos y zonas industriales.
- Facilidad de mantenimiento: Una de las principales ventajas es que los adoquines individuales pueden reemplazarse fácilmente en caso de daño, sin tener que intervenir en todo el pavimento. Esto reduce costos de reparación y tiempos de inactividad.
- Estética y versatilidad en el diseño: Los adoquines están disponibles en una variedad de formas, colores y texturas, lo que permite crear diseños decorativos personalizados y adaptarse a diversos entornos arquitectónicos.

- **Permeabilidad:** Los adoquines permeables permiten el drenaje natural del agua de lluvia hacia el subsuelo, lo que contribuye a la gestión sostenible del agua y previene la acumulación de charcos o inundaciones.
- **Flexibilidad del sistema:** Los pavimentos de adoquines flexibles permiten que el suelo subyacente se mueva ligeramente sin que se agriete la superficie del pavimento, siendo adecuados para zonas donde puede haber asentamientos del terreno.
- **Larga vida útil:** Si se instalan correctamente, los pavimentos de adoquines pueden tener una vida útil muy larga, en algunos casos, de hasta 40 años o más, con un mantenimiento mínimo.
- **Resistencia al deslizamiento:** Los adoquines proporcionan una superficie antideslizante, lo que los hace ideales para áreas peatonales y calles donde la seguridad es una preocupación importante.
- **Amigable con el medio ambiente:** Los adoquines permeables y ecológicos ayudan a reducir la escorrentía superficial y pueden estar hechos de materiales reciclados, contribuyendo a prácticas de construcción sostenibles.

Desventajas de los pavimentos de adoquines.

- **Costo inicial elevado:** La instalación de pavimentos de adoquines puede ser más costosa en comparación con otros tipos de pavimentos, como el asfalto o el hormigón continuo, debido a la mano de obra y materiales involucrados.
- **Instalación más lenta:** La colocación de adoquines requiere más tiempo y precisión que otros métodos de pavimentación. La nivelación de la base, el alineamiento y el interadoquino de las piezas puede ser un proceso detallado.
- **Requiere mantenimiento regular:** Aunque los adoquines son fáciles de reparar, requieren un mantenimiento regular, como el rellenado de las juntas con arena, para asegurar que no se desplacen o se deformen con el tiempo.

- Inestabilidad en suelos inadecuados: En suelos muy blandos o poco compactados, los adoquines pueden hundirse o desplazarse, lo que lleva a la formación de baches o superficies irregulares si no se instala una base adecuada.
- Desgaste por uso intensivo: Aunque son duraderos, en áreas de tráfico extremadamente pesado, los adoquines pueden desgastarse o dañarse más rápido que otros tipos de pavimentos, lo que puede llevar a reemplazos más frecuentes.
- Acumulación de vegetación en juntas: Las juntas entre los adoquines, especialmente en pavimentos permeables, pueden permitir el crecimiento de vegetación no deseada, lo que podría requerir un control constante para mantener la estética y funcionalidad.
- Sensibilidad a la limpieza a presión: La limpieza con agua a alta presión puede desalojar la arena entre los adoquines, comprometiendo la estabilidad del pavimento si no se reemplaza adecuadamente.

2.2.3.3. Comportamiento estructural de los pavimentos de adoquines

Se basa en la interacción entre las capas que los conforman y el sistema de interadoquino entre los adoquines. Este comportamiento depende de varios factores, como la calidad de los materiales utilizados, el diseño de la estructura, la instalación y las cargas que soporta el pavimento. (Gomez, 2021).

1. Capas que conforman el pavimento de adoquines.

El sistema estructural de un pavimento de adoquines incluye varias capas que cumplen diferentes funciones, como distribuir cargas y proporcionar estabilidad. Estas capas suelen ser:

- Capa de rodadura (adoquines): La capa superior formada por los adoquines, que recibe directamente las cargas del tránsito y las distribuye al resto de las capas.

- **Capa de arena o cama de asentamiento:** Los adoquines se colocan sobre esta capa, que generalmente tiene un espesor de 3-5 cm. Sirve como amortiguador y permite ajustar las piezas para lograr un buen nivel.
- **Capa base:** Suele ser de material granular (grava o piedra triturada) y tiene la función de repartir las cargas a las capas inferiores. También contribuye a la estabilidad y drenaje del pavimento.
- **Subbase (opcional):** Si el terreno natural no tiene las características necesarias, se puede incluir una subbase de material granular compactado para proporcionar una base más estable.
- **Terreno natural (subrasante):** Es el suelo donde se instala el pavimento y sobre el cual descansan todas las capas. Su resistencia y estabilidad son cruciales para el rendimiento estructural del pavimento.

2. Interadoquino y transferencia de cargas.

El interadoquino es el principio estructural clave en los pavimentos de adoquines. Este interadoquino se refiere a cómo los adoquines individuales se traban entre sí al ser colocados, creando una superficie continua que distribuye las cargas. Hay tres tipos principales de interadoquino que se producen en estos pavimentos:

- **Interadoquino horizontal:** Ocurre cuando los adoquines se presionan lateralmente entre sí, lo que evita el desplazamiento horizontal de los mismos cuando se someten a cargas. Esto se logra con la correcta colocación de los adoquines y el relleno de las juntas con arena fina.
- **Interadoquino vertical:** Sucede cuando las cargas aplicadas sobre un adoquín se distribuyen a los adoquines vecinos, evitando que un adoquín se hunda de manera individual. Este tipo de interadoquino depende de la calidad de la cama de arena y del buen alineamiento de los adoquines.
- **Interadoquino rotacional:** Ocurre cuando los adoquines impiden el movimiento de inclinación o rotación de las piezas individuales bajo la carga. Esto se

consigue mediante el patrón de instalación y el confinamiento de los adoquines en los bordes del pavimento.

3. Distribución de cargas.

El pavimento de adoquines distribuye las cargas verticales hacia las capas inferiores a través de la capa superior de adoquines y el interadoquino entre ellos. A diferencia de otros pavimentos, como el asfalto o el concreto rígido, donde la losa distribuye las cargas, en el pavimento de adoquines las cargas se distribuyen principalmente a través de las juntas y los puntos de contacto entre los adoquines.

- Cargas dinámicas: En zonas de tráfico vehicular, los pavimentos de adoquines absorben y distribuyen las cargas de manera efectiva. La capacidad del interadoquino evita que los adoquines se desplacen y el pavimento permanezca estable bajo el tráfico constante.
- Cargas estáticas: En áreas donde se colocan cargas estáticas, como zonas peatonales o estacionamientos, el pavimento de adoquines distribuye el peso de manera uniforme, reduciendo la presión en los puntos individuales.

4. Flexibilidad del sistema.

Una de las principales ventajas estructurales del pavimento de adoquines es su capacidad para adaptarse a ligeros movimientos del suelo sin agrietarse o fracturarse, como ocurre en los pavimentos rígidos. Este comportamiento flexible permite que el pavimento tolere pequeños asentamientos o expansiones del terreno sin comprometer su integridad estructural.

5. Durabilidad y fatiga.

Los pavimentos de adoquines tienen una alta resistencia a la fatiga, es decir, a los ciclos repetidos de carga que pueden deteriorar otros tipos de pavimentos. Esto se debe a que las cargas no se concentran en un solo punto, sino que se distribuyen a través de la estructura interadoquinada. Sin embargo, la durabilidad también depende de un buen diseño e instalación, ya que errores en la compactación de la

base o en el asentamiento de los adoquines pueden reducir significativamente la vida útil del pavimento.

6. Drenaje.

El comportamiento estructural del pavimento también está influenciado por su capacidad de drenaje. En pavimentos permeables, el agua se infiltra a través de las juntas y se drena hacia las capas inferiores, evitando el estancamiento superficial y mejorando la durabilidad al reducir la presión del agua sobre el pavimento. En pavimentos no permeables, el diseño adecuado de pendientes y sistemas de drenaje es crucial para prevenir el deterioro.

Resumen:

El comportamiento del adoquín está determinado por el interadoquino entre las piezas, la distribución de las cargas a través de sus capas, y su flexibilidad para adaptarse a los movimientos del suelo. Son resistentes a las cargas dinámicas y estáticas, tienen una larga vida útil y, cuando están bien diseñados e instalados, pueden soportar tráfico pesado y condiciones climáticas adversas sin deteriorarse fácilmente. Sin embargo, su rendimiento depende de una correcta preparación del terreno y de la instalación adecuada de cada una de las capas.

2.2.3.4. Limitaciones de los adoquines de concreto en pavimentos

Los adoquines de hormigón en pavimentos tienen restricciones tanto estructurales como funcionales. Aunque son una opción versátil y duradera, hay algunos factores que pueden limitar su uso en ciertos proyectos. A continuación, se detallan estas limitaciones:

- **Costo inicial elevado.**

La instalación de pavimentos con adoquines de concreto requiere una mayor inversión inicial en comparación con otros pavimentos, como el asfalto. El costo de los adoquines, la mano de obra especializada para su colocación y la preparación de la base pueden aumentar significativamente el presupuesto del proyecto.

- **Requiere una base bien preparada.**

La estabilidad de los adoquines depende de una base correctamente diseñada y compactada. Si la base o el terreno subyacente no están bien preparados, los adoquines pueden desplazarse, hundirse o desarrollar superficies irregulares. Además, en terrenos inestables, pueden aparecer deformaciones si no se implementa una base adecuada, lo que podría limitar su uso en suelos muy blandos o expansivos.

- **Mayor tiempo de instalación.**

La instalación de pavimentos con adoquines es más lenta en comparación con otros tipos de pavimentos, como el asfalto o el concreto continuo. La alineación y colocación cuidadosa de cada adoquín es un proceso manual que requiere precisión y tiempo, lo que puede prolongar la duración del proyecto.

- **Requiere mantenimiento regular.**

Aunque los adoquines son fáciles de reparar en caso de daños, requieren mantenimiento regular para asegurar la estabilidad del interadoquino. El movimiento del tráfico y el agua pueden desplazar la arena de las juntas, lo que afecta la unión entre los adoquines. Si no se rellena la arena periódicamente, el pavimento puede volverse inestable con el tiempo.

- **Sensibilidad al crecimiento de vegetación.**

Las juntas entre los adoquines, especialmente en pavimentos permeables, pueden permitir el crecimiento de vegetación indeseada, como malezas. Esto puede afectar tanto la estética como la funcionalidad del pavimento, ya que las raíces pueden desplazar los adoquines. El control de vegetación implica costos y trabajo adicional.

- **Desgaste bajo tráfico pesado.**

Aunque los adoquines de concreto son resistentes, en zonas con tráfico muy pesado o vehículos de gran tamaño, el pavimento puede sufrir un desgaste acelerado. Con el tiempo, los adoquines pueden perder su forma o textura,

especialmente en áreas sometidas a cargas puntuales o tráfico de alta velocidad, como las estaciones de carga o zonas industriales.

- **Incomodidad para peatones y ciclistas.**

Dependiendo del tipo de adoquín y el patrón de colocación, el pavimento puede resultar incómodo para peatones o ciclistas. Superficies irregulares o con juntas anchas pueden generar molestias al caminar o pedalear, y en algunos casos, pueden aumentar el riesgo de tropiezos.

- **Problemas de drenaje en áreas no permeables.**

En pavimentos no permeables, la acumulación de agua superficial puede ser un problema si no se implementa un adecuado sistema de drenaje. Esto puede provocar encharcamientos, lo que, en climas fríos, puede generar problemas adicionales relacionados con la congelación y descongelación, afectando la durabilidad del pavimento.

- **Limitaciones en aplicaciones con grandes deformaciones del terreno.**

Los pavimentos de adoquines no son adecuados para áreas donde se esperan grandes deformaciones del terreno o asentamientos significativos. Aunque permiten cierta flexibilidad, no soportan deformaciones importantes sin que se produzcan desplazamientos o hundimientos, lo que afecta la integridad del pavimento.

- **Incompatibilidad con ciertos tipos de tráfico.**

En algunos casos, los adoquines de concreto no son la mejor opción para áreas donde se requiere un pavimento completamente liso, como pistas de carreras o superficies especializadas. La presencia de juntas y pequeñas irregularidades puede limitar su uso en proyectos donde se necesite una superficie sin interrupciones.

2.2.3.5. Aceptación de los adoquines de concreto en pavimentos

La aceptación de los adoquines en pavimentos ha crecido significativamente en los últimos años debido a sus múltiples ventajas, tanto en términos de durabilidad como en estética y funcionalidad. Sin embargo, la aceptación de este tipo de pavimento varía según el contexto geográfico, económico y cultural. (Peña C. , 2022).

- **Uso generalizado en proyectos urbanos.**

En muchas ciudades y municipios, los adoquines de concreto son ampliamente aceptados y utilizados en proyectos de pavimentación urbana, como plazas públicas, calles peatonales, estacionamientos y áreas de recreación. Su capacidad para combinar funcionalidad con estética los hace una opción atractiva para arquitectos y urbanistas que buscan crear entornos agradables y duraderos.

Los adoquines permiten una gran flexibilidad de diseño, lo que los hace populares en proyectos donde se busca mejorar la imagen estética de una ciudad, al tiempo que ofrecen soluciones prácticas como la permeabilidad al agua y la facilidad de mantenimiento.

- **Aceptación en áreas residenciales.**

En áreas residenciales, los adoquines de concreto también han ganado una alta aceptación. Muchos propietarios los prefieren para calzadas, patios y senderos, debido a su durabilidad, facilidad de reparación y apariencia atractiva. Además, la variedad de colores, formas y patrones disponibles permite a los usuarios personalizar sus espacios al aire libre de manera creativa.

- **Sector industrial y comercial.**

Aunque su uso está más limitado en zonas industriales de alto tránsito, en algunos contextos comerciales e industriales los adoquines de concreto han sido aceptados para pavimentar zonas de estacionamiento, áreas de almacenamiento y accesos a edificios. Su resistencia al desgaste y la posibilidad de reemplazar piezas individuales sin afectar el pavimento completo los convierte en una opción viable en lugares donde el mantenimiento constante sería costoso o disruptivo.

- **Aceptación en áreas con climas extremos.**

En regiones donde el clima es un desafío, como en zonas con grandes fluctuaciones de temperatura, los adoquines de concreto son preferidos sobre otros materiales como el asfalto, que tiende a agrietarse. Los adoquines de concreto tienen la ventaja de permitir cierta flexibilidad en su interadoquino, lo que reduce el riesgo de fracturas durante los cambios de temperatura. Además, en climas cálidos, los adoquines de colores claros ayudan a reducir la absorción de calor, lo que es beneficioso en áreas urbanas.

- **Creciente aceptación por criterios de sostenibilidad.**

Con el auge de las construcciones sostenibles, los adoquines permeables han visto un aumento en su aceptación debido a su capacidad para gestionar el agua de lluvia de manera eficiente, reduciendo la escorrentía superficial y contribuyendo a la gestión sostenible del agua. En muchos lugares, las normativas locales promueven o incluso exigen el uso de materiales permeables para pavimentos, lo que ha impulsado su aceptación en proyectos donde la sostenibilidad es una prioridad.

- **Limitaciones culturales y económicas.**

En algunos contextos, la aceptación de los adoquines de concreto puede ser limitada por cuestiones económicas. El costo inicial relativamente alto de instalación en comparación con otras opciones como el asfalto puede ser un obstáculo en regiones con restricciones presupuestarias, especialmente en áreas rurales o en países en desarrollo.

Además, la preferencia por otros tipos de pavimentos puede estar influenciada por costumbres locales o por la disponibilidad de materiales. En algunos lugares, la falta de mano de obra calificada para la correcta instalación de adoquines de concreto también puede limitar su adopción, ya que un mal proceso de instalación puede generar problemas de desplazamiento o desgaste prematuro.

- **Normativas y estándares locales.**

La aceptación de los adoquines de concreto también está influenciada por las normativas locales de construcción y pavimentación. En muchos países, las regulaciones favorecen el uso de este tipo de pavimento en ciertos proyectos, debido a su durabilidad y ventajas en términos de gestión de aguas pluviales. En otros lugares, puede haber regulaciones estrictas sobre la calidad de los materiales y la metodología de instalación, lo que garantiza un alto nivel de aceptación en proyectos de infraestructura pública.

o **Aceptación en el sector turístico.**

En el sector turístico, especialmente en destinos con gran afluencia peatonal, como centros históricos y zonas comerciales, los adoquines de concreto han sido ampliamente aceptados por su capacidad para integrarse estéticamente con el entorno. Proyectos de renovación urbana que buscan preservar el estilo arquitectónico tradicional o histórico a menudo optan por pavimentos de adoquines debido a su capacidad para imitar estilos clásicos, al mismo tiempo que ofrecen la durabilidad de un material moderno.

2.2.3.6. Propiedades físicas del adoquín de concreto

Las características físicas de los adoquines de hormigón son esenciales para su eficacia en aplicaciones de pavimentación y construcción. Estas propiedades determinan su resistencia, durabilidad y capacidad para soportar condiciones ambientales y cargas de tráfico. (Tamayo, 2022).

a) Densidad.

- La densidad del adoquín de concreto afecta su peso, resistencia y durabilidad. Los adoquines de alta densidad son más resistentes y menos permeables, lo cual mejora su durabilidad y resistencia a la absorción de agua.
- La densidad típica del concreto para adoquines se encuentra entre 2200 y 2500 kg/m³, aunque esto puede variar según la mezcla de concreto y el tipo de agregados utilizados.

b) Absorción de agua.

- Es la capacidad del adoquín de concreto para retener agua en su estructura. Un bajo porcentaje de absorción de agua es deseable, ya que reduce el riesgo de daños causados por ciclos de congelación y descongelación, y mejora la durabilidad en climas húmedos.
- La absorción de agua en adoquines de concreto suele ser inferior al 6% del peso del adoquín. Esta baja absorción asegura que los adoquines mantengan su resistencia y apariencia incluso en condiciones de alta humedad.

c) Porosidad.

- La porosidad se refiere a la presencia de poros en el concreto del adoquín. Un menor grado de porosidad es beneficioso, ya que reduce la permeabilidad y la absorción de agua, haciendo que el adoquín sea más resistente a la penetración de líquidos y agentes corrosivos.
- La porosidad está relacionada con la absorción de agua y afecta la resistencia del adoquín a condiciones climáticas adversas y a ciclos de congelación y descongelación. Un adoquín de baja porosidad es más duradero y menos propenso a daños.

d) Resistencia a la abrasión.

- Es la capacidad del adoquín de concreto para soportar el desgaste causado por el tránsito de vehículos y peatones. Esta propiedad es importante para que los adoquines mantengan su forma y apariencia durante su vida útil.
- Los adoquines de concreto deben tener una alta resistencia a la abrasión para soportar el desgaste continuo sin perder su integridad estructural. Esta resistencia se obtiene mediante el uso de agregados duros y de alta calidad en la mezcla.

e) Estabilidad dimensional.

- La estabilidad dimensional es la capacidad del adoquín de concreto para mantener sus dimensiones y forma bajo cambios de temperatura y humedad.

Esta propiedad es importante para evitar deformaciones, agrietamientos o desalineaciones en el pavimento.

- Los adoquines de concreto tienen una buena estabilidad dimensional debido a su bajo coeficiente de expansión térmica. Esto asegura que los adoquines se mantengan en su lugar sin expandirse o contraerse significativamente, incluso en condiciones extremas.

f) Coeficiente de fricción.

- El coeficiente de fricción de la superficie de un adoquín de concreto es importante para la seguridad, ya que determina su nivel de adherencia y capacidad antideslizante. Un alto coeficiente de fricción mejora la tracción y reduce el riesgo de resbalones, especialmente en condiciones húmedas.
- La textura y acabado de los adoquines pueden diseñarse para proporcionar una buena fricción tanto para vehículos como para peatones. Esto los hace adecuados para aplicaciones como caminos peatonales, rampas y superficies de alto tráfico.

g) Permeabilidad.

- Aunque el concreto en sí no es permeable, los adoquines pueden ser diseñados con juntas permeables para permitir el paso de agua a través de ellas. Esto facilita el drenaje y reduce la acumulación de agua en la superficie, ayudando a prevenir problemas de inundación y charcos.
- Los adoquines de concreto permeables son especialmente útiles en áreas urbanas y zonas propensas a lluvias intensas, ya que contribuyen a un sistema de drenaje más eficiente y sostenible.

h) Conductividad térmica.

- Es la capacidad del material para transmitir el calor. Este valor es relevante en aplicaciones exteriores, ya que afecta la cantidad de calor que la superficie absorbe y emite en climas cálidos.

- La conductividad térmica del concreto es relativamente alta en comparación con otros materiales de pavimentación, lo cual puede hacer que el adoquín se caliente bajo la luz solar intensa. Sin embargo, la combinación de color y acabado puede ayudar a reducir el efecto de calor en la superficie.

i) Estabilidad al color y apariencia.

- Los adoquines de concreto se pueden teñir en una amplia gama de colores. Sin embargo, la estabilidad de color depende de los pigmentos utilizados y de la exposición a la luz solar y otros factores ambientales. Un buen adoquín debe mantener su color y apariencia por largos periodos.
- Los adoquines de concreto de calidad utilizan pigmentos resistentes a los rayos UV que ayudan a mantener el color a lo largo del tiempo, evitando el desgaste visual y la decoloración.

j) Resistencia a ciclos de congelación y descongelación.

- En climas fríos, los adoquines de concreto deben resistir los efectos de los ciclos de congelación y descongelación sin sufrir daños. La baja absorción de agua y porosidad contribuyen a la resistencia del adoquín en estas condiciones, ya que limitan la cantidad de agua que puede entrar y congelarse en el material.
- La resistencia es esencial para mantener la integridad estructural del adoquín en áreas donde las temperaturas fluctúan por debajo de cero.

k) Resistencia química.

- La resistencia a productos químicos es una propiedad importante en los adoquines de concreto, especialmente en aplicaciones en áreas industriales o comerciales donde pueden estar expuestos a aceites, grasas, productos de limpieza y otros compuestos químicos.
- Los adoquines de concreto de buena calidad tienen una alta resistencia química, lo que evita que se deterioren o decoloren al estar en contacto con sustancias potencialmente corrosivas.

2.2.4.1. Propiedades mecánicas del adoquín de concreto

Es un material ampliamente utilizado en pavimentos y áreas peatonales debido a sus buenas propiedades mecánicas, su durabilidad y su versatilidad de diseño. Estas propiedades son esenciales para garantizar que los adoquines soporten adecuadamente las cargas y el desgaste a los que estarán sometidos en su aplicación. (Tamayo, 2022).

1. Resistencia a la compresión.

- Una de las características más cruciales de los adoquines de hormigón es su resistencia a la compresión, que establece hasta qué punto pueden soportar pesos verticales sin romperse.
- Los adoquines de concreto bien fabricados alcanzan resistencias a la compresión de entre 35 MPa y 55 MPa, aunque estos valores pueden variar según las especificaciones del proyecto y las normativas locales.
- Una alta resistencia permite que los adoquines soporten el tránsito vehicular y peatonal sin perder su integridad estructural.

2. Resistencia a la flexión (módulo de ruptura).

- Es crucial para soportar las tensiones generadas por cargas dinámicas y golpes, especialmente en áreas donde los adoquines están sometidos a esfuerzos de flexión, como en curvas o pendientes.
- Los adoquines suelen presentar una resistencia a la flexión en el rango de 3 a 5 MPa, aunque el valor específico depende de la calidad del concreto y la mezcla utilizada.
- Esta propiedad contribuye a la durabilidad del adoquín al evitar que se fisure o rompa ante cargas que generen flexión.

3. Módulo de elasticidad.

- El módulo de elasticidad es una medida de la rigidez del adoquín de concreto. Este valor refleja la capacidad del material para deformarse de manera elástica bajo carga y retornar a su forma original al retirar la carga.
- Para los adoquines de concreto, el módulo de elasticidad se encuentra entre 25 GPa y 35 GPa. Un alto módulo de elasticidad indica que el adoquín es menos propenso a deformarse bajo cargas pesadas, lo que es fundamental para mantener la estabilidad de la superficie pavimentada.

4. Resistencia al desgaste y abrasión.

- Los adoquines están expuestos al desgaste causado por el tránsito peatonal y vehicular, así como por la acción de partículas abrasivas (arena, polvo).
- Su resistencia al desgaste depende en gran medida de la dureza de los agregados y de la calidad de la mezcla de concreto. En adoquines de buena calidad, se utilizan agregados duros y mezclas de alta resistencia para reducir el desgaste.
- Se mide mediante pruebas estandarizadas (como el ensayo de desgaste por abrasión), y un bajo índice de desgaste es esencial para garantizar la durabilidad de la superficie pavimentada.

5. Resistencia a la tracción indirecta.

- La resistencia a la tracción indirecta, o resistencia a la tensión por compresión diametral, es una medida de la capacidad del adoquín para resistir la tensión, que se genera cuando está sometido a cargas de compresión.
- Este valor es generalmente bajo en comparación con la resistencia, pero es importante para evitar fisuras o fracturas prematuras. Para adoquines de concreto, la resistencia a la tracción indirecta suele estar en el rango de 2 a 4 MPa.
- Una buena resistencia a la tracción indirecta asegura que los adoquines mantengan su integridad bajo condiciones de carga y tensiones de tracción.



6. Resistencia a los ciclos de hielo-deshielo.

- En climas fríos, los adoquines de concreto están expuestos a ciclos de congelación y descongelación, lo cual puede producir fisuración y pérdida de material en la superficie.
- Los adoquines de concreto bien fabricados son diseñados para resistir estos ciclos mediante la inclusión de aditivos o la optimización de la mezcla, lo que les permite soportar el hielo y el deshielo sin deteriorarse significativamente.
- La resistencia a los ciclos de hielo-deshielo se evalúa mediante pruebas de laboratorio, y los adoquines deben cumplir con normativas específicas que garantizan su durabilidad en estas condiciones.

7. Capacidad de carga y distribución de esfuerzos.

- Los adoquines de concreto están diseñados para distribuir las cargas de manera uniforme hacia la base y sub-base del pavimento. Esto ayuda a evitar concentraciones de carga que puedan provocar hundimientos o fallas en la superficie.
- La forma y el espesor del adoquín son factores críticos que afectan su capacidad de carga. Los adoquines más gruesos y con un diseño interbloqueante pueden soportar mayores cargas y proporcionar una mejor distribución de esfuerzos.

8. Resistencia al impacto.

- Es la capacidad del adoquín para absorber energía sin fracturarse, lo cual es importante en áreas donde pueden estar sujetos a golpes, como en zonas de carga o áreas con tránsito pesado.
- Esta resistencia depende de la densidad y la calidad de los agregados y de la mezcla del concreto, y se evalúa a través de ensayos de impacto que simulan las condiciones de uso del pavimento.

9. Durabilidad.

- La capacidad de un adoquín de hormigón para mantener sus cualidades mecánicas a lo largo del tiempo, al tiempo que se defiende de los efectos de las condiciones mecánicas, químicas y climáticas, se conoce como durabilidad.
- Un adoquín duradero debe tener una baja permeabilidad para resistir la entrada de agua y sales, especialmente en climas húmedos o fríos, donde el agua puede congelarse y provocar fracturas internas.
- La durabilidad está directamente relacionada con la calidad de la mezcla de concreto, el tipo de agregados, la compactación y el proceso de curado.

Los adoquines de concreto presentan una combinación de propiedades mecánicas que los hacen ideales para pavimentos duraderos y resistentes, soportando tanto cargas peatonales como vehiculares en diversos entornos y condiciones climáticas.

2.2.4. *Relave minero triturado*

El relave minero triturado es un subproducto generado en la actividad minera que se origina durante el proceso de separación de minerales valiosos del material no deseado, conocido como ganga. Este subproducto, comúnmente llamado relave o desecho minero, pasa por un proceso de trituración para reducir el tamaño de las partículas que lo componen, con el objetivo de mejorar su gestión, facilitar su disposición y en algunos casos, prepararlo para su reutilización. La trituración de los relaves es una práctica común para asegurar que el material se mantenga en un tamaño uniforme y manejable, lo que resulta crucial para su almacenamiento en depósitos o presas de relaves. Este tratamiento también busca reducir el impacto ambiental, al minimizar la dispersión de partículas finas en el aire y facilitar la estabilidad de las presas o depósitos donde se almacenan.

En términos técnicos, el relave minero triturado consiste principalmente en minerales no económicos, que pueden incluir óxidos, silicatos, sulfuros y otros compuestos

que no fueron recuperados durante el procesamiento. Estos materiales, al no tener valor comercial, son descartados tras la extracción de los minerales económicamente viables. Los relaves triturados contienen agua y partículas sólidas finas, y suelen transportarse a las instalaciones de almacenamiento en forma de una mezcla o suspensión llamada pulpa. Este proceso involucra la separación física, donde los minerales valiosos son concentrados mediante diversos métodos como la flotación o lixiviación, y el material restante es sometido a un ciclo de trituración adicional para facilitar su manipulación.

Desde el punto de vista ambiental y de seguridad, la gestión adecuada de los relaves mineros triturados es fundamental, ya que estos pueden contener residuos químicos tóxicos utilizados durante el proceso de extracción, como cianuro o ácido sulfúrico, dependiendo del tipo de minería. La trituración de los relaves ayuda a optimizar su disposición al reducir el volumen y aumentar la estabilidad del material. Además, con las crecientes preocupaciones sobre la sostenibilidad y el impacto ambiental de la minería, los relaves triturados también pueden ser objeto de investigación para su potencial reutilización en la construcción, relleno de minas agotadas o en la fabricación de materiales de construcción, lo que contribuiría a mitigar su huella ambiental.

Figura 2

Relave minero



Nota: Escorias de relave minero, tomado de (Jove & Mamani, 2022)

2.2.5.1. Características del relave minero triturado

El relave minero triturado es el material de desecho resultante del proceso de extracción y procesamiento de minerales. Tras la extracción de los minerales valiosos, el material sobrante, conocido como relave, suele consistir en rocas finamente trituradas mezcladas con agua y algunos residuos de productos químicos utilizados durante la extracción. (Ramirez, 2023).

1. Composición mineral.

Los relaves mineros triturados están compuestos principalmente por una mezcla de minerales residuales y rocas que no contienen cantidades económicamente valiosas de los minerales extraídos. La composición específica del relave depende del tipo de mineral que se esté explotando. Por ejemplo, en la minería de oro, el relave puede contener cuarzo, pirita, y residuos de productos químicos como cianuro o mercurio, mientras que en la minería de cobre, los relaves podrían contener silicatos, calcopirita y otros minerales no extraídos en el proceso.

2. Grado de finura.

El tamaño de partícula del relave minero triturado es generalmente muy fino, dado que el material ha pasado por varios procesos de trituración y molienda para liberar los minerales valiosos. Esto significa que las partículas del relave suelen estar en el rango de micras a milímetros. La finura del material tiene implicaciones importantes para la estabilidad del depósito de relaves y para su posible reutilización en otras aplicaciones, como materiales de construcción.

3. Propiedades físicas.

- **Densidad:** La densidad del relave triturado varía según la composición mineral y el contenido de agua. Cuando está seco, puede ser menos denso que su forma saturada. La densidad aparente de los relaves secos puede oscilar entre 1.2 y 2.0 g/cm³.

- **Permeabilidad:** El relave triturado, al tener partículas finas, presenta baja permeabilidad, lo que significa que el agua no fluye fácilmente a través de él. Esto puede causar problemas de estabilidad en los depósitos de relaves si no se gestionan adecuadamente.
- **Cohesión:** El grado de cohesión entre las partículas del relave minero triturado suele ser bajo, lo que lo convierte en un material suelto y propenso a la erosión y el desplazamiento, especialmente en condiciones húmedas.

4. Contenido de agua.

El relave minero triturado generalmente se deposita en forma de una suspensión que contiene un porcentaje significativo de agua. Después de ser procesado, el relave se transporta como una mezcla de sólidos y líquidos que puede llegar a contener entre 20% y 50% de agua. A medida que el relave se seca o desagua, su estabilidad física cambia, lo que puede tener implicaciones para la gestión del depósito de relaves, como el riesgo de fallas en la presa de relaves.

5. Contaminantes químicos.

El relave triturado puede contener contaminantes químicos residuales del proceso de extracción, incluidos reactivos utilizados en la separación de minerales, como cianuro, ácido sulfúrico y metales pesados (arsénico, plomo, cadmio, entre otros). Estos contaminantes pueden representar riesgos ambientales, especialmente si se liberan en el medio ambiente a través de la erosión, la infiltración de agua o la disolución de estos compuestos.

6. Estabilidad geotécnica.

Los relaves triturados suelen ser poco cohesivos y pueden presentar problemas de estabilidad geotécnica si no se gestionan adecuadamente en las instalaciones de almacenamiento. El contenido de agua, el tamaño de las partículas y las propiedades físicas del material juegan un papel importante en la estabilidad del depósito de relaves. En particular, los depósitos de relaves con un alto contenido de agua y partículas finas pueden ser susceptibles a deslizamientos o licuefacción,

un fenómeno en el cual el material se comporta como un líquido bajo ciertas condiciones de carga.

7. Impacto ambiental.

El impacto ambiental de los relaves mineros triturados es una preocupación importante. La presencia de metales pesados y productos químicos en el relave, combinada con su potencial para la erosión y la lixiviación, puede llevar a la contaminación de cuerpos de agua, suelos y ecosistemas cercanos. Además, el polvo generado por los relaves secos puede causar problemas de calidad del aire si no se controla adecuadamente.

8. Posibles aplicaciones de reutilización.

En algunos casos, el relave minero triturado se puede reutilizar en otras aplicaciones industriales. Por ejemplo, se ha investigado su uso en:

- **Materiales de construcción:** Los relaves pueden ser utilizados como agregados en la producción de ladrillos, cemento y concreto.
- **Recuperación de terrenos:** Algunos tipos de relaves pueden usarse para recuperar terrenos degradados, siempre y cuando se gestionen los contaminantes presentes.
- **Recuperación de minerales residuales:** En algunos casos, los relaves contienen cantidades menores de minerales valiosos que no fueron extraídos en el proceso inicial y que pueden ser recuperados mediante tecnologías más avanzadas.

9. Oxidación y generación de drenaje ácido.

Los relaves que contienen minerales sulfurosos (como la pirita) pueden estar sujetos a oxidación cuando se exponen al aire y al agua. Este proceso genera drenaje ácido de minas (DAM), que puede ser altamente ácido y contener altos niveles de metales disueltos, lo que presenta serios riesgos para los ecosistemas

acuáticos y la calidad del agua subterránea. Este es uno de los desafíos ambientales más importantes asociados con el manejo de relaves mineros.

2.2.5.2. Propiedades del relave minero triturado

El relave minero es el material residual que queda después de extraer los minerales valiosos de la roca. Este material presenta una variedad de propiedades físicas, químicas y mecánicas que varían según el tipo de mineral que se ha procesado, los reactivos químicos utilizados en la extracción y las condiciones geotécnicas del sitio de almacenamiento.

a) Propiedades físicas

- **Granulometría:** El tamaño de las partículas del relave minero triturado varía desde partículas finas (arena) hasta partículas más gruesas (grava). La distribución granulométrica es fundamental para su uso como agregado en concreto o como material de relleno en construcción.
- **Densidad:** Su densidad típica oscila entre 2.5 y 3 g/cm³, dependiendo del tipo de mineral y del proceso de trituración. Esta propiedad es importante cuando se usa como base o subbase en estructuras, ya que un material más denso puede soportar mayores cargas.
- **Porosidad:** El relave triturado presenta una porosidad relativamente baja, lo que implica una menor capacidad de retención de agua, algo beneficioso para mejorar la durabilidad del material en estructuras de pavimento o adoquines.
- **Permeabilidad:** Dependiendo de su granulometría, el relave puede tener una permeabilidad variable. En relaves más finos, la permeabilidad es baja, mientras que en granulometrías más gruesas, puede presentar buena permeabilidad, lo que permite su uso en pavimentos permeables o en rellenos que requieren drenaje.

b) Propiedades mecánicas.

- **Resistencia a la compresión:** Debido a su composición mineral, el relave triturado tiene buena resistencia, lo que lo hace adecuado para usarse en mezclas de concreto o como material estructural en bases y subbases. La resistencia a la compresión puede variar según los minerales presentes, pero es comparable a la de agregados convencionales.
- **Capacidad de carga:** El relave triturado tiene una alta capacidad de carga, lo que lo hace útil en la construcción de estructuras que requieren estabilidad, como pavimentos, caminos y plataformas industriales.
- **Estabilidad:** Este material es generalmente estable, pero puede verse afectado si contiene minerales reactivos como sulfatos, que pueden generar expansiones volumétricas si no se tratan adecuadamente. Sin embargo, cuando está libre de contaminantes, ofrece buena estabilidad estructural.

c) Propiedades químicas.

- **Composición química:** El relave triturado está compuesto por una mezcla de minerales residuales, principalmente silicatos (como el cuarzo), óxidos de hierro, sulfatos, carbonatos, y trazas de metales pesados. La variabilidad en su composición depende del mineral que se haya extraído y el proceso de beneficio empleado en la mina.
- **Reactividad química:** Algunos relaves contienen minerales reactivos, como sulfatos, que pueden generar problemas de expansión o reacciones químicas no deseadas en contacto con el agua, afectando su estabilidad a largo plazo. Por lo tanto, es esencial realizar estudios de composición química antes de su uso en construcción.
- **PH:** El pH del relave puede variar, pero generalmente tiende a ser neutro a ligeramente alcalino. Sin embargo, en algunos casos, el relave puede contener elementos que acidifican el material, lo que puede generar problemas de drenaje ácido si no se maneja adecuadamente.

d) Propiedades térmicas.

- **Conductividad térmica:** Los relaves mineros triturados suelen tener una conductividad térmica baja debido a su composición mineral y estructura porosa. Esto los hace menos eficientes como aislantes térmicos, pero no presenta una limitación significativa para aplicaciones en pavimentos o adoquines.
- **Estabilidad frente a cambios de temperatura:** Este material es una buena opción en áreas frías, ya que es resistente a las fluctuaciones de temperatura y no se ve afectado fácilmente por los ciclos de congelación y descongelación.

e) Propiedades ambientales.

- **Impacto ambiental:** Una de las ventajas del uso del relave triturado es que permite reutilizar un subproducto minero, lo que contribuye a la reducción de los residuos mineros. Sin embargo, si contiene metales pesados o minerales reactivos, puede ser necesario tratarlo antes de su reutilización para evitar la lixiviación de contaminantes.
- **Sostenibilidad:** El uso de relave triturado en construcción promueve la economía circular y la sostenibilidad al reutilizar un material que de otro modo se consideraría un desecho. Esto reduce la necesidad de extracción de nuevos agregados, minimizando el impacto ambiental de las actividades mineras y de construcción.

f) Propiedades de trabajabilidad.

- **Compatibilidad con cemento:** El relave minero triturado es compatible con mezclas de cemento y puede reemplazar agregados tradicionales en la fabricación de concreto. Su contenido de sílice contribuye a mejorar la resistencia del concreto, aunque es importante controlar la granulometría para garantizar una adecuada trabajabilidad.
- **Facilidad de compactación:** El relave triturado se compacta bien debido a su granulometría y estabilidad mecánica. Esto lo convierte en un buen material

para usarse como base en proyectos de pavimentación, donde se necesita alta resistencia y estabilidad estructural.

Debido a sus características mecánicas, químicas y físicas, los relaves mineros triturados se pueden utilizar para construir adoquines y pavimentos de hormigón. Posee alta resistencia a la compresión, buena capacidad de carga y una densidad adecuada. Sin embargo, es necesario evaluar su composición química para evitar problemas relacionados con la reactividad química y la lixiviación de metales. Su reutilización promueve la sostenibilidad y la reducción de residuos mineros, aunque es esencial realizar estudios para asegurar su idoneidad según el proyecto específico.

2.2.5.3. Beneficios del uso de los relaves mineros

El uso de relaves mineros en el concreto ha despertado interés en la industria de la construcción como una opción sostenible para la gestión de residuos y la reducción del impacto ambiental de la minería. Incorporar relaves mineros en la mezcla de concreto no solo ayuda a mitigar el problema de almacenamiento y gestión de estos desechos, sino que también aporta beneficios técnicos y económicos. A continuación se describen los principales beneficios del uso de relaves mineros en el concreto:

a) Reducción del impacto ambiental.

El uso de relaves mineros como un material alternativo en el concreto puede tener un impacto ambiental positivo significativo. Algunos de los beneficios ambientales incluyen:

- **Disminución en la acumulación de relaves:** Los relaves mineros representan un desafío ambiental considerable, ya que se generan en grandes cantidades y a menudo requieren grandes extensiones de tierra para su almacenamiento. Utilizarlos en concreto ayuda a reducir la cantidad de material que debe almacenarse en presas de relaves, lo que disminuye el riesgo de contaminación de suelos, cuerpos de agua y la erosión ambiental.

- **Aprovechamiento de residuos:** El reciclaje de relaves mineros en el concreto permite reutilizar un material que de otro modo sería un desecho, lo que contribuye a la sostenibilidad en la minería y en la construcción. Esto minimiza la necesidad de extraer nuevos materiales vírgenes para la producción de concreto, reduciendo así la demanda de recursos naturales como la arena o la grava.
- **Reducción en las emisiones de CO₂:** La utilización de relaves para disminuir el contenido de cemento en las mezclas de concreto mitiga las emisiones de dióxido de carbono relacionadas con la fabricación de cemento, uno de los principales contribuyentes al CO₂ en el sector de la construcción.

b) Sustitución parcial de agregados.

Los relaves mineros pueden utilizarse como sustitutos parciales de los agregados finos o incluso como sustitutos del cemento en ciertas proporciones. Esto tiene varios beneficios:

- **Reducción de costos:** La utilización de relaves mineros como agregado fino o material extra cementante permite a las empresas reducir los costos de material en la fabricación de concreto, ya que los relaves a menudo son accesibles como desechos económicos, pero los agregados tradicionales como arena y grava se están volviendo cada vez más costosos y escasos.
- **Ahorro de recursos naturales:** Los relaves pueden reemplazar una parte significativa de los agregados naturales (arena, grava), lo que reduce la explotación de canteras y la extracción de recursos no renovables.

c) Mejora en la durabilidad.

Los estudios han demostrado que el uso de relaves mineros en ciertas proporciones puede mejorar la durabilidad del concreto. Algunas ventajas incluyen:

- **Mejor resistencia a los agentes químicos:** Dependiendo de la composición del relave, el concreto que lo contiene puede presentar una mayor resistencia a la corrosión de los sulfatos y a otros agentes químicos agresivos, lo que lo

hace ideal para su uso en ambientes expuestos a aguas agresivas o condiciones adversas.

- **Menor permeabilidad:** Al reducir la permeabilidad del concreto, se limita la entrada de agua y otros elementos dañinos al interior de la estructura, lo que prolonga la vida útil de las edificaciones o infraestructuras. Esto es particularmente beneficioso en entornos agresivos o donde la durabilidad a largo plazo es una preocupación clave.

d) Mejora en algunas propiedades mecánicas.

En algunas situaciones, incluir relaves mineros en el concreto puede mejorar cualidades mecánicas particulares del material:

- **Resistencia a la compresión:** Dependiendo del tipo de relave y la dosificación utilizada, se ha demostrado que los relaves pueden aumentar la resistencia del concreto a largo plazo, especialmente si se emplean relaves que contienen minerales reactivos que contribuyen a la hidratación del cemento.
- **Reducción de la contracción:** Ciertos relaves pueden disminuir la contracción por secado del concreto, mitigando así la posibilidad de agrietamiento, un problema frecuente que compromete la longevidad y resistencia de los edificios de concreto.

e) Potencial para la neutralización de subproductos dañinos.

En algunos casos, los relaves mineros contienen minerales como silicatos o carbonatos que pueden reaccionar con otros componentes del concreto y ayudar a neutralizar ciertos subproductos dañinos, como los álcalis que provocan la reacción álcali-sílice (RAS). Esto puede mejorar la estabilidad y durabilidad del concreto, especialmente en zonas donde los agregados reactivos son un problema.

f) Contribución a la economía circular.

El uso de relaves mineros en la producción de concreto se alinea con el concepto de economía circular, que busca minimizar los residuos y reutilizar los recursos de manera eficiente. Al integrar los relaves en la cadena de producción del concreto,

se cierra el ciclo de vida de los desechos mineros, transformándolos en productos útiles en lugar de materiales desechados.

g) Versatilidad en aplicaciones.

Los relaves mineros se pueden adaptar para su uso en diversas aplicaciones de concreto, tales como:

- **Hormigón estructural:** En ciertos porcentajes, los relaves pueden usarse en estructuras de hormigón sin comprometer la resistencia ni la durabilidad.
- **Concreto de pavimentos:** Los relaves mineros pueden emplearse en mezclas de concreto para pavimentos, lo que puede reducir los costos de construcción y mejorar la resistencia a la abrasión.
- **Prefabricados de concreto:** En la fabricación de bloques de hormigón y otros productos prefabricados, el uso de relaves puede ser una solución económica y sostenible.

h) Mitigación del riesgo ambiental de los relaves.

Al usar relaves mineros en concreto, se reduce el volumen de relaves que debe ser almacenado en presas o depósitos, lo que disminuye el riesgo ambiental asociado con estos desechos. Las presas de relaves son susceptibles a fallas, lo que puede generar desastres ambientales, como la liberación de metales pesados o productos químicos peligrosos. El reciclaje de relaves en concreto ayuda a reducir este riesgo al disminuir la cantidad de material que necesita ser gestionado a largo plazo.

i) Mejora en la trabajabilidad.

En algunos casos, el uso de relaves mineros puede mejorar la trabajabilidad del concreto, facilitando la mezcla, el vertido y la compactación en comparación con el concreto tradicional. Esto puede reducir los tiempos de construcción y mejorar la eficiencia en el sitio de obra.

2.2.5. Grano de caucho reciclado

Los granos de caucho reciclado son pequeñas partículas de caucho obtenidas a partir de la trituración de neumáticos desechados y otros productos de caucho al final de su vida útil. Este proceso de reciclaje transforma un residuo voluminoso y difícil de gestionar, como los neumáticos, en un material versátil y reutilizable. Los granos de caucho suelen tener un tamaño que varía entre pocos milímetros hasta fracciones de milímetro, dependiendo del nivel de trituración y el uso final que se les quiera dar.

El caucho reciclado proviene principalmente de neumáticos usados, los cuales contienen caucho natural y sintético, junto con otros componentes como acero y fibras textiles. Durante el proceso de reciclaje, los neumáticos son triturados y se separan estos componentes adicionales, dejando solo el caucho como material final. Este caucho se procesa en diferentes granulometrías, que pueden ir desde partículas gruesas hasta polvos finos, conocidos como "polvo de caucho", dependiendo de la aplicación. El reciclaje de caucho, además de reducir el volumen de residuos en los vertederos, permite reaprovechar un material con propiedades mecánicas y elásticas útiles para diversas industrias.

Uno de los usos más comunes de los granos de caucho es en la creación de superficies amortiguadas para áreas de juego, canchas deportivas y pistas de atletismo, donde se combinan con aglutinantes para formar un pavimento resistente y flexible. Además, este material es utilizado en la fabricación de asfalto modificado, donde los granos de caucho se mezclan con el bitumen para mejorar las propiedades del pavimento, aumentando su resistencia a la fatiga y la deformación. Por otra parte, se ha comenzado a utilizar en procesos de aislamiento acústico y en la industria del calzado, entre otros sectores.

Desde un enfoque ambiental, el reciclaje de caucho mediante la generación de estos granos ayuda a mitigar el impacto de los neumáticos fuera de uso (NFU), uno de los desechos más difíciles de gestionar debido a su composición resistente y volumen. Este tipo de reciclaje se alinea con los principios de la economía circular, fomentando un ciclo

de vida más largo para los materiales y promoviendo la sostenibilidad en diversas industrias.

Figura 3

Grano de caucho



Nota: Grano de caucho reciclado, tomado de (Venegas, 2016).

2.2.6.1. Propiedades del grano de caucho

El grano de caucho, también conocido como caucho reciclado o triturado, es un material obtenido principalmente a partir del reciclaje de neumáticos usados. Este material se ha convertido en un recurso valioso en diversas aplicaciones industriales y de construcción, gracias a sus propiedades únicas.

1. Propiedades físicas.

- **Elasticidad:** Una de las características más destacables del grano de caucho es su excepcional flexibilidad. Este material puede doblarse bajo presión y volver a su forma original una vez que se elimina la fuerza. Este atributo lo hace adecuado para aplicaciones donde la absorción de impactos es crucial, como campos deportivos, áreas recreativas o pasarelas.
- **Baja densidad:** El grano de caucho tiene una densidad baja, lo que lo convierte en una opción liviana para diversas aplicaciones. La densidad del caucho

reciclado suele oscilar entre 0.9 y 1.2 g/cm³, dependiendo del tipo de caucho y del proceso de reciclaje.

- **Flexibilidad:** Además de su elasticidad, el grano de caucho es muy flexible. Esta propiedad es útil en productos donde se requiere que el material se adapte a distintas superficies o formas, como en capas de amortiguación para pistas deportivas o bases de césped artificial.
- **Tamaño de las partículas:** El grano de caucho puede tener diferentes tamaños de partícula, desde gránulos finos de 0.5 mm hasta fragmentos más grandes de 10 mm o más. La variabilidad en el tamaño de las partículas permite que el material sea adecuado para una amplia gama de aplicaciones, desde el uso en mezclas de concreto hasta su uso en capas de amortiguación.

2. Propiedades mecánicas.

- **Resistencia a la abrasión:** El grano de caucho es conocido por su alta resistencia a la abrasión, lo que lo hace duradero en condiciones donde se requiere resistencia al desgaste, como en pavimentos, pistas de atletismo y aplicaciones automotrices. Esta propiedad asegura una mayor vida útil en aplicaciones que involucran fricción constante.
- **Amortiguación de impactos:** Gracias a su elasticidad, el grano de caucho tiene una excelente capacidad para absorber impactos. Esta propiedad es crucial en aplicaciones como parques infantiles, superficies deportivas y pistas de carrera, donde se requiere reducir el riesgo de lesiones al amortiguar las caídas o los golpes.
- **Resistencia al desgarro:** Aunque el grano de caucho es flexible, tiene una buena resistencia al desgarro y no se rompe fácilmente bajo esfuerzos mecánicos normales. Esto lo convierte en un material robusto para usos que exigen durabilidad a largo plazo.

- **Resistencia a la compresión:** El grano de caucho puede soportar presiones elevadas sin colapsar, manteniendo su integridad incluso en aplicaciones donde se someten a cargas pesadas, como en suelos para gimnasios o en capas de aislamiento debajo de pisos industriales.

3. Propiedades térmicas.

- **Aislamiento térmico:** El cordón de caucho posee excelentes capacidades de aislamiento térmico, lo que facilita una reducción de la transmisión de calor. Esta propiedad es útil en aplicaciones de construcción, como capas de aislamiento en techos o paredes, y también en áreas donde se requiere que el material mantenga una temperatura estable.
- **Estabilidad térmica:** El caucho reciclado puede soportar un amplio rango de temperaturas, manteniendo sus propiedades elásticas en temperaturas frías y su resistencia a la deformación en temperaturas más altas. Generalmente, el grano de caucho puede operar sin perder sus propiedades dentro de un rango de -40°C a 80°C , dependiendo de la calidad y el tipo de caucho.

4. Propiedades acústicas.

- **Aislamiento acústico:** Gracias a su estructura celular y su capacidad de absorción de vibraciones, el grano de caucho es un excelente aislante acústico. Se utiliza en aplicaciones donde se busca reducir el ruido, como en capas debajo de suelos, muros insonorizados, o en pistas deportivas, donde es importante minimizar el ruido producido por los pasos y los impactos.

5. Propiedades químicas.

- **Resistencia a productos químicos:** El caucho reciclado muestra una buena resistencia a la mayoría de los productos químicos, incluidos los ácidos y bases débiles. Esta resistencia química lo convierte en un material ideal para ambientes industriales donde está expuesto a derrames de productos químicos o a la intemperie.

- **Resistencia a la oxidación:** A pesar de la vulnerabilidad del caucho a la oxidación y el deterioro debido a la radiación ultravioleta (UV), los gránulos de caucho reciclado frecuentemente se mejoran con aditivos y estabilizadores para aumentar su resistencia a estas influencias. Esto permite que el material preserve su integridad en entornos al aire libre, como superficies de parques o campos deportivos.

6. Propiedades hidráulicas.

- **Permeabilidad:** Los granos de caucho son permeables, lo que significa que permiten el paso del agua a través de ellos. Esta propiedad es beneficiosa en aplicaciones de drenaje, como en bases para césped artificial o capas de pavimento permeable, ya que evita la acumulación de agua y mejora el drenaje del terreno.

7. Propiedades medioambientales.

- **Reciclabilidad:** El grano de caucho se deriva de materiales reciclados, predominantemente neumáticos viejos, lo que lo convierte en una opción sostenible para muchos usos industriales y de construcción. La utilización de caucho reciclado mitiga la acumulación de basura en los vertederos y disminuye la necesidad de caucho virgen, contribuyendo así a reducir la huella de carbono.
- **Reducción de residuos:** Al utilizar neumáticos reciclados para producir grano de caucho, se mitigan los problemas ambientales asociados con la eliminación de neumáticos usados, que son difíciles de degradar y a menudo ocupan grandes volúmenes en vertederos.

8. Propiedades de seguridad.

- **No tóxico:** El grano de caucho reciclado que proviene de neumáticos pasa por procesos que eliminan los componentes peligrosos, como los alambres de acero y los textiles, lo que lo convierte en un material seguro para su uso en áreas como parques infantiles o pistas deportivas.

- **Antideslizante:** El caucho triturado tiene una superficie rugosa que mejora el agarre y reduce el riesgo de deslizamiento, Esto lo convierte en una opción segura para pisos en lugares donde la prevención de incidentes relacionados con caídas es esencial, como en parques, canchas y gimnasios.

2.2.6.2. Ventajas del uso de grano de caucho reciclado

El uso de grano de caucho reciclado en el concreto ofrece diversas ventajas tanto en términos de rendimiento como en sostenibilidad. En consecuencia se describen las principales ventajas de la incorporación de grano de caucho en mezclas de concreto:

- **Amortiguación y elasticidad:** Los granos de caucho confieren a los adoquines una mayor capacidad para absorber impactos y vibraciones, lo que los hace ideales para áreas donde se requiere una superficie con propiedades amortiguantes, como parques infantiles, zonas peatonales o carriles bici. Esta propiedad también reduce el desgaste de la superficie, prolongando la vida útil de los adoquines.
- **Reducción del peso:** El caucho reciclado tiene una menor densidad que los agregados tradicionales, por lo que la adición de granos de caucho puede reducir el peso total de los adoquines. Esto facilita el transporte y la instalación, además de disminuir la carga en las estructuras subyacentes.
- **Mejora en la resistencia a la abrasión:** Aunque el concreto con adición de caucho tiende a tener una resistencia a la compresión ligeramente inferior en comparación con el concreto, estudios han demostrado que mejora la resistencia a la abrasión, lo que es favorable para adoquines que estarán expuestos a tráfico peatonal o vehicular.
- **Mayor durabilidad:** Los adoquines con caucho reciclado presentan una mayor resistencia a los ciclos de congelación y descongelación, debido a la elasticidad del caucho, lo que reduce la aparición de fisuras en climas fríos. Esta propiedad también los hace más duraderos en ambientes con temperaturas extremas.

- **Sostenibilidad:** Al incorporar caucho reciclado en los adoquines de concreto, se reduce la demanda de agregados naturales y se reutiliza un material que de otro modo podría terminar en vertederos. Esta práctica contribuye a una menor explotación de recursos naturales y reduce la huella ambiental del sector de la construcción. Además, el uso de caucho reciclado evita problemas asociados con la disposición de neumáticos, como incendios y contaminación del suelo y agua.

En resumen, el grano de caucho reciclado no solo mejora el desempeño del concreto en términos de flexibilidad y durabilidad, sino que también ofrece beneficios importantes para la sostenibilidad y el medio ambiente.

2.3. Marco Conceptual

a. Adoquín de concreto.

Es un elemento de pavimentación prefabricado, fabricado a partir de una mezcla de cemento, agregados finos y gruesos, agua y, en ocasiones, aditivos. Su forma geométrica, generalmente rectangular o cuadrada, permite una fácil colocación y ensamblaje en patrones variados, siendo utilizado principalmente en superficies de tránsito peatonal o vehicular, como calles, aceras, patios y plazas.

b. Concreto.

El hormigón es un material de construcción que consiste principalmente en una mezcla de cemento, agua, agregados (como arena y grava o piedra triturada) y, ocasionalmente, aditivos para alterar sus características. Cuando se amalgaman, estos componentes crean una masa que, al fraguar y endurecerse, alcanza una fuerza y resistencia significativas.

c. Grano de caucho reciclado.

Los gránulos de caucho reciclado son sustancias particuladas derivadas de la recuperación de neumáticos u otros artículos de caucho desechados. Este proceso implica triturar los neumáticos en pequeños fragmentos, separando las fibras y metales presentes para obtener partículas de caucho de diferentes tamaños. Este grano reciclado se utiliza en diversas aplicaciones, como en la fabricación de suelos deportivos, pavimentos de seguridad, asfaltos modificados, césped artificial, entre otros.

d. Granulometría.

La granulometría es el estudio y clasificación de las partículas de un material granular, como arena, grava o suelos, según su tamaño. Este examen permite determinar la distribución del tamaño de las partículas dentro de una muestra, lo cual es esencial para comprender sus características físicas y mecánicas. La granulometría se realiza comúnmente mediante tamizado o sedimentación, lo que da como resultado una curva granulométrica que muestra la proporción de partículas de diferentes tamaños.

e. Relave minero triturado.

Los relaves mineros son productos de desecho sólidos o semilíquidos que provienen de la extracción y procesamiento de minerales de la industria minera. Durante este proceso, los minerales extraídos son triturados y tratados con diversos químicos para extraer los metales de interés, dejando un residuo compuesto principalmente de partículas finas de roca, agua y, en ocasiones, trazas de sustancias químicas utilizadas en el procesamiento.

f. Resistencia a la compresión.

Cuando un material se somete a tensiones que lo comprimen, su resistencia a la compresión es su capacidad de tolerar fuerzas que tienden a reducir su tamaño.



Esta métrica, que se define en términos de la mayor carga que un material puede soportar antes de romperse o deformarse irreversiblemente, es esencial para los materiales de construcción, incluidos el hormigón, el ladrillo y la piedra.

g. Resistencia a la flexión.

Es la capacidad de un material para resistir deformaciones o roturas cuando se le somete a una fuerza que tiende a doblarlo, es decir, cuando se le aplican cargas perpendiculares a su eje longitudinal. Este parámetro es especialmente relevante en materiales como maderas, aceros y concretos, donde se evalúa su comportamiento bajo esfuerzos combinados de tracción y compresión. La resistencia a la flexión se mide mediante ensayos que implican aplicar una carga en el centro de una muestra apoyada en sus extremos hasta que se produce su fractura.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de la investigación

El diseño del estudio es un componente esencial en el proceso de investigación que establece un plan estructurado para llevar a cabo un estudio. Este diseño guía a los investigadores en la recolección, análisis e interpretación de datos, asegurando que se cumplan los objetivos del estudio de manera efectiva y rigurosa. (Kerlinger, 2002).

El diseño de la investigación es de tipo **experimental**, ya que se evaluarán las propiedades físicas y mecánicas de los adoquines de concreto fabricados con la incorporación de relave minero triturado y grano de caucho reciclado.

3.2. Método de la investigación

El método se refiere a un conjunto sistemático de procedimientos y técnicas que los investigadores utilizan para obtener, analizar e interpretar datos con el fin de responder preguntas específicas o resolver problemas. Este enfoque es fundamental en cualquier disciplina científica, ya que proporciona la estructura necesaria para garantizar la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos. (Creswell, 2014).

El método de investigación utilizado será **cuantitativo**, ya que se emplearán mediciones y datos numéricos obtenidos a partir de ensayos de laboratorio para evaluar las propiedades de los adoquines de concreto. Se aplicarán métodos estadísticos para el análisis de los resultados, lo que permitirá establecer relaciones y comparaciones entre los distintos tipos de adoquines fabricados.

3.3. Nivel y tipo de la investigación

3.1.1. Nivel de la investigación

El nivel de la investigación se refiere al grado de conocimiento que posee el investigador en relación con el problema, hecho o fenómeno a estudiar. Este concepto varía según la profundidad y naturaleza del estudio en cuestión. (Sampieri, 2014).

El nivel de la investigación es de tipo **explicativo**, ya que se busca no solo describir las propiedades físicas y mecánicas de los adoquines, sino también explicar cómo y por qué la incorporación de relave minero triturado y grano de caucho reciclado influye en dichas propiedades.

3.1.2. Tipo de la investigación

El tipo de investigación se refiere a la clasificación de un estudio basado en diversos criterios, como su objetivo, profundidad, metodología y naturaleza de los datos. Esta categorización es fundamental para guiar el enfoque del investigador y determinar las técnicas adecuadas para la recolección y análisis de datos. (Sampieri, 2014).

El tipo de investigación es **aplicada**, ya que tiene como propósito resolver problemas concretos, como el manejo de residuos industriales (relave minero y neumáticos) y su integración en la industria de la construcción. El objetivo es generar conocimientos prácticos para la fabricación de adoquines de concreto a partir de materiales reciclados, contribuyendo a la creación de infraestructuras más sostenibles.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población de la investigación se refiere al conjunto total de individuos, objetos u observaciones que comparten características comunes y que son el foco de un estudio específico. Esta población es crucial para la investigación, ya que de ella se extraen conclusiones y generalizaciones sobre el fenómeno en cuestión. (Hernández et al., 2014, pág. 196).

La población del estudio estará constituida por todos los posibles adoquines de concreto que se fabricaron en el distrito de Ananea.

3.4.2. Muestra

es un subconjunto de individuos, objetos o elementos seleccionados de una población más grande, que se utiliza para realizar un estudio. La principal función de la muestra es permitir a los investigadores obtener conclusiones sobre la población total sin necesidad de estudiar a cada uno de sus miembros, lo que puede ser impráctico o imposible debido a limitaciones de tiempo y recursos. (Hernández et al., 2014, pág. 196).

La muestra estará conformada por una selección representativa de adoquines de concreto fabricados específicamente para este estudio. Se fabricarán diferentes series de adoquines, algunos con proporciones variables de relave minero triturado (RM) y grano de caucho reciclado (GC, y otros con materiales tradicionales para servir como control.

Tabla 2

Muestras para los ensayos

Muestra	Porcentajes de adición	Tiempo de curado			Cantidad de probetas
		7 días	14 días	28 días	
ACP	F'c =210 kg/cm2	4	4	4	12
Muestra	Con inclusión	7 días	14 días	28 días	
M-1	ACP + 15% RM	4	4	4	12
M-2	ACP + 25% RM	4	4	4	12
M-3	ACP + 35% RM	4	4	4	12
M-6	ACP + 4% GC	4	4	4	12
M-7	ACP + 8% GC	4	4	4	12
M-8	ACP + 12% GC	4	4	4	12
Total					84

Nota: Cantidad de muestras para Los adoquines de concreto

La Tabla 2 muestra la cantidad total de muestras necesarias para los ensayos de resistencia a compresión y resistencia a flexión, que asciende a 72 unidades. Para los adoquines de concreto de tipo patrón tradicional, se requiere un total de 12 unidades. En cambio, para los adoquines de concreto con la incorporación de RM y GC, el número total de muestras necesarias es de 84 unidades.

3.5. Técnicas e instrumentos

3.2.1. Técnicas

La técnica de investigación se refiere a los procedimientos y métodos sistemáticos utilizados para recopilar, analizar y presentar datos en un estudio. Estas técnicas son fundamentales para el desarrollo de la investigación, ya que permiten obtener información relevante y confiable sobre el fenómeno o problema que se está estudiando. (Sampieri, 2014).

Para este estudio se emplearon las siguientes técnicas para el desarrollo de la investigación:

- **Observación directa.**

Esta técnica de recolección de datos permitió observar y documentar de forma sistemática las características de cada componente utilizado en la mezcla. El proceso de observación se llevó a cabo tanto en condiciones reales como en entornos controlados de laboratorio, lo que permitió un análisis exhaustivo de los elementos en distintos contextos. Esta aproximación facilitó la obtención de datos precisos y detallados, proporcionando una base sólida para interpretar los resultados y evaluar el comportamiento de la mezcla en diversas condiciones.

- **Técnica experimental.**

La técnica principal será la experimental, ya que se fabricarán adoquines de concreto con la incorporación de relave minero triturado y grano de caucho reciclado. Se realizarán pruebas controladas para medir las propiedades físicas y mecánicas de

estos adoquines. Esta técnica permitirá observar de manera directa cómo la variación en la composición de los adoquines afecta su desempeño.

- **Técnica de recolección de datos.**

Los datos sobre las propiedades de los adoquines serán recolectados a través de ensayos de laboratorio. Las mediciones cuantitativas permitirán realizar comparaciones entre los diferentes tipos de adoquines fabricados (con y sin materiales reciclados).

3.2.2. *Instrumentos*

Los instrumentos de investigación son herramientas específicas utilizadas para recopilar y analizar datos en un estudio. Son fundamentales en el proceso de investigación, ya que permiten a los investigadores obtener información precisa y confiable sobre el fenómeno o problema que están estudiando. (Hernández et al., 2014).

Se emplearon las siguientes herramientas tanto en el estudio real como durante todo el proceso de investigación:

- **Equipos y herramientas de laboratorio:** Se emplearon diversos instrumentos especializados que permitieron realizar mediciones precisas y ensayos en condiciones controladas, esenciales para obtener datos confiables sobre las propiedades de las muestras.
- **Fichas de recolección de datos de campo:** Estas fichas facilitaron el registro estructurado de observaciones y resultados obtenidos directamente en el sitio de estudio, asegurando que la información recopilada en campo fuera sistemática y fácilmente analizable.
- **Software de análisis de datos:** Se utilizó un software especializado para procesar y analizar la información recopilada, lo cual permitió interpretar los datos de manera efectiva y generar conclusiones fundamentadas sobre los hallazgos del estudio.

3.6. Proceso de recolección de datos

3.3.1. Desarrollo del plan de investigación

A continuación se muestra un desglose de las fases de recopilación de datos:

Etapas I: Procedencia de los materiales.

- a) **Recolección de muestras de agregados naturales:** Los materiales necesarios para los ensayos y la fabricación de adoquines de concreto fueron obtenidos de la cantera de Ananea, ubicada en el distrito del mismo nombre. Esta cantera suministra agregados esenciales, como arena y grava, los cuales son fundamentales para la producción de concreto y la preparación de los adoquines. Los agregados extraídos de esta cantera pasan por un riguroso proceso de selección y tratamiento, asegurando que cumplan con los estándares y especificaciones técnicas requeridas para su uso en la construcción. Este control de calidad es vital para garantizar que los materiales finales posean las propiedades físicas y mecánicas adecuadas para soportar las condiciones exigentes de su aplicación en infraestructura.

Figura 4

Ubicación de la cantera Ananea



Nota: Cantera del distrito de Ananea, tomado de Google Maps.

- b) Obtención del relave minero triturado:** El relave minero es el material de desecho que resulta del procesamiento de minerales durante la extracción de metales valiosos, donde se separan los minerales útiles del material sin valor. Este residuo está compuesto por rocas trituradas, agua y productos químicos utilizados en el proceso de separación, y generalmente es almacenado en depósitos especiales llamados presas o embalses de relaves para evitar su dispersión y minimizar su impacto ambiental.

Figura 5

Relave minero



Nota: Relave minero, tomado de la cantera del distrito de Ananea.

- c) Obtención del grano de caucho reciclado:** Se obtiene a través del reciclaje de neumáticos fuera de uso mediante un proceso que incluye la trituración mecánica de los neumáticos en pequeños fragmentos, la separación de materiales como acero y fibra textil, y la posterior reducción del caucho en partículas finas. Estas partículas, conocidas como granulado de caucho, pueden variar en tamaño según el uso previsto y se emplean en diversas aplicaciones, como en la fabricación de superficies deportivas, asfalto modificado o productos de caucho reciclado.

Figura 6*Grano de caucho reciclado*

Nota: Grano de caucho para la elaboración del adoquín.

Etapas II: Ensayos en laboratorio.

En esta etapa, se llevaron a cabo los ensayos y pruebas establecidos para evaluar los agregados provenientes de la cantera de Ananea. Estos ensayos se enfocaron en verificar la calidad de los materiales, asegurando que cumplieran con las especificaciones técnicas y los estándares necesarios para su uso en la fabricación de adoquines de concreto.

Los procedimientos incluyeron una serie de pruebas específicas diseñadas para medir propiedades clave, como la resistencia, la durabilidad y la granulometría de los agregados. Estas pruebas permitieron obtener datos precisos sobre el comportamiento de los materiales bajo condiciones controladas, los cuales son fundamentales para garantizar la fiabilidad y el rendimiento del producto final.

✚ ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.

Este ensayo es fundamental en la caracterización de los materiales, ya que la granulometría influye en propiedades como la permeabilidad, la resistencia, la capacidad de compactación, entre otras.

Procedimiento:

- **Tamaño de la muestra:** Dependiendo del tipo de material y el tamaño máximo de las partículas, se determina el peso de la muestra. Para agregados finos y suelos,

se recomienda una muestra de 500 g a 1 kg, mientras que para agregados gruesos se pueden utilizar muestras de 2 a 5 kg.

- Secado de la muestra: Colocar la muestra en el horno a una temperatura de 105°C - 110°C durante al menos 24 horas para eliminar la humedad.
- - Peso inicial: La muestra se pesa en una balanza una vez seca y el resultado se anota como peso inicial de la muestra.
- Selección de tamices: Se elige un juego de tamices adecuado para la fracción de suelo o agregado que se va a analizar. Generalmente, se emplean tamices con aberturas que varían desde los 4.75 mm (número 4) hasta 0.075 mm (número 200) para suelos finos.
- Colocación de los tamices: Se apilan los tamices en orden descendente, es decir, desde el tamiz de abertura más grande (superior) hasta el de abertura más pequeña (inferior), colocando una charola recolectora en la parte inferior.
- Vertido de la muestra: La muestra seca se vierte en el tamiz superior.
- Agitación: Se coloca el conjunto de tamices en el agitador mecánico y se agita durante un tiempo determinado, normalmente entre 10 y 15 minutos. Si no se dispone de un agitador mecánico, el tamizado puede hacerse manualmente, agitando con movimientos circulares y golpes suaves.
- Una vez terminado el tamizado, se pesan las fracciones retenidas en cada tamiz y se anotan. Es importante limpiar cuidadosamente cada tamiz para asegurar que todo el material retenido sea recogido.
- El peso del material retenido en cada tamiz se divide por el peso total de la muestra y el resultado se multiplica por 100 para determinar el porcentaje retenido en cada tamiz.
- Porcentaje acumulado retenido: Se calcula sumando los porcentajes retenidos en ese tamiz y en todos los tamices superiores.

- Porcentaje de paso: el porcentaje acumulado retenido se resta del 100% para determinar la proporción que pasa por un tamiz en particular.

ENSAYO DE VARIABILIDAD DIMENSIONAL.

El ensayo de variación dimensional es fundamental para asegurar la calidad de estos elementos, ya que las dimensiones precisas son clave para su correcto acoplamiento y desempeño en la construcción de pavimentos. Este ensayo se utiliza para verificar si los adoquines cumplen con las tolerancias dimensionales especificadas por las normas técnicas y estándares internacionales:

Procedimiento:

- Se debe seleccionar una muestra representativa de los adoquines que se van a ensayar. El número de adoquines a medir dependerá de la norma que se siga; sin embargo, es común tomar una muestra de al menos 10 unidades para un lote.
- Largo, ancho y espesor: Usando el calibrador Vernier o una regla calibrada, se deben medir las tres dimensiones principales de cada adoquín: largo, ancho y espesor. Se recomienda medir en varios puntos del adoquín para obtener un promedio más preciso de cada dimensión.

Largo: Medir a lo largo de la cara superior del adoquín.

Ancho: Medir el lado más corto de la cara superior.

Espesor: Medir desde la parte superior hasta la base del adoquín.

- Se realizan las mediciones en al menos tres puntos diferentes en cada dimensión (preferentemente en los extremos y en el centro), y se registra el valor promedio.
- Una vez obtenidas las dimensiones promedio, se comparan con las dimensiones nominales especificadas por el fabricante o por la normativa aplicable.
- Las normas de fabricación especifican las tolerancias permitidas para cada dimensión.

- La variación en las dimensiones de longitud y anchura no debe exceder los ± 2 mm con respecto a las dimensiones nominales.
- La variación en el espesor no debe exceder los ± 3 mm.
- Si los adoquines están dentro de las tolerancias especificadas, se considera que cumplen con las normas dimensionales. Si exceden las tolerancias, deben ser rechazados o sometidos a una nueva revisión.

ENSAYO DE ALABEO:

El ensayo de alabeo es un procedimiento que se utiliza para medir la deformación de las superficies planas de los adoquines. Esta deformación, conocida como alabeo, ocurre cuando las esquinas o bordes del adoquín no se mantienen nivelados debido a un secado o curado desigual, generando una curvatura no deseada. El alabeo puede comprometer la estabilidad y apariencia de la pavimentación, por lo que su control es esencial:

Procedimiento:

- Se selecciona una cantidad representativa de adoquines para el ensayo, de acuerdo con las especificaciones de la normativa correspondiente. Generalmente, se elige un mínimo de 10 a 15 adoquines por lote para realizar las mediciones.
- Se coloca cada adoquín individualmente sobre una superficie plana y rígida, como una mesa de granito o acero perfectamente nivelada. Es importante que la superficie sea lisa y no presente ninguna curvatura que pueda influir en el resultado del ensayo.
- Colocación del adoquín: Se coloca el adoquín sobre la superficie plana y se verifican visualmente si las esquinas o bordes se levantan del plano.

- Con la ayuda de una regla metálica o calibrador, se mide la distancia entre la superficie plana y el punto más alto de las esquinas o bordes levantados del adoquín.
- Se toma esta medición en al menos cuatro puntos del adoquín, que corresponden a cada una de las esquinas del mismo.
- Si se detecta una separación entre la superficie de apoyo y alguna esquina, se mide el máximo alabeo en milímetros.
- De acuerdo con la norma NTP, la magnitud máxima permitida de alabeo no debe exceder los 3 mm. Si el adoquín presenta una deformación superior a este valor, se considera que no cumple con las especificaciones técnicas.
- Este proceso se repite con todos los adoquines de la muestra seleccionada, asegurándose de realizar las mediciones en las cuatro esquinas de cada adoquín.

ENSAYO DE ABSORCIÓN:

El ensayo de absorción es un procedimiento utilizado para determinar la cantidad de agua que un adoquín puede absorber bajo condiciones controladas. Este ensayo es importante porque la capacidad de absorción de agua de un adoquín está relacionada con su durabilidad y resistencia frente a los ciclos de congelación y deshielo, así como a la acción de agentes climáticos o químicos:

Procedimiento:

- Selección de los adoquines: Se debe seleccionar una muestra representativa del lote de adoquines. Según la norma, se suelen ensayar entre 5 y 10 adoquines por lote.
- Limpieza de los adoquines: Los adoquines deben estar libres de polvo, residuos u otros contaminantes que puedan afectar los resultados del ensayo. Si es necesario, se lavan con agua y se dejan secar.

- Los adoquines deben hornearse entre 105°C y 110°C hasta que su peso se mantenga constante. Aunque los tiempos de secado pueden variar, normalmente duran al menos 24 horas.
- Los adoquines se sacan del horno y se dejan enfriar a temperatura ambiente después del secado.
- Peso seco: Una vez que los adoquines se han enfriado, se pesan en la balanza y se registra este valor como el peso seco.
- Durante un mínimo de veinticuatro horas, los adoquines secos se sumergen completamente en agua a temperatura ambiente. Los adoquines deben quedar completamente cubiertos por el contenedor, que debe tener un tamaño suficiente.
- Durante este tiempo, los adoquines absorben agua, lo que permite determinar su capacidad de absorción.
- Pasadas las 24 horas de inmersión, se retiran los adoquines del agua.
- Se eliminan cuidadosamente las gotas de agua en la superficie de los adoquines con una toalla o trapo absorbente, asegurándose de no secar en exceso, ya que esto podría afectar los resultados.
- Peso saturado: Inmediatamente después de secar la superficie, se pesa cada adoquín en la balanza, registrando este valor como el peso saturado.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:

Una de las características más importantes de los materiales de construcción, como el hormigón, es su resistencia que mide cuánto peso pueden soportar antes de fallar. Este ensayo es fundamental en la evaluación de la calidad de los adoquines de concreto y otros elementos estructurales, asegurando que cumplan con las especificaciones técnicas y normativas vigentes:

Procedimiento:

- Se seleccionan de 5 a 10 adoquines representativos del lote que se va a evaluar. Las muestras deben ser lo suficientemente homogéneas en cuanto a tamaño y forma para garantizar que los resultados del ensayo sean representativos.
- Los adoquines deben estar completamente secos y libres de defectos visibles que puedan influir en los resultados del ensayo.
- Se miden las dimensiones del adoquín (largo, ancho y espesor), ya que estas dimensiones son necesarias para calcular el área de carga y, por tanto, la resistencia a la compresión.
- El adoquín se coloca de manera que la carga se aplique de forma perpendicular a la cara que estará en contacto con el pavimento durante su uso.
- Se colocan placas metálicas en contacto con las superficies de carga del adoquín para asegurar una distribución uniforme de la carga aplicada.
- La máquina de compresión comienza a aplicar una carga creciente de manera uniforme y continua sobre el adoquín hasta que se produce la falla del material (fractura).
- Durante el proceso, se registra la carga máxima soportada por el adoquín en el momento de la fractura.
- Una vez que el adoquín falla, se registra la carga máxima alcanzada.

Etapa III: Análisis y evaluación de resultados.

En este punto se realizará una presentación detallada de los hallazgos de la evaluación. Para que sea más fácil ver las diferencias entre los distintos grupos evaluados, los datos se ordenarán en tablas comparativas. Se comparará una amplia gama de indicadores, como porcentajes y otras cifras pertinentes, que permitirán examinar patrones y diferencias entre los distintos grupos de edad investigados.



Estas tablas también ofrecerán un resumen exhaustivo de los hallazgos, enfatizando los detalles más importantes para una interpretación precisa. Esto hará posible detectar tendencias y conexiones importantes que nos ayudarán a comprender mejor los datos evaluados.

3.7. Procesamiento y análisis de datos

Los datos de laboratorio se calcularon, analizaron e interpretaron en esta sección utilizando un software analítico. Se crearon tablas y figuras para ayudar a la comprensión.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados obtenidos

a) Ensayo de granulometría de los agregados:

Tabla 3

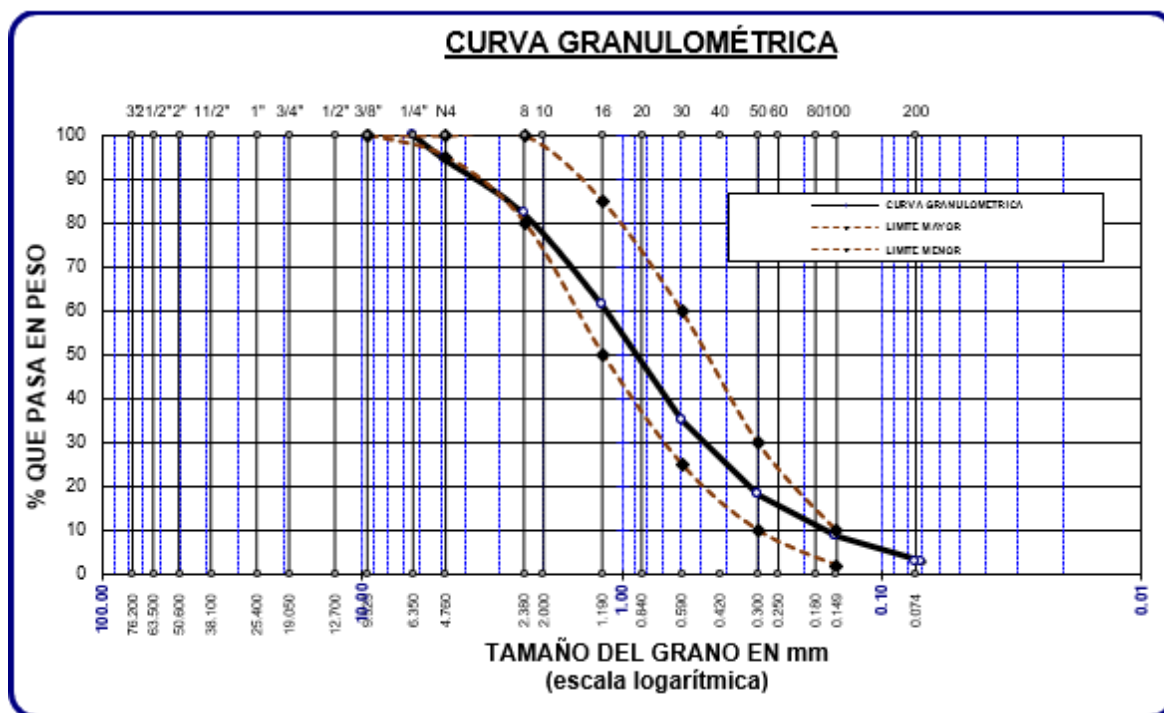
Granulometría del agregado fino

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especif.
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100%
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	
No4	4.760	28.52	5.70	5.70	94.30	95 - 100%
No8	2.380	61.04	12.21	17.91	82.09	80 - 100%
No10	2.000					
No16	1.190	104.36	20.87	38.78	61.22	50 - 85%
No20	0.840					
No30	0.590	130.47	26.09	64.88	35.12	25 - 60%
No40	0.420					
No 50	0.300	85.12	17.02	81.90	18.10	10 - 30%
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.149	47.11	9.42	91.32	8.68	2 - 10%
No200	0.074	28.53	5.71	97.03	2.97	
Base		14.85	2.97	100	0.00	
Total		500.00	100.00			
% Perdida		2.97				

Nota: Sintetizado de los resultados de la evaluación.

Figura 7

Granulometría del agregado fino



La figura 7, muestra la curva granulométrica del agregado fino.

Tabla 4

Granulometría del agregado grueso

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especif.
3"	76.200					
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	16.00	0.46	0.46	99.54	
1"	25.400	88.00	2.51	2.97	97.03	100%
3/4"	19.050	592.00	16.91	19.89	80.11	90 - 100%
1/2"	12.700	1029.00	29.40	49.29	50.71	
3/8"	9.525	481.00	13.74	63.03	36.97	20 - 55%
1/4"	6.350					
No 4	4.760	1289.00	36.83	99.86	0.14	0 - 10%
Base		5.00	0.14	100.00	0.00	
Total		3500.00	100.00			
% Perdida		0.14				

Nota: Sintetizado de los resultados de la evaluación.

Figura 8

Granulometría del agregado DME

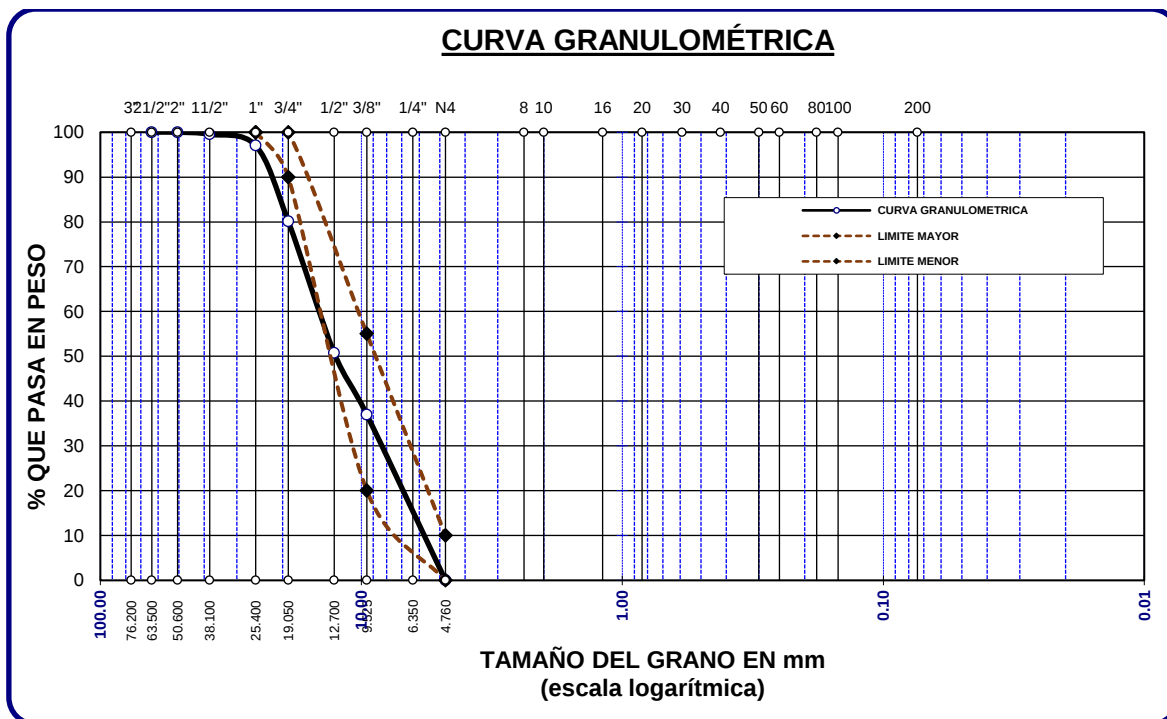
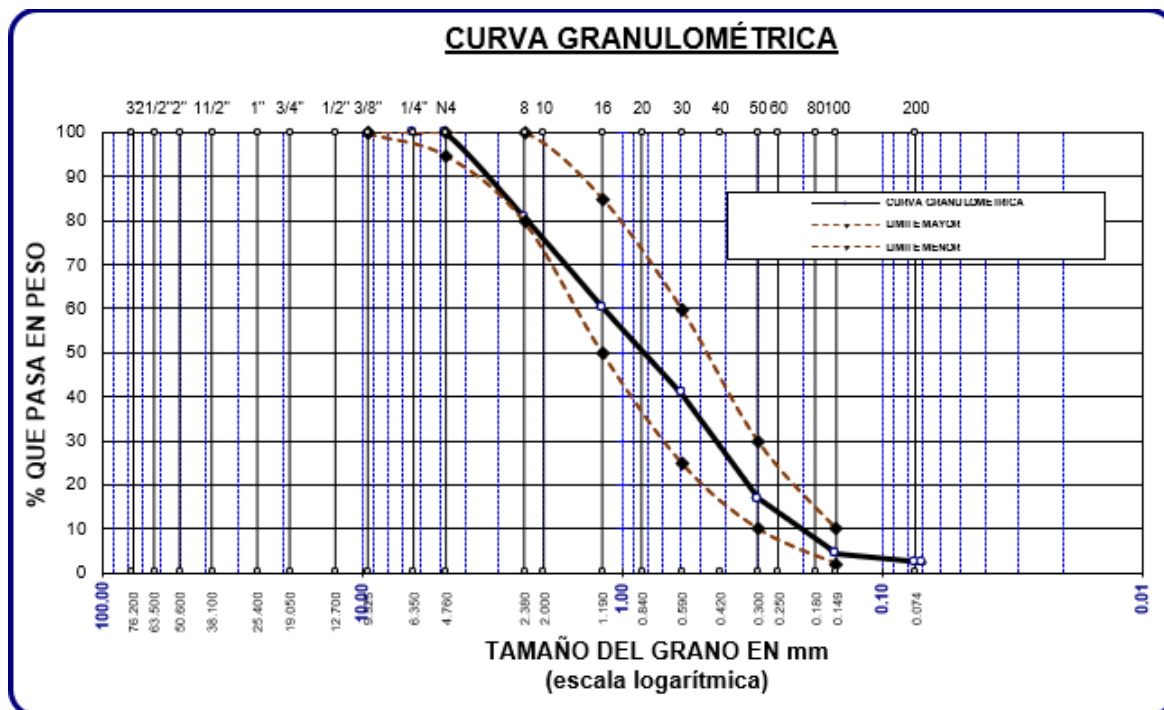


Figura 9

Granulometría del agregado DME



La figura 9, presenta la curva granulométrica del agregado DME.

b) Contenido de humedad:

Tabla 6

Humedad de los agregados

Descripción	Agregado fino (gr)	Agregado Grueso (gr)
Peso de la muestra húmeda + tarro	405.12	420.23
Peso de la muestra seca + tarro	395.08	416.68
Peso del tarro	40.00	40.00
Peso de la muestra húmeda	365.12	380.23
Peso de la muestra seca	355.08	376.68
Peso del agua	10.04	3.55
% humedad	2.83	0.94

La Tabla 6 presenta los resultados del análisis de las muestras de agregados, con un enfoque particular en los niveles de humedad presentes en cada muestra. El análisis mostró que el contenido de humedad de las dos muestras evaluadas fue de 2,83% y 0,94%, para cada caso.

c) Proporciones para el diseño de mezclas del adoquín de concreto

A continuación, se especifican las proporciones de los materiales utilizados en la fabricación de adoquines de concreto con una resistencia de 210 kg/cm². Estos valores fueron determinados con base en los registros de control de calidad del laboratorio, asegurando que la mezcla cumpla con los estándares de resistencia y durabilidad requeridos.

Tabla 7*Diseño de mezcla*

Agregado	Dosificación en	Proporción en	Dosificación en	Proporción en
	Peso seco	Volumen	Peso húmedo	Volumen
	(Kg/m ³)	Peso Seco	(Kg/m ³)	Peso Húmedo
Cemento	339.29	1.00	339.29	1.00
Agua	190.00	0.56	187.22	0.55
A. Grueso	790.60	2.33	798.05	2.35
A. Fino	927.17	2.73	953.39	2.81
Aire	2.0%		2.0%	

La Tabla 7, presenta las dosificaciones de los materiales, especificadas en peso y volumen, que se emplearán en la elaboración de adoquines de concreto.

d) Proporciones para el diseño de mezcla del AC + 15% Relave Minero**Tabla 8***Diseño de mezcla del AC + 15% RM*

Agregado	Dosificación en	Proporción en	Dosificación en
	Peso seco	Volumen	Peso húmedo
	(Kg/m ³)	Peso Seco	(Kg/m ³)
Cemento	339.29	1.00	339.29
Agua	190.00	0.56	187.22
A. Grueso	739.71	2.33	798.05
A. Fino	927.17	2.73	953.39
Aire	2.0%		2.0%
15% RM	50.89	0.150	50.89

La tabla 8, muestran el diseño del AC + 15% RM, alcanzando resultados de 50.89 kg.

e) Proporciones para el diseño de mezcla del AC + 25% Relave Minero**Tabla 9***Diseño de mezcla del AC + 25% RM*

Agregado	Dosificación en Peso seco	Proporción en Volumen	Dosificación en Peso húmedo
	(Kg/m3)	Peso Seco	(Kg/m3)
Cemento	339.29	1.00	339.29
Agua	190.00	0.56	187.22
A. Grueso	705.78	2.33	798.05
A. Fino	927.17	2.73	953.39
Aire	2.0%		2.0%
25% RM	84.82	0.250	84.82

La tabla 9, muestran el diseño del AC + 25% RM, alcanzando resultados de 84.82 kg.

f) Proporciones para el diseño de mezcla del AC + 35% Relave Minero**Tabla 10***Diseño de mezcla del AC + 35% RM*

Agregado	Dosificación en Peso seco	Proporción en Volumen	Dosificación en Peso húmedo
	(Kg/m3)	Peso Seco	(Kg/m3)
Cemento	339.29	1.00	339.29
Agua	190.00	0.56	187.22
A. Grueso	671.85	2.33	798.05
A. Fino	927.17	2.73	953.39
Aire	2.0%		2.0%
35% RM	118.75	0.350	118.75

La tabla 10, muestran el diseño del AC + 35% RM, alcanzando resultados de 118.75 kg.

g) Proporciones para el diseño de mezcla del AC + 4% Grano de caucho**Tabla 11***Diseño de mezcla del AC + 4% GC*

Agregado	Dosificación en Peso seco	Proporción en Volumen	Dosificación en Peso húmedo
	(Kg/m ³)	Peso Seco	(Kg/m ³)
Cemento	339.29	1.00	339.29
Agua	190.00	0.56	187.22
A. Grueso	790.60	2.33	798.05
A. Fino	927.17	2.73	953.39
Aire	2.0%		2.0%
4.0% GC	13.57	0.0400	13.57

La tabla 11, muestran el diseño del AC + 4.0% GC, alcanzando resultados de 13.57 kg.

h) Proporciones para el diseño de mezcla del AC + 8.0% Grano de Caucho**Tabla 12***Diseño de mezcla del AC + 8.0% GC*

Agregado	Dosificación en Peso seco	Proporción en Volumen	Dosificación en Peso húmedo
	(Kg/m ³)	Peso Seco	(Kg/m ³)
Cemento	339.29	1.00	339.29
Agua	190.00	0.56	187.22
A. Grueso	790.60	2.33	798.05
A. Fino	927.17	2.73	953.39
Aire	2.0%		2.0%
8.0% GC	27.14	0.0800	27.14

La tabla 12, muestran el diseño del AC + 8.0% GC, alcanzando resultados de 27.14 kg.



i) Proporciones para el diseño de mezcla del AC + 12% Grano de Caucho

Tabla 13

Diseño de mezcla del AC + 12% GC

Agregado	Dosificación en Peso seco	Proporción en Volumen	Dosificación en Peso húmedo
	(Kg/m ³)	Peso Seco	(Kg/m ³)
Cemento	339.29	1.00	339.29
Agua	190.00	0.56	187.22
A. Grueso	790.60	2.33	798.05
A. Fino	927.17	2.73	953.39
Aire	2.0%		2.0%
12% GC	40.71	0.1200	40.71

La tabla 13, muestran el diseño del AC + 12% GC, alcanzando resultados de 40.71 kg.

4.1.1. Resultados sobre la adición de relave minero triturado y grano de caucho reciclado en las propiedades físicas de adoquines de concreto

4.1.1.1. Absorción del adoquín de concreto

Tabla 14

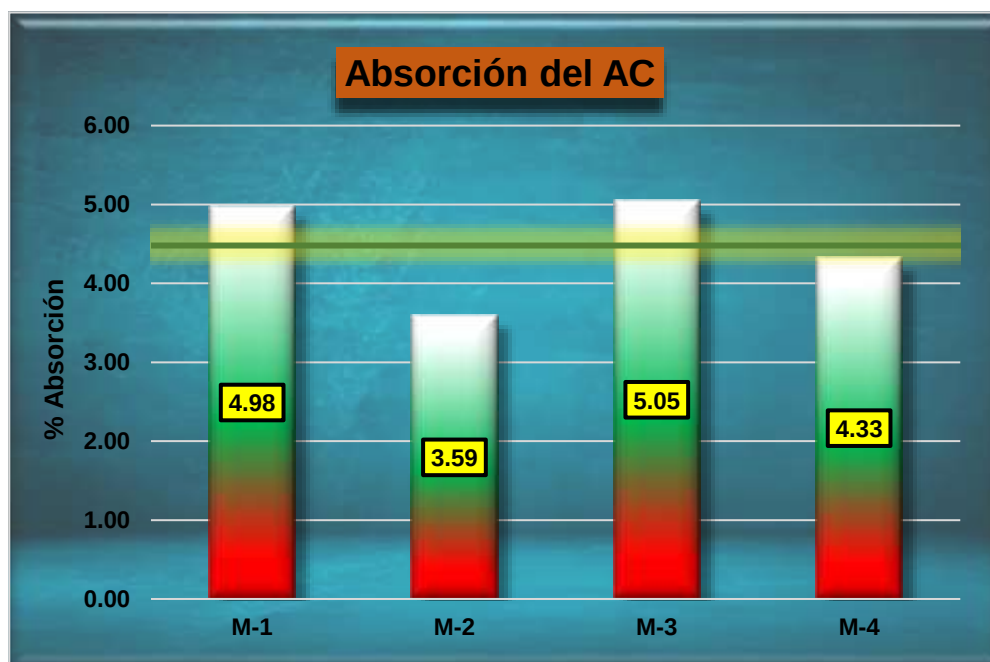
Absorción del adoquín de concreto

Muestra	Descripción de la muestra	Peso seco	Peso saturado	% Absorción
M - 1	AC	2.21	2.32	4.98
M - 2	AC	2.23	2.31	3.59
M - 3	AC	2.18	2.29	5.05
M - 4	AC	2.31	2.41	4.33
Promedio				4.48

La tabla 14, muestra los resultados de absorción de agua de los adoquines de concreto para las cuatro muestras evaluadas.

Figura 10

Absorción del adoquín de concreto



La figura 10, ilustra los hallazgos de la absorción del adoquín de concreto para las cuatro muestras. Con una absorción más alta de 4.48%.

1) Absorción del adoquín de concreto + 15% RM

Tabla 15

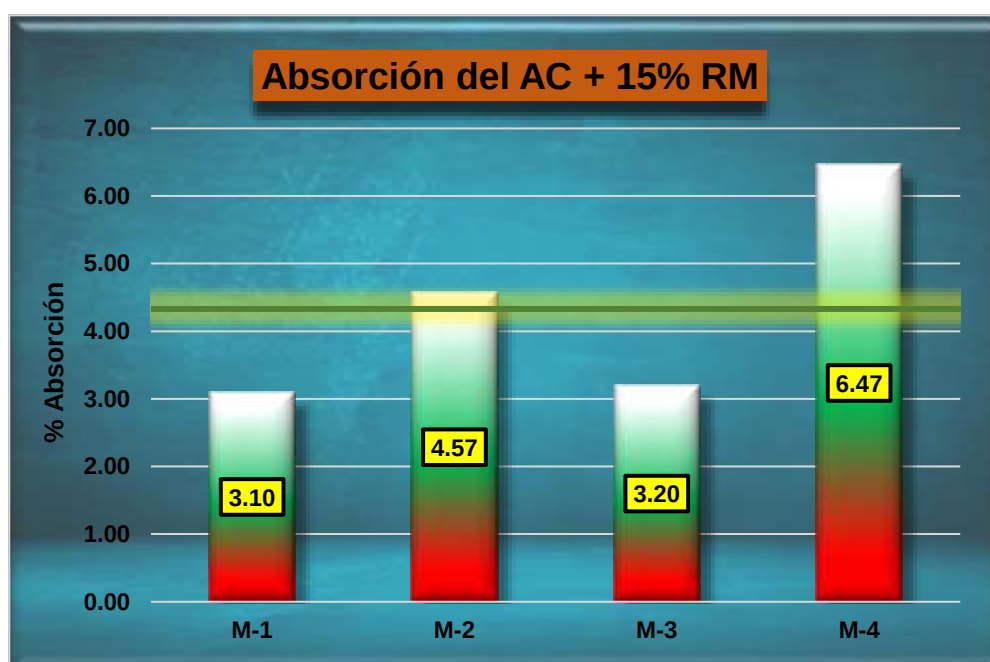
Absorción del adoquín de concreto + 15% RM

Muestra	Descripción de la muestra	Peso seco	Peso saturado	% Absorción
M - 1	AC + 15% RM	2.26	2.33	3.10
M - 2	AC + 15% RM	2.19	2.29	4.57
M - 3	AC + 15% RM	2.19	2.26	3.20
M - 4	AC + 15% RM	2.47	2.47	6.47
Promedio				4.33

La tabla 15, muestra los hallazgos de la absorción del adoquines de concreto que contienen un 15% de relave minero como parte de su composición. Se realizaron pruebas en cuatro muestras, obteniéndose un promedio de absorción del 4,33%.

Figura 11

Absorción del adoquín de concreto + 15% RM



La figura 11, muestran los hallazgos de la absorción del adoquín de concreto para las cuatro muestras. cada una de ellas evaluadas con una inclusión del 15% de relave minero.

2) Absorción del adoquín de concreto + 25% RM

Tabla 16

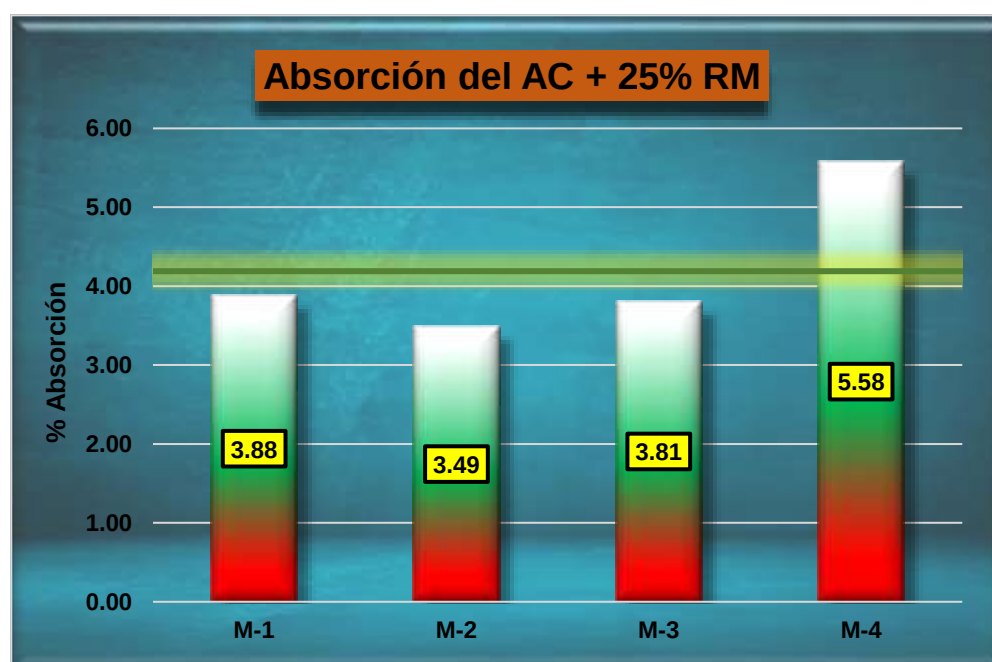
Absorción del adoquín de concreto + 25% RM

Muestra	Descripción de la muestra	Peso seco	Peso saturado	% Absorción
M - 1	AC + 25% RM	2.32	2.41	3.88
M - 2	AC + 25% RM	2.29	2.37	3.49
M - 3	AC + 25% RM	2.36	2.45	3.81
M - 4	AC + 25% RM	2.33	2.46	5.58
Promedio				4.19

La tabla 16, muestra los hallazgos de la absorción del adoquines de concreto que contienen un 25% de relave minero como parte de su composición. Se realizaron pruebas en cuatro muestras, obteniéndose un promedio de absorción del 4,19%.

Figura 12

Absorción del adoquín de concreto + 25% RM



La figura 12, muestran los hallazgos de la absorción del adoquín de concreto para las cuatro muestras. cada una de ellas evaluadas con una inclusión del 25% de relave minero.

3) Absorción del adoquín de concreto + 35% RM

Tabla 17

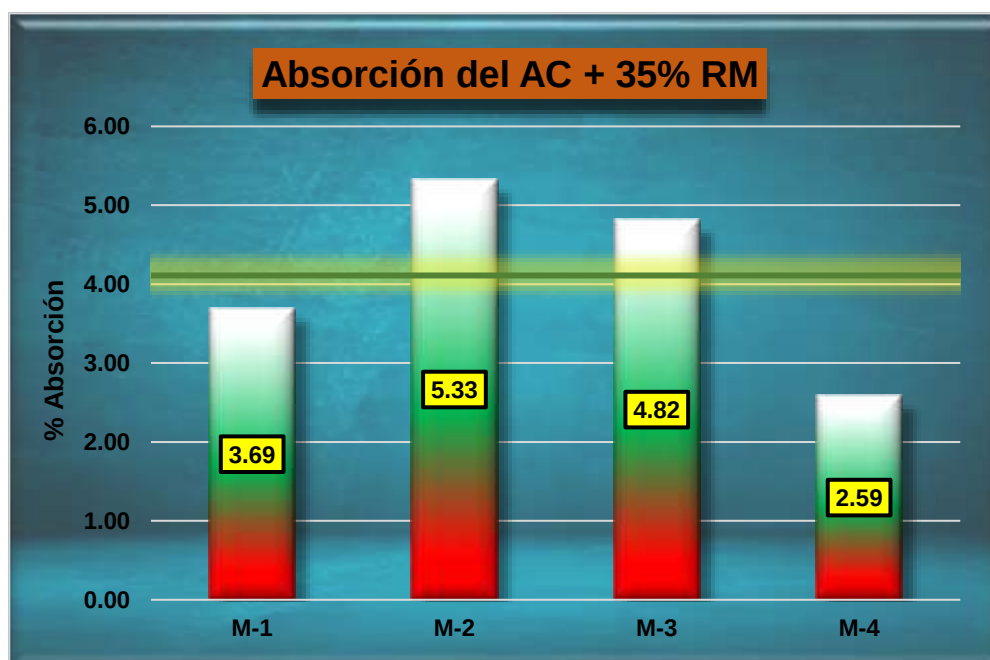
Ensayo de absorción del adoquín de concreto + 35% RM

Muestra	Descripción de la muestra	Peso seco	Peso saturado	% Absorción
M - 1	AC + 35% RM	2.17	2.25	3.69
M - 2	AC + 35% RM	2.25	2.37	5.33
M - 3	AC + 35% RM	2.28	2.39	4.82
M - 4	AC + 35% RM	2.32	2.38	2.59
Promedio				4.11

La tabla 17, muestra los hallazgos de la absorción del adoquines de concreto que contienen un 35% de relave minero como parte de su composición. Se realizaron pruebas en cuatro muestras, obteniéndose un promedio de absorción del 4,11%.

Figura 13

Absorción del adoquín de concreto + 35% RM



La figura 13, muestran los hallazgos de la absorción del adoquín de concreto para las cuatro muestras. cada una de ellas evaluadas con una inclusión del 35% de relave minero.

4.1.1.2. Variación dimensional del adoquín de concreto

Tabla 18

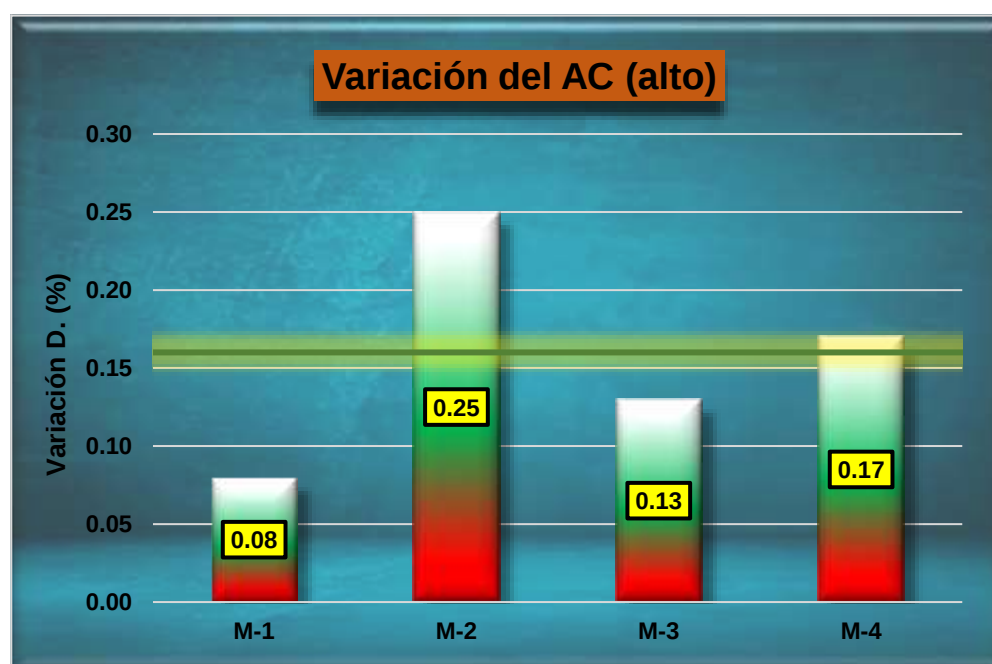
Variación dimensional del adoquín

Muestra	Descripción de la muestra	Alto (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	AC	5.95	5.99	6.02	6.02	6.00	0.08
M-2	AC	6.00	6.02	5.97	5.95	5.99	0.25
M-3	AC	6.01	6.00	5.96	6.00	5.99	0.13
M-4	AC	6.00	5.98	6.03	5.95	5.99	0.17
Promedio de la variación							0.16

Nota: Sintetizados de la evaluación realizada en laboratorio.

Figura 14

Variación del adoquín



La figura 14, muestra las variaciones registradas en las dimensiones de los adoquines de concreto, poniendo especial atención en la medición de la altura. Durante el análisis, se observó la variación más alta de 0,25% del alto del adoquín.

Tabla 19

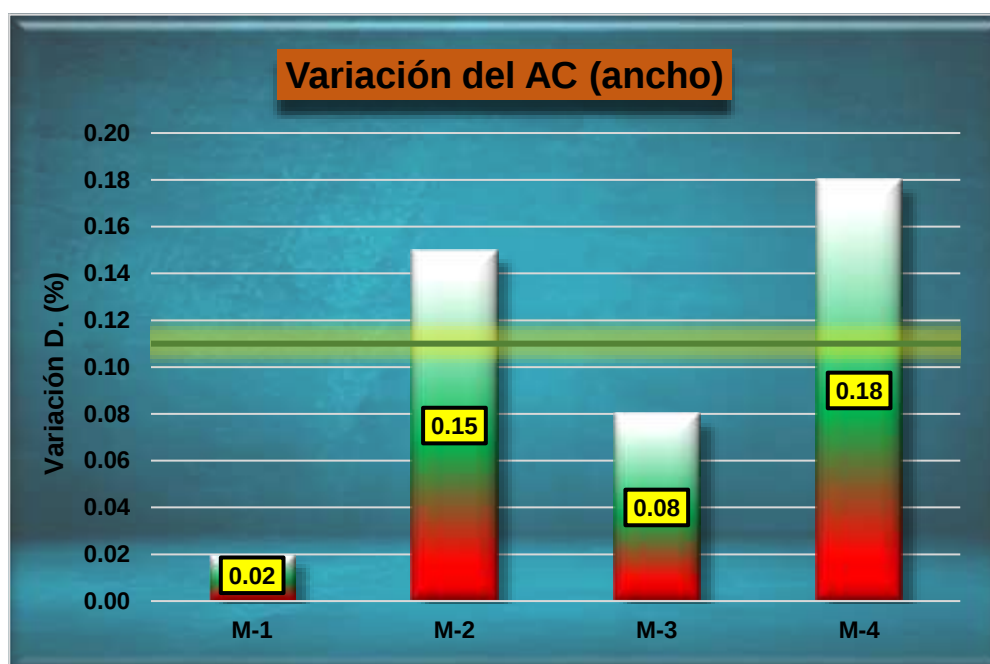
Variación dimensional del adoquín de concreto (ancho)

Muestra	Descripción de la muestra	Ancho (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	AC	10.02	9.95	10.05	9.97	10.00	0.02
M-2	AC	10.01	10.00	9.98	9.95	9.99	0.15
M-3	AC	9.98	9.96	10.02	10.01	9.99	0.08
M-4	AC	9.95	10.01	10.00	9.97	9.98	0.18
Promedio de la variación							0.11

Nota: Sintetizados de la evaluación realizada en laboratorio

Figura 15

Variación del adoquín de concreto (ancho)



La figura 15, muestra las variaciones registradas en las dimensiones de los adoquines de concreto, poniendo especial atención en la medición de la altura. Durante el análisis, se observó la variación más alta de 0,15% del ancho de adoquín.

Tabla 20

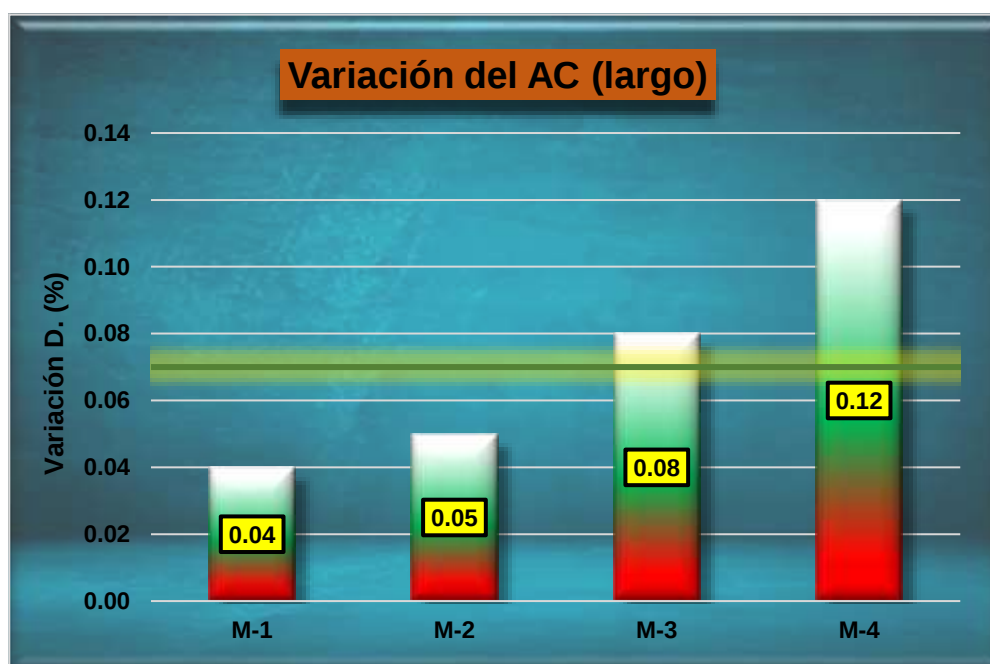
Variación dimensional del adoquín de concreto (largo)

Muestra	Descripción de la muestra	Largo (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	AC	20.00	20.03	19.98	19.96	19.99	0.04
M-2	AC	19.97	20.01	19.95	20.03	19.99	0.05
M-3	AC	19.95	19.97	20.02	20.00	19.99	0.08
M-4	AC	19.98	19.94	20.03	19.95	19.98	0.12
Promedio de la variación							0.07

Nota: Sintetizados de la evaluación realizada en laboratorio

Figura 16

Variación del adoquín de concreto (largo)



La figura 16, muestra las variaciones registradas en las dimensiones de los adoquines de concreto, poniendo especial atención en la medición de la altura. Durante el análisis, se observó la variación más alta de 0,15% de largo del adoquín.

a) Variación dimensional del adoquín de concreto + 15% RM

Tabla 21

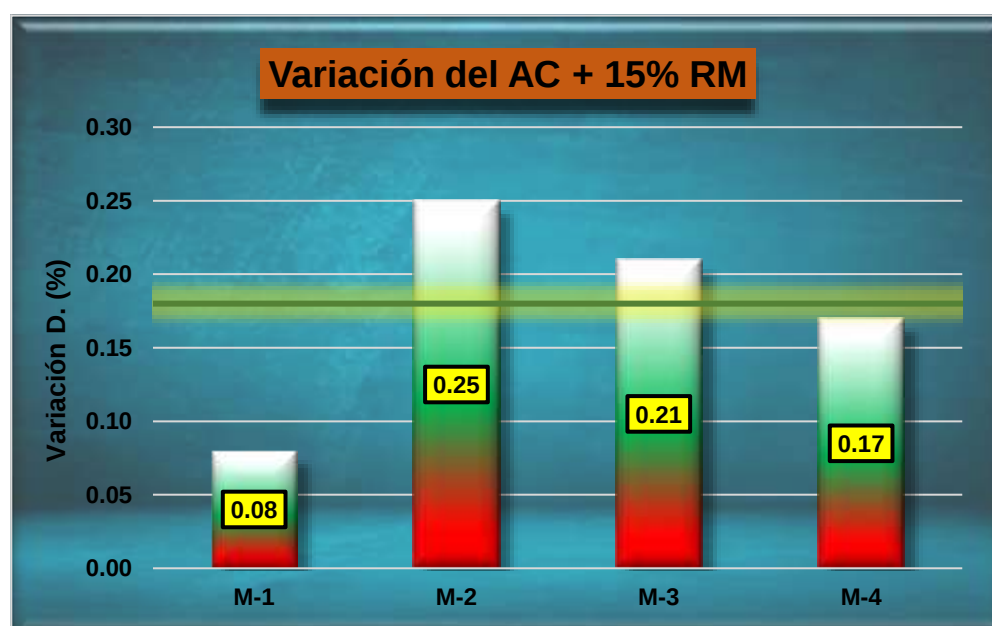
Variación dimensional del adoquín de concreto 15% RM

Muestra	Descripción de la muestra	Alto (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	AC + 15% RM	5.95	5.98	6.03	6.02	6.00	0.08
M-2	AC + 15% RM	6.00	6.02	5.97	5.95	5.99	0.25
M-3	AC + 15% RM	5.99	6.00	5.96	6.00	5.99	0.21
M-4	AC + 15% RM	6.00	5.98	6.03	5.95	5.99	0.17
Promedio de la variación							0.18

Nota: Sintetizados de la evaluación realizada en laboratorio.

Figura 17

Variación del adoquín de concreto (alto)



La figura 17, muestra la variación en las dimensiones de los adoquines de concreto que contienen un 15% de relave minero. Para este análisis, se evaluaron cuatro muestras, y se observó una variación máxima de 0,25%. Este resultado indica una modificación leve pero significativa en las dimensiones del adoquín, lo cual es relevante para garantizar que cumpla con los estándares de uniformidad requeridos.

Tabla 22

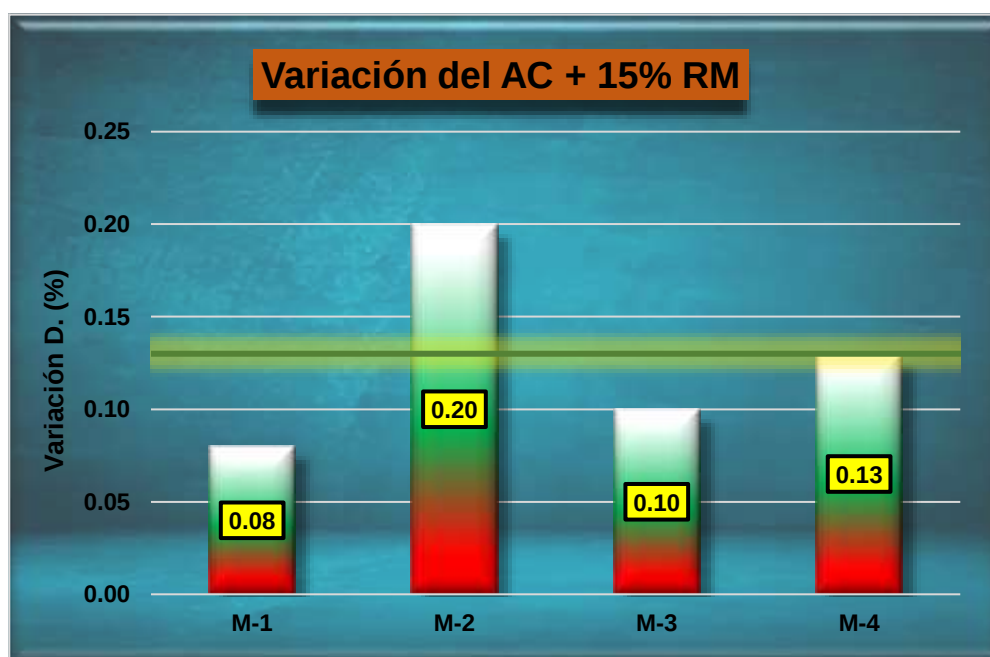
Variación dimensional del adoquín de concreto 15% RM

Muestra	Descripción de la muestra	Ancho (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	AC + 15% RM	10.02	9.95	10.03	9.97	9.99	0.08
M-2	AC + 15% RM	10.01	10.00	9.96	9.95	9.98	0.20
M-3	AC + 15% RM	9.98	9.96	10.02	10.00	9.99	0.10
M-4	AC + 15% RM	9.95	10.03	10.00	9.97	9.99	0.13
Promedio de la variación							0.13

Nota: Sintetizados de la evaluación realizada en laboratorio

Figura 18

Variación del adoquín de concreto (ancho)



La figura 18, muestra la variación en las dimensiones de los adoquines de concreto que contienen un 15% de relave minero. Para este análisis, se evaluaron cuatro muestras, y se observó una variación máxima de 0,20%. Este resultado indica una modificación leve pero significativa en las dimensiones del adoquín, lo cual es relevante para garantizar que cumpla con los estándares de uniformidad requeridos.

Tabla 23

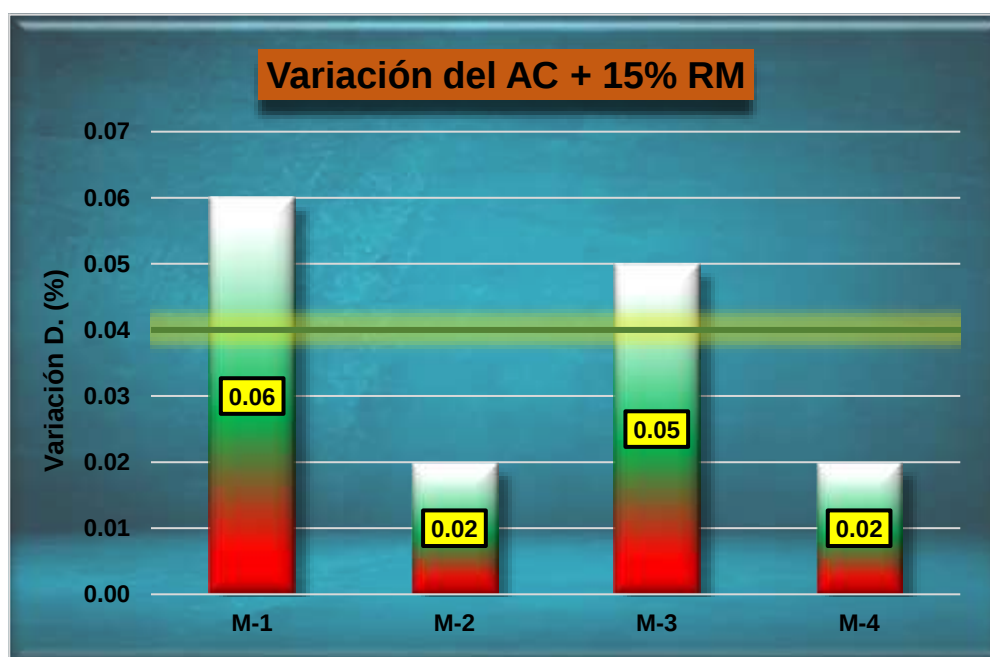
Variación dimensional del adoquín de concreto 15% RM

Muestra	Descripción de la muestra	Largo (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	AC + 15% RM	20.03	19.98	20.00	19.94	19.99	0.06
M-2	AC + 15% RM	20.00	20.04	19.96	19.98	20.00	0.02
M-3	AC + 15% RM	19.96	19.95	20.03	20.02	19.99	0.05
M-4	AC + 15% RM	20.03	19.98	19.96	20.01	20.00	0.02
Promedio de la variación							0.04

Nota: Sintetizados de la evaluación realizada en laboratorio

Figura 19

Variación del adoquín de concreto (largo)



La figura 19, muestra la variación en las dimensiones de los adoquines de concreto que contienen un 15% de relave minero. Para este análisis, se evaluaron cuatro muestras, y se observó una variación máxima de 0,06%. Este resultado indica una modificación leve pero significativa en las dimensiones del adoquín, lo cual es relevante para garantizar que cumpla con los estándares de uniformidad requeridos.

b) Variación dimensional del adoquín de concreto + 25% RM

Tabla 24

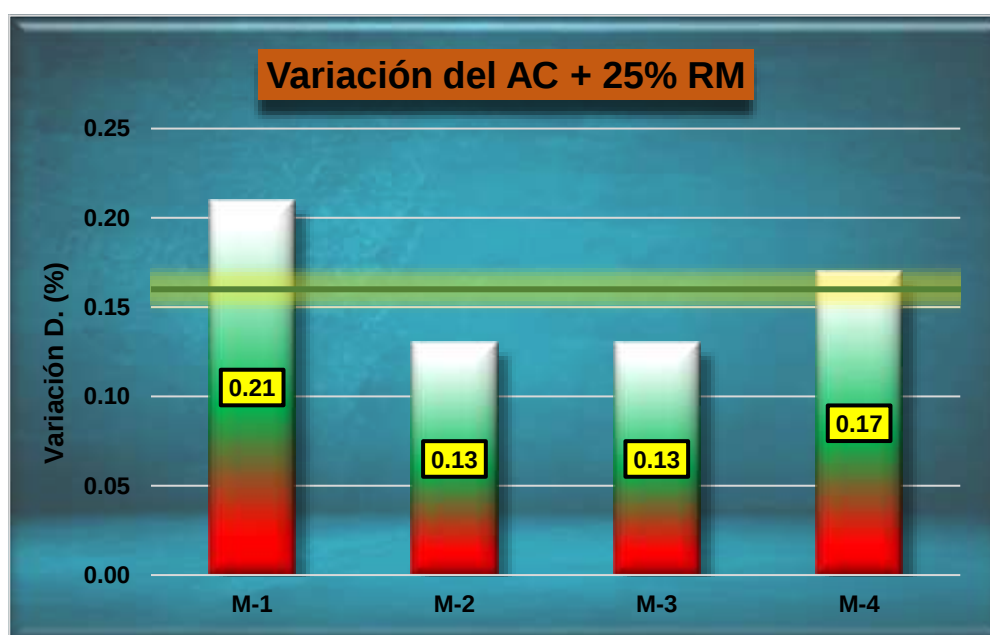
Variación dimensional del adoquín de concreto 25% RM

Muestra	Descripción de la muestra	Alto (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	AC + 25% RM	5.95	5.97	6.01	6.02	5.99	0.21
M-2	AC + 25% RM	6.00	6.02	5.97	5.98	5.99	0.13
M-3	AC + 25% RM	6.01	6.00	5.96	6.00	5.99	0.13
M-4	AC + 25% RM	6.00	5.98	6.03	5.95	5.99	0.17
Promedio de la variación							0.16

Nota: Sintetizados de la evaluación realizada en laboratorio

Figura 20

Variación del adoquín de concreto (alto)



La figura 20, muestra la variación en las dimensiones de los adoquines de concreto que contienen un 25% de relave minero. Para este análisis, se evaluaron cuatro muestras, y se observó una variación máxima de 0,21%. Este resultado indica una modificación leve pero significativa en las dimensiones del adoquín, lo cual es relevante para garantizar que cumpla con los estándares de uniformidad requeridos.

Tabla 25

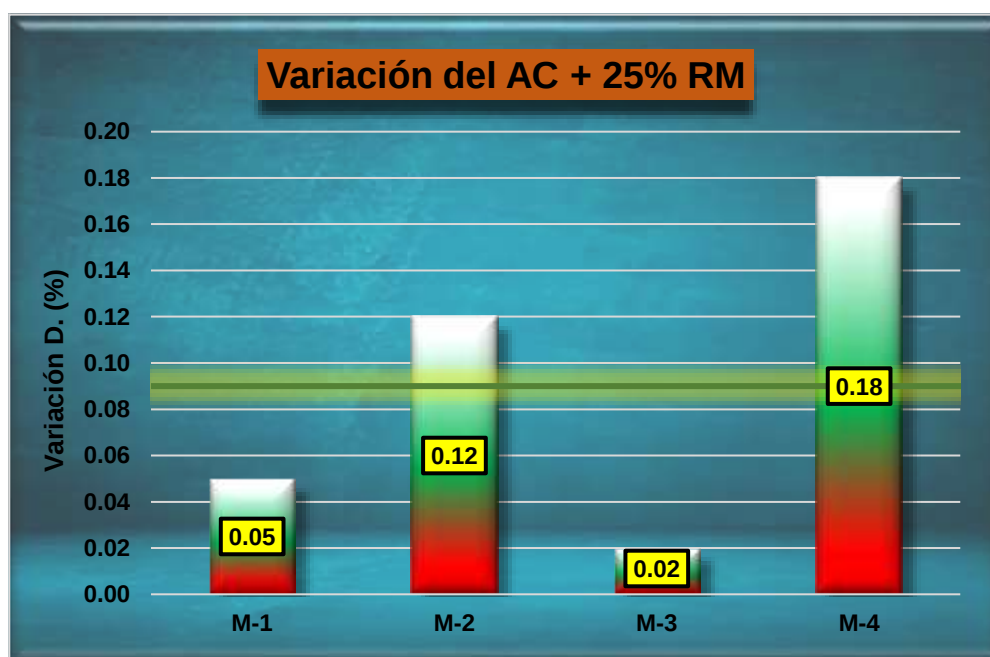
Variación dimensional del adoquín de concreto 25% RM

Muestra	Descripción de la muestra	Ancho (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	AC + 25% RM	10.02	9.95	10.04	9.97	10.00	0.05
M-2	AC + 25% RM	10.01	10.00	9.99	9.95	9.99	0.12
M-3	AC + 25% RM	9.98	9.98	10.02	10.01	10.00	0.02
M-4	AC + 25% RM	9.95	10.01	10.00	9.97	9.98	0.18
Promedio de la variación							0.09

Nota: Sintetizados de la evaluación realizada en laboratorio

Figura 21

Variación del adoquín de concreto (ancho)



La figura 21, muestra la variación en las dimensiones de los adoquines de concreto que contienen un 25% de relave minero. Para este análisis, se evaluaron cuatro muestras, y se observó una variación máxima de 0,18%. Este resultado indica una modificación leve pero significativa en las dimensiones del adoquín, lo cual es relevante para garantizar que cumpla con los estándares de uniformidad requeridos.

Tabla 26

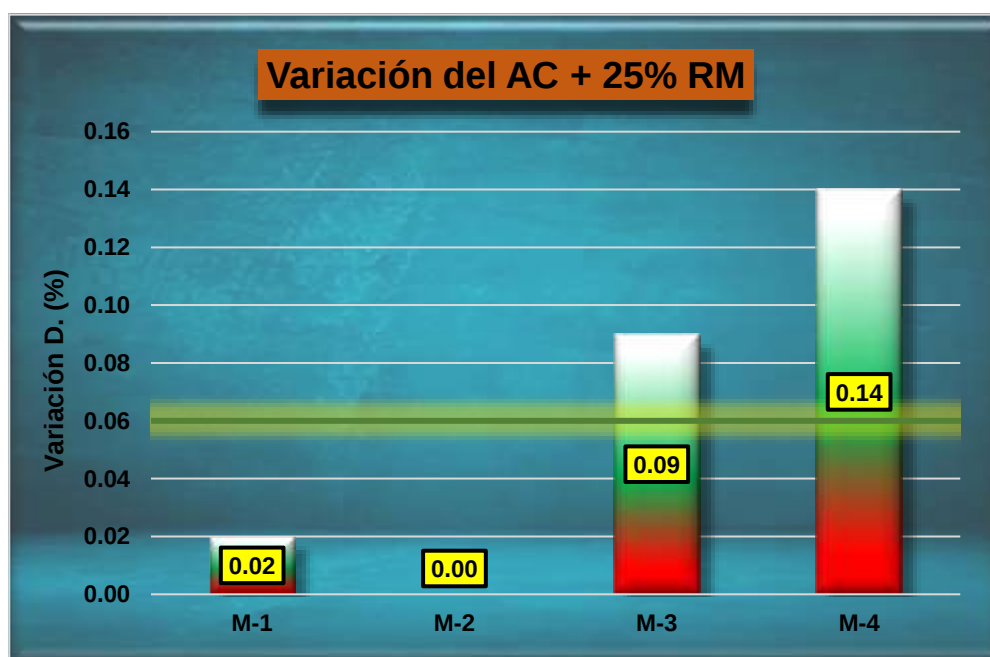
Variación dimensional del adoquín de concreto 25% RM

Muestra	Descripción de la muestra	Largo (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	AC + 25% RM	20.01	20.00	20.02	19.95	20.00	0.02
M-2	AC + 25% RM	20.02	19.97	20.02	19.99	20.00	0.00
M-3	AC + 25% RM	19.95	20.02	19.95	20.01	19.98	0.09
M-4	AC + 25% RM	19.98	20.00	19.96	19.95	19.97	0.14
Promedio de la variación							0.06

Nota: Sintetizados de la evaluación realizada en laboratorio

Figura 22

Variación del adoquín de concreto (largo)



La figura 22 muestra la variación en las dimensiones de los adoquines de concreto que contienen un 25% de relave minero. Para este análisis, se evaluaron cuatro muestras, y se observó una variación máxima de 0,14%. Este resultado indica una modificación leve pero significativa en las dimensiones del adoquín, lo cual es relevante para garantizar que cumpla con los estándares de uniformidad requeridos.

c) Variación dimensional del adoquín de concreto + 35% RM

Tabla 27

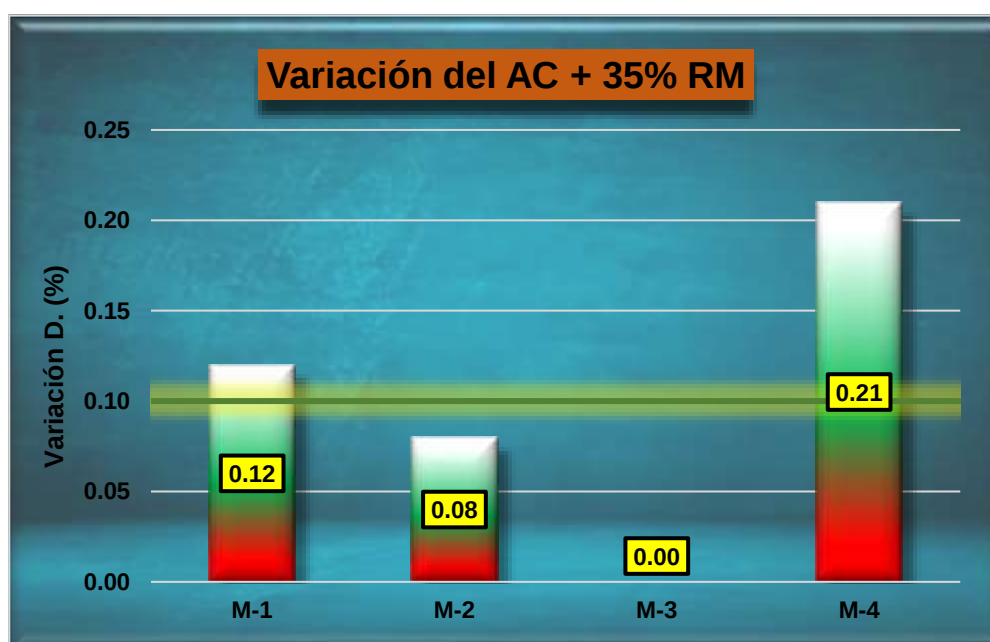
Variación dimensional del adoquín de concreto 35% RM

Muestra	Descripción de la muestra	Alto (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	AC + 35% RM	5.95	6.01	5.98	6.03	5.99	0.12
M-2	AC + 35% RM	6.02	5.97	5.95	6.04	6.00	0.08
M-3	AC + 35% RM	6.00	5.98	6.00	6.02	6.00	0.00
M-4	AC + 35% RM	5.96	6.01	6.03	5.95	5.99	0.21
Promedio de la variación							0.10

Nota: Sintetizados de la evaluación realizada en laboratorio

Figura 23

Variación del adoquín de concreto (alto)



La figura 23, muestra la variación en las dimensiones de los adoquines de concreto que contienen un 35% de relave minero. Para este análisis, se evaluaron cuatro muestras, y se observó una variación máxima de 0,21%. Este resultado indica una modificación leve pero significativa en las dimensiones del adoquín, lo cual es relevante para garantizar que cumpla con los estándares de uniformidad requeridos.

Tabla 28

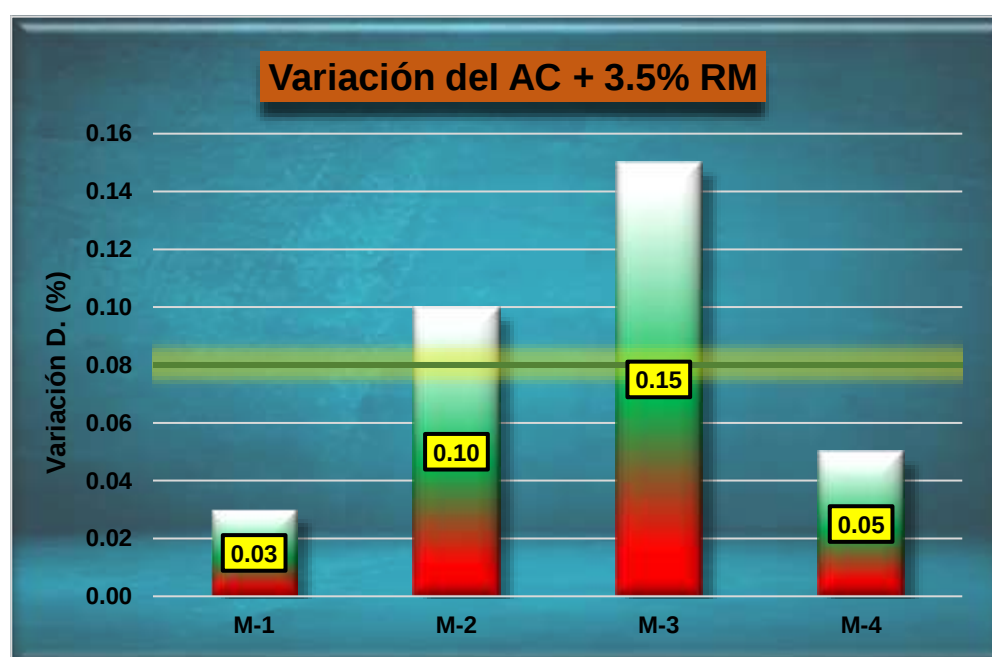
Variación dimensional del adoquín de concreto 35% RM

Muestra	Descripción de la muestra	Ancho (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	AC + 35% RM	10.02	9.98	10.04	9.95	10.00	0.03
M-2	AC + 35% RM	10.03	10.00	9.97	9.96	9.99	0.10
M-3	AC + 35% RM	9.97	10.02	9.95	10.00	9.99	0.15
M-4	AC + 35% RM	10.01	9.95	10.04	9.98	10.00	0.05
Promedio de la variación							0.08

Nota: Sintetizados de la evaluación realizada en laboratorio

Figura 24

Variación del adoquín de concreto (ancho)



La figura 24, muestra la variación en las dimensiones de los adoquines de concreto que contienen un 35% de relave minero. Para este análisis, se evaluaron cuatro muestras, y se observó una variación máxima de 0,15%. Este resultado indica una modificación leve pero significativa en las dimensiones del adoquín, lo cual es relevante para garantizar que cumpla con los estándares de uniformidad requeridos.

Tabla 29

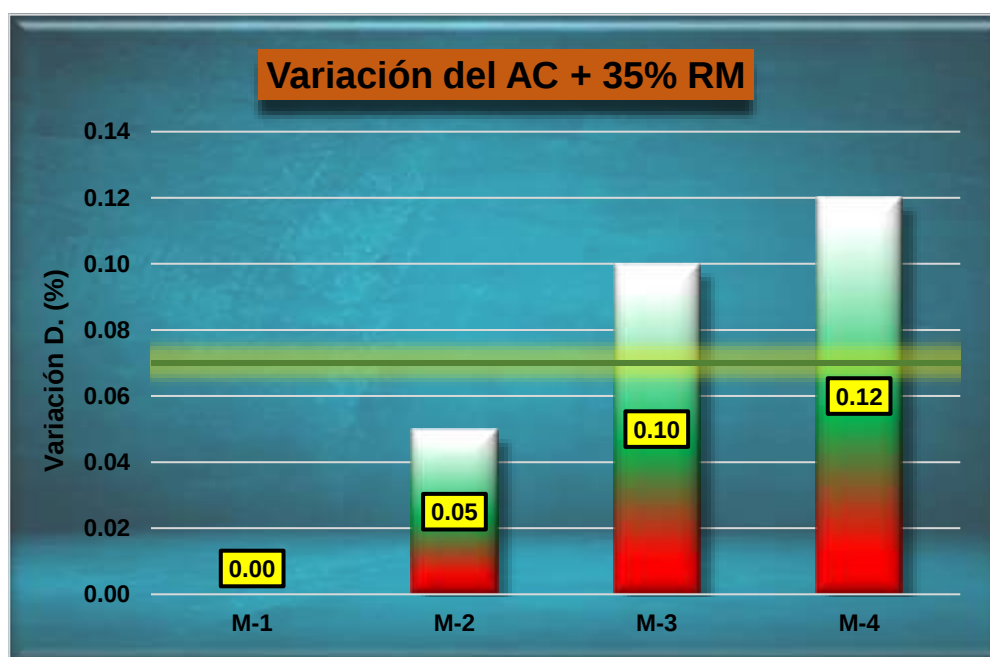
Variación dimensional del adoquín de concreto 35% RM

Muestra	Descripción de la muestra	Largo (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	AC + 35% RM	20.01	19.95	20.04	20.00	20.00	0.00
M-2	AC + 35% RM	19.96	19.99	20.05	19.96	19.99	0.05
M-3	AC + 35% RM	20.02	20.00	19.95	19.95	19.98	0.10
M-4	AC + 35% RM	19.95	19.98	19.96	20.01	19.98	0.12
Promedio de la variación							0.07

Nota: Sintetizados de la evaluación realizada en laboratorio

Figura 25

Variación del adoquín de concreto (largo)



La figura 25, muestra la variación en las dimensiones de los adoquines de concreto que contienen un 35% de relave minero. Para este análisis, se evaluaron cuatro muestras, y se observó una variación máxima de 0,12%. Este resultado indica una modificación leve pero significativa en las dimensiones del adoquín, lo cual es relevante para garantizar que cumpla con los estándares de uniformidad requeridos.

4.1.1.3. Alabeo del adoquín de concreto

Tabla 30

Alabeo del adoquín

Muestra	Descripción de la muestra	CARA A		CARA B	
		Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
1	AC	0.00	2.00	1.00	2.00
2	AC	1.00	0.00	2.00	0.00
3	AC	2.00	1.00	0.00	1.00
4	AC	1.00	0.00	1.00	1.00
Promedio (mm)		1.00	0.75	1.00	1.00
Concavidad promedio (mm)		1.00			
Convexidad promedio (mm)		0.88			
Alabeo promedio (mm)		0.94			

Se ilustra la deformación de un adoquín de concreto basándose en el análisis de cuatro muestras. Según los datos, el alabeo medio es de 0,94 mm, con el lado cóncavo de 1,00 mm y su lado convexo de 0,88 mm.

a) Alabeo del adoquín de concreto + 15% RM

Tabla 31

Alabeo del adoquín + 15% RM

Muestra	Descripción de la muestra	CARA A		CARA B	
		Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
1	AC + 15% RM	0.00	2.00	0.00	0.00
2	AC + 15% RM	1.00	2.00	0.00	2.00
3	AC + 15% RM	0.00	1.00	2.00	1.00
4	AC + 15% RM	2.00	0.00	1.00	0.00
Promedio (mm)		0.75	1.25	0.75	0.75
Concavidad promedio (mm)		0.75			
Convexidad promedio (mm)		1.00			
Alabeo promedio (mm)		0.88			

Se ilustra la deformación de un adoquín de concreto basándose en el análisis de cuatro muestras que contienen 15% de relaves mineros. Según los datos, el alabeo medio es de 0,88 mm, con el lado cóncavo de 0.75 mm y su lado convexo de 1.00 mm.

b) Alabeo del adoquín de concreto + 25% RM

Tabla 32

Alabeo del adoquín + 25% RM

Muestra	Descripción de la muestra	CARA A		CARA B	
		Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
1	AC + 25% RM	0.00	1.00	0.00	2.00
2	AC + 25% RM	1.00	2.00	1.00	2.00
3	AC + 25% RM	1.00	0.00	2.00	0.00
4	AC + 25% RM	0.00	2.00	0.00	2.00
Promedio (mm)		0.50	1.25	0.75	1.50
Concavidad promedio (mm)			0.63		
Convexidad promedio (mm)			1.38		
Alabeo promedio (mm)			1.00		

Se ilustra la deformación de un adoquín de concreto basándose en el análisis de cuatro muestras que contienen 25% de relaves mineros. Según los datos, el alabeo medio es de 1.00 mm, con el lado cóncavo de 0.63 mm y su lado convexo de 1.38 mm.

c) Alabeo del adoquín de concreto + 35% RM

Tabla 33

Alabeo del adoquín + 35% RM

Muestra	Descripción de la muestra	CARA A		CARA B	
		Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
1	AC + 35% RM	0.00	1.00	0.00	1.00
2	AC + 35% RM	0.00	0.00	2.00	0.00
3	AC + 35% RM	2.00	2.00	0.00	2.00
4	AC + 35% RM	0.00	0.00	1.00	1.00
Promedio (mm)		0.50	0.75	0.75	1.00
Concavidad promedio (mm)			0.63		
Convexidad promedio (mm)			0.88		
Alabeo promedio (mm)			0.75		

Se ilustra la deformación de un adoquín de concreto basándose en el análisis de cuatro muestras que contienen 35% de relaves mineros. Según los datos, el alabeo medio es de 0.75 mm, con el lado cóncavo de 0.63 mm y su lado convexo de 0.88 mm.

4.1.1.4. Absorción del AC + con adición de grano de caucho reciclado

a) Absorción del AC + 4% GC

Tabla 34

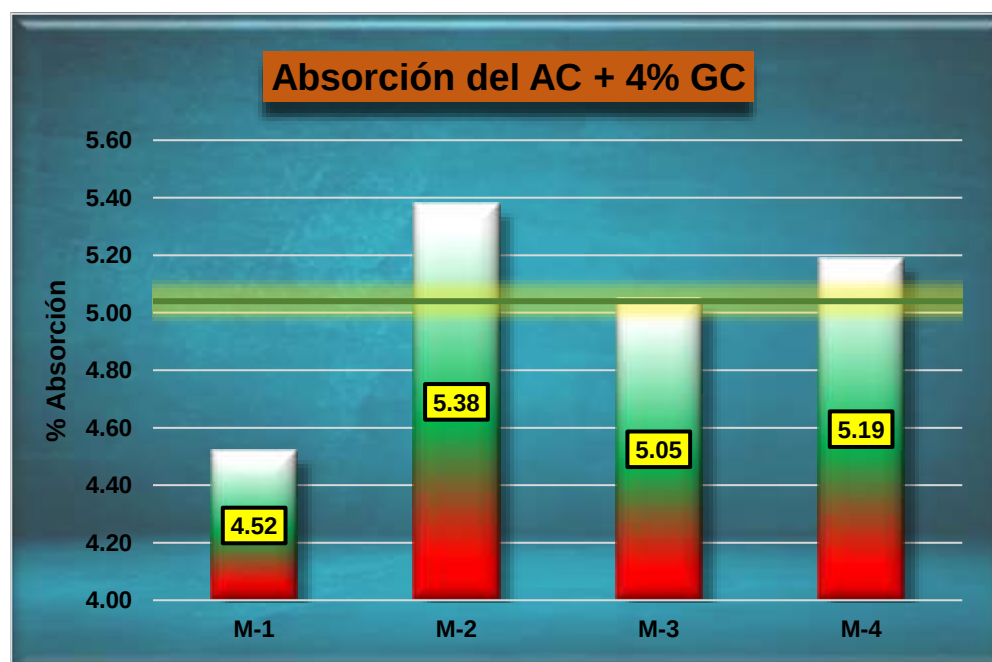
Ensayo de absorción del adoquín de concreto + 4% GC

Muestra	Descripción de la muestra	Peso seco	Peso saturado	% Absorción
M - 1	AC + 4% GC	2.21	2.31	4.52
M - 2	AC + 4% GC	2.23	2.35	5.38
M - 3	AC + 4% GC	2.18	2.29	5.05
M - 4	AC + 4% GC	2.31	2.43	5.19
Promedio				5.04

La tabla 34, muestra los hallazgos de la absorción del adoquines de concreto que contienen un 4% de grano de caucho como parte de su composición. Se realizaron pruebas en cuatro muestras, obteniéndose un promedio de absorción del 5.04%.

Figura 26

Absorción del adoquín de concreto + 4% GC



La figura 26, muestran los hallazgos de la absorción del adoquín de concreto para las cuatro muestras. cada una de ellas evaluadas con una inclusión del 4% de GC.

b) Absorción del AC + 8% GC

Tabla 35

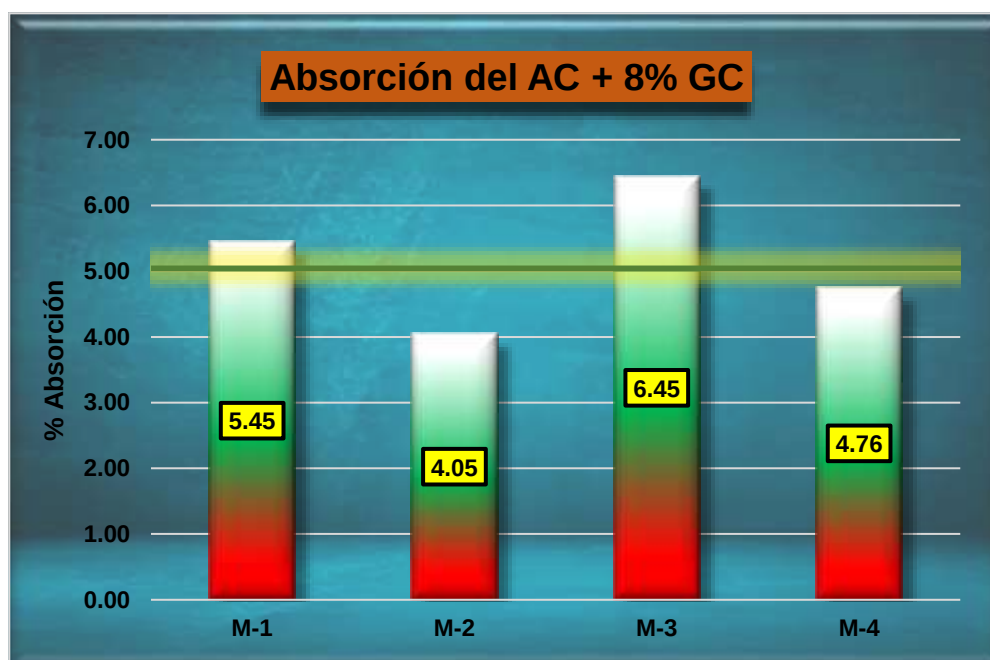
Ensayo de absorción del adoquín de concreto + 8% GC

Muestra	Descripción de la muestra	Peso seco	Peso saturado	% Absorción
M - 1	AC + 8% GC	2.20	2.32	5.45
M - 2	AC + 8% GC	2.22	2.31	4.05
M - 3	AC + 8% GC	2.17	2.31	6.45
M - 4	AC + 8% GC	2.31	2.42	4.76
Promedio				5.18

La tabla 35, muestra los hallazgos de la absorción del adoquines de concreto que contienen un 8% de grano de caucho como parte de su composición. Se realizaron pruebas en cuatro muestras, obteniéndose un promedio de absorción del 5.18%.

Figura 27

Absorción del adoquín de concreto + 8% GC



La figura 27, muestran los hallazgos de la absorción del adoquín de concreto para las cuatro muestras. cada una de ellas evaluadas con una inclusión del 8% de GC.

c) Absorción del AC + 12% GC

Tabla 36

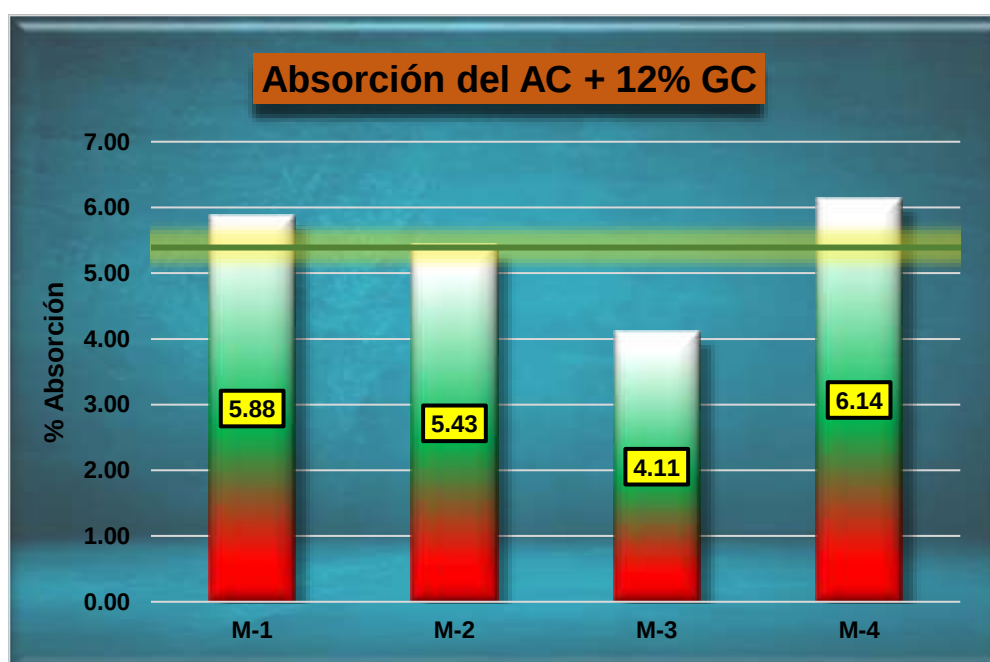
Ensayo de absorción del adoquín de concreto + 12% GC

Muestra	Descripción de la muestra	Peso seco	Peso saturado	% Absorción
M - 1	AC + 12% GC	2.21	2.34	5.88
M - 2	AC + 12% GC	2.21	2.33	5.43
M - 3	AC + 12% GC	2.19	2.28	4.11
M - 4	AC + 12% GC	2.28	2.42	6.14
Promedio				5.39

La tabla 36, muestra los hallazgos de la absorción del adoquines de concreto que contienen un 12% de grano de caucho como parte de su composición. Se realizaron pruebas en cuatro muestras, obteniéndose un promedio de absorción del 5.39%.

Figura 28

Absorción del adoquín de concreto + 12% GC



La figura 28, muestran los hallazgos de la absorción del adoquín de concreto para las cuatro muestras. cada una de ellas evaluadas con una inclusión del 12% de GC.

4.1.1.5. Variación dimensional del AC con adición de Grano de caucho reciclado

a) Variación dimensional del AC + 4% GC

Tabla 37

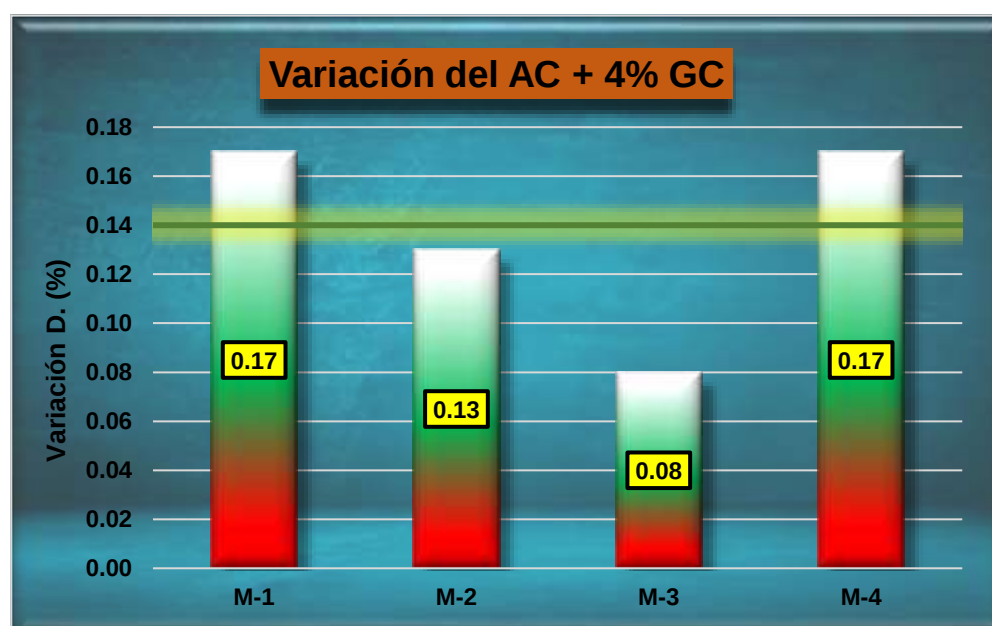
Variación dimensional del adoquín de concreto 4% GC

Muestra	Descripción de la muestra	Alto (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	AC + 4% GC	6.01	5.96	6.02	5.97	5.99	0.17
M-2	AC + 4% GC	6.02	6.00	5.95	6.00	5.99	0.13
M-3	AC + 4% GC	5.98	6.02	6.03	5.95	6.00	0.08
M-4	AC + 4% GC	6.00	5.97	5.96	6.03	5.99	0.17
Promedio de la variación							0.14

Nota: Sintetizados de la evaluación realizada en laboratorio.

Figura 29

Variación del adoquín de concreto (alto)



La figura 29, muestra la variación en las dimensiones de los adoquines de concreto que contienen un 4% de grano de caucho. Para este análisis, se evaluaron cuatro muestras, y se observó una variación máxima de 0,17%. Este resultado indica una modificación leve pero significativa en las dimensiones del adoquín, lo cual es relevante para garantizar que cumpla con los estándares de uniformidad requeridos.

Tabla 38

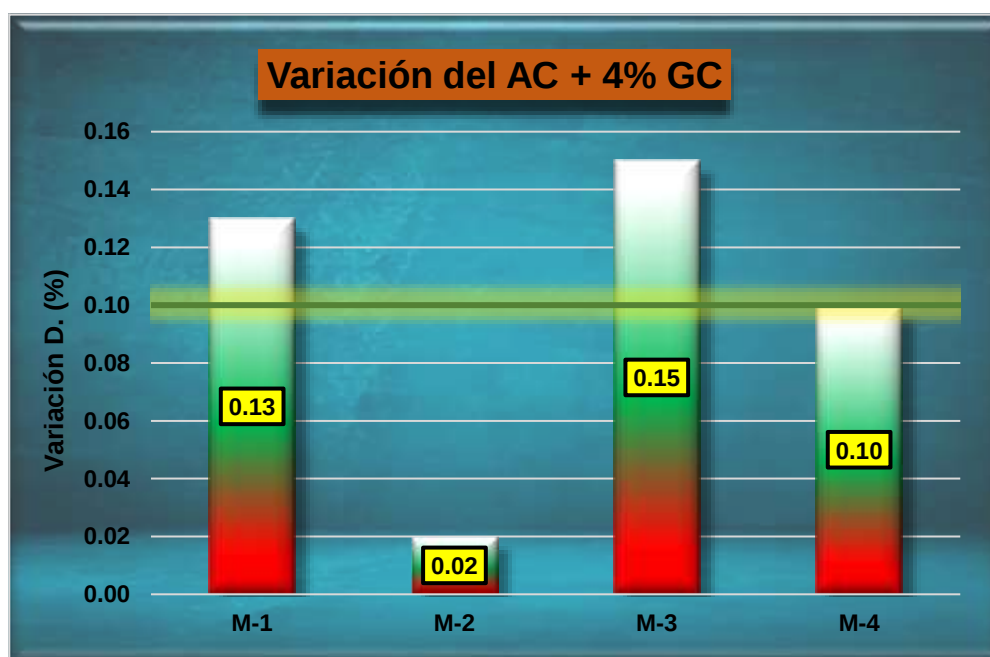
Variación dimensional del adoquín de concreto 4% GC

Muestra	Descripción de la muestra	Ancho (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	AC + 4% GC	9.95	10.03	9.96	10.01	9.99	0.13
M-2	AC + 4% GC	10.01	9.98	10.02	9.98	10.00	0.02
M-3	AC + 4% GC	10.02	10.01	9.95	9.96	9.99	0.15
M-4	AC + 4% GC	9.97	9.95	10.01	10.03	9.99	0.10
Promedio de la variación							0.10

Nota: Sintetizados de la evaluación realizada en laboratorio

Figura 30

Variación del adoquín de concreto (ancho)



La figura 30, muestra la variación en las dimensiones de los adoquines de concreto que contienen un 4% de grano de caucho. Para este análisis, se evaluaron cuatro muestras, y se observó una variación máxima de 0,15%. Este resultado indica una modificación leve pero significativa en las dimensiones del adoquín, lo cual es relevante para garantizar que cumpla con los estándares de uniformidad requeridos.

Tabla 39

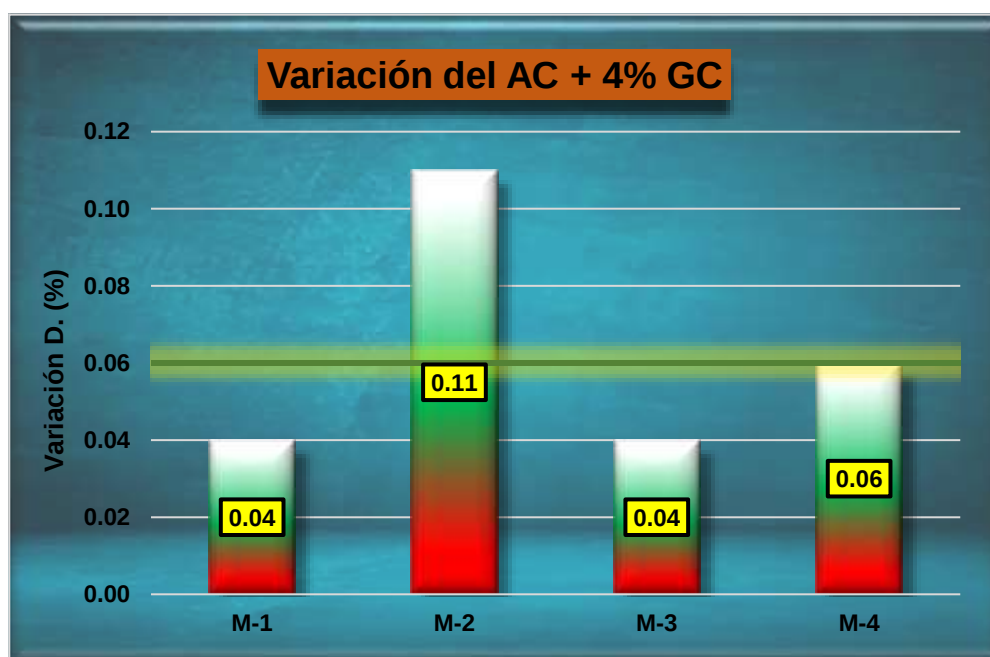
Variación dimensional del adoquín de concreto 4% GC

Muestra	Descripción de la muestra	Largo (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	AC + 4% GC	20.03	20.01	19.97	19.96	19.99	0.04
M-2	AC + 4% GC	19.97	19.96	19.95	20.03	19.98	0.11
M-3	AC + 4% GC	20.02	19.98	19.96	20.01	19.99	0.04
M-4	AC + 4% GC	19.95	20.02	20.03	19.95	19.99	0.06
Promedio de la variación							0.06

Nota: Sintetizados de la evaluación realizada en laboratorio

Figura 31

Variación del adoquín de concreto (largo)



La figura 31, muestra la variación en las dimensiones de los adoquines de concreto que contienen un 4% de grano de caucho. Para este análisis, se evaluaron cuatro muestras, y se observó una variación máxima de 0,11%. Este resultado indica una modificación leve pero significativa en las dimensiones del adoquín, lo cual es relevante para garantizar que cumpla con los estándares de uniformidad requeridos.

b) Variación dimensional del AC + 8% GC

Tabla 40

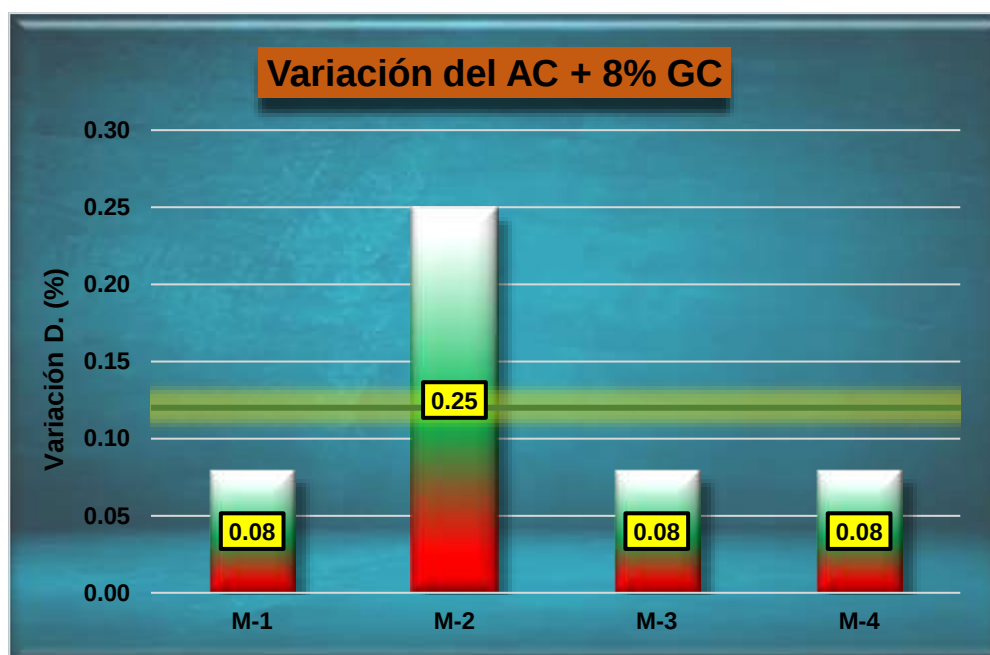
Variación dimensional del adoquín de concreto 8% GC

Muestra	Descripción de la muestra	Alto (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	AC + 8% GC	6.01	6.02	6.00	5.95	6.00	0.08
M-2	AC + 8% GC	5.96	6.00	5.97	6.01	5.99	0.25
M-3	AC + 8% GC	5.98	5.97	6.03	6.00	6.00	0.08
M-4	AC + 8% GC	5.99	5.95	6.04	6.00	6.00	0.08
Promedio de la variación							0.12

Nota: Sintetizados de la evaluación realizada en laboratorio.

Figura 32

Variación del adoquín de concreto (alto)



La figura 32, muestra la variación en las dimensiones de los adoquines de concreto que contienen un 8% de grano de caucho. Para este análisis, se evaluaron cuatro muestras, y se observó una variación máxima de 0,25%. Este resultado indica una modificación leve pero significativa en las dimensiones del adoquín, lo cual es relevante para garantizar que cumpla con los estándares de uniformidad requeridos.

Tabla 41

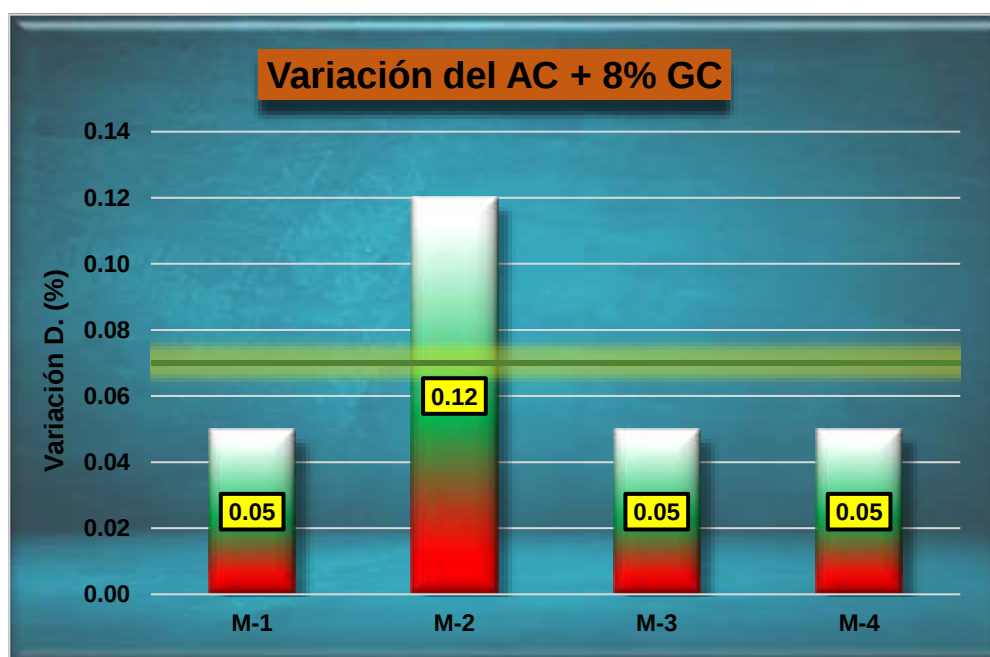
Variación dimensional del adoquín de concreto 8% GC

Muestra	Descripción de la muestra	Ancho (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	AC + 8% GC	10.01	9.99	10.03	9.95	10.00	0.05
M-2	AC + 8% GC	9.98	10.00	9.95	10.02	9.99	0.12
M-3	AC + 8% GC	10.03	9.96	10.01	9.98	10.00	0.05
M-4	AC + 8% GC	9.96	10.02	9.97	10.03	10.00	0.05
Promedio de la variación							0.07

Nota: Sintetizados de la evaluación realizada en laboratorio.

Figura 33

Variación del adoquín de concreto (ancho)



La figura 33, muestra la variación en las dimensiones de los adoquines de concreto que contienen un 8% de grano de caucho. Para este análisis, se evaluaron cuatro muestras, y se observó una variación máxima de 0,12%. Este resultado indica una modificación leve pero significativa en las dimensiones del adoquín, lo cual es relevante para garantizar que cumpla con los estándares de uniformidad requeridos.

Tabla 42

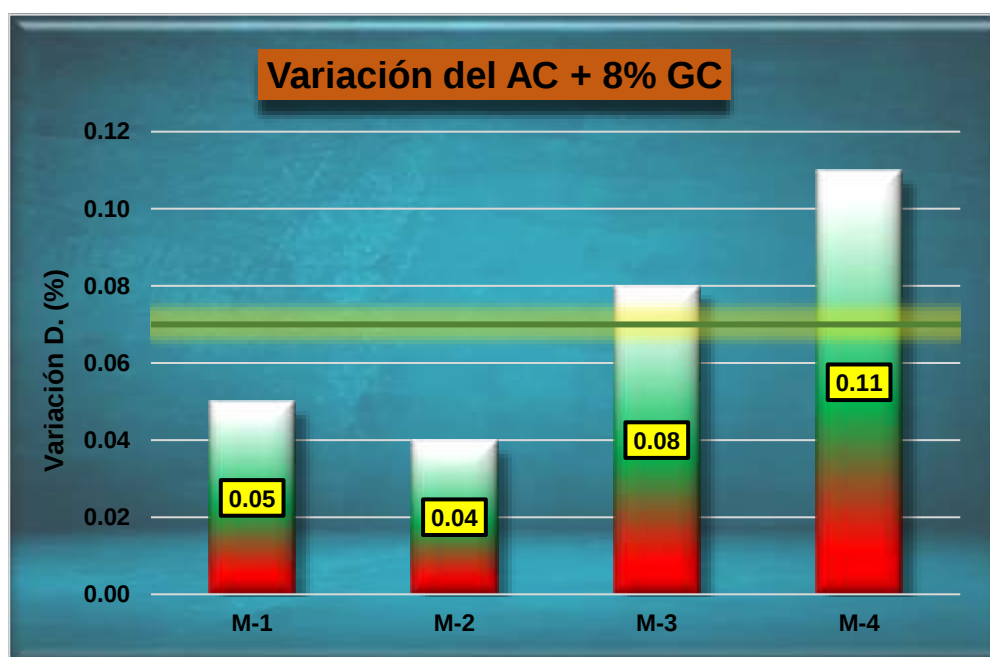
Variación dimensional del adoquín de concreto 8% GC

Muestra	Descripción de la muestra	Largo (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	AC + 8% GC	20.01	19.96	19.97	20.02	19.99	0.05
M-2	AC + 8% GC	20.00	20.01	19.95	20.01	19.99	0.04
M-3	AC + 8% GC	19.95	20.01	20.02	19.96	19.99	0.08
M-4	AC + 8% GC	19.98	19.96	20.00	19.97	19.98	0.11
Promedio de la variación							0.07

Nota: Sintetizados de la evaluación realizada en laboratorio.

Figura 34

Variación del adoquín de concreto (largo)



La figura 34, muestra la variación en las dimensiones de los adoquines de concreto que contienen un 8% de grano de caucho. Para este análisis, se evaluaron cuatro muestras, y se observó una variación máxima de 0,11%. Este resultado indica una modificación leve pero significativa en las dimensiones del adoquín, lo cual es relevante para garantizar que cumpla con los estándares de uniformidad requeridos.

c) Variación dimensional del AC + 12% GC

Tabla 43

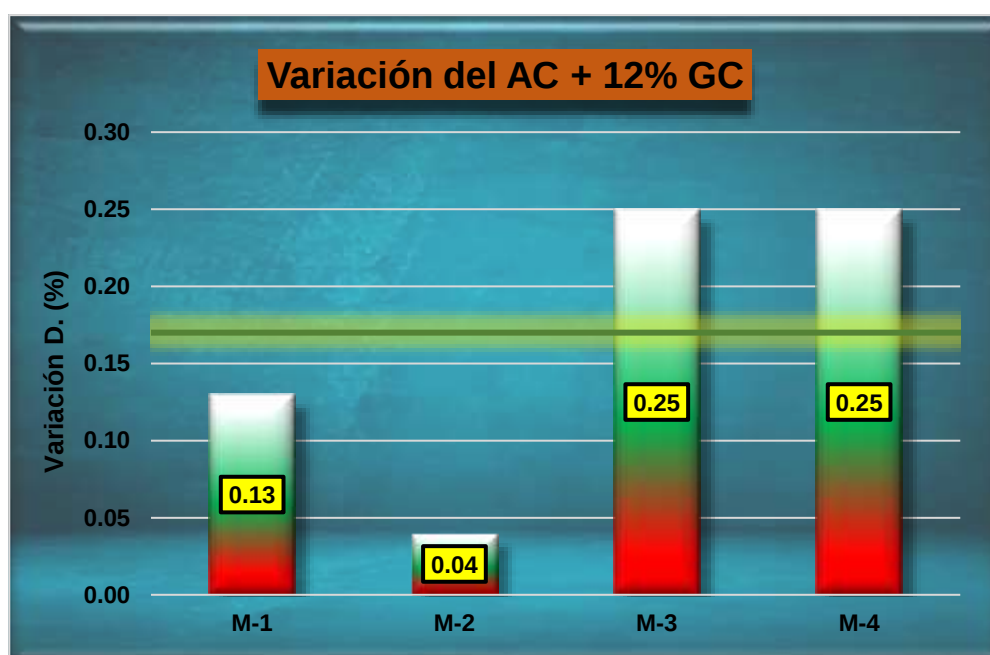
Variación dimensional del adoquín de concreto 12% GC

Muestra	Descripción de la muestra	Alto (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	AC + 12% GC	6.01	5.98	6.02	5.96	5.99	0.13
M-2	AC + 12% GC	5.97	6.00	6.01	6.01	6.00	0.04
M-3	AC + 12% GC	5.98	5.99	5.97	6.00	5.99	0.25
M-4	AC + 12% GC	6.02	6.00	5.95	5.97	5.99	0.25
Promedio de la variación							0.17

Nota: Sintetizados de la evaluación realizada en laboratorio.

Figura 35

Variación del adoquín de concreto (alto)



La figura 35, muestra la variación en las dimensiones de los adoquines de concreto que contienen un 12% de grano de caucho. Para este análisis, se evaluaron cuatro muestras, y se observó una variación máxima de 0,25%. Este resultado indica una modificación leve pero significativa en las dimensiones del adoquín, lo cual es relevante para garantizar que cumpla con los estándares de uniformidad requeridos.

Tabla 44

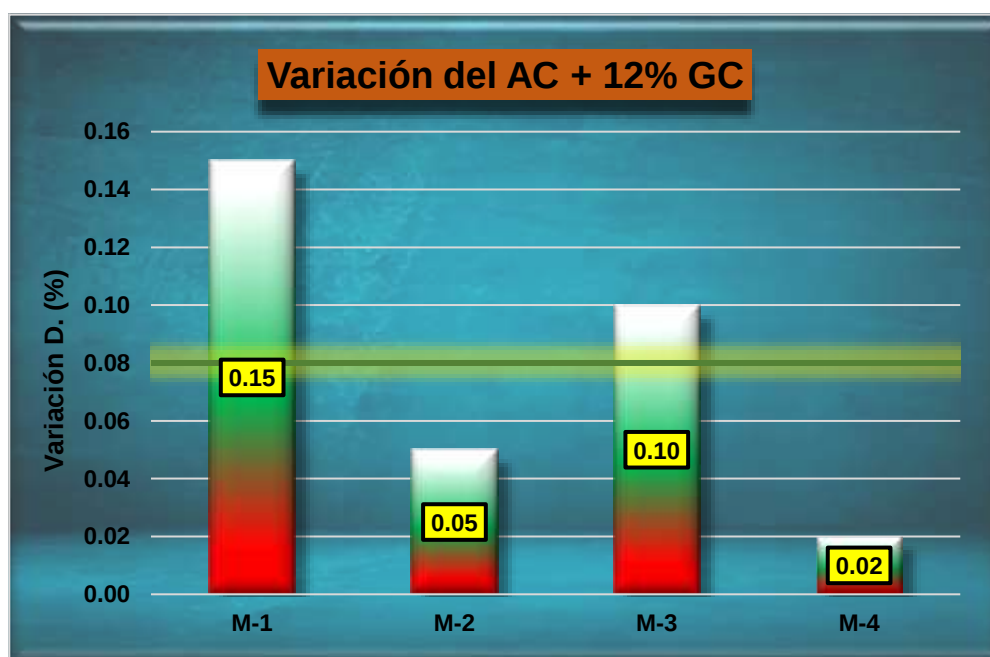
Variación dimensional del adoquín de concreto 12% GC

Muestra	Descripción de la muestra	Ancho (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	AC + 12% GC	10.02	10.00	9.96	9.96	9.99	0.15
M-2	AC + 12% GC	9.98	10.03	10.00	9.97	10.00	0.05
M-3	AC + 12% GC	10.01	9.98	9.95	10.02	9.99	0.10
M-4	AC + 12% GC	9.96	10.00	10.02	10.01	10.00	0.02
Promedio de la variación							0.08

Nota: Sintetizados de la evaluación realizada en laboratorio

Figura 36

Variación del adoquín de concreto (ancho)



La figura 36, muestra la variación en las dimensiones de los adoquines de concreto que contienen un 12% de grano de caucho. Para este análisis, se evaluaron cuatro muestras, y se observó una variación máxima de 0,15%. Este resultado indica una modificación leve pero significativa en las dimensiones del adoquín, lo cual es relevante para garantizar que cumpla con los estándares de uniformidad requeridos.

Tabla 45

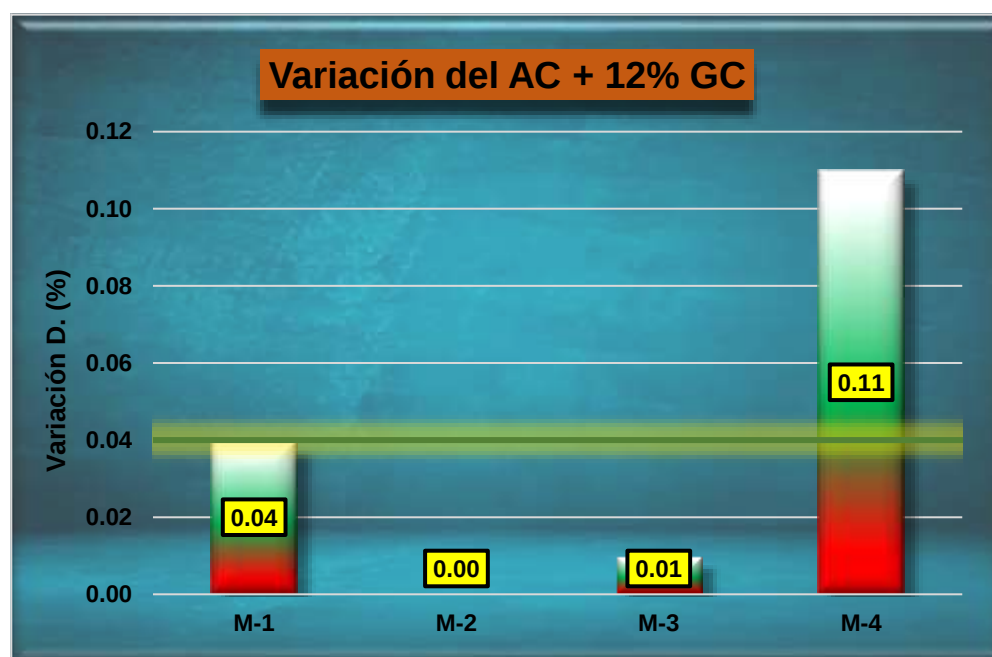
Variación dimensional del adoquín de concreto 12% GC

Muestra	Descripción de la muestra	Largo (cm)				Promedio	V (%)
		Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4		
M-1	AC + 12% GC	20.02	19.97	20.02	19.96	19.99	0.04
M-2	AC + 12% GC	19.98	20.03	19.96	20.03	20.00	0.00
M-3	AC + 12% GC	20.00	20.01	20.03	19.95	20.00	0.01
M-4	AC + 12% GC	19.99	19.96	19.95	20.01	19.98	0.11
Promedio de la variación							0.04

Nota: Sintetizados de la evaluación realizada en laboratorio

Figura 37

Variación del adoquín de concreto (largo)



La figura 37, muestra la variación en las dimensiones de los adoquines de concreto que contienen un 12% de grano de caucho. Para este análisis, se evaluaron cuatro muestras, y se observó una variación máxima de 0,11%. Este resultado indica una modificación leve pero significativa en las dimensiones del adoquín, lo cual es relevante para garantizar que cumpla con los estándares de uniformidad requeridos.

4.1.1.6. Alabeo del AC con adición del Grano de caucho reciclado**a) Alabeo del adoquín de concreto + 4% GC****Tabla 46***Alabeo del adoquín de concreto +4% GC*

Muestra	Descripción de la muestra	CARA A		CARA B	
		Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
M-1	AC + 4% GC	1.00	2.00	1.00	2.00
M-2	AC + 4% GC	1.00	0.00	2.00	0.00
M-3	AC + 4% GC	0.00	1.00	1.00	1.00
M-4	AC + 4% GC	1.00	0.00	1.00	1.00
Promedio (mm)		0.75	0.75	1.25	1.00
Concavidad promedio (mm)			1.00		
Convexidad promedio (mm)			0.88		
Alabeo promedio (mm)			0.94		

Se ilustra la deformación de un adoquín de concreto basándose en el análisis de cuatro muestras que contienen 4% de grano de caucho. Según los datos, el alabeo medio es de 0,94 mm, con el lado cóncavo de 1.00 mm y su lado convexo de 0.88 mm.

b) Alabeo del adoquín de concreto + 8% GC**Tabla 47***Alabeo del adoquín de concreto + 8% GC*

Muestra	Descripción de la muestra	CARA A		CARA B	
		Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
M-1	AC + 8% GC	0.00	1.00	2.00	0.00
M-2	AC + 8% GC	1.00	0.00	2.00	2.00
M-3	AC + 8% GC	1.00	2.00	2.00	0.00
M-4	AC + 8% GC	0.00	2.00	0.00	1.00
Promedio (mm)		0.50	1.25	1.50	0.75
Concavidad promedio (mm)			1.00		
Convexidad promedio (mm)			1.00		
Alabeo promedio (mm)			1.00		

Se ilustra la deformación de un adoquín de concreto basándose en el análisis de cuatro muestras que contienen 8% de grano de caucho. Según los datos, el alabeo medio es de 1.00 mm, con el lado cóncavo de 1.00 mm y su lado convexo de 1.00 mm.

c) Alabeo del adoquín de concreto + 12% GC

Tabla 48

Alabeo del adoquín de concreto +12% GC

Muestra	Descripción de la muestra	CARA A		CARA B	
		Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
M-1	AC + 12% GC	2.00	1.00	0.00	1.00
M-2	AC + 12% GC	0.00	0.00	2.00	2.00
M-3	AC + 12% GC	0.00	1.00	2.00	2.00
M-4	AC + 12% GC	1.00	0.00	2.00	1.00
Promedio (mm)		0.75	0.50	1.50	1.50
Concavidad promedio (mm)			1.13		
Convexidad promedio (mm)			1.00		
Alabeo promedio (mm)			1.06		

Se ilustra la deformación de un adoquín de concreto basándose en el análisis de cuatro muestras que contienen 12% de grano de caucho. Según los datos, el alabeo medio es de 1.06 mm, con el lado cóncavo de 1.13 mm y su lado convexo de 1.00 mm.

4.1.2. Resultados sobre el empleo de relave minero triturado en proporciones variables sobre las propiedades mecánicas de adoquines de concreto

4.1.2.1. Resistencia a compresión del adoquín de concreto

Tabla 49

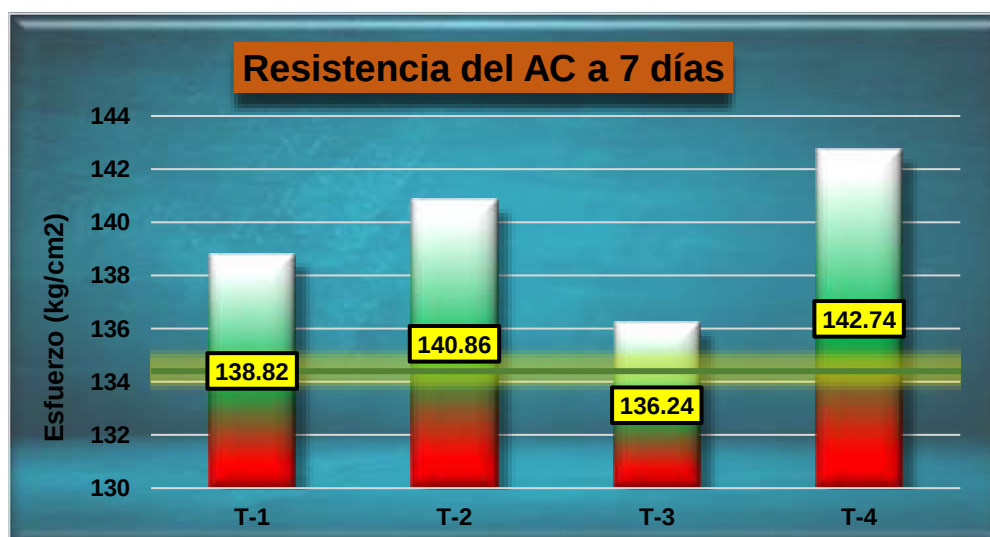
Resistencia a compresión del AC

Resistencia a la compresión AC – 7 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
T - 1	138.82	134.40	3.29
T - 2	140.86		4.81
T - 3	136.24		1.37
T - 4	142.74		6.21
$\bar{X}$	139.67	-	3.92

La tabla 49, presenta la resistencia a la compresión a los 7 días en adoquines de concreto tipo patrón. Los datos obtenidos indican una variación media de 3.92%, lo cual proporciona información relevante sobre la consistencia en el proceso de curado inicial y el desarrollo de resistencia temprana en los adoquines.

Figura 38

Variación del AC



La figura 38, muestra el comportamiento de la resistencia a la compresión en adoquines de concreto tipo patrón. Los datos revelan que la resistencia presenta variabilidad, alcanzando un valor promedio de 139.67 kg/cm². Esta variación en los resultados es significativa para evaluar la consistencia del material y su capacidad de soportar carga.

Tabla 50

Resistencia a compresión del AC

Resistencia a la compresión AC – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
T - 1	190.46	186.90	1.90
T - 2	186.75		-0.08
T - 3	191.70		2.57
T - 4	192.05		2.76
$\bar{X}$	190.24	-	1.79

La tabla 50, presenta la resistencia a la compresión a los 14 días en adoquines de concreto tipo patrón. Los datos obtenidos indican una variación media de 1.79%, lo cual proporciona información relevante sobre la consistencia en el proceso de curado inicial y el desarrollo de resistencia temprana en los adoquines.

Figura 39

Variación del AC



La figura 39, muestra el comportamiento de la resistencia a la compresión en adoquines de concreto tipo patrón. Los datos revelan que la resistencia presenta variabilidad, alcanzando un valor promedio de 190.24 kg/cm². Esta variación en los resultados es significativa para evaluar la consistencia del material y su capacidad de soportar carga.

Tabla 51

Resistencia a compresión del AC

Resistencia a la compresión AC – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
T - 1	215.05	205.80	4.49
T - 2	211.30		2.67
T - 3	216.19		5.05
T - 4	217.59		5.73
$\bar{X}$	215.03	-	4.49

La tabla 51, presenta la resistencia a la compresión a los 28 días en adoquines de concreto tipo patrón. Los datos obtenidos indican una variación media de 4.49%, lo cual proporciona información relevante sobre la consistencia en el proceso de curado inicial y el desarrollo de resistencia temprana en los adoquines.

Figura 40

Variación del AC



La figura 40, muestra el comportamiento de la resistencia a la compresión en adoquines de concreto tipo patrón. Los datos revelan que la resistencia presenta variabilidad, alcanzando un valor promedio de 215.03 kg/cm². Esta variación en los resultados es significativa para evaluar la consistencia del material y su capacidad de soportar carga.

4.1.2.2. Resistencia a compresión del AC con adición de Relave minero

a) Resistencia del AC + 15% RM a los 7, 14 y 28 días

Tabla 52

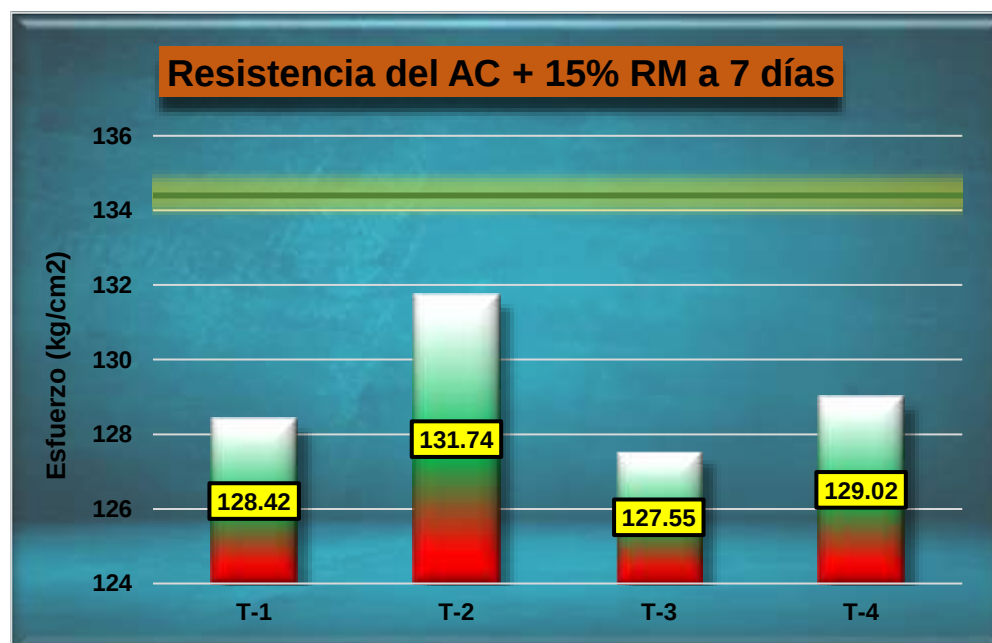
Resistencias del AC + 15% RM

Resistencia del AC + 15% RM – 7 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
T - 1	128.42	134.40	-4.45
T - 2	131.74		-1.98
T - 3	127.55		-5.10
T - 4	129.02		4.00
$\bar{X}$	129.18	-	-3.88

La tabla 52, presenta las resistencias a compresión tras 7 días en adoquines de concreto que contienen un 15% de relave minero (RM). Los datos obtenidos muestran una variación media del -3.88%, lo que indica una pérdida en la resistencia del concreto.

Figura 41

Variación del AC + 15% RM



La figura 41, muestra la resistencia en adoquines de concreto con la inclusión de un 15% de relave minero (RM). Los resultados obtenidos revelan cierta variabilidad en los valores de resistencia, alcanzando un promedio de 129,18 kg/cm². Esta variación en los resultados es significativa para evaluar la consistencia del material y su capacidad de soportar carga.

Tabla 53

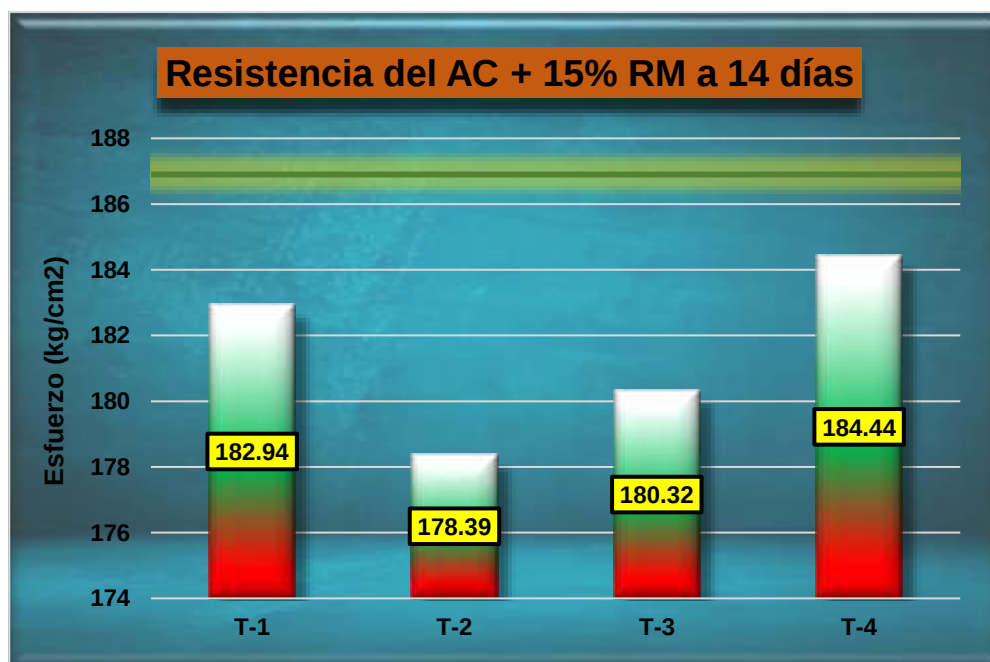
Resistencias del AC + 15% RM

Resistencia del AC + 15% RM – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
T - 1	182.94	186.90	-2.12
T - 2	178.39		-4.55
T - 3	180.32		-3.52
T - 4	184.44		-1.32
$\bar{X}$	181.52	-	-2.88

La tabla 53, presenta las resistencias a compresión tras 14 días en adoquines de concreto que contienen un 15% de relave minero (RM). Los datos obtenidos muestran una variación media del -2.88%, lo que indica una pérdida en la resistencia del concreto.

Figura 42

Variación del AC + 15% RM



La figura 42, muestra la resistencia en adoquines de concreto con la inclusión de un 15% de relave minero (RM). Los resultados obtenidos revelan cierta variabilidad en los valores de resistencia, alcanzando un promedio de 181,52 kg/cm². Esta variación en los resultados es significativa para evaluar la consistencia del material y su capacidad de soportar carga.

Tabla 54

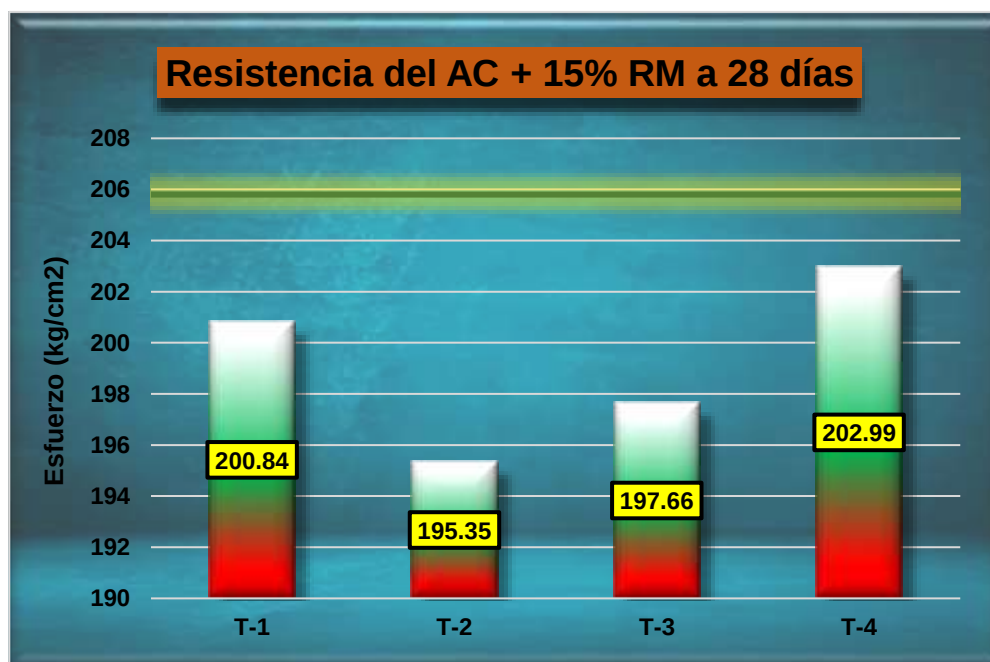
Resistencias del AC + 15% RM

Resistencia del AC + 15% RM – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
T - 1	200.84	205.80	-2.41
T - 2	195.35		-5.08
T - 3	197.66		-3.96
T - 4	202.99		-1.37
$\bar{X}$	199.21	-	-3.20

La tabla 54, presenta las resistencias a compresión tras 28 días en adoquines de concreto que contienen un 15% de relave minero (RM). Los datos obtenidos muestran una variación media del -3.20%, lo que indica una pérdida en la resistencia del concreto.

Figura 43

Variación del AC + 15% RM



La figura 43, muestra la resistencia en adoquines de concreto con la inclusión de un 15% de relave minero (RM). Los resultados obtenidos revelan cierta variabilidad en los valores de resistencia, alcanzando un promedio de 199,21 kg/cm². Esta variación en los resultados es significativa para evaluar la consistencia del material y su capacidad de soportar carga.

b) Resistencia del AC + 25% RM a los 7, 14 y 28 días

Tabla 55

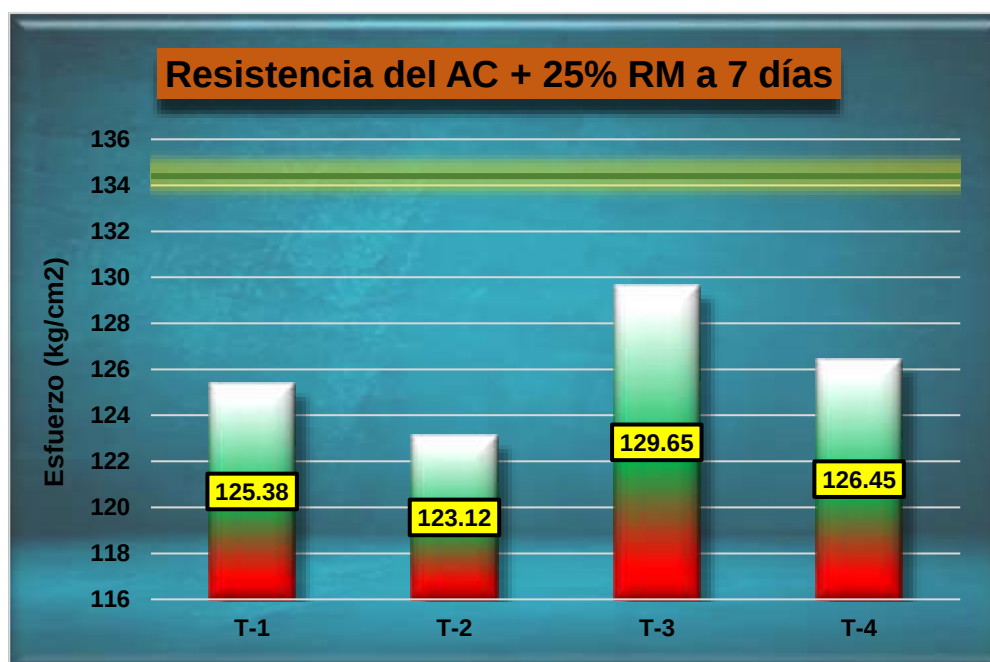
Resistencias del AC + 25% RM

Resistencia del AC + 25% RM – 7 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
T - 1	125.38	134.40	-6.71
T - 2	123.12		-8.39
T - 3	129.65		-3.53
T - 4	126.45		-5.92
$\bar{X}$	126.15	-	-6.14

La tabla 55, presenta las resistencias a compresión tras 7 días en adoquines de concreto que contienen un 25% de relave minero (RM). Los datos obtenidos muestran una variación media del -6.14%, lo que indica una pérdida en la resistencia del concreto.

Figura 44

Variación del AC + 25% RM



La figura 44, muestra la resistencia en adoquines de concreto con la inclusión de un 25% de relave minero (RM). Los resultados obtenidos revelan cierta variabilidad en los valores de resistencia, alcanzando un promedio de 126.15 kg/cm². Esta variación en los resultados es significativa para evaluar la consistencia del material y su capacidad de soportar carga.

Tabla 56

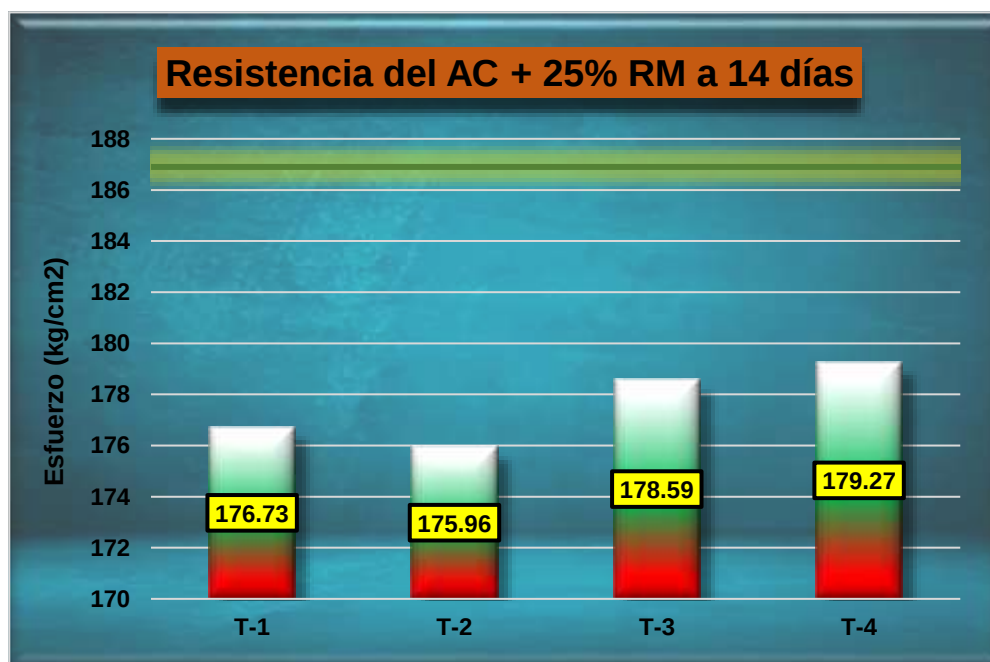
Resistencias del AC + 25% RM

Resistencia del AC + 25% RM – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
T - 1	176.73	186.90	-5.44
T - 2	175.96		-5.85
T - 3	178.59		-4.45
T - 4	179.27		-4.08
$\bar{X}$	177.64	-	-4.96

La tabla 56, presenta las resistencias a compresión tras 14 días en adoquines de concreto que contienen un 25% de relave minero (RM). Los datos obtenidos muestran una variación media del -4.96%, lo que indica una fluctuación en la resistencia temprana del material.

Figura 45

Variación del AC + 25% RM



La figura 45, muestra la resistencia en adoquines de concreto con la inclusión de un 25% de relave minero (RM). Los resultados obtenidos revelan cierta variabilidad en los valores de resistencia, alcanzando un promedio de 177,64 kg/cm². Esta variación en los resultados es significativa para evaluar la consistencia del material y su capacidad de soportar carga.

Tabla 57

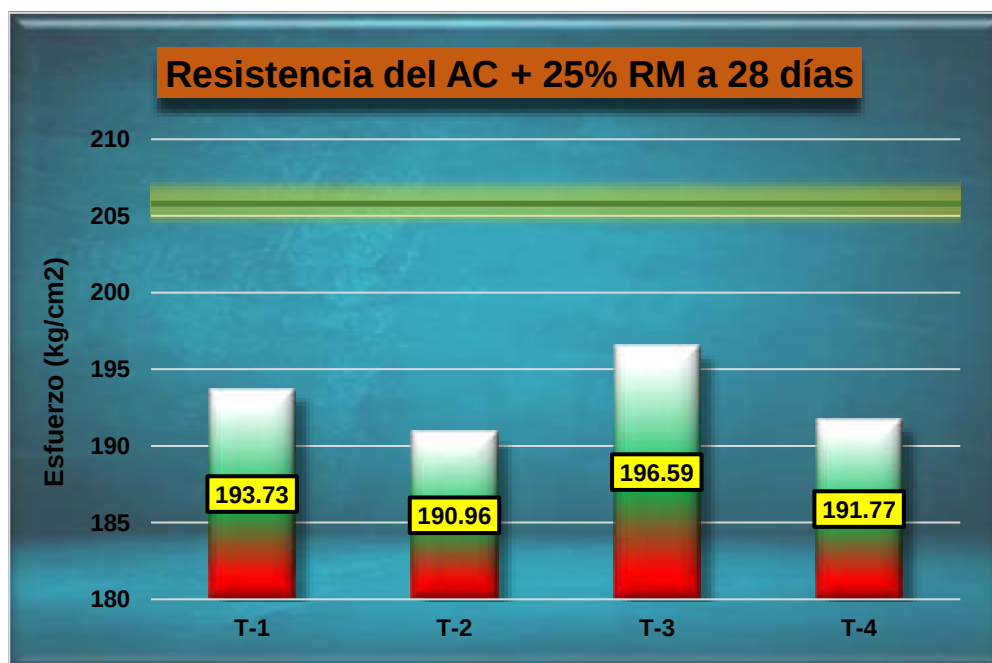
Resistencias del AC + 25% RM

Resistencia del AC + 25% RM – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
T - 1	193.73	205.80	-5.86
T - 2	190.96		-7.21
T - 3	196.59		-4.48
T - 4	191.77		-6.82
$\bar{X}$	193.26	-	-6.09

La tabla 57, presenta las resistencias a compresión tras 28 días en adoquines de concreto que contienen un 25% de relave minero (RM). Los datos obtenidos muestran una variación media del -6.09%, lo que indica una pérdida en la resistencia del concreto.

Figura 46

Variación del AC + 25% RM



La figura 46, muestra la resistencia en adoquines de concreto con la inclusión de un 25% de relave minero (RM). Los resultados obtenidos revelan cierta variabilidad en los valores de resistencia, alcanzando un promedio de 193.26 kg/cm². Esta variación en los resultados es significativa para evaluar la consistencia del material y su capacidad de soportar carga.

c) Resistencia del AC + 35% RM a los 7, 14 y 28 días

Tabla 58

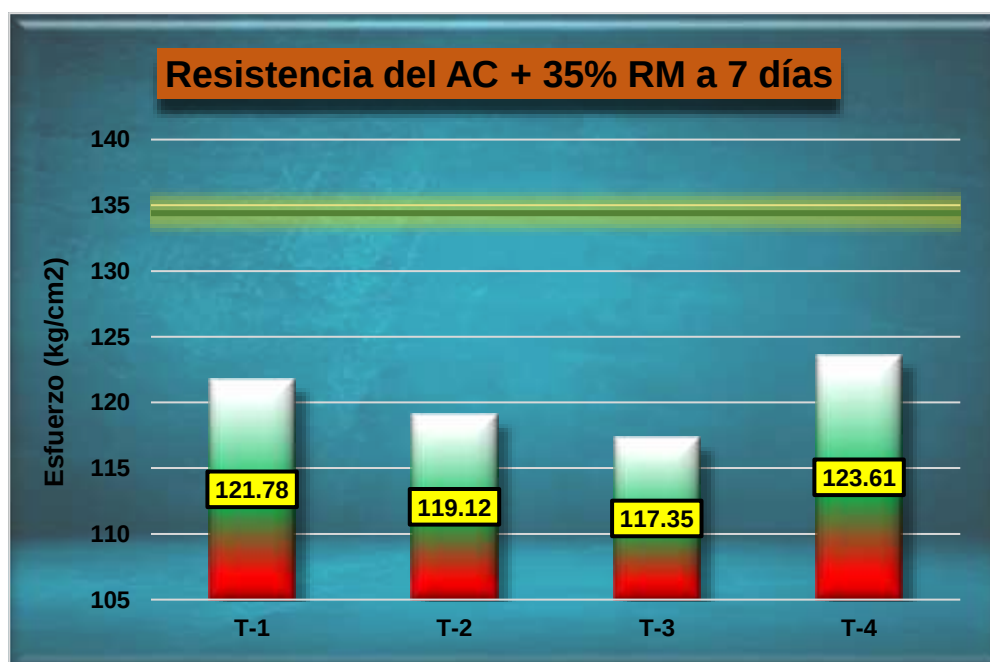
Resistencias del AC + 35% RM

Resistencia del AC + 35% RM – 7 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
T - 1	121.78	134.40	-9.39
T - 2	119.12		-11.37
T - 3	117.35		-12.69
T - 4	123.61	-	-8.03
$\bar{X}$	120.47		-10.37

La tabla 58, presenta las resistencias a compresión tras 7 días en adoquines de concreto que contienen un 35% de relave minero (RM). Los datos obtenidos muestran una variación media del -10.37%, lo que indica una pérdida en la resistencia del concreto.

Figura 47

Variación del AC + 35% RM



La figura 47, muestra la resistencia en adoquines de concreto con la inclusión de un 35% de relave minero (RM). Los resultados obtenidos revelan cierta variabilidad en los valores de resistencia, alcanzando un promedio de 120.47 kg/cm². Esta variación en los resultados es significativa para evaluar la consistencia del material y su capacidad de soportar carga.

Tabla 59

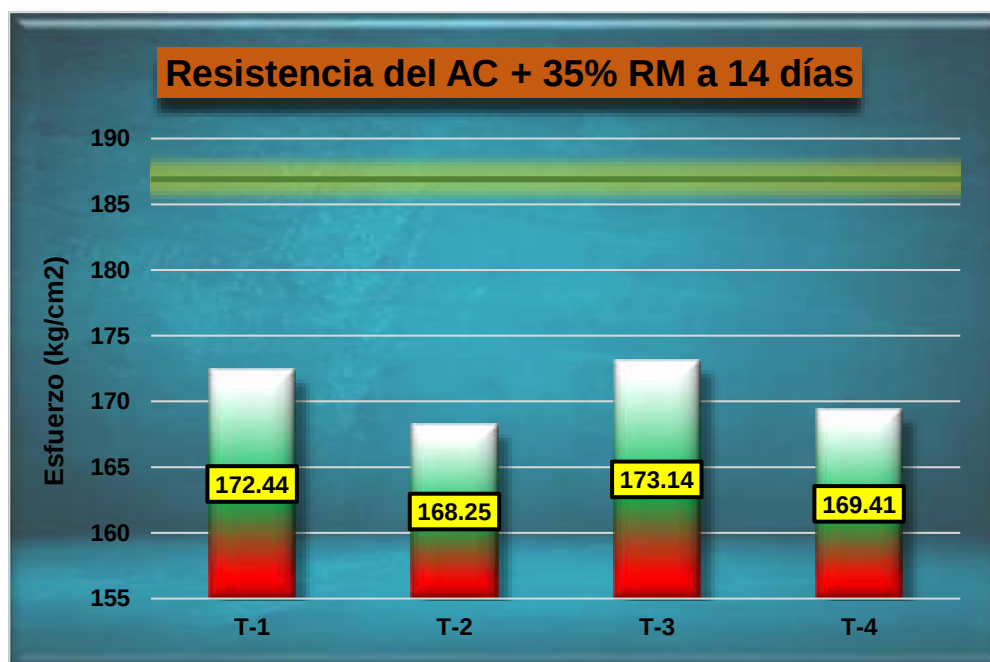
Resistencias del AC + 35% RM

Resistencia del AC + 35% RM – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
T - 1	172.44	186.90	-7.74
T - 2	168.25		-9.98
T - 3	173.14		-7.36
T - 4	169.41		-9.36
$\bar{X}$	170.81	-	-8.61

La tabla 59, presenta las resistencias a compresión tras 14 días en adoquines de concreto que contienen un 35% de relave minero (RM). Los datos obtenidos muestran una variación media del -8.61%, lo que indica una pérdida en la resistencia del concreto.

Figura 48

Variación del AC + 35% RM



La figura 48, muestra la resistencia en adoquines de concreto con la inclusión de un 35% de relave minero (RM). Los resultados obtenidos revelan cierta variabilidad en los valores de resistencia, alcanzando un promedio de 170.81 kg/cm². Esta variación en los resultados es significativa para evaluar la consistencia del material y su capacidad de soportar carga.

Tabla 60

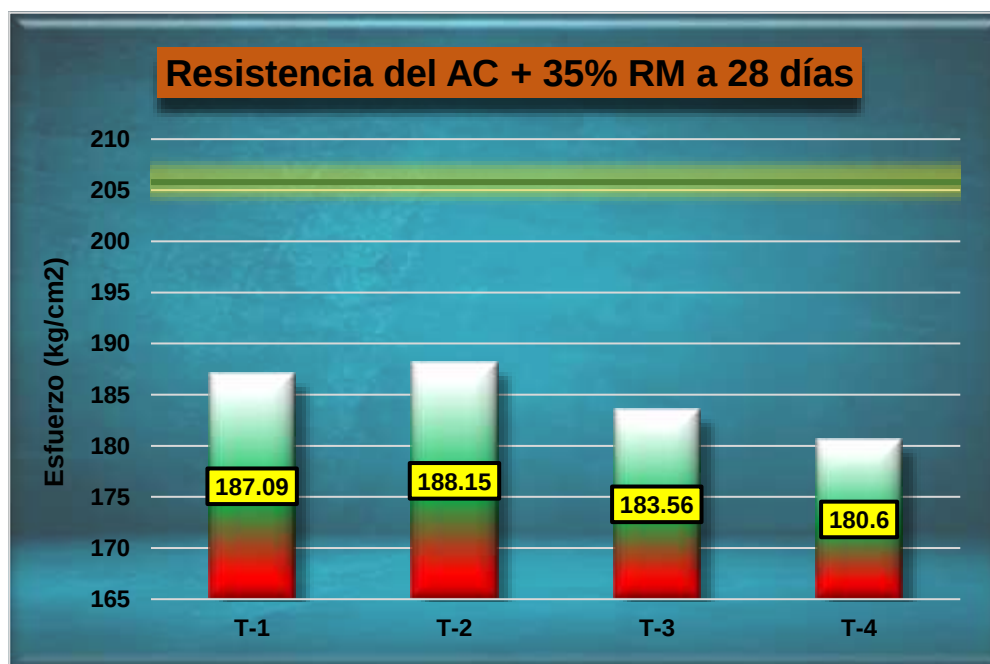
Resistencias del AC + 35% RM

Resistencia del AC + 35% RM – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
T - 1	187.09	205.80	-9.09
T - 2	188.15		-8.58
T - 3	183.56		-10.81
T - 4	180.60		-12.24
$\bar{X}$	184.85	-	-10.18

La tabla 60, presenta las resistencias a compresión tras 28 días en adoquines de concreto que contienen un 35% de relave minero (RM). Los datos obtenidos muestran una variación media del -10.18%, lo que indica una pérdida en la resistencia del concreto.

Figura 49

Variación del AC + 35% RM



La figura 49, muestra la resistencia en adoquines de concreto con la inclusión de un 35% de relave minero (RM). Los resultados obtenidos revelan cierta variabilidad en los valores de resistencia, alcanzando un promedio de 184.85 kg/cm². Esta variación en los resultados es significativa para evaluar la consistencia del material y su capacidad de soportar carga.

4.1.3. Resultados sobre la incorporación de grano de caucho reciclado en proporciones variables sobre las propiedades mecánicas del adoquín

a) Resistencia del AC + 4% GC a los 7, 14 y 28 días

Tabla 61

Resistencias del AC + 4% GC

Resistencia del AC + 4% GC – 7 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
T - 1	132.40	134.40	-1.49
T - 2	129.89		-3.36
T - 3	132.85		-1.15
T - 4	130.63		-2.81
$\bar{X}$	131.44	-	-2.20

La tabla 61, presenta las resistencias a compresión tras 7 días en adoquines de concreto que contienen un 4% de grano de caucho (GC). Los datos obtenidos muestran una variación media del -2.20%, lo que indica una pérdida en la resistencia del concreto.

Figura 50

Variación del AC +4% GC



La figura 50, demuestra la resistencia en adoquines de concreto a los que se ha añadido un 4% de grano de caucho. Los resultados obtenidos revelan cierta variación en los valores de resistencia, llegando a un promedio de 131.44 kg/cm². Esta variación en los resultados es significativa para apreciar la consistencia del material y su capacidad de soportar carga.

Tabla 62

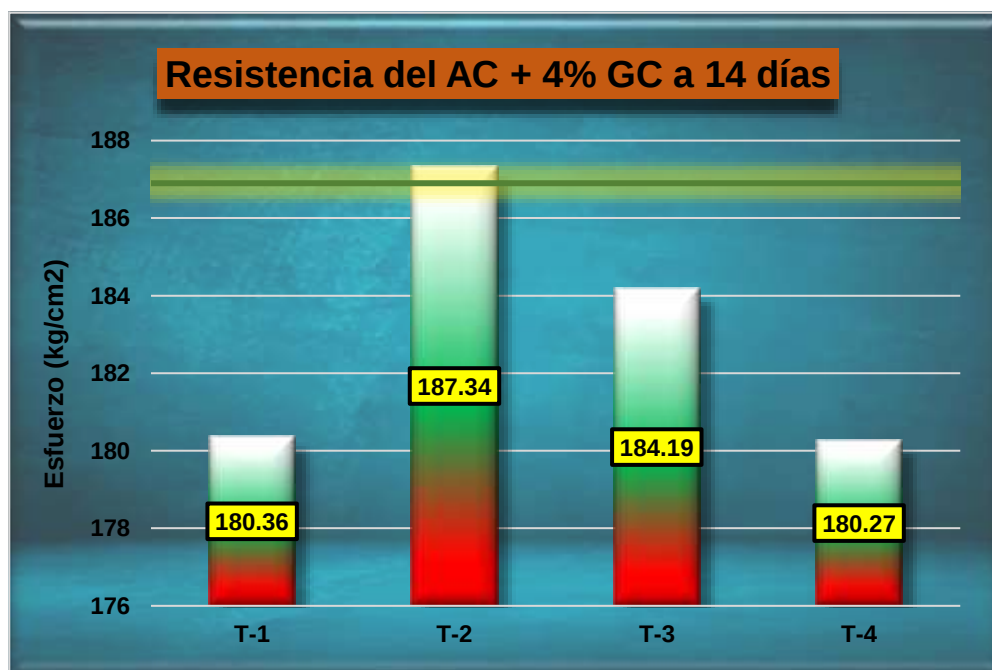
Resistencias del AC + 4% GC

Resistencia del AC + 4% GC – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
T - 1	180.36	186.90	-3.50
T - 2	187.34		0.24
T - 3	184.19		-1.45
T - 4	180.27		-3.55
$\bar{X}$	183.04	-	-2.07

La tabla 62, presenta las resistencias a compresión tras 14 días en adoquines de concreto que contienen un 4% de grano de caucho (GC). Los datos obtenidos muestran una variación media del -2.07%, lo que indica una pérdida en la resistencia del concreto.

Figura 51

Variación del AC + 4% GC



La figura 51, demuestra la resistencia en adoquines de concreto a los que se ha añadido un 4% de grano de caucho. Los resultados obtenidos revelan cierta variación en los valores de resistencia, llegando a un promedio de 183.04 kg/cm². Esta variación en los resultados es significativa para apreciar la consistencia del material y su capacidad de soportar carga.

Tabla 63

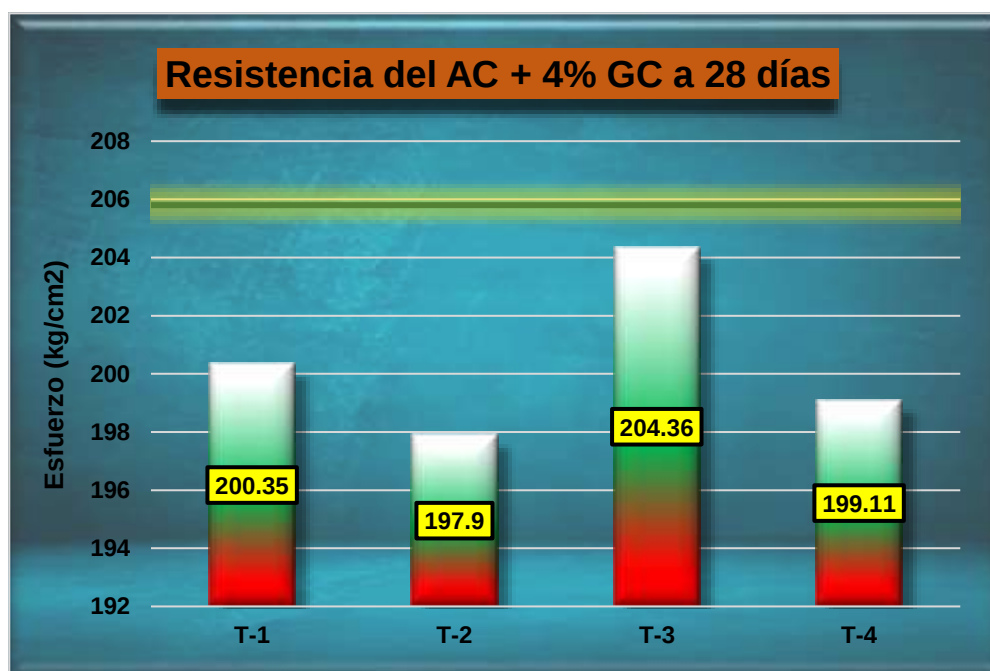
Resistencias del AC + 4% GC

Resistencia del AC + 4% GC – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
T - 1	200.35	205.80	-2.65
T - 2	197.90		-3.84
T - 3	204.36		-0.70
T - 4	199.11		-3.25
$\bar{X}$	200.43	-	-2.61

La tabla 63, presenta las resistencias a compresión tras 28 días en adoquines de concreto que contienen un 4% de grano de caucho (GC). Los datos obtenidos muestran una variación media del -2.61%, lo que indica una pérdida en la resistencia del concreto.

Figura 52

Variación del AC + 4% GC



La figura 52, demuestra la resistencia en adoquines de concreto a los que se ha añadido un 4% de grano de caucho. Los resultados obtenidos revelan cierta variación en los valores de resistencia, llegando a un promedio de 200.43 kg/cm². Esta variación en los resultados es significativa para apreciar la consistencia del material y su capacidad de soportar carga.

b) Resistencia del AC + 8% GC a los 7, 14 y 28 días

Tabla 64

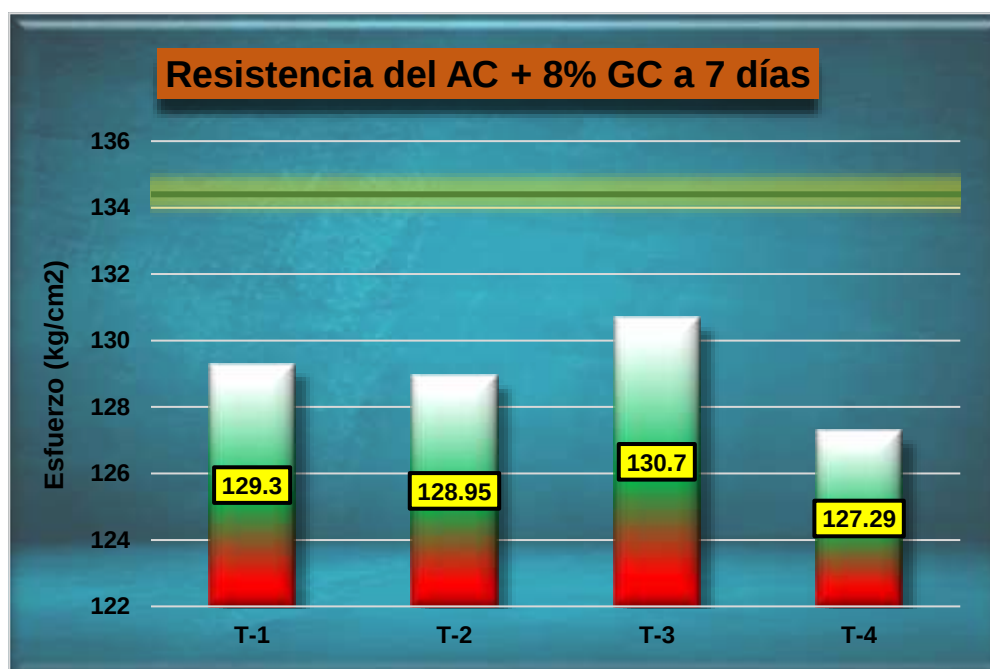
Resistencias del AC + 8% GC

Resistencia del AC + 8% GC – 7 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
T - 1	129.30	134.40	-3.79
T - 2	128.95		-4.06
T - 3	130.70		-2.75
T - 4	127.29		-5.29
$\bar{X}$	129.06	-	-3.97

La tabla 64, presenta las resistencias a compresión tras 7 días en adoquines de concreto que contienen un 8% de grano de caucho (GC). Los datos obtenidos muestran una variación media del -3.97%, lo que indica una pérdida en la resistencia del concreto.

Figura 53

Variación del AC + 8% GC



La figura 53, demuestra la resistencia en adoquines de concreto a los que se ha añadido un 8% de grano de caucho. Los resultados obtenidos revelan cierta variación en los valores de resistencia, llegando a un promedio de 129,06 kg/cm². Esta variación en los resultados es significativa para apreciar la consistencia del material y su capacidad de soportar carga.

Tabla 65

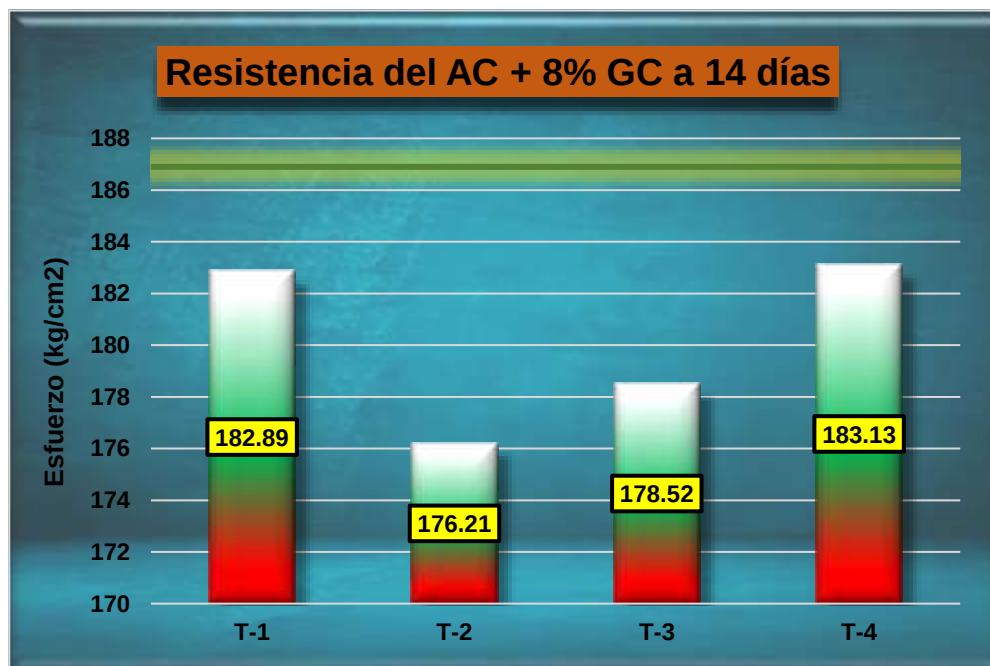
Resistencias del AC + 8% GC

Resistencia del AC + 8% GC – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
T - 1	182.89	186.90	-2.15
T - 2	176.21		-5.72
T - 3	178.52		-4.48
T - 4	183.13		-2.02
$\bar{X}$	181.76	-	-3.59

La tabla 65, presenta las resistencias a compresión tras 7 días en adoquines de concreto que contienen un 8% de grano de caucho (GC). Los datos obtenidos muestran una variación media del -3.59%, lo que indica una pérdida en la resistencia del concreto.

Figura 54

Variación del AC + 8% GC



La figura 54, demuestra la resistencia en adoquines de concreto a los que se ha añadido un 8% de grano de caucho. Los resultados obtenidos revelan cierta variación en los valores de resistencia, llegando a un promedio de 181.76 kg/cm². Esta variación en los resultados es significativa para apreciar la consistencia del material y su capacidad de soportar carga.

Tabla 66

Resistencias del AC + 8% GC

Resistencia del AC + 8% GC – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
T - 1	197.35	205.80	-4.11
T - 2	194.81		-5.34
T - 3	196.39		-4.57
T - 4	199.39		-3.11
$\bar{X}$	196.99	-	-4.28

La tabla 66, presenta las resistencias a compresión tras 28 días en adoquines de concreto que contienen un 8% de grano de caucho (GC). Los datos obtenidos muestran una variación media del -4.28%, lo que indica una pérdida en la resistencia del concreto.

Figura 55

Variación del AC + 8% GC



La figura 55, demuestra la resistencia en adoquines de concreto a los que se ha añadido un 8% de grano de caucho. Los resultados obtenidos revelan cierta variación en los valores de resistencia, llegando a un promedio de 196.99 kg/cm². Esta variación en los resultados es significativa para apreciar la consistencia del material y su capacidad de soportar carga.

c) Resistencia del ACP + 12% GC a los 7, 14 y 28 días

Tabla 67

Resistencias del AC + 12% GC

Resistencia AC + 12% GC – 7 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
T - 1	125.30	134.40	-6.77
T - 2	134.43		0.02
T - 3	120.75		-10.16
T - 4	127.67		-5.01
$\bar{X}$	127.67	-	-5.48

La tabla 67, presenta las resistencias a compresión tras 7 días en adoquines de concreto que contienen un 12% de grano de caucho (GC). Los datos obtenidos muestran una variación media del -5.48%, lo que indica una pérdida en la resistencia del concreto.

Figura 56

Variación del AC + 12% GC



La figura 56, demuestra la resistencia en adoquines de concreto a los que se ha añadido un 12% de grano de caucho. Los resultados obtenidos revelan cierta variación en los valores de resistencia, llegando a un promedio de 127,67 kg/cm². Esta variación en los resultados es significativa para apreciar la consistencia del material y su capacidad de soportar carga.

Tabla 68

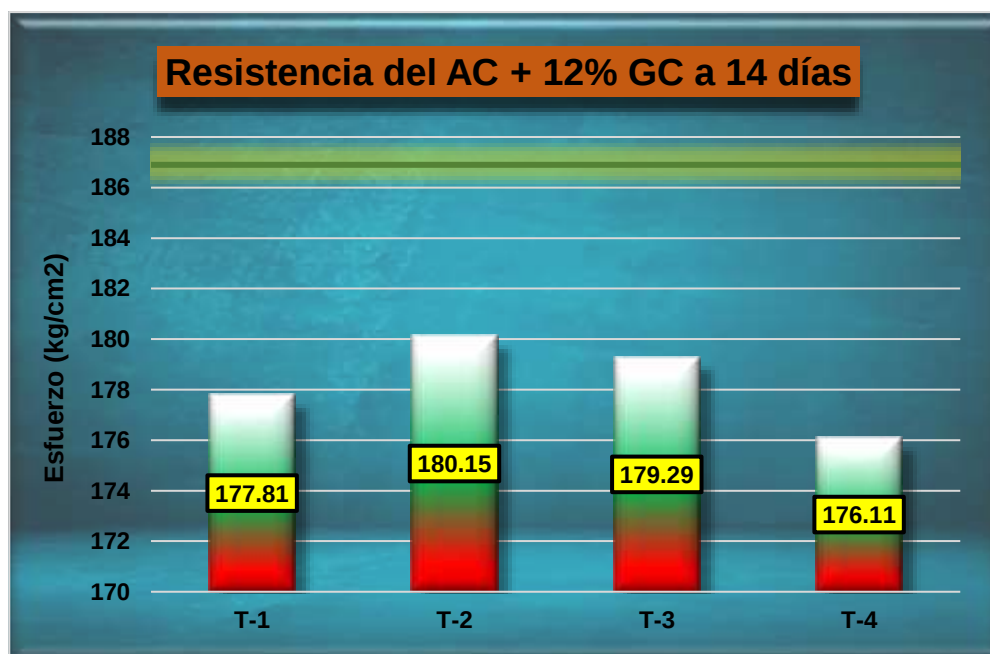
Resistencias del AC + 12% GC

Resistencia AC + 12% GC – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
T - 1	177.81	186.90	-4.86
T - 2	180.15		-3.61
T - 3	179.29		-4.07
T - 4	176.11		-5.77
$\bar{X}$	178.34	-	-4.58

La tabla 68, presenta las resistencias a compresión tras 14 días en adoquines de concreto que contienen un 12% de grano de caucho (GC). Los datos obtenidos muestran una variación media del -4.58%, lo que indica una pérdida en la resistencia del concreto.

Figura 57

Variación del AC + 12% GC



La figura 57, demuestra la resistencia en adoquines de concreto a los que se ha añadido un 12% de grano de caucho. Los resultados obtenidos revelan cierta variación en los valores de resistencia, llegando a un promedio de 178.34 kg/cm². Esta variación en los resultados es significativa para apreciar la consistencia del material y su capacidad de soportar carga.

Tabla 69

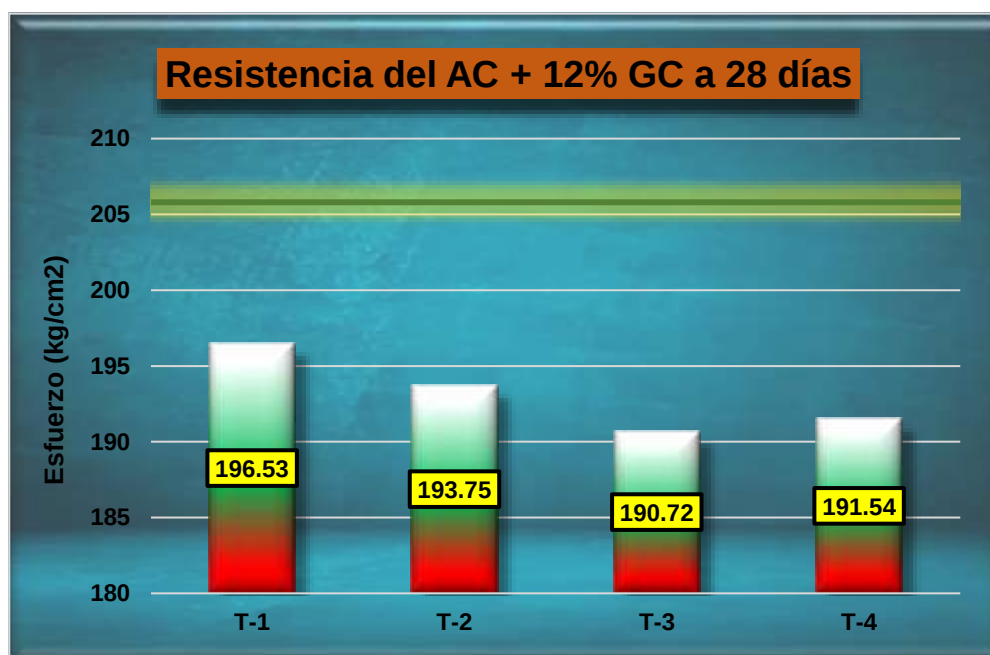
Resistencias del AC + 12% GC

Resistencia del AC + 12% GC – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
T - 1	196.53	205.80	-4.50
T - 2	193.75		-5.86
T - 3	190.72		-7.33
T - 4	191.54		-7.33
$\bar{X}$	193.14	-	-6.15

La tabla 69, presenta las resistencias a compresión tras 28 días en adoquines de concreto que contienen un 12% de grano de caucho (GC). Los datos obtenidos muestran una variación media del -6.15%, lo que indica una pérdida en la resistencia del concreto.

Figura 58

Variación del AC + 12% GC



La figura 58, demuestra la resistencia en adoquines de concreto a los que se ha añadido un 12% de grano de caucho. Los resultados obtenidos revelan cierta variación en los valores de resistencia, llegando a un promedio de 193,14 kg/cm². Esta variación en los resultados es significativa para apreciar la consistencia del material y su capacidad de soportar carga.

4.1.4. Comparativos de resultados obtenidos

4.1.4.1. Comparativo de resultado del ensayo de Absorción

Adoquín de concreto + relave minero

Tabla 70

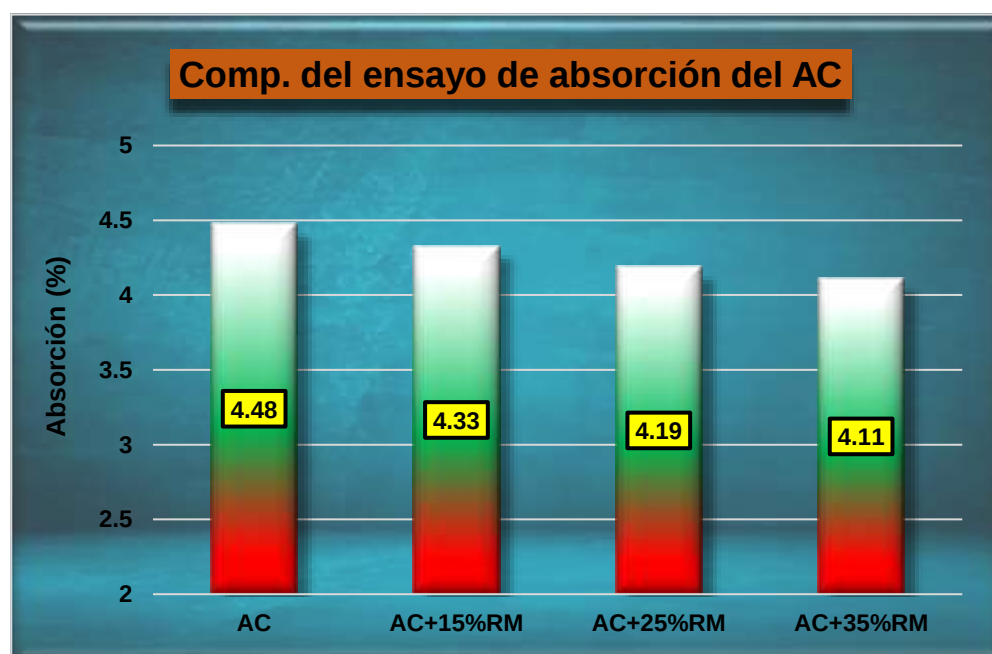
Comparativo del ensayo de absorción del adoquín de concreto

Ensayo de absorción	
Muestra	% Absorción
AC	4.48
AC + 15%RM	4.33
AC + 25%RM	4.19
AC + 35%RM	4.11

Nota: Sintetizados de la evaluación realizada en laboratorio.

Figura 59

Comparativo del ensayo de absorción del adoquín de concreto



En la figura 59 se comparan los resultados del ensayo de absorción para distintos porcentajes de relave minero incorporados. Los datos evidencian una disminución en la capacidad de absorción en comparación con la muestra de referencia, destacando los efectos del material añadido sobre las propiedades analizadas.

Adoquín de concreto + grano de caucho

Tabla 71

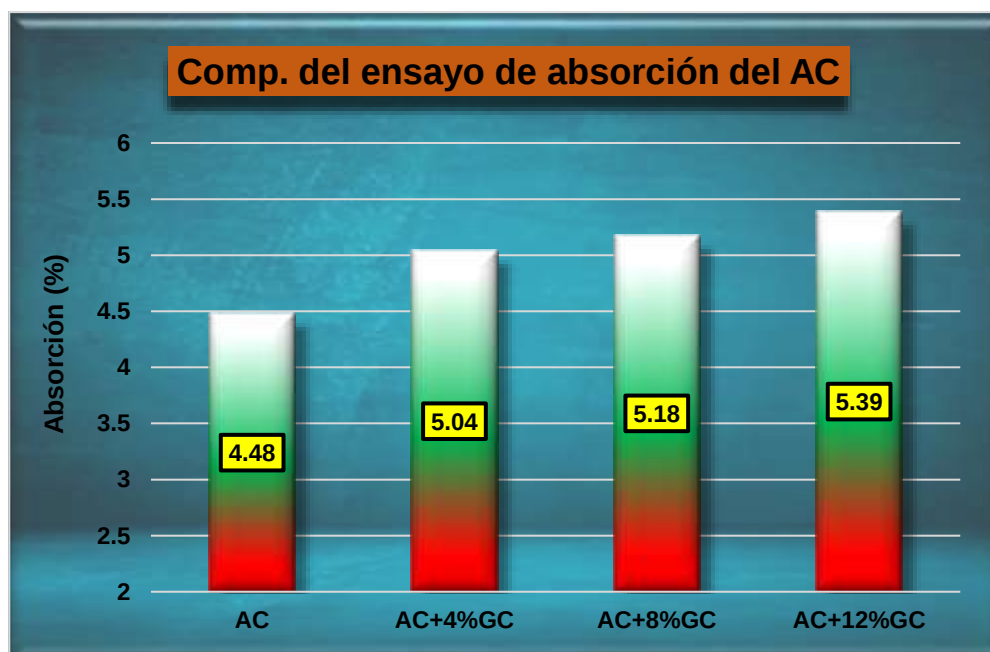
Comparativo del ensayo de absorción del adoquín de concreto

Ensayo de absorción	
Muestra	% Absorción
AC	4.48
AC + 4%GC	5.04
AC + 8%GC	5.18
AC + 12%GC	5.39

Nota: Sintetizados de la evaluación realizada en laboratorio.

Figura 60

Comparativo del ensayo de absorción del adoquín de concreto



En la figura 60 se comparan los resultados del ensayo de absorción para distintos porcentajes de grano de caucho incorporados. Los datos evidencian una disminución en la capacidad de absorción en comparación con la muestra de referencia, destacando los efectos del material añadido sobre las propiedades analizadas.

4.1.4.2. Comparativo de resultados de la variación dimensional

Adoquín de concreto + relave minero

Tabla 72

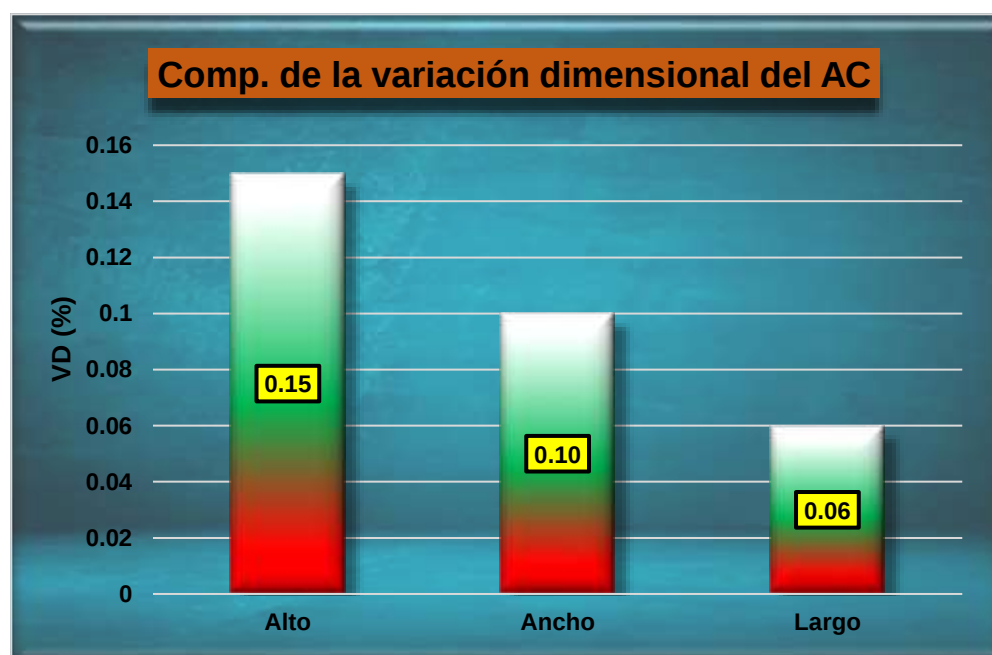
Comparativo de la variación dimensional del adoquín de concreto

Muestra	Variación dimensional (%)		
	Alto (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)
AC	0.16	0.11	0.07
AC + 15%RM	0.18	0.13	0.04
AC + 25%RM	0.16	0.09	0.06
AC + 35%RM	0.10	0.08	0.07
Promedio	0.15	0.10	0.06

Nota: Sintetizados de la evaluación realizada en laboratorio.

Figura 61

Comparativo de la variación dimensional del adoquín de concreto



La figura 61 presenta un análisis de las modificaciones dimensionales en adoquines de concreto al incorporar diferentes proporciones de relave minero. Se observan cambios específicos en sus dimensiones de alto, ancho y largo, lo que refleja el impacto del material añadido en sus características físicas.

Adoquín de concreto + grano de caucho

Tabla 73

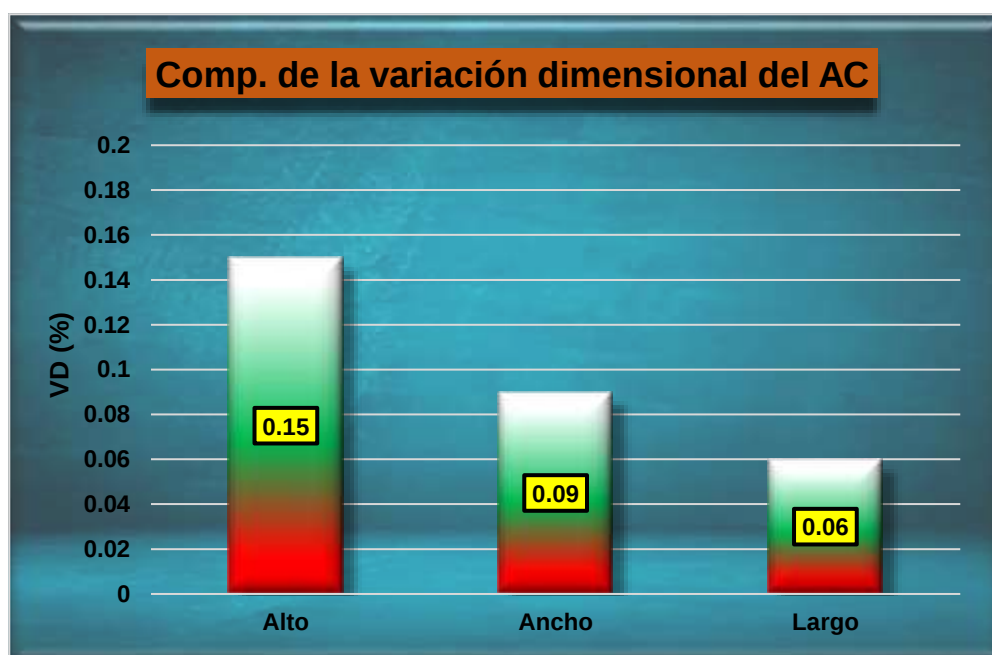
Comparativo de la variación dimensional del adoquín de concreto

Muestra	Variación dimensional (%)		
	Alto (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)
AC	0.16	0.11	0.07
AC + 4%GC	0.14	0.10	0.06
AC + 8%GC	0.12	0.07	0.07
AC + 12%GC	0.17	0.08	0.04
Promedio	0.15	0.09	0.06

Nota: Sintetizados de la evaluación realizada en laboratorio.

Figura 62

Comparativo de la variación dimensional del adoquín de concreto



La figura 62 presenta un análisis de las modificaciones dimensionales en adoquines de concreto al incorporar diferentes proporciones de grano de caucho. Se observan cambios específicos en sus dimensiones de alto, ancho y largo, lo que refleja el impacto del material añadido en sus características físicas.

4.1.4.3. Comparativo de resultados del ensayo de alabeo

Adoquín de concreto + relave minero

Tabla 74

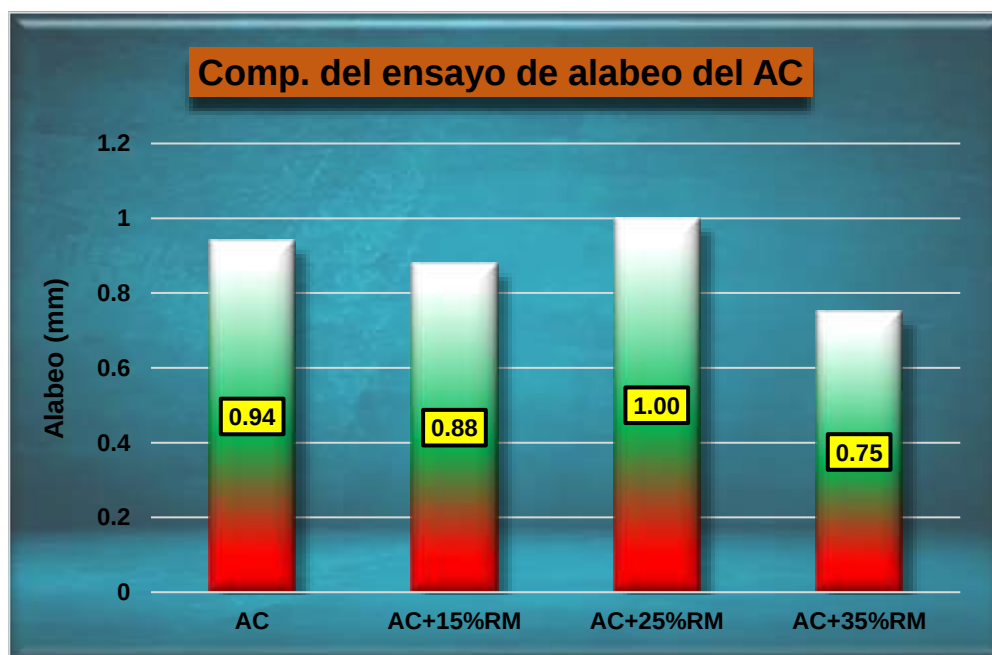
Comparativo del ensayo de alabeo del adoquín de concreto

Ensayo de alabeo	
Muestra	Alabeo (mm)
AC	0.94
AC + 15%RM	0.88
AC + 25%RM	1.00
AC + 35%RM	0.75

Nota: Sintetizados de la evaluación realizada en laboratorio.

Figura 63

Comparativo del ensayo de alabeo del adoquín de concreto



La figura 63 ilustra un análisis comparativo del alabeo en adoquines de concreto al incorporar distintas proporciones de relave minero. Los resultados reflejan cómo varían las deformaciones en la estructura de los adoquines debido a este material añadido.

Adoquín de concreto + grano de caucho

Tabla 75

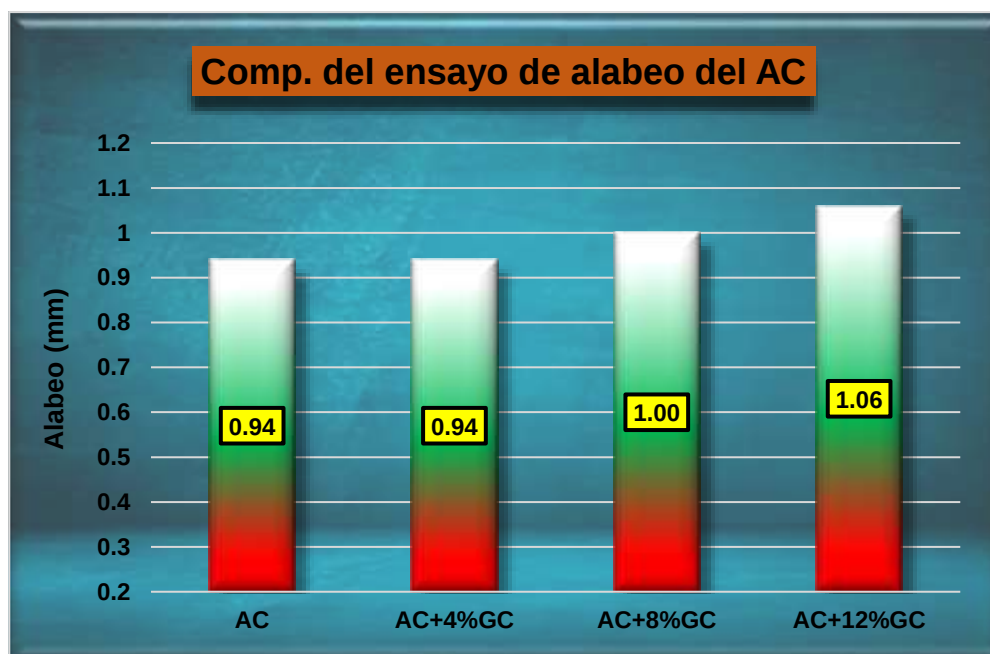
Comparativo del ensayo de alabeo del adoquín de concreto

Ensayo de alabeo	
Muestra	Alabeo (mm)
AC	0.94
AC + 4%GC	0.94
AC + 8%GC	1.00
AC + 12%GC	1.06

Nota: Sintetizados de la evaluación realizada en laboratorio.

Figura 64

Comparativo del ensayo de alabeo del adoquín de concreto



La figura 64 ilustra un análisis comparativo del alabeo en adoquines de concreto al incorporar distintas proporciones de grano de caucho. Los resultados reflejan cómo varían las deformaciones en la estructura de los adoquines debido a este material añadido.

4.1.4.4. Comparativo de resistencias a la compresión de AC, +%RM y +%GC

a) Comparativo de resistencias + RM tras 7 días

Tabla 76

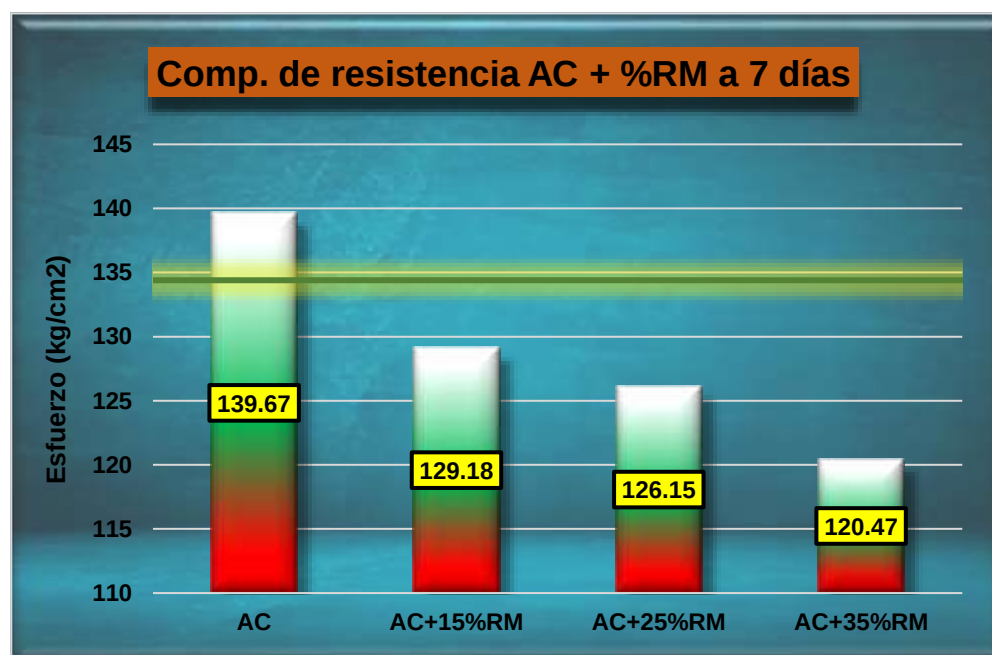
Resistencias obtenidas del AC + RM

Comparación de Resistencia – 7 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
AC	139.67	134.40	3.92
AC + 15%RM	129.18		-3.88
AC + 25%RM	126.15		-6.14
AC + 35%RM	120.47		-10.37

Nota: Sintetizados de la evaluación realizada en laboratorio.

Figura 65

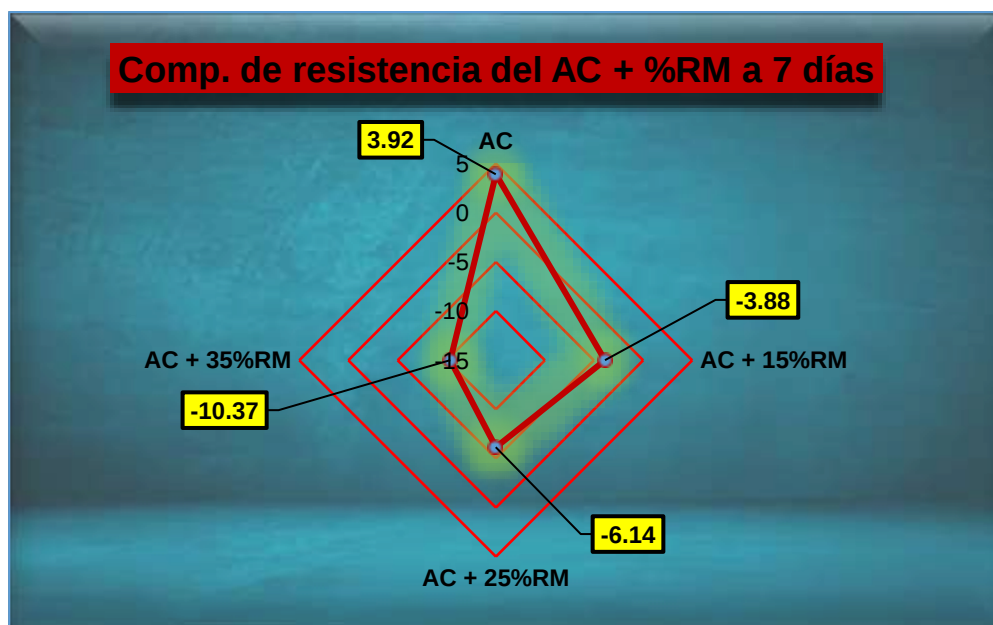
Comparación de la resistencia del AC + % RM



La figura 65, muestra una comparación de las resistencias medias alcanzadas durante un período de curado de 7 días. En esta evaluación, la resistencia más cercana al valor de referencia del adoquín patrón es de 129,18 kg/cm², lograda mediante la combinación de AC con un 15% de relave minero (RM).

Figura 66

Variación de la resistencia AC + % RM



La figura 66, detalla cómo varían las resistencias alcanzadas después de un periodo de curado de 7 días, mostrando una disminución significativa en las propiedades mecánicas en comparación con el adoquín de concreto patrón.

4.1.4.1. Comparación de la resistencia del adoquín + RM a los 14 días

Tabla 77

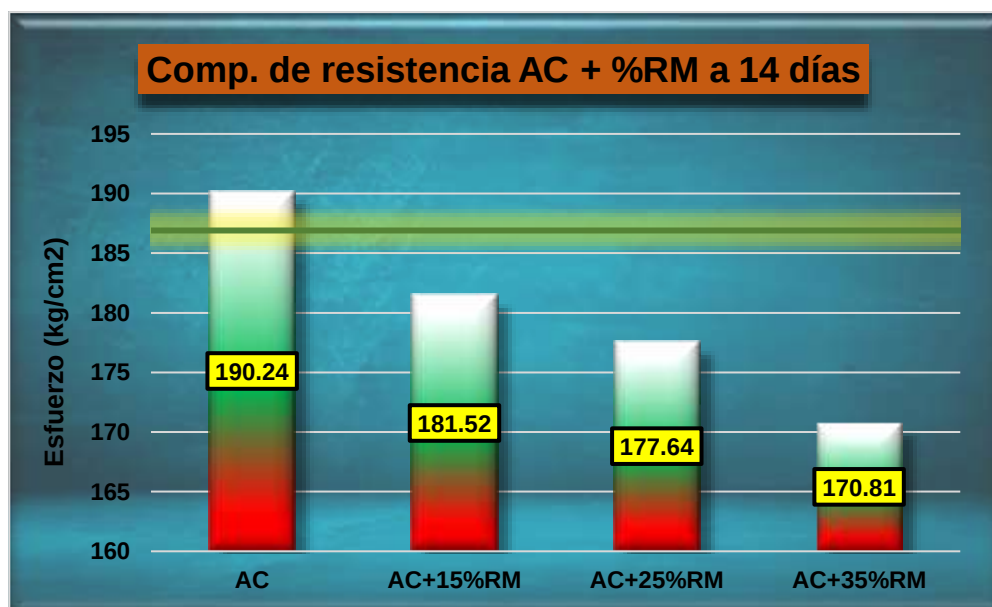
Resistencias obtenidas del AC + RM

Comparación de Resistencia – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm2)	Diseño (kg/cm2)	% Variación
AC	190.24	186.90	1.79
AC + 15%RM	181.52		-2.88
AC + 25%RM	177.64		-4.45
AC + 35%RM	170.81		-8.61

Nota: Sintetizados de la evaluación realizada en laboratorio.

Figura 67

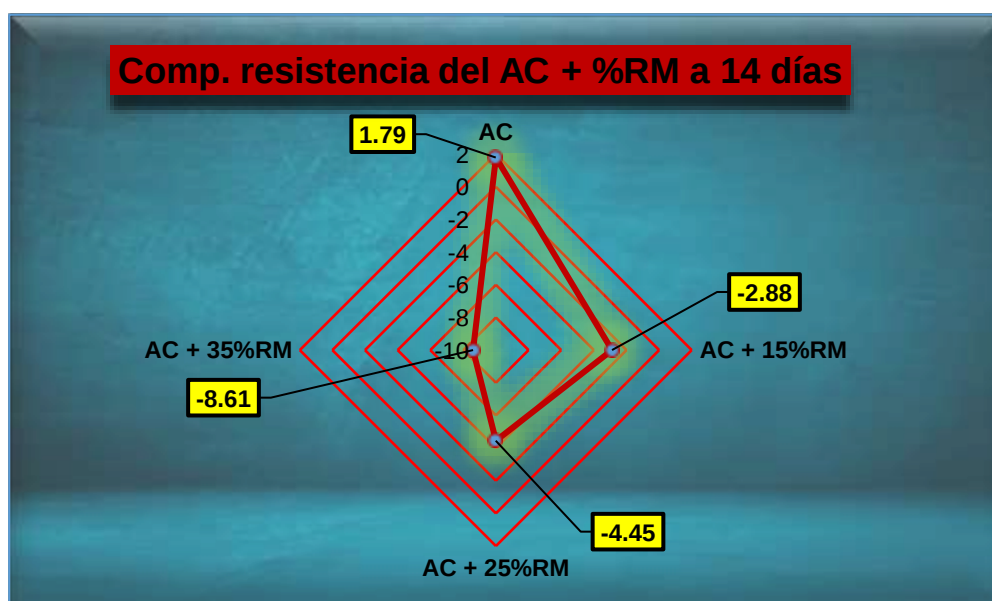
Comparación de la resistencia del AC + % RM



La figura 67, muestra una comparación de las resistencias medias alcanzadas durante un período de curado de 14 días. En esta evaluación, la resistencia más cercana al valor de referencia del adoquín patrón es de 181.52 kg/cm², lograda mediante la combinación de AC con un 15% de relave minero (RM).

Figura 68

Variación de la resistencia AC + % RM



La figura 68, detalla cómo varían las resistencias alcanzadas después de un periodo de curado de 14 días, mostrando una disminución significativa en las propiedades mecánicas en comparación con el adoquín de concreto patrón.

4.1.4.2. Comparación de la compresión del concreto + RM a los 28 días

Tabla 78

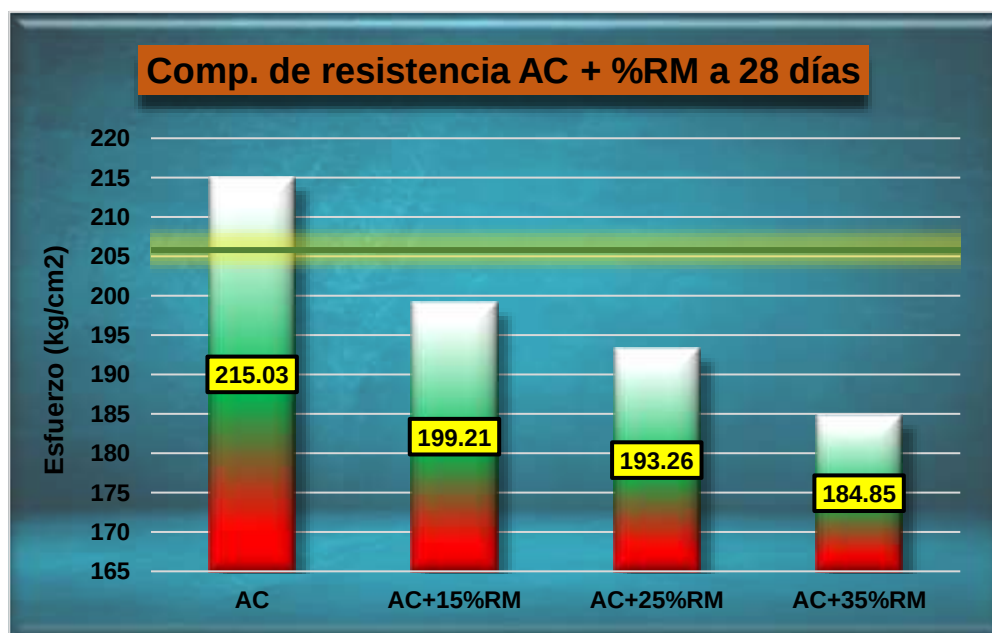
Resistencias obtenidas del AC + RM

Comparación de Resistencia – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
AC	215.03	205.80	4.49
AC + 15%RM	199.21		-3.20
AC + 25%RM	193.26		-6.09
AC + 35%RM	184.85		-10.18

Nota: Sintetizados de la evaluación realizada en laboratorio.

Figura 69

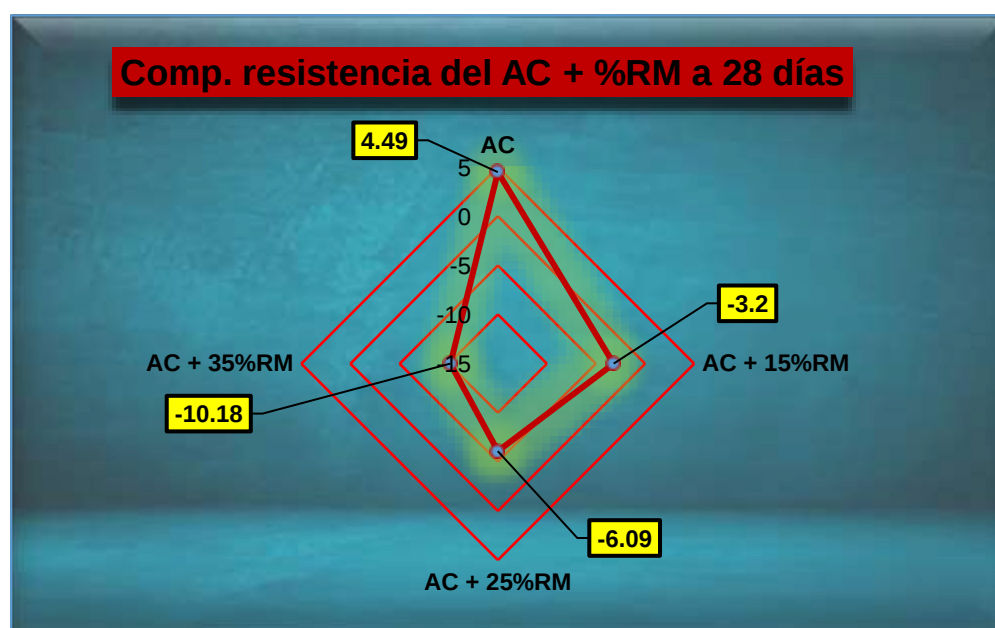
Comparación de la resistencia del AC + % RM



La figura 69, muestra una comparación de las resistencias medias alcanzadas durante un período de curado de 28 días. En esta evaluación, la resistencia más cercana al valor de referencia del adoquín patrón es de 199.21 kg/cm², lograda mediante la combinación de AC con un 15% de relave minero (RM).

Figura 70

Variación de la resistencia AC + % RM



La figura 70, detalla cómo varían las resistencias alcanzadas después de un periodo de curado de 28 días, mostrando una disminución significativa en las propiedades mecánicas en comparación con el adoquín de concreto patrón.

4.1.4.3. Comparación de la resistencia del adoquín + GC a los 7 días

Tabla 79

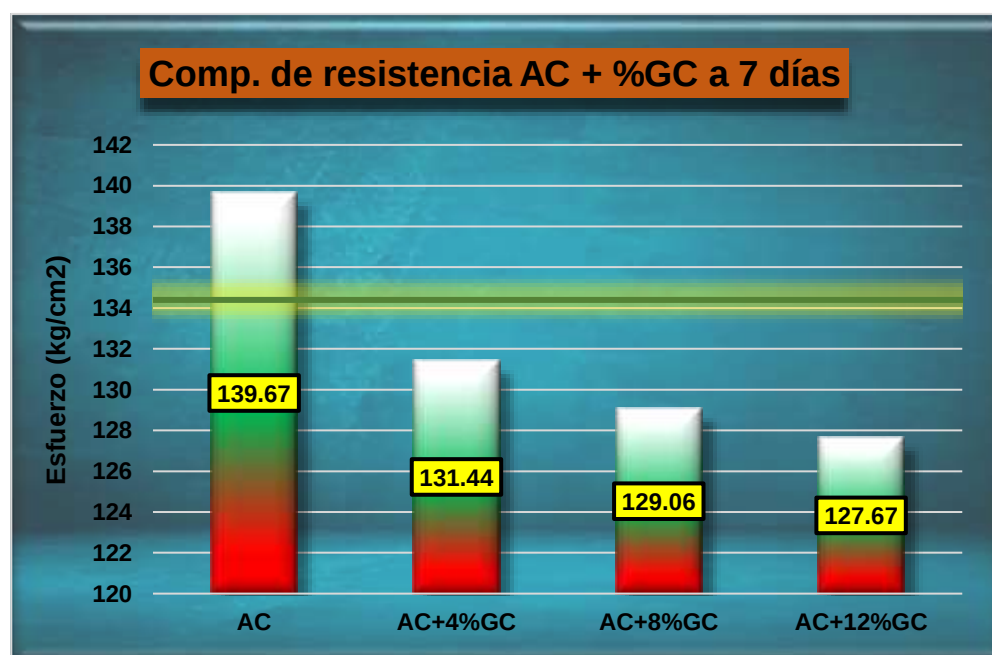
Resistencias obtenidas del AC + GC

Comparación de Resistencia – 7 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
AC	139.67	134.40	3.92
AC + 4% GC	131.44		-2.20
AC + 8% GC	129.06		-3.97
AC + 12% GC	127.67		-5.48

Nota: Sintetizados de la evaluación realizada en laboratorio.

Figura 71

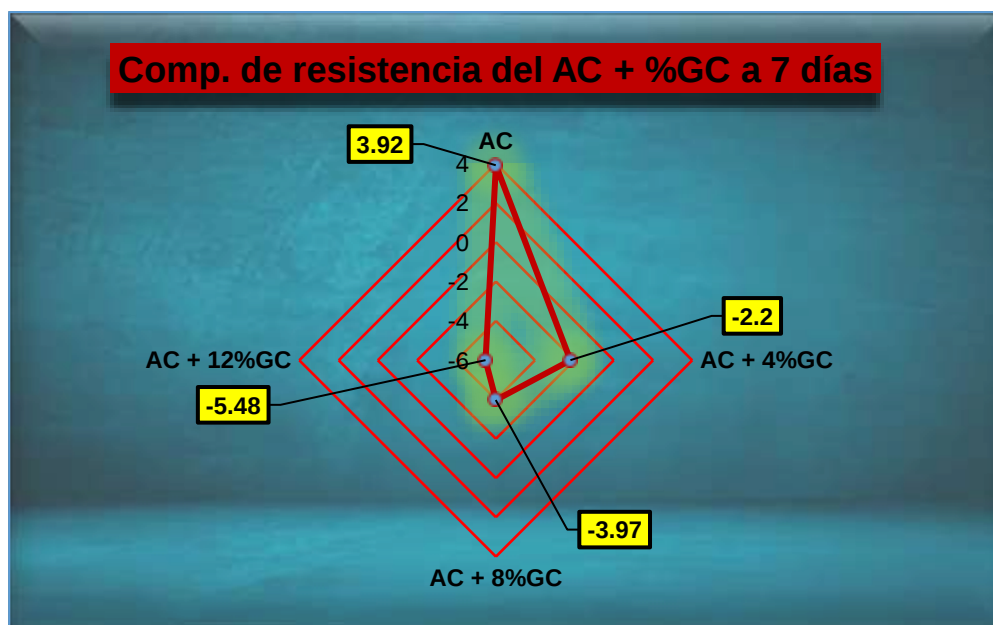
Comparación de la resistencia del AC + % GC



La figura 71, muestra una comparación de las resistencias medias alcanzadas durante un período de curado de 7 días. En esta evaluación, la resistencia más cercana al valor de referencia del adoquín patrón es de 131.44 kg/cm², lograda mediante la combinación de AC con un 4% de grano de caucho (GC).

Figura 72

Variación de la resistencia AC + % GC



La figura 72, detalla cómo varían las resistencias alcanzadas después de un periodo de curado de 7 días, mostrando una disminución significativa en las propiedades mecánicas en comparación con el adoquín de concreto patrón.

4.1.4.4. Comparación de la resistencia del adoquín + GC a los 14 días

Tabla 80

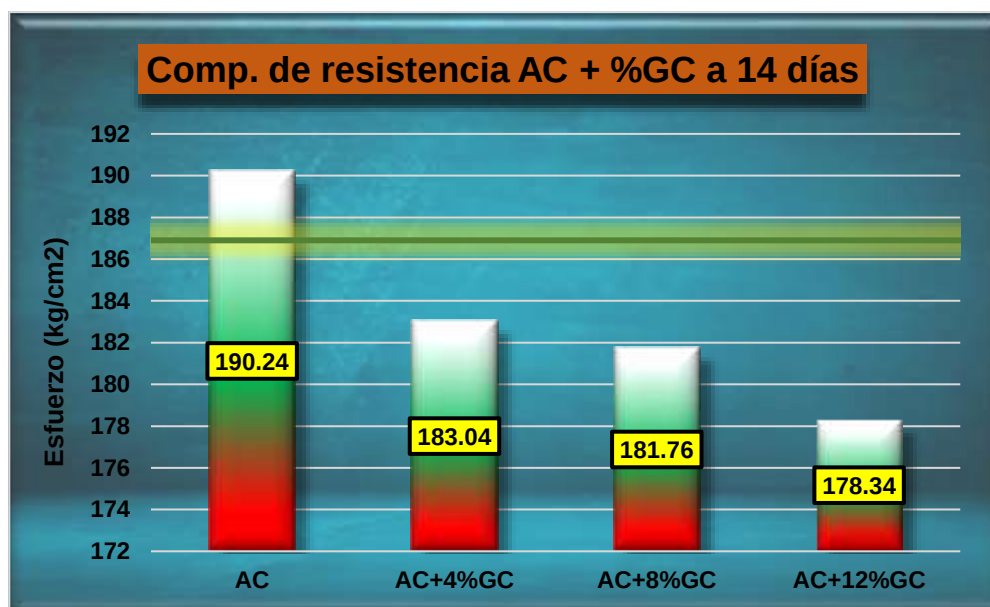
Resistencias obtenidas del AC + GC

Comparación de Resistencia – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
AC	190.24	186.90	1.79
AC + 4% GC	183.04		-2.07
AC + 8% GC	181.76		-3.59
AC + 12% GC	178.34		-4.58

Nota: Sintetizados de la evaluación realizada en laboratorio.

Figura 73

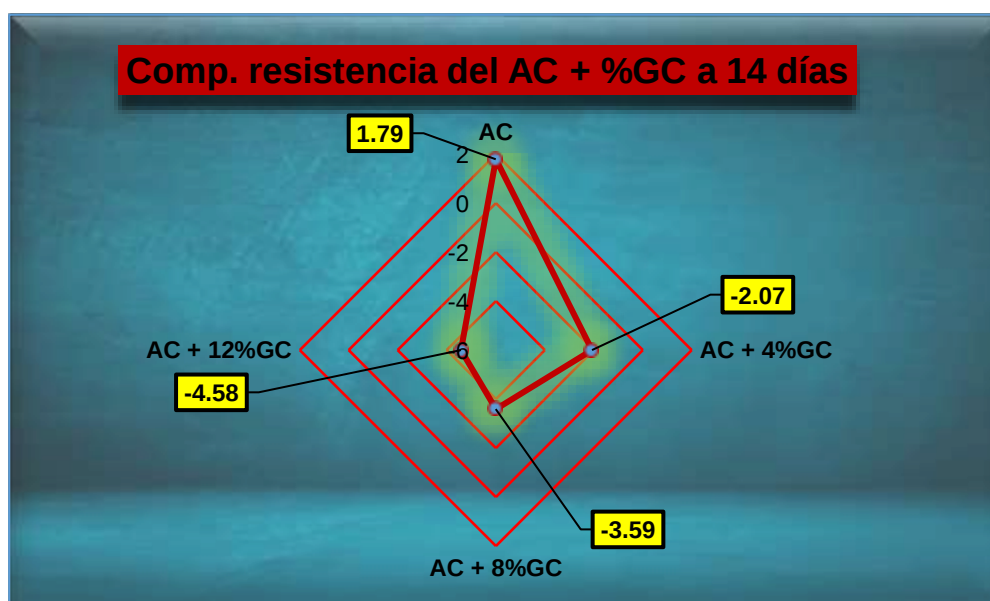
Comparación de la resistencia del AC + % GC



La figura 73, muestra una comparación de las resistencias medias alcanzadas durante un período de curado de 14 días. En esta evaluación, la resistencia más cercana al valor de referencia del adoquín patrón es de 183.04 kg/cm², lograda mediante la combinación de AC con un 4% de grano de caucho (GC).

Figura 74

Variación de la resistencia AC + % GC



La figura 74, detalla cómo varían las resistencias alcanzadas después de un periodo de curado de 14 días, mostrando una disminución significativa en las propiedades mecánicas en comparación con el adoquín de concreto patrón.

4.1.4.5. Comparación de la resistencia del adoquín + GC a los 28 días

Tabla 81

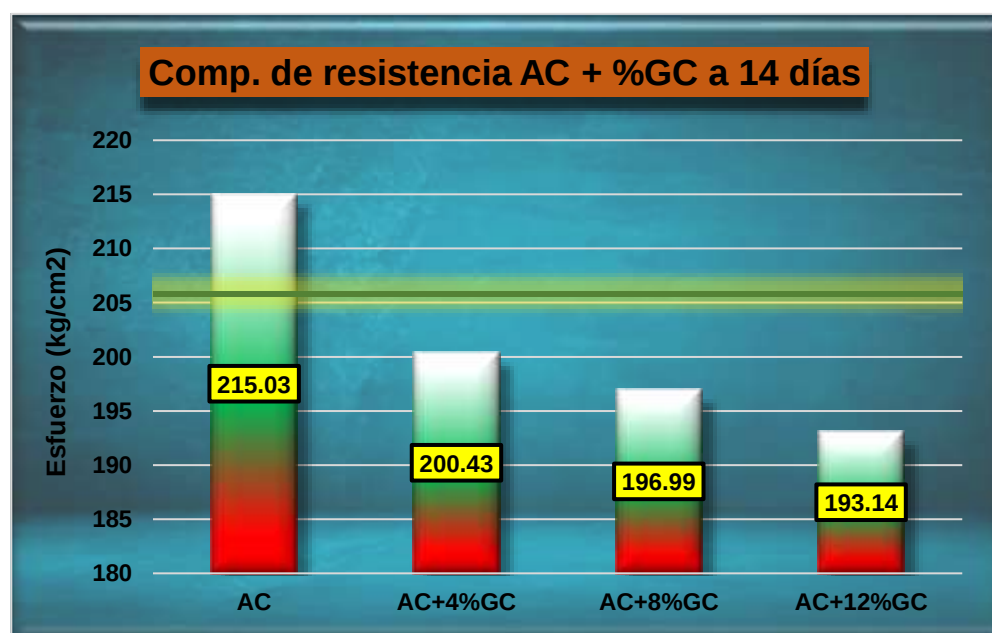
Resistencias obtenidas del AC + GC

Comparación de Resistencia – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
AC	215.03	205.80	4.49
AC + 4% GC	200.43		-2.61
AC + 8% GC	196.99		-4.28
AC + 12% GC	193.14		-6.15

Nota: Sintetizados de la evaluación realizada en laboratorio.

Figura 75

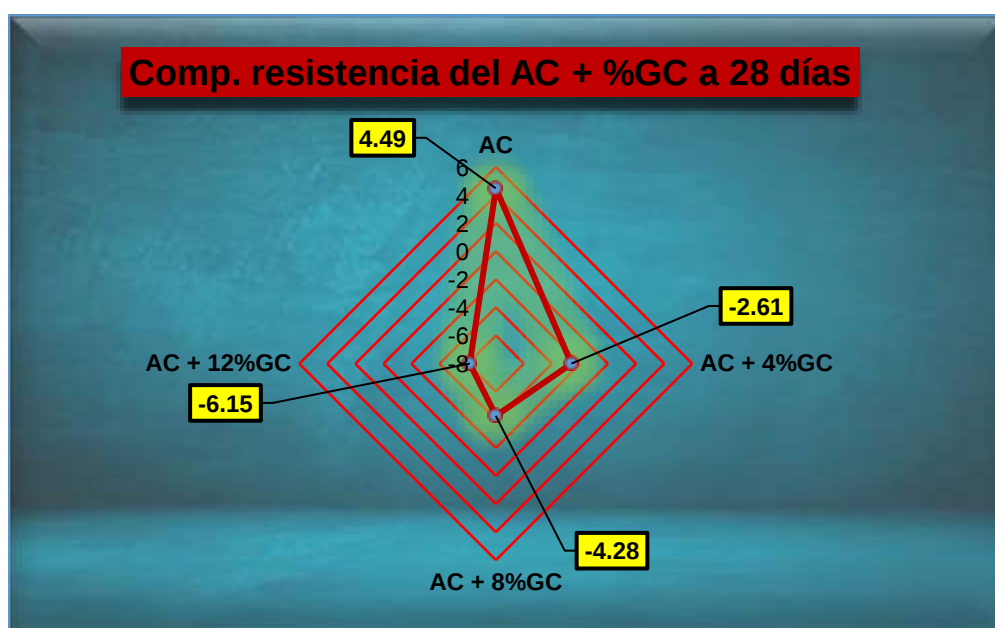
Comparación de la resistencia del AC + % GC



La figura 75, muestra una comparación de las resistencias medias alcanzadas durante un período de curado de 14 días. En esta evaluación, la resistencia más cercana al valor de referencia del adoquín patrón es de 200.43 kg/cm², lograda mediante la combinación de AC con un 4% de grano de caucho (GC).

Figura 76

Variación de la resistencia ACP + % GC



La figura 76, detalla cómo varían las resistencias alcanzadas después de un periodo de curado de 28 días, mostrando una disminución significativa en las propiedades mecánicas en comparación con el adoquín de concreto patrón.

4.2. Discusión de Resultados

Para este estudio de tesis se completó el diseño de una mezcla de concreto basada en las especificaciones del American Concrete Institute (ACI 211), destinada a la fabricación de un adoquín patrón con una resistencia de 210 kg/cm². Para este diseño, se calculó la dosificación correspondiente para un adoquín con dimensiones de 20 cm x 10 cm x 6 cm, empleando los siguientes materiales: 42.50 kg de cemento Portland Tipo I, 23.45 litros de agua, 119.42 kg de agregado fino y 99.97 kg de agregado grueso de 3/8". Los resultados de este diseño fueron comparados con un estudio previo de (Manrique & Manrique, 2021), en el cual los autores emplearon una dosificación similar bajo los parámetros del ACI 211. En su investigación, la mezcla se formuló con 1,12 kg de agregado grueso de 3/8", y un 1,6% de contenido de humedad; 1,25 kg de agregado fino, con un MF de 2,8% y 6,2% de contenido de humedad; 0,53 kg de cemento y 0,28 litros de agua. La comparación entre ambas dosificaciones reveló diferencias en las propiedades físicas de los agregados, atribuibles a la ubicación geográfica de las canteras de origen. Estas variaciones en los agregados pueden influir en el comportamiento y rendimiento del concreto, subrayando la importancia de considerar las características locales de los materiales en el diseño de mezclas para proyectos específicos.

En la presente investigación, después de la fabricación de los adoquines y la realización de los ensayos en un laboratorio especializado, se analizó el impacto de la incorporación de caucho reciclado en las propiedades de los adoquines de concreto, destinados a pavimentos de tránsito liviano en el distrito de Ananea. En cuanto a las propiedades físicas, se llevó a cabo un ensayo de tolerancia dimensional. Los resultados promediados en cuanto a la longitud mostraron lo siguiente: para los adoquines patrón, se obtuvo una variación promedio de (0.16%) alto, (0.11%) ancho, (0.07%) largo; en adoquines con 4% de caucho reciclado, (0.14%) alto, (0.10%) ancho, (0.06%) largo; con 8% de caucho reciclado, (0.12%) alto, (0.07%) ancho, (0.07%) largo; y con 12% de caucho reciclado, (0.17%) alto, (0.08%) ancho, (0.04%) largo. Adicionalmente, se evaluó la

capacidad de absorción de agua de los adoquines. Los resultados mostraron que los adoquines patrón presentaron una absorción promedio de 4.48%. En contraste, los adoquines con adiciones de caucho reciclado presentaron los siguientes valores de absorción: 5.04% para aquellos con 4% de caucho reciclado, 5.18% con 8%, y 5.39% con 12%. Estos resultados indican que la adición de caucho reciclado impacta tanto en las dimensiones como en las propiedades de absorción de los adoquines, lo cual es relevante para determinar su aplicabilidad en proyectos de pavimentación ecológica y su resistencia en condiciones de exposición a humedad.

Por el contrario, al evaluar la resistencia a la compresión de los adoquines de concreto con la incorporación de relave minero triturado (RM) en diferentes proporciones, los resultados obtenidos a los 7, 14 y 28 días mostraron una clara tendencia. Con una adición del 15% de RM, se tuvieron resistencias de 129.18 kg/cm², 181.52 kg/cm² y 199.21 kg/cm², en cada caso. Para una adición del 25% de RM, las resistencias fueron de 126.15 kg/cm², 177.64 kg/cm² y 193.26 kg/cm². Finalmente, con una adición del 35% de RM, las resistencias registradas fueron de 120.47 kg/cm², 170.81 kg/cm² y 184.85 kg/cm². Estos resultados sugieren que la resistencia tiende a disminuir gradualmente a medida que aumenta la cantidad de MR en la mezcla. Sin embargo, el mejor desempeño en términos de resistencia se observó con la adición del 15% de RM, que proporcionó los valores de resistencia más altos en todas las mediciones realizadas. Estos resultados coinciden con los resultados de la investigación de Jove y Mamani (2022), en relación a las resistencia con la adición de 10% de relaves mineros fueron; 330.20 kg/cm², 369.32 kg/cm² y 380.28 kg/cm². Y con la adición de 30% de relaves mineros fueron; 274.81 kg/cm², 315.54 kg/cm² y 320.01 kg/cm². Y finalmente con la adición de 50% de relave minero; 210.24 kg/cm², 221.09 kg/cm² y 224.15 kg/cm². Estos resultados se asemejan a los de nuestro estudio ya que en ambos casos los resultados a la resistencia a compresión descienden.

Por otro lado, en cuanto a las propiedades mecánicas, se realizó la prueba de resistencia a la compresión con la adición de grano de caucho. A los 7, 14 y 28 días de



curado, se obtuvieron los siguientes valores de resistencia: 139.67 kg/cm², 190.24 kg/cm², 215.03 kg/cm² para los adoquines patrón; 131.44 kg/cm², 183.04 kg/cm², 200.43 kg/cm² para adoquines con 4% de grano de caucho; 129.06 kg/cm², 181.76 kg/cm², 196.99 kg/cm² con 8% de grano de caucho; y 127.67 kg/cm², 178.34 kg/cm², 193.14 kg/cm² con 12% de grano de caucho. Asimismo, en la tesis de Aguilar y Moya (2022) se realizó una prueba de resistencia a la compresión a los 28 días de curado, obteniendo los siguientes resultados: 557.16 kg/cm² para los adoquines patrón; 481.85 kg/cm² con 5% de caucho reciclado; 460.86 kg/cm² con 10% de caucho reciclado; y 431.47 kg/cm² con 15% de caucho reciclado. Estos resultados se asemejan a los resultados obtenidos con nuestra investigación, ya que muestran una tendencia decreciente en la resistencia a medida que se incrementa el porcentaje de caucho reciclado en la mezcla, en la resistencia a la compresión. Esto sugiere que, aunque la incorporación de caucho reciclado puede ofrecer ventajas en términos de sostenibilidad, el aumento en su proporción afecta la resistencia mecánica de los adoquines, lo cual es un factor importante a considerar en aplicaciones estructurales de pavimentación.

CONCLUSIONES

Primera, La absorción del adoquín de concreto tuvo una absorción promedio de 4.48%, y con la adición de relave minero triturado disminuyó la absorción a 4.33% (15%), 4.19% (25%) y 4.11% (35%), indicando menor porosidad. Los adoquín con grano de caucho reciclado mostraron absorciones de 5.04% (4%), 5.18% (8%) y 5.39% (12%), indicando que tiene mayor porosidad. La variación dimensional del adoquín normal presentó variaciones del 0.16% en altura, 0.11% en ancho y 0.07% en largo. Con relave minero triturado, la altura varió hasta 0.18% (15%) y el ancho mayor fue de 0.20% de adición (15%) y finalmente el largo mayor fue de 0.14% (25%). El grano de caucho reciclado mostró menores variaciones en altura y ancho a mayores porcentajes (0.17% y 0.10% al 0.06%), indicando mayor uniformidad dimensional comparado con el relave minero triturado. Finalmente, el alabeo del adoquín estándar fue de 0.94 mm. Con relave minero triturado, el alabeo disminuyó a 0.88 mm (15%), aumentó a 1.00 mm (25%) y se redujo a 0.75 mm (35%). Mientras que los adoquín con grano de caucho reciclado mostraron alabeos constantes de 0.94 y 1.00 mm (4% y 8%) y un aumento ligero a 1.06 mm (12%).

Segunda, Se concluye que la resistencia del adoquín de concreto estándar fue de 215.03 kg/cm². Los adoquín con adición de relave minero triturado tras los 28 días de curado mostraron una disminución notable en la resistencia, alcanzando 199.21 kg/cm² con 15%, 193.26 kg/cm² con 25% y 184.85 kg/cm² con 35%. Esto sugiere que, el relave minero triturado mejora la resistencia.

Tercera, Se concluye que la resistencia del adoquín de concreto estándar fue de 215.03 kg/cm². Los adoquín con adición de grano de caucho reciclados tras los 28 días de curado mostraron un incremento notable en la resistencia, alcanzando 200.43 kg/cm² con 4%, 196.99 kg/cm² con 8% y 193.14 kg/cm² con 12%. Esto sugiere que, aunque el grano de caucho reciclado mejora la resistencia, su efecto es mayor que el del relave minero triturado.



RECOMENDACIONES

Primera, Es recomendable realizar experimentos con adoquines de concreto en combinación con diversos materiales en cantidades diversas. Esta investigación tiene como objetivo mejorar las propiedades físicas mediante la integración de diversos aditivos y materiales para examinar su comportamiento.

Segunda, Es recomendable examinar la sustitución de materiales suplementarios, como los residuos mineros triturados, para evaluar su potencial mejora de las características mecánicas de los adoquines de concreto, con el objetivo de optimizar los costes de fabricación.

Tercera, Es recomendable examinar la incorporación de materiales suplementarios, como granos de caucho reciclado, para evaluar su potencial mejora de las características mecánicas de los adoquines de concreto, optimizando así los costes de fabricación.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, S., & Moya, G. (2022). *Adición de caucho reciclado en las propiedades físico-mecánicas en adoquines ecológicos para pavimento de tránsito liviano en Trujillo*, 2022. Trujillo - Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de file:///C:/Users/INTEL/Downloads/Aguilar_CSL-Moya_SGJW-SD.pdf
- Campos, C. (2023). *Análisis del comportamiento mecánico en adoquines de concreto sustituyendo caucho reciclado y ceniza de carbón, Chiclayo 2023*. Chiclayo - Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de file:///C:/Users/INTEL/Downloads/Campos_PCD-SD.pdf
- Chinguel, R., & Flores, J. C. (2019). *Adoquín con adición de caucho granulado reciclado para lograr un adecuado comportamiento al esfuerzo de compresión; Moyobamba, 2019*. Moyobamba - Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de file:///C:/Users/INTEL/Downloads/Chinguel_TR-Flores_RJC-SD.pdf
- Creswell. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications. Obtenido de https://www.ucg.ac.me/skladiste/blog_609332/objava_105202/fajlovi/Creswell.pdf
- DeVargas. (17 de marzo de 2021). *Adoquines de concreto*. Obtenido de <https://www.instalamos.cl/adoquines-de-concreto-7-pasos-para-hacerlos-tu-mismo-y-sus-ventajas/>
- Enríquez, et al. (2022). *Estudio de caso para el aprovechamiento de relaves mineros procedentes de la concesión Campanillas, Zamora Chinchipe-Ecuador, como agregado para la elaboración de adoquines*. Ecuador: Instituto de Investigación Geológico y Energético. Obtenido de file:///C:/Users/INTEL/Downloads/114-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1055-1-10-20220422.pdf



Hernández et al. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill. Obtenido de <https://chatgpt.com/c/e0abb6e-c7e1-4e0b-8f0c-d5cc403cf77c>

Jácome, J., Burbano, D., & Núñez, J. (2022). *Desarrollo de adoquines a partir de los relaves de mina*. Ecuador: Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/perfiles/v1n27/2477-9105-perfiles-1-27-00069.pdf>

Jaimes, L., & Torres, K. (2019). *Aprovechamiento del grano de caucho reciclado para la elaboración de adoquines ecológicos como alternativa a la industria constructiva*. Colombia: Universidad Popular del Cesar. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/6078/607866916003/html/>

Jove, F., & Mamani, M. (2022). *Adición de relave triturado no toxico en la mezcla para la producción de adoquines de concreto, Ollachea, Puno ,2022*. Puno - Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/86566/Jove_AF-Mamani_AMA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Juncos, A. (15 de febrero de 2020). *Adoquines* . Obtenido de <https://hiperpiedras.com/adoquines-principales-ventajas-y-beneficios/>

Kerlinger, F. (2002). *Fundamentos de la investigación del comportamiento*. Belmont, CA: Wadsworth. Obtenido de <https://padron.entretemas.com.ve/INICC2018-2/lecturas/u2/kerlinger-investigacion.pdf>

Manrique, C., & Manrique, C. (2021). *Elaboración de adoquines de concreto ecológico con adición de caucho y acero reciclado, para pavimentos de tránsito ligero - Mazamari 2021*. Lima: Universidad César Vallejo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/86206/Manrique_MC-L-Manrique_SCF-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y



Martínez, L. (04 de noviembre de 2023). *Noticias el ingeniero* . Obtenido de

<https://noticiaselingeniero.com/que-son-los-adoquines/>

Ortiz, L. (25 de enero de 2023). *360 en concreto*. Obtenido de

<https://360enconcreto.com/blog/detalle/adoquines-de-concreto/>

Peña, C. (17 de marzo de 2017). *Corblock*. Obtenido de

<https://www.corblock.com/noticia/28/adoquines-una-tendencia-creciente-en-la-eleccin-de-pavimentos>

Pérez et al. (01 de noviembre de 2022). *Redalyc*. Obtenido de

<https://www.redalyc.org/journal/1939/193971847007/html/>

Pinillo, V., Flórez, A., & Salguero, D. (2024). *Evaluación de propiedades físicas del relave de mina modificado con cemento para terraplenes. Caso de estudio: Vereda La*

cruzada, Antioquia. Colombia: Universidad Cooperativa de Colombia. Obtenido de

<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/5ff54d94-1010-41e7-9b72-e16a2da6623d/content>

Poma, B. (2023). *Fabricación de adoquines comprimidos para veredas y pavimentos a*

partir de cemento Tipo I y material de desechos extraídos de la mina sierra central - La Oroya, 2019. Huancayo - Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.

Obtenido de

https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/10061/T010_47494328_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Romero, M., & Salinas, M. (2020). *Estudio experimental del concreto para adoquines*

Tipo II, adicionando relaves mineros. Arequipa - Perú: Universidad Nacional San Agustín. Obtenido de

<https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/8a6faf36-347c-41a3-bd52-e442df62fb95/content>



Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill. Obtenido de <http://187.191.86.244/rceis/registro/Metodolog%C3%ADa%20de%20la%20Investigaci%C3%B3n%20SAMPIERI.pdf>



ANEXOS



Anexo 01. Matriz de Consistencia

TÍTULO DE LA TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
Problema General: ¿De qué manera varía las propiedades de adoquines de concreto con la incorporación de relave minero triturado y grano de caucho reciclado en el distrito de Ananea 2024?	Objetivo General: Evaluar las propiedades de adoquines de concreto con la incorporación de relave minero triturado y grano de caucho reciclado en el distrito de Ananea 2024.	Hipótesis General: Las propiedades de adoquines de concreto mejorarán con la incorporación de relave minero triturado y grano de caucho reciclado en el distrito de Ananea 2024.	Variable Independiente RELAVE MINERO TRITURADO Dimensiones: <i>Proporciones de RM en 15%, 25%, 35%</i> GRANO DE CAUCHO RECICLADO Dimensiones: <i>Proporciones de GC en 4%, 8%, 12%</i>	Fichas de control de calidad de laboratorio
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas		
¿Cuál es el efecto de la adición de relave minero triturado y grano de caucho reciclado en las propiedades físicas de adoquines de concreto en el distrito de Ananea?	Determinar la influencia de la adición de relave minero triturado y grano de caucho reciclado en las propiedades físicas de adoquines de concreto en el distrito de Ananea.	La influencia de la adición de relave minero triturado y grano de caucho reciclado optimizarán las propiedades físicas de adoquines de concreto en el distrito de Ananea.	Variable Dependiente PROPIEDADES DE LOS ADOQUINES DE CONCRETO Dimensiones: <i>Propiedades físicas</i> <i>Propiedades mecánicas</i>	Equipos y herramientas de laboratorio.
¿Cuál es el efecto del empleo de relave minero triturado en proporciones variables sobre las propiedades mecánicas de adoquines de concreto en el distrito de Ananea?	Determinar el efecto del empleo de relave minero triturado en proporciones variables sobre las propiedades mecánicas de adoquines de concreto en el distrito de Ananea.	El efecto del empleo de relave minero triturado en proporciones variables mantendrá las propiedades mecánicas de adoquines de concreto en el distrito de Ananea.		
¿Cuál es el impacto de la incorporación de grano de caucho reciclado en proporciones variables sobre las propiedades mecánicas de adoquines de concreto en el distrito de Ananea?	Determinar el impacto de la incorporación de grano de caucho reciclado en proporciones variables sobre las propiedades mecánicas de adoquines de concreto en el distrito de Ananea.	El impacto de la incorporación de grano de caucho reciclado en proporciones variables mejorará las propiedades mecánicas de adoquines de concreto en el distrito de Ananea.		



Anexo 02. Certificados de laboratorio



ENSAYO DE ABSORCION DEL ADOQUÍN DE CONCRETO

NTP 399.613

: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE
MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024

PROYECTO

SOLICITANTE

: Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA

MUESTRA

: ADOQUÍN DE CONCRETO

LUGAR

: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA

: 24 DE SEPTIEMBRE DEL 2024

ABSORCION

$$B = \frac{(B-A) \times 100}{A}$$

A= PESO SECO (KG)
B= PESO SATURADO (KG)

SIMBOLO	M - 01	M - 02	M - 03	M - 04
A=	2.21	2.23	2.18	2.31
B=	2.32	2.31	2.29	2.41

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	MUESTRA	PESO SECO	PESO SATURADO	% ABSORCION
1	ADQUÍN DE CONCRETO	M - 1	2.21	2.32	4.98
2	ADQUÍN DE CONCRETO	M - 2	2.23	2.31	3.59
3	ADQUÍN DE CONCRETO	M - 3	2.18	2.29	5.05
4	ADQUÍN DE CONCRETO	M - 4	2.31	2.41	4.33
					4.48

OBSERVACIONES : DE ACUERDO A NORMA NO DEBERA DE EXCEDER DEL 6 % DE ABSORCION

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - C.A. INGENIERIA CIVILMiguel Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



ENSAYO DE ABSORCIÓN DEL ADOQUÍN DE CONCRETO

NTP 399.613

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024

PROYECTO

SOLICITANTE : Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA

MUESTRA : ADOQUÍN DE CONCRETO + 15% DE RELAVE MINERO TRITURADO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA : 24 DE SEPTIEMBRE DEL 2024

ABSORCIÓN

$$B = \frac{(B-A) \times 100}{A}$$

A= PESO SECO (KG)
B= PESO SATURADO (KG)

SÍMBOLO	M - 01	M - 02	M - 03	M - 04
A=	2.26	2.19	2.19	2.32
B=	2.33	2.29	2.26	2.47

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	MUESTRA	PESO SECO	PESO SATURADO	% ABSORCIÓN
1	ADOQUÍN DE CONCRETO + 15% DE RELAVE MINERO TRITURADO	M - 1	2.26	2.33	3.10
2	ADOQUÍN DE CONCRETO + 15% DE RELAVE MINERO TRITURADO	M - 2	2.19	2.29	4.57
3	ADOQUÍN DE CONCRETO + 15% DE RELAVE MINERO TRITURADO	M - 3	2.19	2.26	3.20
4	ADOQUÍN DE CONCRETO + 15% DE RELAVE MINERO TRITURADO	M - 4	2.32	2.47	6.47
					4.33

OBSERVACIONES : DE ACUERDO A NORMA NO DEBERA DE EXCEDER DEL 6 % DE ABSORCIÓN

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - OAP. INGENIERÍA CIVILMgtr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



ENSAYO DE ABSORCION DEL ADOQUÍN DE CONCRETO

NTP 399.613

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024

PROYECTO

SOLICITANTE

Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA

MUESTRA

ADOQUÍN DE CONCRETO + 25% DE RELAVE MINERO TRITURADO

LUGAR

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA

24 DE SEPTIEMBRE DEL 2024

ABSORCION

$$B = \frac{(B-A) \times 100}{A}$$

A= PESO SECO (KG)

B= PESO SATURADO (KG)

SIMBOLO	M - 01	M - 02	M - 03	M - 04
A=	2.32	2.29	2.36	2.33
B=	2.41	2.37	2.45	2.46

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	MUESTRA	PESO SECO	PESO SATURADO	% ABSORCION
1	ADOQUÍN DE CONCRETO + 25% DE RELAVE MINERO TRITURADO	M - 1	2.32	2.41	3.88
2	ADOQUÍN DE CONCRETO + 25% DE RELAVE MINERO TRITURADO	M - 2	2.29	2.37	3.49
3	ADOQUÍN DE CONCRETO + 25% DE RELAVE MINERO TRITURADO	M - 3	2.36	2.45	3.81
4	ADOQUÍN DE CONCRETO + 25% DE RELAVE MINERO TRITURADO	M - 4	2.33	2.46	5.58
					4.19

OBSERVACIONES : DE ACUERDO A NORMA NO DEBERA DE EXCEDER DEL 6 % DE ABSORCION

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL

Mg. Arnaldo Yana Torres



ENSAYO DE ABSORCION DEL ADOQUÍN DE CONCRETO

NTP 399.613

: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024

PROYECTO

SOLICITANTE

: Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA

MUESTRA

: ADOQUÍN DE CONCRETO + 35% DE RELAVE MINERO TRITURADO

LUGAR

: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA

: 24 DE SEPTIEMBRE DEL 2024

ABSORCION

$$B = \frac{(B-A) \times 100}{A}$$

A= PESO SECO (KG)

B= PESO SATURADO (KG)

SÍMBOLO	M - 01	M - 02	M - 03	M - 04
A=	2.17	2.25	2.28	2.32
B=	2.25	2.37	2.39	2.38

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	MUESTRA	PESO SECO	PESO SATURADO	% ABSORCION
1	ADOQUÍN DE CONCRETO + 35% DE RELAVE MINERO TRITURADO	M - 1	2.17	2.25	3.69
2	ADOQUÍN DE CONCRETO + 35% DE RELAVE MINERO TRITURADO	M - 2	2.25	2.37	5.33
3	ADOQUÍN DE CONCRETO + 35% DE RELAVE MINERO TRITURADO	M - 3	2.28	2.39	4.82
4	ADOQUÍN DE CONCRETO + 35% DE RELAVE MINERO TRITURADO	M - 4	2.32	2.38	2.59

4.11

OBSERVACIONES : DE ACUERDO A NORMA NO DEBERA DE EXCEDER DEL 6 % DE ABSORCION

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAR INGENIERIA CIVILM. Sc. A. Yana Torres
CIP 103257



ENSAYO DE ABSORCION DEL ADOQUÍN DE CONCRETO

NTP 399.613

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024

PROYECTO

SOLICITANTE

Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA

MUESTRA

ADOQUÍN DE CONCRETO + 4% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO

LUGAR

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA

24 DE SEPTIEMBRE DEL 2024

ABSORCION

$$B = \frac{(B-A) \times 100}{A}$$

A= PESO SECO (KG)

B= PESO SATURADO (KG)

SIMBOLO	M - 01	M - 02	M - 03	M - 04
A=	2.21	2.23	2.18	2.31
B=	2.31	2.35	2.29	2.43

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	MUESTRA	PESO SECO	PESO SATURADO	% ABSORCION
1	ADOQUÍN DE CONCRETO + 4% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	M - 1	2.21	2.31	4.52
2	ADOQUÍN DE CONCRETO + 4% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	M - 2	2.23	2.35	5.38
3	ADOQUÍN DE CONCRETO + 4% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	M - 3	2.18	2.29	5.05
4	ADOQUÍN DE CONCRETO + 4% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	M - 4	2.31	2.43	5.19

5.04

OBSERVACIONES : DE ACUERDO A NORMA NO DEBERA DE EXCEDER DEL 6 % DE ABSORCION



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"

FICP - CAP INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A.

JEFE TURNO

Mgtr. Arnaldo Yana Torres

CIP: 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

ENSAYO DE ABSORCION DEL ADOQUÍN DE CONCRETO

NTP 399.613

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024

PROYECTO

SOLICITANTE

: Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA

MUESTRA

: ADOQUÍN DE CONCRETO + 8% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO

LUGAR

: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA

: 24 DE SEPTIEMBRE DEL 2024

ABSORCION

$$B = \frac{(B-A) \times 100}{A}$$

A= PESO SECO (KG)

B= PESO SATURADO (KG)

SÍMBOLO	M - 01	M - 02	M - 03	M - 04
A=	2.20	2.22	2.17	2.31
B=	2.32	2.31	2.31	2.42

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	MUESTRA	PESO SECO	PESO SATURADO	% ABSORCION
1	ADOQUÍN DE CONCRETO + 8% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	M - 1	2.20	2.32	5.45
2	ADOQUÍN DE CONCRETO + 8% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	M - 2	2.22	2.31	4.05
3	ADOQUÍN DE CONCRETO + 8% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	M - 3	2.17	2.31	6.45
4	ADOQUÍN DE CONCRETO + 8% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	M - 4	2.31	2.42	4.76

OBSERVACIONES : DE ACUERDO A NORMA NO DEBERA DE EXCEDER DEL 6 % DE ABSORCION



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CIVIL

Metr. 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



ENSAYO DE ABSORCIÓN DEL ADOQUÍN DE CONCRETO

NTP 399.613

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO
TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024

PROYECTO

SOLICITANTE

MUESTRA

LUGAR

FECHA

Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA

ADOQUÍN DE CONCRETO + 12% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

24 DE SEPTIEMBRE DEL 2024

ABSORCIÓN

$$B = \frac{(B-A) \times 100}{A}$$

A= PESO SECO (KG)

B= PESO SATURADO (KG)

SÍMBOLO	M - 01	M - 02	M - 03	M - 04
A=	2.21	2.21	2.19	2.28
B=	2.34	2.33	2.28	2.42

Nº	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	MUESTRA	PESO SECO	PESO SATURADO	% ABSORCIÓN
1	ADOQUÍN DE CONCRETO + 12% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	M - 1	2.21	2.34	5.88
2	ADOQUÍN DE CONCRETO + 12% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	M - 2	2.21	2.33	5.43
3	ADOQUÍN DE CONCRETO + 12% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	M - 3	2.19	2.28	4.11
4	ADOQUÍN DE CONCRETO + 12% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	M - 4	2.28	2.42	6.14
					5.39

OBSERVACIONES: DE ACUERDO A NORMA NO DEBERA DE EXCEDER DEL 6 % DE ABSORCIÓN



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

Mgtr. Arnaldo Yano Torres
CIP. 103257



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024

SOLICITANTE : Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA

CANTERA : ANANEA - AGREGADO GRUESO
: ANANEA - AGREGADO FINO

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

FECHA : 26 DE AGOSTO DEL 2024

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 492.03
N° 4	28.52	5.70	5.70	94.30	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) 500.00
N° 8	61.04	12.21	17.91	82.09	Wc	-Peso del picnómetro con agua 1314.82
N° 16	104.36	20.87	38.78	61.22	W	-Peso del Pic. + muestra + agua 1621.51
N° 30	130.47	26.09	64.88	35.12	PESO ESPECÍFICO	
N° 50	85.12	17.02	81.90	18.10	Wc+B =	1814.82
N° 100	47.11	9.42	91.32 *	8.68	Wc+B-W =	193
N° 200	28.53	5.71	97.03	2.97	Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = 2.59$ gr/cm ³
FONDO	14.85	2.97	100.00	0.00	ABSORCIÓN	
SUMA	500.00	100.00			B =	500.00
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico					B-A =	7.97
Mf = MÓDULO DE FINEZA 3.01					Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = 1.62$ %

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 784.26
1 1/2"	16	0.46	0.46	99.54	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) 800.00
1"	88	2.51	2.97	97.03	Wc	-Peso del picnómetro con agua 1314.82
3/4"	592	16.91	19.89	80.11	W	-Peso del Pic. + muestra + agua 1812.84
1/2"	1029	29.40	49.29	50.71	PESO ESPECÍFICO	
3/8"	481	13.74	63.03	36.97	Wc+B =	2115
1/4"					Wc+B-W =	302
N° 4	1289	36.83	99.86	0.14	Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = 2.65$ gr/cm ³
FONDO	5.00	0.14	100.00	0.00	ABSORCIÓN	
SUMA	3500.00	100.00			B =	800.00
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico					B-A =	15.74
					Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = 2.01$ %

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

Juan Reynaldo Yana Torres

CIP/103257



AGREGADO FINO DME

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 483.14
N° 4	0.00	0.00	0.00	100.00	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) 500.00
					Wc	-Peso del picnómetro con agua 1331.52
N° 8	95.27	19.05	19.05	80.95	W	-Peso del Pic. + muestra + agua 1627.51
N° 16	102.87	20.57	39.63	60.37	PESO ESPECÍFICO	
N° 30	98.62	19.72	59.35	40.65	Wc+B =	1831.52
N° 50	118.45	23.69	83.04	16.96	Wc+B-W =	204
N° 100	63.27	12.65	95.70	4.30	Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = 2.45 \text{ gr/cm}^3$
N° 200	9.51	1.90	97.60	2.40	ABSORCIÓN	
FONDO	12.01	2.40	100.00	0.00	B =	500.00
SUMA	500.00	100.00			B-A =	16.86
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico					Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = 3.49 \%$

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

UNIVERSIDAD ANDINA "MESTRADOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERIA CIVIL
Mgt. Arnaldo Yana Torres
CIP 103297



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

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024

SOLICITANTE

Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA

CANTERA

ANANEA - AGREGADO GRUESO

LUGAR

ANANEA - AGREGADO FINO

FECHA

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO-UANCV

26 DE AGOSTO DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD

A. FINO	
P.T. M. HUM	405.12
P.T.M. SECA	395.08
P.TARRO	40.00
P AGUA	10.04
P.S.SECO	355.08
% HUMEDAD	2.83

A. GRUESO	
P.T. M. HUM	420.23
P.T.M. SECA	416.68
P.TARRO	40.00
P AGUA	3.55
P.S.SECO	376.68
% HUMEDAD	0.94

A. FINO DME	
P.T. M. HUM	582.18
P.T.M. SECA	545.72
P.TARRO	40.00
P AGUA	36.46
P.S.SECO	505.72
% HUMEDAD	7.21

PESOS UNITARIOS

AGREGADO FINO

SUELTO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
9304	5920	2128	1590
9289	5920	2128	1583
9275	5920	2128	1577
			1583

VARILLADO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
9634	5920	2128	1745
9496	5920	2128	1680
9587	5920	2128	1723
			1716

AGREGADO GRUESO

SUELTO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
11171	7105	3241	1255
11305	7105	3241	1296
11243	7105	3241	1277
			1276

VARILLADO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
11211	7105	3241	1267
11428	7105	3241	1334
11509	7105	3241	1359
			1320

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



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAR. INGENIERÍA CIVIL

Mtro. Arnoldo Yano Torres
CIP 103257



DISEÑO DE MEZCLA $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024

SOLICITANTE : Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA

CANTERA : ANANEA - AGREGADO GRUESO

 : ANANEA - AGREGADO FINO

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

FECHA : 26 DE AGOSTO DEL 2024

PROCESO DE DISEÑO:

NORMAS: ACI 211.1.74
ACI 211.1.81

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión $F'c = 210 \text{ Kg./cm}^2$ a los 28 días
entonces la resistencia promedio $F'cr = 294 \text{ Kg./cm}^2$

Las condiciones de colocación permiten un asentamiento de 1" a 2" (25.4 mm. A 50.8 mm.).

SE UTILIZARÁ EL CEMENTO RUMI TIPO IP

Dado el uso del agregado grueso, se utilizará el único agregado de calidad satisfactoria y económicamente disponible, el cual cumple con las especificaciones. Cuya graduación para el diámetro máximo nominal es de: $3/4"$ (19.05mm)

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

RESULTADOS DE LABORATORIO

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
P.e de Sólidos		
P.e SSS	2.65	2.59
P.e Bulk		
P.U. Varillado	1320	1716
P.U. Suelto	1276	1583
% de Absorción	2.01	1.62
% de Humedad Natural	0.94	2.83
Modulo de Fineza	-	3.01

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

- 1, El asentamiento dado es de 1" a 2" (25.4 mm. A 50.8 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: 190 Lt/m^3
- 4, Como el concreto estará sometido a intemperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de: 2.0%
- 5, Como se prevee que el concreto no será atacado por sulfatos, entonces las relación agua/cemento (a/c) será de: 0.56
- 6, De acuerdo a la información obtenida en los ítems 3 y 4 el requerimiento de cemento será de:

$$\left(\frac{190 \text{ Lt/m}^3}{0.56} \right) \times 3.15 = 339 \text{ Kg/m}^3$$



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
Mtr. Arnaldo Yana Torres



- 7, De acuerdo al módulo de fineza del agregado fino = 3.01 el peso específico unitario del agregado grueso varillado-compactado de 1320 Kg/m³ y un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 3/4" (19.05mm) se recomienda el uso de 0.599 m³ de agregado grueso por m³ de concreto. Por tanto el peso seco del agregado grueso será de:

$$(0.599) \cdot (1320) = 791 \text{ Kg/m}^3$$

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

$$\begin{aligned} \text{Volumen absoluto de agua} &= (190) / (1000) = 0.190 \\ \text{Volumen absoluto de cemento} &= (339) / (2.85 \cdot 1000) = 0.119 \\ \text{Volumen absoluto de agregado grueso} &= (791) / (2.53 \cdot 1000) = 0.312 \\ \text{Volumen de aire atrapado} &= (2.0) / (100) = 0.020 \\ \text{Volumen sub total} &= 0.642 \end{aligned}$$

Volumen absoluto de arena

$$\text{Por tanto el peso requerido de arena seca será de: } = (1.000 - 0.642) = 0.358 \text{ m}^3$$

$$(0.358) \cdot (2.59) \cdot 1000 = 927 \text{ Kg/m}^3$$

- 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:

$$\begin{aligned} \text{Agregado grueso húmedo} &= (791) \cdot (1.009424) = 798 \text{ Kg.} \\ \text{Agregado Fino húmedo} &= (927) \cdot (1.0283) = 953 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

- 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:

$$190 - 791 \cdot \left(\frac{0.94 - 2.01}{100} \right) - 927 \cdot \left(\frac{2.83 - 1.62}{100} \right) = 187$$

DOSIFICACIÓN

AGREGADO	DOSIFICACIÓN EN PESO SECO	PROPORCIÓN EN VOLUMEN	DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO	PROPORCIÓN EN VOLUMEN
	(Kg/m ³)	PESO SECO	(Kg/m ³)	PESO HÚMEDO
Cemento	339.29	1.00	339.29	1.00
Agua	190.00	0.56	187.22	0.55
Agreg. Grueso	790.60	2.33	798.05	2.35
Agreg. Fino	927.17	2.73	953.39	2.81
Aire	2.0 %		2.0 %	

7.98 BOLSAS / m³ DE CEMENTO

DOSIFICACIÓN POR PESO:

Cemento	42.50 Kg.
Agregado fino húmedo	119.42 Kg.
Agregado grueso húmedo	99.97 Kg.
Agua efectiva	23.45 Kg.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CAJAMARCA
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
M^{te}. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



DOSIFICACIÓN POR TANDAS:

Para Mezcladora de 9 pies³

1.0 Bolsa de Cemento:

Redondeo

- | | |
|------------------------------|---------------------------|
| - 2.67 p3 de Arena | 2.7 p3 de Arena |
| - 2.77 p3 de Piedra Chancada | 2.8 p3 de Piedra Chancada |
| - 23 Lt de Agua | 23 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 debera de hacer las correcciones del W% del A.F. y A.G.

OBSERVACIONES:

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


UNIVERSIDAD NARCESOR VELASQUEZ
FICP - CAP, INGENIERIA 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 : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024

SOLICITANTE : Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA

CANERA : ANANEA - AGREGADO GRUESO

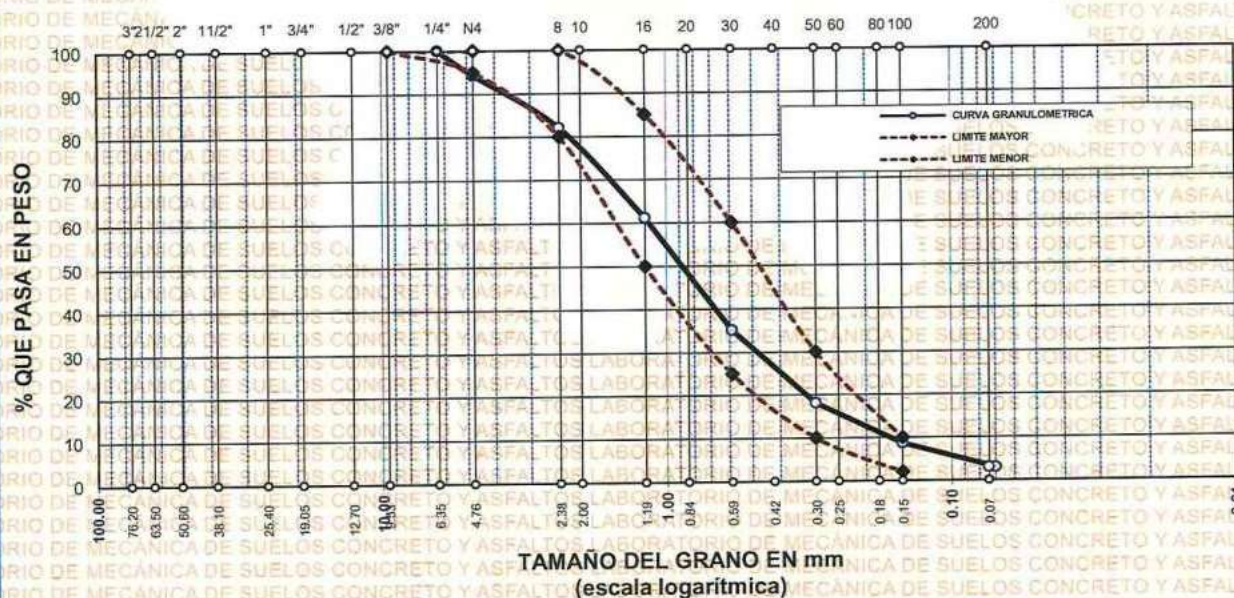
LUGAR : ANANEA - AGREGADO FINO

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

FECHA : 26 DE AGOSTO DEL 2024

TAMICES	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	%RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
ASTM							
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100%	Peso Inicial = 500 gr. Módulo de Fineza = 3.01
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	95 - 100 %	
No4	4.760	28.52	5.70	5.70	94.30	80 - 100 %	
No8	2.380	61.04	12.21	17.91	82.09		
No10	2.000					50 - 85 %	
No16	1.190	104.36	20.87	38.78	61.22		
No20	0.840					25 - 60 %	
No30	0.590	130.47	26.09	64.88	35.12		
No40	0.420					10 - 30 %	
No 50	0.300	85.12	17.02	81.90	18.10		
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	47.11	9.42	91.32	8.68	2-10%	
No200	0.074	28.53	5.71	97.03	2.97		
BASE		14.85	2.97	100	0.00		
TOTAL		500.00	100.00				
% PERDIDA		2.97					

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



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

Neto: Arnaldo Yana Torres

CIP: 103257



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANAÑEA 2024

SOLICITANTE : Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA

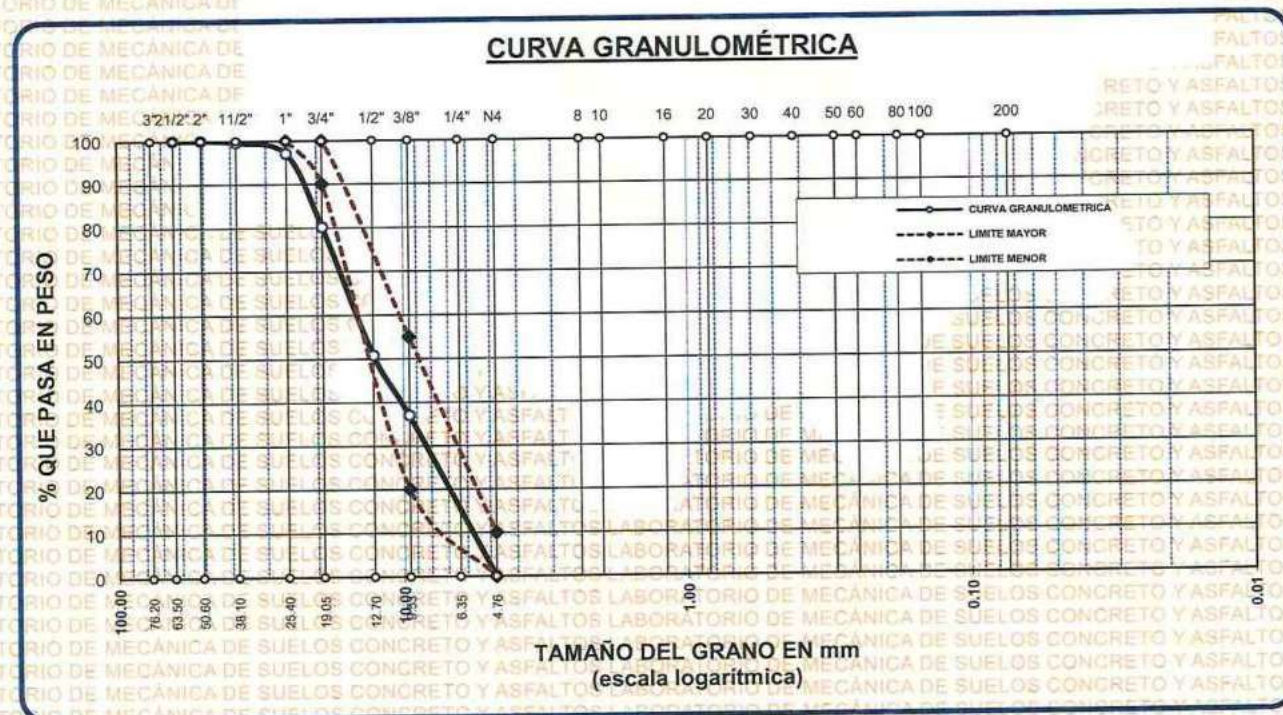
CANTERA : ANAÑEA - AGREGADO GRUESO

: ANAÑEA - AGREGADO FINO

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

FECHA : 26 DE AGOSTO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso Inicial = 3500 gr.
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		Tamaño máx. nominal = 3/4"
1 1/2"	38.100	16.00	0.46	0.46	99.54	100 %	
1"	25.400	88.00	2.51	2.97	97.03	90 - 100 %	
3/4"	19.050	592.00	16.91	19.89	80.11		
1/2"	12.700	1029.00	29.40	49.29	50.71	20 - 55 %	
3/8"	9.525	481.00	13.74	63.03	36.97		
1/4"	6.350					0 - 10 %	
No4	4.760	1289.00	36.83	99.86	0.14		
BASE		5.00	0.14	100.0	0.0		
TOTAL		3500.00	100.00				
% PERDIDA		0.14					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



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

Metr. Arnaldo Yana Torres
CIE 120207



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024

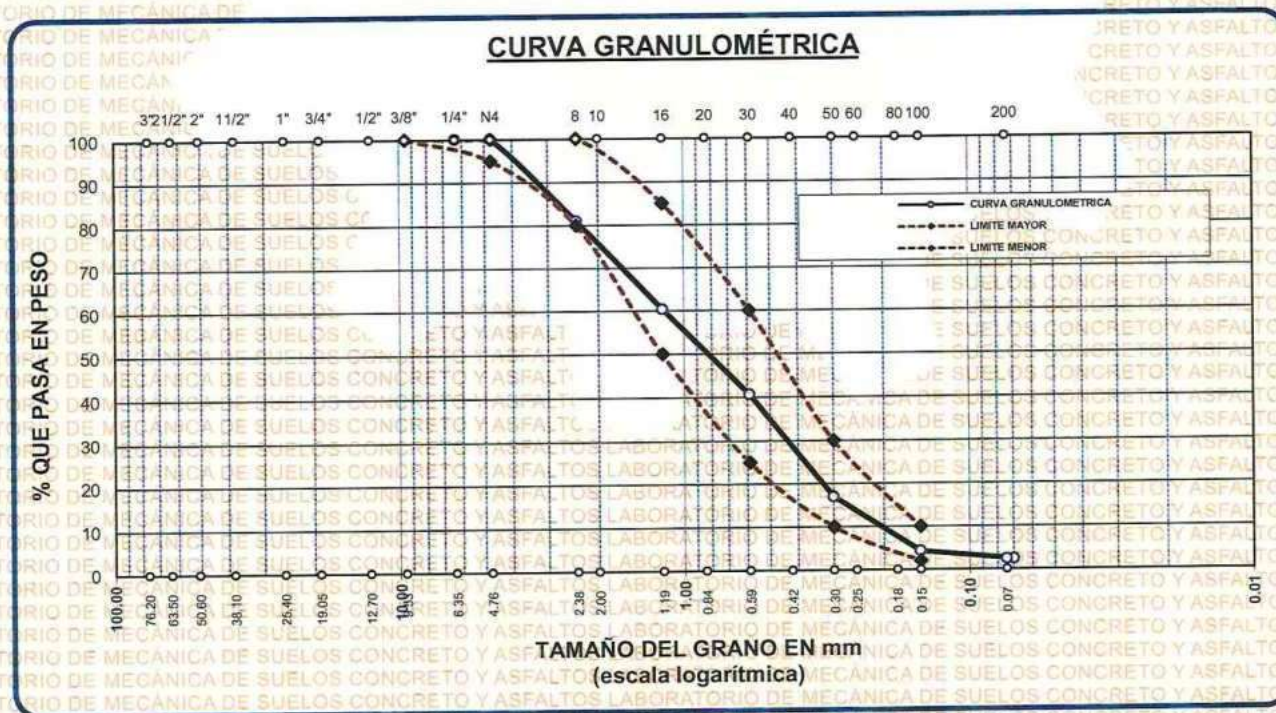
SOLICITANTE : Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA

CANtera : ANANEA - AGREGADO GRUESO
: ANANEA - AGREGADO FINO

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

FECHA : 26 DE AGOSTO DEL 2024

TAMICES	ABERTURA	PESO	%	%RET.	% QUE	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
ASTM	mm	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	PASA		
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100%	Peso Inicial = 500 gr. Módulo de Fineza = 3.01
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 %	
No8	2.380	95.27	19.05	19.05	80.95		50 - 85 %
No10	2.000						
No16	1.190	102.87	20.57	39.63	60.37		
No20	0.840						25 - 60 %
No30	0.590	98.62	19.72	59.35	40.65		
No40	0.420						
No 50	0.300	118.45	23.69	83.04	16.96	10 - 30 %	OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	63.27	12.65	95.70	4.30	2-10%	
No200	0.074	9.51	1.90	97.60	2.40		
BASE		12.01	2.40	100	0.00		
TOTAL		500.00	100.00				
% PERDIDA		2.40					



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

Juan Reynaldo Condori Canaza



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



PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024

SOLICITANTE : Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA

CANTERA : ANANEA - AGREGADO GRUESO

: ANANEA - AGREGADO FINO

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

FECHA : 26 DE AGOSTO DEL 2024

DENSIDAD MINIMA AGREGADO FINO (SUELTO)

PESO DEL MOLDE	5920 gr	5920 gr	5920 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2128 cm ³	2128 cm ³	2128 cm ³
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	9304.00 gr	9289.00 gr	9275.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	3384.00 gr	3369.00 gr	3355.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.590 gr/cm ³	1.583 gr/cm ³	1.577 gr/cm ³
PROMEDIO	1.583 gr/cm ³		

DENSIDAD MINIMA AGREGADO FINO (VARILLADO)

PESO DEL MOLDE	5920 gr	5920 gr	5920 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2128 cm ³	2128 cm ³	2128 cm ³
N° DE CAPAS	3	3	3
N° DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	9634.00 gr	9496.00 gr	9587.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	3714.00 gr	3576.00 gr	3667.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.745 gr/cm ³	1.680 gr/cm ³	1.723 gr/cm ³
PROMEDIO	1.716 gr/cm ³		

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



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



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



PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024

SOLICITANTE : Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA

CANTERA : ANANEA - AGREGADO GRUESO

: ANANEA - AGREGADO FINO

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

FECHA : 26 DE AGOSTO DEL 2024

DENSIDAD MINIMA AGREGADO GRUESO(SUELTO)

PESO DEL MOLDE	7105 gr	7105 gr	7105 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3241 cm ³	3241 cm ³	3241 cm ³
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	11171.00 gr	11305.00 gr	11243.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	4066.00 gr	4200.00 gr	4138.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.255 gr/cm ³	1.296 gr/cm ³	1.277 gr/cm ³
PROMEDIO	1.276 gr/cm ³		

DENSIDAD MINIMA AGREGADO GRUESO(VARILLADO)

PESO DEL MOLDE	7105 gr	7105 gr	7105 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3241 cm ³	3241 cm ³	3241 cm ³
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	11211.00 gr	11428.00 gr	11509.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	4106.00 gr	4323.00 gr	4404.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.267 gr/cm ³	1.334 gr/cm ³	1.359 gr/cm ³
PROMEDIO	1.320 gr/cm ³		

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



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

Mgtr. Arnaldo Yana Torres
CIP 402197



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



CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216 MTC E108-2000

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024

SOLICITANTE : Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA

CANTERA : ANANEA - AGREGADO GRUESO

: ANANEA - AGREGADO FINO

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

FECHA : 26 DE AGOSTO DEL 2024

MUESTRA : AGREGADO FINO

N° DE TARRO	1
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	405.12
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	395.08
PESO DEL TARRO (gr.)	40.00
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	365.12
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr.)	355.08
PESO DEL AGUA (gr.)	10.04
% HUMEDAD	2.83

MUESTRA : AGREGADO GRUESO

N° DE TARRO	2
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	420.23
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	416.68
PESO DEL TARRO (gr.)	40.00
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	380.23
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr.)	376.68
PESO DEL AGUA (gr.)	3.55
% HUMEDAD	0.94

OBSERVACIONES:

* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



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

Ing. Arnaldo Tania Torres
CIF 103257

BIE : B020 - 00241456



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 COMPRESION DEL ADOQUÍN DE CONCRETO NTP 399.613

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024.

SOLICITANTE : Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA

MUESTRA : ADOQUÍN DE CONCRETO + GRANO DE CAUCHO RECICLADO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA : AGOSTO - SEPTIEMBRE DEL 2024

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA				FECHA DE	EDAD	AREA BRUTA	CARGA	ESF. DE ROTURA
					ROTURA	DIAS	CM2	KG	KG/CM2
1	ADOQUÍN + 4% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	02/09/2024	7	200.00	26480.00	132.40
		20.00	10.00	6.00					
2	ADOQUÍN + 4% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	02/09/2024	7	200.00	25978.00	129.89
		20.00	10.00	6.00					
3	ADOQUÍN + 4% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	02/09/2024	7	200.00	26570.00	132.85
		20.00	10.00	6.00					
4	ADOQUÍN + 4% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	02/09/2024	7	200.00	26126.00	130.63
		20.00	10.00	6.00					
PROMEDIO DE ESFUERZO DE ROTURA (F'b)									131.44

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA				FECHA DE	EDAD	AREA BRUTA	CARGA	ESF. DE ROTURA
					ROTURA	DIAS	CM2	KG	KG/CM2
1	ADOQUÍN + 4% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	09/09/2024	14	200.00	36072.00	180.36
		20.00	10.00	6.00					
2	ADOQUÍN + 4% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	09/09/2024	14	200.00	37468.00	187.34
		20.00	10.00	6.00					
3	ADOQUÍN + 4% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	09/09/2024	14	200.00	36838.00	184.19
		20.00	10.00	6.00					
4	ADOQUÍN + 4% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	09/09/2024	14	200.00	36054.00	180.27
		20.00	10.00	6.00					
PROMEDIO DE ESFUERZO DE ROTURA (F'b)									183.04

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA				FECHA DE	EDAD	AREA BRUTA	CARGA	ESF. DE ROTUR
					ROTURA	DIAS	CM2	KG	KG/CM2
1	ADOQUÍN + 4% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	23/09/2024	28	200.00	40070.00	200.35
		20.00	10.00	6.00					
2	ADOQUÍN + 4% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	23/09/2024	28	200.00	39580.00	197.90
		20.00	10.00	6.00					
3	ADOQUÍN + 4% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	23/09/2024	28	200.00	40872.00	204.36
		20.00	10.00	6.00					
4	ADOQUÍN + 4% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	23/09/2024	28	200.00	39822.00	199.11
		20.00	10.00	6.00					
PROMEDIO DE ESFUERZO DE ROTURA (F'b)									200.43

OBSERVACIONES:

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

FICP - CAP INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO
M.S.C.A.
FICP

Magr. Reynaldo Condori Canaza

BIE : B020 - 00241456



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 COMPRESION DEL ADOQUÍN DE CONCRETO****NTP 399.613**

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024

SOLICITANTE : Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA

MUESTRA : ADOQUÍN DE CONCRETO + GRANO DE CAUCHO RECICLADO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA : AGOSTO - SEPTIEMBRE DEL 2024

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA				FECHA DE	EDAD	AREA BRUTA	CARGA	ESF. DE ROTURA
					ROTURA	DIAS	CM2	KG	KG/CM2
1	ADOQUÍN + 8% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	02/09/2024	7	200.00	25860.00	129.30
		20.00	10.00	6.00					
2	ADOQUÍN + 8% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	02/09/2024	7	200.00	25790.00	128.95
		20.00	10.00	6.00					
3	ADOQUÍN + 8% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	02/09/2024	7	200.00	26140.00	130.70
		20.00	10.00	6.00					
4	ADOQUÍN + 8% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	02/09/2024	7	200.00	25458.00	127.29
		20.00	10.00	6.00					
PROMEDIO DE ESFUERZO DE ROTURA (F'b)									129.06

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA				FECHA DE	EDAD	AREA BRUTA	CARGA	ESF. DE ROTURA
					ROTURA	DIAS	CM2	KG	KG/CM2
1	ADOQUÍN + 8% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	09/09/2024	14	200.00	36578.00	182.89
		20.00	10.00	6.00					
2	ADOQUÍN + 8% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	09/09/2024	14	200.00	35242.00	176.21
		20.00	10.00	6.00					
3	ADOQUÍN + 8% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	09/09/2024	14	200.00	35704.00	178.52
		20.00	10.00	6.00					
4	ADOQUÍN + 8% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	09/09/2024	14	200.00	36626.00	183.13
		20.00	10.00	6.00					
PROMEDIO DE ESFUERZO DE ROTURA (F'b)									180.19

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA				FECHA DE	EDAD	AREA BRUTA	CARGA	ESF. DE ROTUR.
					ROTURA	DIAS	CM2	KG	KG/CM2
1	ADOQUÍN + 8% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	23/09/2024	28	200.00	39470.00	197.35
		20.00	10.00	6.00					
2	ADOQUÍN + 8% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	23/09/2024	28	200.00	38962.00	194.81
		20.00	10.00	6.00					
3	ADOQUÍN + 8% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	23/09/2024	28	200.00	39278.00	196.39
		20.00	10.00	6.00					
4	ADOQUÍN + 8% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	23/09/2024	28	200.00	39878.00	199.39
		20.00	10.00	6.00					
PROMEDIO DE ESFUERZO DE ROTURA (F'b)									196.99

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
MSc. Arnelo Yana Torres



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL ADOQUÍN DE CONCRETO NTP 399.613

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024

SOLICITANTE : Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA

MUESTRA : ADOQUÍN DE CONCRETO + GRANO DE CAUCHO RECICLADO

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA : AGOSTO - SEPTIEMBRE DEL 2024

N°	DESCRIPCION DE LA MUESTRA				FECHA DE	EDAD	AREA BRUTA	CARGA	ESF. DE ROTURA
					ROTURA	DIAS	CM2	KG	KG/CM2
1	ADOQUÍN + 12% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	02/09/2024	7	200.00	25060.00	125.30
		20.00	10.00	6.00					
2	ADOQUÍN + 12% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	02/09/2024	7	200.00	26886.00	134.43
		20.00	10.00	6.00					
3	ADOQUÍN + 12% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	02/09/2024	7	200.00	24150.00	120.75
		20.00	10.00	6.00					
4	ADOQUÍN + 12% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	02/09/2024	7	200.00	25534.00	127.67
		20.00	10.00	6.00					
PROMEDIO DE ESFUERZO DE ROTURA (F'b)									127.04

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA				FECHA DE	EDAD	AREA BRUTA	CARGA	ESF. DE ROTURA
					ROTURA	DIAS	CM2	KG	KG/CM2
1	ADOQUÍN + 12% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	09/09/2024	14	200.00	35562.00	177.81
		20.00	10.00	6.00					
2	ADOQUÍN + 12% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	09/09/2024	14	200.00	36030.00	180.15
		20.00	10.00	6.00					
3	ADOQUÍN + 12% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	09/09/2024	14	200.00	35858.00	179.29
		20.00	10.00	6.00					
4	ADOQUÍN + 12% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	09/09/2024	14	200.00	35222.00	176.11
		20.00	10.00	6.00					
PROMEDIO DE ESFUERZO DE ROTURA (F'b)									178.34

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA			FECHA DE	EDAD	AREA BRUTA	CARGA	ESF. DE ROTUR	
				ROTURA	DIAS	CM2	KG	KG/CM2	
1	ADOQUÍN + 12% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	23/09/2024	28	200.00	39306.00	196.53
		20.00	10.00	6.00					
2	ADOQUÍN + 12% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	23/09/2024	28	200.00	38750.00	193.75
		20.00	10.00	6.00					
3	ADOQUÍN + 12% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	23/09/2024	28	200.00	38144.00	190.72
		20.00	10.00	6.00					
4	ADOQUÍN + 12% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	23/09/2024	28	200.00	38308.00	191.54
		20.00	10.00	6.00					
PROMEDIO DE ESFUERZO DE ROTURA (F'b)									193.14

OBSERVACIONES:

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



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERIA CIVIL
M.S.C.A. E
Mgr. Arnaldo Yana Torres
CIP 123267



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL BLOQUE DE CONCRETO

NTP 399.613

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024.

SOLICITANTE : Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA

MUESTRA : ADOQUÍN DE CONCRETO + RELAVE MINERO TRITURADO

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA : AGOSTO - SEPTIEMBRE DEL 2024

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA				FECHA DE	EDAD	AREA BRUTA	CARGA	ESF. DE ROTURA
					ROTURA	DIAS	CM2	KG	KG/CM2
1	ADOQUIN + 15% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	02/09/2024	7	200.00	25684.00	128.42
		20.00	10.00	6.00					
2	ADOQUIN + 15% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	02/09/2024	7	200.00	26348.00	131.74
		20.00	10.00	6.00					
3	ADOQUIN + 15% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	02/09/2024	7	200.00	25510.00	127.55
		20.00	10.00	6.00					
4	ADOQUIN + 15% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	02/09/2024	7	200.00	25804.00	129.02
		20.00	10.00	6.00					
PROMEDIO DE ESFUERZO DE ROTURA (F'b)									129.18

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA				FECHA DE	EDAD	AREA BRUTA	CARGA	ESF. DE ROTURA
					ROTURA	DÍAS	CM2	KG	KG/CM2
1	ADOQUÍN + 15% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	09/09/2024	14	200.00	36588.00	182.94
		20.00	10.00	6.00					
2	ADOQUÍN + 15% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	09/09/2024	14	200.00	35678.00	178.39
		20.00	10.00	6.00					
3	ADOQUÍN + 15% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	09/09/2024	14	200.00	36064.00	180.32
		20.00	10.00	6.00					
4	ADOQUÍN + 15% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	09/09/2024	14	200.00	36888.00	184.44
		20.00	10.00	6.00					
PROMEDIO DE ESFUERZO DE ROTURA (F'b)									181.52

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA				FECHA DE	EDAD	AREA BRUTA	CARGA	ESF. DE ROTUR
					ROTURA	DIAS	CM2	KG	KG/CM2
1	ADOQUÍN + 15% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	23/09/2024	28	200.00	40168.00	200.84
		20.00	10.00	6.00					
2	ADOQUÍN + 15% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	23/09/2024	28	200.00	39070.00	195.35
		20.00	10.00	6.00					
3	ADOQUÍN + 15% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	23/09/2024	28	200.00	39532.00	197.66
		20.00	10.00	6.00					
4	ADOQUÍN + 15% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	23/09/2024	28	200.00	40598.00	202.99
		20.00	10.00	6.00					
PROMEDIO DE ESFUERZO DE ROTURA (F'b)									199.21

OBSERVACIONES:

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



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - FAP INGENIERIA CIVIL
JEFATURA
Mg. Arnaldo Iana Torres
CIP: 193257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL BLOQUE DE CONCRETO

NTP 399.613

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024

SOLICITANTE : Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA

MUESTRA : ADOQUÍN DE CONCRETO + RELAVE MINERO TRITURADO

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA : AGOSTO - SEPTIEMBRE DEL 2024

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA				FECHA DE	EDAD	AREA BRUTA	CARGA	ESF. DE ROTURA
					ROTURA	DIAS	CM2	KG	KG/CM2
1	ADOQUÍN + 25% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	02/09/2024	7	200.00	25076.00	125.38
		20.00	10.00	6.00					
2	ADOQUÍN + 25% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	02/09/2024	7	200.00	24624.00	123.12
		20.00	10.00	6.00					
3	ADOQUÍN + 25% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	02/09/2024	7	200.00	25930.00	129.65
		20.00	10.00	6.00					
4	ADOQUÍN + 25% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	02/09/2024	7	200.00	25290.00	126.45
		20.00	10.00	6.00					
PROMEDIO DE ESFUERZO DE ROTURA (F'b)									126.15

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA				FECHA DE	EDAD	AREA BRUTA	CARGA	ESF. DE ROTURA
					ROTURA	DÍAS	CM2	KG	KG/CM2
1	ADOQUÍN + 25% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	09/09/2024	14	200.00	35346.00	176.73
		20.00	10.00	6.00					
2	ADOQUÍN + 25% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	09/09/2024	14	200.00	35192.00	175.96
		20.00	10.00	6.00					
3	ADOQUÍN + 25% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	09/09/2024	14	200.00	35718.00	178.59
		20.00	10.00	6.00					
4	ADOQUÍN + 25% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	09/09/2024	14	200.00	35854.00	179.27
		20.00	10.00	6.00					
PROMEDIO DE ESFUERZO DE ROTURA (F'b)									177.64

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA				FECHA DE	EDAD	AREA BRUTA	CARGA	ESF. DE ROTURA
					ROTURA	DÍAS	CM2	KG	KG/CM2
1	ADOQUÍN + 25% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	23/09/2024	28	200.00	38746.00	193.73
		20.00	10.00	6.00					
2	ADOQUÍN + 25% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	23/09/2024	28	200.00	38192.00	190.96
		20.00	10.00	6.00					
3	ADOQUÍN + 25% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	23/09/2024	28	200.00	39318.00	196.59
		20.00	10.00	6.00					
4	ADOQUÍN + 25% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	23/09/2024	28	200.00	38354.00	191.77
		20.00	10.00	6.00					
PROMEDIO DE ESFUERZO DE ROTURA (F'b)									193.26

OBSERVACIONES:

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



Mgtr. Arnaldo Yana Torres
CIP 123557

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 COMPRESION DEL BLOQUE DE CONCRETO**
NTP 399.613

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024

SOLICITANTE : Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA

MUESTRA : ADOQUÍN DE CONCRETO + RELAVE MINERO TRITURADO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA : AGOSTO - SEPTIEMBRE DEL 2024

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA				FECHA DE	EDAD	AREA BRUTA	CARGA	ESF. DE ROTURA
					ROTURA	DIAS	CM2	KG	KG/CM2
1	ADOQUÍN + 35% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	02/09/2024	7	200.00	24356.00	121.78
		20.00	10.00	6.00					
2	ADOQUÍN + 35% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	02/09/2024	7	200.00	23824.00	119.12
		20.00	10.00	6.00					
3	ADOQUÍN + 35% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	02/09/2024	7	200.00	23470.00	117.35
		20.00	10.00	6.00					
4	ADOQUÍN + 35% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	02/09/2024	7	200.00	24722.00	123.61
		20.00	10.00	6.00					
PROMEDIO DE ESFUERZO DE ROTURA (F ^b)									120.47

N°	DESCRIPCION DE LA MUESTRA				FECHA DE	EDAD	AREA BRUTA	CARGA	ESF. DE ROTURA
					ROTURA	DIAS	CM2	KG	KG/CM2
1	ADOQUÍN + 35% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	09/09/2024	14	200.00	34487.00	172.44
		20.00	10.00	6.00					
2	ADOQUÍN + 35% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	09/09/2024	14	200.00	33650.00	168.25
		20.00	10.00	6.00					
3	ADOQUÍN + 35% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	09/09/2024	14	200.00	34628.00	173.14
		20.00	10.00	6.00					
4	ADOQUÍN + 35% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	09/09/2024	14	200.00	33882.00	169.41
		20.00	10.00	6.00					
PROMEDIO DE ESFUERZO DE ROTURA (F ^b)									170.81

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA				FECHA DE	EDAD	AREA BRUTA	CARGA	ESF. DE ROTUR
					ROTURA	DIAS	CM2	KG	KG/CM2
1	ADOQUIN + 35% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	23/09/2024	28	200.00	37418.00	187.09
		20.00	10.00	6.00					
2	ADOQUIN + 35% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	23/09/2024	28	200.00	37630.00	188.15
		20.00	10.00	6.00					
3	ADOQUIN + 35% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	23/09/2024	28	200.00	36712.00	183.56
		20.00	10.00	6.00					
4	ADOQUIN + 35% DE RELAVE MINERO TRITURADO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	23/09/2024	28	200.00	36120.00	180.60
		20.00	10.00	6.00					
PROMEDIO DE ESFUERZO DE ROTURA (F ^b)									184.85

OBSERVACIONES:**NOTA:** LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTEUNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
Bach. Reynaldo Cana Torres



ENSAYO DE VARIACION DIMENSIONAL

NTP 399.613

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024

SOLICITANTE : Bach. JUAN REYNALDO CONDORI-CANAZA

UBICACION : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

MUESTRA : ADOQUÍN DE CONCRETO

FECHA : 23 DE SEPTIEMBRE DEL 2024

Muestra	Alto(cm)					V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Promedio	
M-1	5.95	5.99	6.02	6.02	6.00	0.08
M-2	6.00	6.02	5.97	5.95	5.99	0.25
M-3	6.01	6.00	5.96	6.00	5.99	0.13
M-4	6.00	5.98	6.03	5.95	5.99	0.17
						0.16

Muestra	Ancho(cm)					V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Promedio	
M-1	10.02	9.95	10.05	9.97	10.00	0.02
M-2	10.01	10.00	9.98	9.95	9.99	0.15
M-3	9.98	9.96	10.02	10.01	9.99	0.08
M-4	9.95	10.01	10.00	9.97	9.98	0.18
						0.11

Muestra	Largo(cm)					V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Promedio	
M-1	20.00	20.03	19.98	19.96	19.99	0.04
M-2	19.97	20.01	19.95	20.03	19.99	0.05
M-3	19.95	19.97	20.02	20.00	19.99	0.08
M-4	19.98	19.94	20.03	19.95	19.98	0.12
						0.07

NOTA : E : Dimensión, específica por la norma o el fabricante.

P : Medida promedio de ensayo.

Largo : 20 cm.

Ancho : 10 cm

Altura : 6 cm

$$V(%) = \frac{E - P}{E} * 100$$



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERIA CIVIL
Mgtr. Arnoldo Yana Torres
CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE VARIACION DIMENSIONAL

NTP 399.613

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024

SOLICITANTE : Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA

UBICACION : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

MUESTRA : ADOQUÍN DE CONCRETO + 15% DE RELAVE MINERO TRITURADO

FECHA : 23 DE SEPTIEMBRE DEL 2024

Muestra	Alto(cm)					V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Promedio	
M-1	5.95	5.98	6.03	6.02	6.00	0.08
M-2	6.00	6.02	5.97	5.95	5.99	0.25
M-3	5.99	6.00	5.96	6.00	5.99	0.21
M-4	6.00	5.98	6.03	5.95	5.99	0.17
						0.18

Muestra	Ancho(cm)					V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Promedio	
M-1	10.02	9.95	10.03	9.97	9.99	0.08
M-2	10.01	10.00	9.96	9.95	9.98	0.20
M-3	9.98	9.96	10.02	10.00	9.99	0.10
M-4	9.95	10.03	10.00	9.97	9.99	0.13
						0.13

Muestra	Largo(cm)					V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Promedio	
M-1	20.03	19.98	20.00	19.94	19.99	0.06
M-2	20.00	20.04	19.96	19.98	20.00	0.02
M-3	19.96	19.95	20.03	20.02	19.99	0.05
M-4	20.03	19.98	19.96	20.01	20.00	0.02
						0.04

NOTA : E : Dimensión, específica por la norma o el fabricante.

P : Medida promedio de ensayo.

Largo : 20 cm.

Ancho : 10 cm

Altura : 6 cm

$$V(\%) = \frac{E - P}{E} \times 100$$



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL

Mgtr. Arnaldo Yano Torres
CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

**ENSAYO DE VARIACION DIMENSIONAL****NTP 399.613**

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024

SOLICITANTE : Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA

UBICACION : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

MUESTRA : ADOQUÍN DE CONCRETO + 25% DE RELAVE MINERO TRITURADO

FECHA : 23 DE SEPTIEMBRE DEL 2024

Muestra	Alto(cm)					V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Promedio	
M-1	5.95	5.97	6.01	6.02	5.99	0.21
M-2	6.00	6.02	5.97	5.98	5.99	0.13
M-3	6.01	6.00	5.96	6.00	5.99	0.13
M-4	6.00	5.98	6.03	5.95	5.99	0.17
						0.16

Muestra	Ancho(cm)					V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Promedio	
M-1	10.02	9.95	10.04	9.97	10.00	0.05
M-2	10.01	10.00	9.99	9.95	9.99	0.12
M-3	9.98	9.98	10.02	10.01	10.00	0.02
M-4	9.95	10.01	10.00	9.97	9.98	0.18
						0.09

Muestra	Largo(cm)					V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Promedio	
M-1	20.01	20.00	20.02	19.95	20.00	0.02
M-2	20.02	19.97	20.02	19.99	20.00	0.00
M-3	19.95	20.02	19.95	20.01	19.98	0.09
M-4	19.98	20.00	19.96	19.95	19.97	0.14
						0.06

NOTA :

E : Dimensión, especifica por la norma o el fabricante.

P : Medida promedio de ensayo.

Largo : 20 cm.

Ancho : 10 cm

Altura : 6 cm

$$V(\%) = \frac{E - P}{E} * 100$$



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERIA CIVIL

Jefe de Laboratorio
Mg. Reynaldo Lara Torres



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE VARIACION DIMENSIONAL

NTP 399.613

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024

SOLICITANTE : Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA

UBICACION : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

MUESTRA : ADOQUÍN DE CONCRETO + 35% DE RELAVE MINERO TRITURADO

FECHA : 23 DE SEPTIEMBRE DEL 2024

Muestra	Alto(cm)					V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Promedio	
M-1	5.95	6.01	5.98	6.03	5.99	0.12
M-2	6.02	5.97	5.95	6.04	6.00	0.08
M-3	6.00	5.98	6.00	6.02	6.00	0.00
M-4	5.96	6.01	6.03	5.95	5.99	0.21
						0.10

Muestra	Ancho(cm)					V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Promedio	
M-1	10.02	9.98	10.04	9.95	10.00	0.03
M-2	10.03	10.00	9.97	9.96	9.99	0.10
M-3	9.97	10.02	9.95	10.00	9.99	0.15
M-4	10.01	9.95	10.04	9.98	10.00	0.05
						0.08

Muestra	Largo(cm)					V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Promedio	
M-1	20.01	19.95	20.04	20.00	20.00	0.00
M-2	19.96	19.99	20.05	19.96	19.99	0.05
M-3	20.02	20.00	19.95	19.95	19.98	0.10
M-4	19.95	19.98	19.96	20.01	19.98	0.12
						0.07

NOTA :

E : Dimensión, específica por la norma o el fabricante.

P : Medida promedio de ensayo.

Largo : 20 cm.

Ancho : 10 cm

Altura : 6 cm

$$V(\%) = \frac{E - P}{E} \times 100$$



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERIA CIVIL

Mtr. Reynaldo Yana Torres

193257



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



ENSAYO DE VARIACION DIMENSIONAL

NTP 399.613

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024

SOLICITANTE : Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA

UBICACION : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

MUESTRA : ADOQUÍN DE CONCRETO + 4% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO

FECHA : 23 DE SEPTIEMBRE DEL 2024

Muestra	Alto(cm)					V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Promedio	
M-1	6.01	5.96	6.02	5.97	5.99	0.17
M-2	6.02	6.00	5.95	6.00	5.99	0.13
M-3	5.98	6.02	6.03	5.95	6.00	0.08
M-4	6.00	5.97	5.96	6.03	5.99	0.17
						0.14

Muestra	Ancho(cm)					V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Promedio	
M-1	9.95	10.03	9.96	10.01	9.99	0.13
M-2	10.01	9.98	10.02	9.98	10.00	0.02
M-3	10.02	10.01	9.95	9.96	9.99	0.15
M-4	9.97	9.95	10.01	10.03	9.99	0.10
						0.10

Muestra	Largo(cm)					V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Promedio	
M-1	20.03	20.01	19.97	19.96	19.99	0.04
M-2	19.97	19.96	19.95	20.03	19.98	0.11
M-3	20.02	19.98	19.96	20.01	19.99	0.04
M-4	19.95	20.02	20.03	19.95	19.99	0.06
						0.06

NOTA :

E : Dimensión, especifica por la norma o el fabricante.

P : Medida promedio de ensayo.

Largo : 20 cm.

Ancho : 10 cm

Altura : 6 cm

$$V(\%) = \frac{E - P}{E} * 100$$



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO M.S.C. UANCV

Met. Arnaldo Yana Torres

CIP 105374



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



ENSAYO DE VARIACION DIMENSIONAL

NTP 399.613

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024

SOLICITANTE : Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA

UBICACION : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

MUESTRA : ADOQUÍN DE CONCRETO + 8% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO

FECHA : 23 DE SEPTIEMBRE DEL 2024

Muestra	Alto(cm)					Promedio	V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4			
M-1	6.01	6.02	6.00	5.95		6.00	0.08
M-2	5.96	6.00	5.97	6.01		5.99	0.25
M-3	5.98	5.97	6.03	6.00		6.00	0.08
M-4	5.99	5.95	6.04	6.00		6.00	0.08
							0.12

Muestra	Ancho(cm)					Promedio	V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4			
M-1	10.01	9.99	10.03	9.95		10.00	0.05
M-2	9.98	10.00	9.95	10.02		9.99	0.12
M-3	10.03	9.96	10.01	9.98		10.00	0.05
M-4	9.96	10.02	9.97	10.03		10.00	0.05
							0.07

Muestra	Largo(cm)					Promedio	V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4			
M-1	20.01	19.96	19.97	20.02		19.99	0.05
M-2	20.00	20.01	19.95	20.01		19.99	0.04
M-3	19.95	20.01	20.02	19.96		19.99	0.08
M-4	19.98	19.96	20.00	19.97		19.98	0.11
							0.07

NOTA :

E : Dimensión, especifica por la norma o el fabricante.

P : Medida promedio de ensayo.

Largo : 20 cm.

Ancho : 10 cm

Altura : 6 cm

$$V(\%) = \frac{E - P}{E} \times 100$$



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
Mgtr. Argandoña Torres
23/09/2024



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



ENSAYO DE VARIACION DIMENSIONAL

NTP 399.613

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024

SOLICITANTE : Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA

UBICACION : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

MUESTRA : ADOQUÍN DE CONCRETO + 12% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO

FECHA : 23 DE SEPTIEMBRE DEL 2024

Muestra	Alto(cm)					Promedio	V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4			
M-1	6.01	5.98	6.02	5.96		5.99	0.13
M-2	5.97	6.00	6.01	6.01		6.00	0.04
M-3	5.98	5.99	5.97	6.00		5.99	0.25
M-4	6.02	6.00	5.95	5.97		5.99	0.25
							0.17

Muestra	Ancho(cm)					Promedio	V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4			
M-1	10.02	10.00	9.96	9.96		9.99	0.15
M-2	9.98	10.03	10.00	9.97		10.00	0.05
M-3	10.01	9.98	9.95	10.02		9.99	0.10
M-4	9.96	10.00	10.02	10.01		10.00	0.02
							0.08

Muestra	Largo(cm)					Promedio	V(%)
	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4			
M-1	20.02	19.97	20.02	19.96		19.99	0.04
M-2	19.98	20.03	19.96	20.03		20.00	0.00
M-3	20.00	20.01	20.03	19.95		20.00	0.01
M-4	19.99	19.96	19.95	20.01		19.98	0.11
							0.04

NOTA :

E : Dimensión, especifica por la norma o el fabricante.

P : Medida promedio de ensayo.

Largo : 20 cm.

Ancho : 10 cm

Altura : 6 cm

$$V(\%) = \frac{E-P}{E} * 100$$



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERIA CIVIL

Mtro. Arnaldo Yana Torres



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

**ENSAYO DE ALABEO****NTP 399.613**

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAYE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024

SOLICITANTE : Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA

MUESTRA : ADOQUÍN DE CONCRETO

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA : 25 DE SEPTIEMBRE DEL 2024

ADOQUÍN DE CONCRETO

N°	DESCRIPCION	CARA A		CARA B	
		Concavo (mm)	Convexo (mm)	Concavo (mm)	Convexo (mm)
1	ADOQUÍN DE CONCRETO	0.00	2.00	1.00	2.00
2	ADOQUÍN DE CONCRETO	1.00	0.00	2.00	0.00
3	ADOQUÍN DE CONCRETO	2.00	1.00	0.00	1.00
4	ADOQUÍN DE CONCRETO	1.00	0.00	1.00	1.00
	PROMEDIO (mm)	1.00	0.75	1.00	1.00
	CONCAVIDAD PROMEDIO (mm)			1.00	
	CONVEXIDAD PROMEDIO (mm)			0.88	
	ALABEO PROMEDIO (mm)			0.94	

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

Mtr. Arnaldo Yana Torres
M.S.C. JEFATURA
FIGP - CAP. INGENIERIA CIVIL



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

ENSAYO DE ALABEO

NTP 399.613

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024
SOLICITANTE : Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA
MUESTRA : ADOQUÍN DE CONCRETO + 15% DE RELAVE MINERO TRITURADO
LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
FECHA : 25 DE SEPTIEMBRE DEL 2024

ADOQUÍN DE CONCRETO + 15% DE RELAVE MINERO TRITURADO

N°	DESCRIPCION	CARA A		CARA B	
		Concavo (mm)	Convexo (mm)	Concavo (mm)	Convexo (mm)
1	BLOQUE DE CONCRETO + 2.0% DE POLIESTIRENO EXPANDIDO	0.00	2.00	0.00	0.00
2	BLOQUE DE CONCRETO + 2.0% DE POLIESTIRENO EXPANDIDO	1.00	2.00	0.00	2.00
3	BLOQUE DE CONCRETO + 2.0% DE POLIESTIRENO EXPANDIDO	0.00	1.00	2.00	1.00
4	BLOQUE DE CONCRETO + 2.0% DE POLIESTIRENO EXPANDIDO	2.00	0.00	1.00	0.00
PROMEDIO (mm)		0.75	1.25	0.75	0.75
CONCAVIDAD PROMEDIO (mm)		0.75			
CONVEXIDAD PROMEDIO (mm)		1.00			
ALABEO PROMEDIO (mm)		0.88			

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
Metr. Arnaldo Yana Torres
10/12/24



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

ENSAYO DE ALABEO

NTP 399.613

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024
SOLICITANTE : Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA
MUESTRA : ADOQUÍN DE CONCRETO + 25% DE RELAVE MINERO TRITURADO
LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
FECHA : 25 DE SEPTIEMBRE DEL 2024

BLOQUE DE CONCRETO + 2.5% DE POLIESTIRENO EXPANDIDO

N°	DESCRIPCION	CARA A		CARA B	
		Concavo (mm)	Convexo (mm)	Concavo (mm)	Convexo (mm)
1	ADOQUÍN DE CONCRETO + 25% DE RELAVE MINERO TRITURADO	0.00	1.00	0.00	2.00
2	ADOQUÍN DE CONCRETO + 25% DE RELAVE MINERO TRITURADO	1.00	2.00	1.00	2.00
3	ADOQUÍN DE CONCRETO + 25% DE RELAVE MINERO TRITURADO	1.00	0.00	2.00	0.00
4	ADOQUÍN DE CONCRETO + 25% DE RELAVE MINERO TRITURADO	0.00	2.00	0.00	2.00
PROMEDIO (mm)		0.50	1.25	0.75	1.50
CONCAVIDAD PROMEDIO (mm)		0.63			
CONVEXIDAD PROMEDIO (mm)		1.38			
ALABEO PROMEDIO (mm)		1.00			

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



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CARRER INGENIERIA CIVIL

Mgtr. Araldito Yana Torres
C.B. 103257



ENSAYO DE ALABEO

NTP 399.613

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024

SOLICITANTE : Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA

MUESTRA : ADOQUÍN DE CONCRETO + 35% DE RELAVE MINERO TRITURADO

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA : 25 DE SEPTIEMBRE DEL 2024

ADOQUÍN DE CONCRETO + 35% DE PRELAVE MINERO TRITURADO

N°	DESCRIPCION	CARA A		CARA B	
		Concavo (mm)	Convexo (mm)	Concavo (mm)	Convexo (mm)
1	ADOQUÍN DE CONCRETO + 35% DE RELAVE MINERO TRITURADO	0.00	1.00	0.00	1.00
2	ADOQUÍN DE CONCRETO + 35% DE RELAVE MINERO TRITURADO	0.00	0.00	2.00	0.00
3	ADOQUÍN DE CONCRETO + 35% DE RELAVE MINERO TRITURADO	2.00	2.00	0.00	2.00
4	ADOQUÍN DE CONCRETO + 35% DE RELAVE MINERO TRITURADO	0.00	0.00	1.00	1.00
PROMEDIO (mm)		0.50	0.75	0.75	1.00
CONCAVIDAD PROMEDIO (mm)		0.63			
CONVEXIDAD PROMEDIO (mm)		0.88			
ALABEO PROMEDIO (mm)		0.75			

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



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERIA CIVIL

Ing. Arnaldo Ana Torres
CIP 103757



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

ENSAYO DE ALABEO

NTP 399.613

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024
SOLICITANTE : Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA
MUESTRA : ADOQUÍN DE CONCRETO + 4% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO
LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
FECHA : 25 DE SEPTIEMBRE DEL 2024

ADOQUÍN DE CONCRETO + 4% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO

N°	DESCRIPCION	CARA A		CARA B	
		Concavo (mm)	Convexo (mm)	Concavo (mm)	Convexo (mm)
1	ADOQUÍN DE CONCRETO + 4% DE GRANO DE CAUCHO	1.00	2.00	1.00	2.00
2	ADOQUÍN DE CONCRETO + 4% DE GRANO DE CAUCHO	1.00	0.00	2.00	0.00
3	ADOQUÍN DE CONCRETO + 4% DE GRANO DE CAUCHO	0.00	1.00	1.00	1.00
4	ADOQUÍN DE CONCRETO + 4% DE GRANO DE CAUCHO	1.00	0.00	1.00	1.00
PROMEDIO (mm)		0.75	0.75	1.25	1.00
CONCAVIDAD PROMEDIO (mm)		1.00			
CONVEXIDAD PROMEDIO (mm)		0.88			
ALABEO PROMEDIO (mm)		0.94			

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



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERIA CIVIL
Mgtr. Arnaldo Yana Torres
CIP 137257



ENSAYO DE ALABEO

NTP 399.613

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024

SOLICITANTE : Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA

MUESTRA : ADOQUÍN DE CONCRETO + 8% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA : 25 DE SEPTIEMBRE DEL 2024

ADOQUÍN DE CONCRETO + 8% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO

N°	DESCRIPCION	CARA A		CARA B	
		Concavo (mm)	Convexo (mm)	Concavo (mm)	Convexo (mm)
1	ADOQUÍN DE CONCRETO + 8% DE GRANO DE CAUCHO	0.00	1.00	2.00	0.00
2	ADOQUÍN DE CONCRETO + 8% DE GRANO DE CAUCHO	1.00	0.00	2.00	2.00
3	ADOQUÍN DE CONCRETO + 8% DE GRANO DE CAUCHO	1.00	2.00	2.00	0.00
4	ADOQUÍN DE CONCRETO + 8% DE GRANO DE CAUCHO	0.00	2.00	0.00	1.00
PROMEDIO (mm)		0.50	1.25	1.50	0.75
CONCAVIDAD PROMEDIO (mm)		1.00			
CONVEXIDAD PROMEDIO (mm)		1.00			
ALABEO PROMEDIO (mm)		1.00			

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



Mgtr. Arnaldo Yana Torres



ENSAYO DE ALABEO

NTP 399.613

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024

SOLICITANTE : Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA

MUESTRA : ADOQUÍN DE CONCRETO + 12% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA : 25 DE SEPTIEMBRE DEL 2024

ADOQUÍN DE CONCRETO + 12% DE GRANO DE CAUCHO RECICLADO

N°	DESCRIPCION	CARA A		CARA B	
		Concavo (mm)	Convexo (mm)	Concavo (mm)	Convexo (mm)
1	ADOQUÍN DE CONCRETO + 12% DE GRANO DE CAUCHO	2.00	1.00	0.00	1.00
2	ADOQUÍN DE CONCRETO + 12% DE GRANO DE CAUCHO	0.00	0.00	2.00	2.00
3	ADOQUÍN DE CONCRETO + 12% DE GRANO DE CAUCHO	0.00	1.00	2.00	2.00
4	ADOQUÍN DE CONCRETO + 12% DE GRANO DE CAUCHO	1.00	0.00	2.00	1.00
PROMEDIO (mm)		0.75	0.50	1.50	1.50
CONCAVIDAD PROMEDIO (mm)		1.13			
CONVEXIDAD PROMEDIO (mm)		1.00			
ALABEO PROMEDIO (mm)		1.06			

NOTA:

LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP, INGENIERIA CIVIL

Mgtr. Arnaldo Yana Torres



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



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL ADOQUÍN DE CONCRETO

NTP 399.613

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024.

SOLICITANTE : Bach. JUAN REYNALDO CONDORI CANAZA.

MUESTRA : ADOQUÍN DE CONCRETO

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA : AGOSTO - SEPTIEMBRE DEL 2024

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA			FECHA DE	EDAD	AREA BRUTA	CARGA	ESF. DE ROTURA	
				ROTURA	DIAS	CM2	KG	KG/CM2	
1	ADOQUÍN DE CONCRETO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	02/09/2024	7	200.00	27764.00	138.82
		20.00	10.00	6.00					
2	ADOQUÍN DE CONCRETO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	02/09/2024	7	200.00	28172.00	140.86
		20.00	10.00	6.00					
3	ADOQUÍN DE CONCRETO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	02/09/2024	7	200.00	27248.00	136.24
		20.00	10.00	6.00					
4	ADOQUÍN DE CONCRETO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	02/09/2024	7	200.00	28548.00	142.74
		20.00	10.00	6.00					
PROMEDIO DE ESFUERZO DE ROTURA (F'b)									139.67

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA				FECHA DE	EDAD	AREA BRUTA	CARGA	ESF. DE ROTURA
					ROTURA	DIAS	CM2	KG	KG/CM2
1	ADOQUÍN DE CONCRETO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	09/09/2024	14	200.00	38092.00	190.46
		20.00	10.00	6.00					
2	ADOQUÍN DE CONCRETO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	09/09/2024	14	200.00	37350.00	186.75
		20.00	10.00	6.00					
3	ADOQUÍN DE CONCRETO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	09/09/2024	14	200.00	38340.00	191.70
		20.00	10.00	6.00					
4	ADOQUÍN DE CONCRETO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	09/09/2024	14	200.00	38409.00	192.05
		20.00	10.00	6.00					
PROMEDIO DE ESFUERZO DE ROTURA (F'b)									190.24

Nº	DESCRIPCION DE LA MUESTRA				FECHA DE	EDAD	AREA BRUTA	CARGA	ESF. DE ROTURA
					ROTURA	DÍAS	CM2	KG	KG/CM2
1	ADOQUÍN DE CONCRETO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	23/09/2024	28	200.00	43010.00	215.05
		20.00	10.00	6.00					
2	ADOQUÍN DE CONCRETO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	23/09/2024	28	200.00	42260.00	211.30
		20.00	10.00	6.00					
3	ADOQUÍN DE CONCRETO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	23/09/2024	28	200.00	43238.00	216.19
		20.00	10.00	6.00					
4	ADOQUÍN DE CONCRETO	LARGO(cm)	ANCHO(cm)	ALTO(cm)	23/09/2024	28	200.00	43518.00	217.59
		20.00	10.00	6.00					
PROMEDIO DE ESFUERZO DE ROTURA (F' b)									215.03

OBSERVACIONES:

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



FECP - CPE INGENIERIA CIVIL

BIE: B020 - 00241456



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 24-12-2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: JUAN REYNALDO CONDORI APAZA
Dirección: Jr. AZANGARO 730
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 43635590
Teléfono: 969 515 334 email: Juanrec_@hotmail.com

Nombres y Apellidos: _____
Dirección: _____
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____
Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL
Título o Grado Académico a optar: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL
Asesor: Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación ☐ Tesis ☒ Trabajo de Suficiencia Profesional ☐ Trabajo Académico ☐

Título: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE ADOQUINES DE CONCRETO CON LA
INCORPORACIÓN DE RELAVE MINERO TRITURADO Y GRANO DE
CAUCHO RECICLADO EN EL DISTRITO DE ANANEA 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): ADOQUÍN DE CONCRETO, RELAVE MINERO TRITURADO, GRANO DE CAUCHO
RECICLADO, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

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

1

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

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



2. Referencia de tesis:

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

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

- ☐ Sí autorizo
- ☒ No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

☒ Internacional

☐ Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE MATERIALES - P17

Firma de Autor



huella digital

24-12-2024

Fecha